University of Tehran Press

Journal of Environmental Studies
Vol. 49, No. 1, Spring 2023

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Risk Assessment of Petroleum Substances from Upstream of Dez Dam in the Groundwater to the Reservoir of Dez Dam Using the Development EPA Method

Sahar Pourmohammadi[1], Abdolreza Karbassi[2], Shahram Baikpour[3]✉, Seyed Mahmoud Shariat[4], Houshang Hassounizadeh[5]

1. Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: s.pourmohammadi@srbiau.ac.ir
2. Department of Environmental Engineering, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: akarbasi@ut.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Natural Resources and Environment, Medical Geology Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: baikpour2004_rsgsi@yahoo.com
4. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail:mahmoud.shariat@yahoo.com
5. Khuzestan Water and Power Authority, Ahvaz, Iran. E-mail: hassoni44@hotmail.com

Article Info

Research Article:
Research Paper

Article history:
Received 19 November 2022
Received in revised from
22 March 2023
Accepted 5 April 2023
Publish online 11 April 2023

Keywords:
Dez dam
Gas chromatograph
Groundwater
Risk assessment
TPH

ABSTRACT

The aim of this research is investigatint the quality of underground and Surface water of the Dez Dam lake. Existence of two oil fields (Qala Nar and Balaroud), upstream of Dez Dam and their inclined slope towards Dez Dam Lake, will affected the release of oil pollutants through underground water to the Dez Dam. Risk assessment development has been done using EPA method. The samples of underground water and Dez dam reservoir were analyzed by gas chromatograph to determine the amount of total petroleum hydrocarbons. The new risk assessment equation (HRA) formulated by considering the importance factor. Analytical Hierarchy Process (AHP) used to evaluate the degree of health importance of petroleum hydrocarbons in the range of C10, C20, C30 in underground water and Dez Dam and the probable risk to human health was calculated according to the EPA standard and the new method for carcinogenic and non-carcinogenic risk. According to the EPA, the results of this research do not include cancer slope (CSF), as a result, there is no risk of carcinogenesis in the existing samples but they have a non-carcinogenic. C10 and C22 hydrocarbons entered the dam from underground water, C10 in the EPA method with a rate of 1.94 and in the new method (HRA) 1.13 has the highest probability of non-carcinogenic risk. Results obtained from the EPA equation and the new HRA formula in this research showed that the total petroleum hydrocarbons entered the underground water and dam lake and have a high probability of non-carcinogenic risk.

Cite this article: Pourmohammadi, S., Karbassi, A., Baikpour, Sh., Shariat, S. M., Hassounizadeh H. (2023). Risk Assessment of Petroleum Substances from Upstream of Dez Dam in the Groundwater to the Reservoir of Dez Dam Using the Development EPA Method. Journal of Environmental Studies, 49 (1), 91- 105 DOI: http//doi.org/10.22059/JES.2023.350594.10083674

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/JES.2023.350594.1008367

Extended Summary

Introduction

Fresh water is one of the most vital resources for human beings; therefore, with increase in its consumption, its available quantity becomes more important. In many areas in Iran, the drilling of oil and gas extraction wells has increased the pollution-related problems in these areas, which is doubled by the pollutant leaks from underground oil reservoirs. In case of leakage from oil wells and contact with underground water, petroleum substances with high solubility in water will flow underground and lead to the spread of pollution. Understanding the relative risk of decline in underground water quality near the oil and gas fields is an important issue. In addition, the lakes and reservoirs are important sources of drinking water and the water for agriculture and industry, and the optimal use of these resources requires proper methods of monitoring and maintaining their quality. In the studied area, Qale-Nar and Balaroud oil fields are at the upstream of Dez Dam, which due to the slope of these oil fields that are inclined towards Dez reservoir, there is the probability of its contamination through oil leakage to the underground waters and its transfer to the Dez reservoir. Thus, this research has been conducted to investigate the quality of underground water and Dez reservoir to ensure the amount of oil leakage from the upstream oil fields to underground water up to the dam, as well as to do risk assessment and develop risk assessment method.

Materials and Methods

The points related to oil wells, springs and wells were determined by GIS software on the map of the study area. Groundwater sampling stations in the upstream of Dez Dam were selected according to the slope of the geological layers of the area towards the dam reservoir, the location of oil wells (as pollution sources), the direction of the groundwater flow and the existing springs and wells in the oil area. 3 springs and 1 well were selected as sampling stations in the direction of water flow from the upstream of the polluting sources to the downstream in line with the flow direction.

For sampling from Dez Dam, first, the number and location of the studied stations were determined according to the geographic location, the shape and area of the reservoir, the location and direction of the slope of the oil fields in the upstream of the dam as sources of pollutant in the region. Based on this, the number of measurement stations was 3 points, 1 station was determined in upstream of the dam and downstream of the oil fields, 1 point in the middle of the dam and 1 station near the outlet of the dam.

The samples of underground water and Dez reservoir were analyzed by gas- chromatograph to determine the amount of total petroleum hydrocarbons. The new health risk assessment (HRA) equation was calculated by consideration of the importance of development and probable health risk factors according to the EPA standard and the new method was calculated for carcinogenic and non-carcinogenic risk.

Discussion of Results

In this study, all underground and surface water samples were contaminated with TPH, the lowest of which is 0.09 and the highest is 364.01 mg/L.

The results obtained from EPA equation and the new HRA formula in this research showed that C10 and C22 hydrocarbons have entered Dez reservoir through underground water, the emission ratio between the two showed that C10 has a much higher emission property (due to its higher solubility) and a higher density in the part of Dez dam that is related to the water outlet.

The EPA standard and the new method of risk assessment indicate the contamination of groundwater and Dezdam with high risk probability. According to these results, the risk assessment of the use of underground water and the water of Dez Reservoir is considered as a health risk source.

Conclusions

The presence of Qale-Nar and Balaroud oil fields and their oil wells have caused oil leakage into the underground waters of the region, dam reservoir and caused their oil pollution. High pollution of Dez reservoir near the outlet has a harmful effect on public health, which requires necessary measures to reduce TPH inputs in water in order to protect the aquatic ecosystem and maintain public health. In this study, EPA risk assessment methods and the new HRA method were used for TPH risk assessment. The proposed comprehensive risk assessment method was observed and its results can be used for corrective and control measures and prioritization of risk reduction resources.

University of Tehran Press

نشـــریه محیـــط شناســـی

دوره ۴۹، شمـــاره ۱، بـــهار ۱۴۰۲

Journal Homepage: http://Jes.ut.ac.ir

۶۹۲۲- ۲۳۴۵ :شاپای الکترونیکی **۸۶۲۰- ۱۰۲۵ :شاپای چاپی**

ارزیابی ریسک مواد نفتی از بالادست سد دز در آب زیرزمینی تا مخزن سد دز با استفاده از توسعه روش EPA

سحر پورمحمدی[۱]، عبدالرضا کرباسی[۲]، شهرام بیک پور[۳]✉، سید محمود شریعت[۴]، هوشنگ حسونی زاده[۵]

۱. گروه تخصصی علوم محیطزیست و جنگل، دانشکده منابعطبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، رایانامه: s.pourmohammadi@srbiau.ac.ir

۲. گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران، رایانامه: akarbasi@ut.ac.ir

۳. گروه تخصصی علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست و رییس مرکز تحقیقات زمین شناسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات، تهران، ایران، رایانامه: baikpour2004_rsgsi@yahoo.com

۴. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران، رایانامه: mahmoud.shariat@yahoo.com

۵. کمیته تحقیقات، سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران رایانامه: hassoni44@hotmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱/۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱/۲۲

کلیدواژه‌ها:

TPH، ارزیابی ریسک، آب زیرزمینی، سد دز، کروماتوگراف گازی

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی و آب دریاچه سد دز باتوجه به وجود دو میدان نفتی قلعه نار و بالارود در بالادست سد دز و شیب متمایل آنها به سمت دریاچه سد دز، احتمال انتشار آلاینده‌های نفتی از طریق آب زیرزمینی به سد دز و نیز ارزیابی ریسک و توسعه روش ارزیابی ریسک با استفاده از روش EPA انجام شده است. نمونه‌های جمع آوری شده از آب‌های زیرزمینی و مخزن سد دز توسط دستگاه کروماتوگراف-گازی برای تعیین میزان هیدروکربن‌های نفتی کل تجزیه و تحلیل شدند. معادله جدید ارزیابی ریسک بهداشتی (HRA) با درنظر گرفتن فاکتور اهمیت تدوین و ریسک احتمالی سلامتی انسان مطابق استاندارد EPA و روش جدید برای ریسک سرطانزایی و غیرسرطانزایی محاسبه گردید. نتایج دو روش نشان داد که ریسک سرطانزایی در نمونه‌ها وجود ندارد ولی دارای ریسک غیرسرطانزایی می باشند و هیدروکربن C10 و C22 از آب زیرزمینی وارد مخزن سد دز شده‌اند و C10 در روش EPA با میزان ۱/۹۴ و در روش جدید (HRA) ۱/۱۳ دارای بیشترین احتمال ریسک غیرسرطانزایی است. نتایج به‌دست آمده از معادله EPA و فرمول جدید HRA نشان داد که هیدروکربن‌های نفتی کل وارد آب‌های زیرزمینی و دریاچه سد شده و دارای احتمال ریسک غیرسرطانزایی بالا می‌باشند.

استناد: پورمحمدی، سحر؛ کرباسی، عبدالرضا؛ بیک پور، شهرام؛ شریعت، سید محمود؛ حسونی‌زاده، هوشنگ. (۱۴۰۲). ارزیابی ریسک مواد نفتی از بالادست سد دز در آب زیرزمینی تا مخزن سد دز با استفاده از توسعه روش EPA. نشریه محیط‌شناسی، ۴۹(۱)، ۹۱- ۱۰۵.

DOI: http//doi.org/ 10.22059/JES.2023.339901.1008294

DOR: 20.1001.1.10258620.1402.49.1.5.5

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران

نویسندگان©.

DOI: http//doi.org/ 10.22059/JES.2023.339901.1008294

۱. مقدمه

آب شیرین یکی از حیاتی‌ترین منابع برای انسان می‌باشد که با افزایش مصرف، کمیت در دسترس آن اهمیت بیشتری یافته است. از طرفی افزایش آلاینده‌ها به طرق گوناگون، نگرانی دستیابی به آب پاک را نیز افزایش داده. آلاینده‌های نفتی جزو منابع مهم آلودگی آب می‌باشند و با توجه به گسترش صنعت نفت در دهه‌های اخیر با آلودگی بیشتر منابع آب از طریق این صنعت مواجه شده‌ایم. با توسعه اقتصادی–اجتماعی، تقاضای نفت به‌طور چشمگیری افزایش یافت. در عین حال حوادث بزرگ نشت نفت از دلایل جدی آلودگی خاک و آب زیرزمینی هستند که این مشکلات زیست‌محیطی غیرقابل پیش‌بینی می‌باشند (Yanxun et al., 2011). مواد نفتی در حین حفاری و استخراج در سایت‌های نفتی و یا به‌هنگام نقل و انتقال زمینی و دریایی به‌رغم تدابیری که جهت کنترل آلودگی آن‌ها درنظر گرفته می‌شود، به محیط اطراف نشت می‌کنند. انتشار این ترکیبات در محیط چه به‌طور تصادفی و چه در اثر فعالیت‌های انسانی منجربه آلودگی آب و خاک می‌شود و به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر تمام اشکال حیات تأثیر می‌گذارد (Chowdhary et al., 2020). در ایران در بسیاری از مناطق حفاری چاه‌های استخراج نفت و گاز باعث افزایش مشکلات آلودگی در این مناطق می‌شود و نشت آلاینده از مخازن نفتی زیرزمینی به این مشکل دامن می‌زنند Sarikhani و همکاران (۲۰۱۷) یکی از روش‌هایی که می‌تواند باعث ورود نفت خام به آب‌های زیرزمینی شود فرآیند شکست هیدرولیکی است. فرآیند شکست هیدرولیکی یکی از روش‌های ازدیاد برداشت است که در ساختارهای با نفوذپذیری پایین به‌فراوانی کاربرد دارد، برای افزایش نرخ تولید و اقتصادی‌تر کردن برداشت محصول در این نوع ساختارها به‌کار می‌رود (Aria et al., 2018). اکتشاف، حمل‌ونقل و استفاده گسترده از نفت به‌طور حتم منجربه انتشار عمدی و تصادفی محیط می‌شود Stout و Wang (۲۰۱۶) و درصورت نشت از چاه‌های نفت و تماس با آب‌های زیرزمینی Nwankwoala و Oborie (۲۰۱۷)، مواد نفتی با قابلیت حلالیت زیاد در آب حل شده و ستونی از آلودگی را تشکیل می‌دهند EPA (۲۰۰۴) و باتوجه به نیروهایی که بر روی آب‌های زیرزمینی عمل می‌کنند، زیر زمین حرکت کرده یا جریان می‌یابند Nwankwoala و Oborie (۲۰۱۷) و منجر به انتشار آلودگی می‌شود. ارزیابی کیفیت منابع آب در سال‌های اخیر هم‌زمان با کاهش کمیت و کیفیت منابع آب از اهمیت بسیاری برخوردار گردیده است (Khalaji et al., 2017). درک خطر نسبی تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی در نزدیکی میادین نفت و گاز یک موضوع مهم است. زیرا، منابع آب زیرزمینی در حفظ اکوسیستم‌های مرتبط با آب از جمله انسان‌ها، از اهمیت بالایی برخوردار است و در بسیاری از این مناطق به‌عنوان منبع آب آشامیدنی یا آبیاری استفاده می‌شود و آلاینده‌ها ممکن است مسافت زیادی را طی کنند و قبل از شناسایی آلودگی، بخش بزرگی از محیط را تحت‌تأثیر قرار دهند و به‌دلیل زمان طولانی در تشکیل و تجدید طبیعی آب‌های زیرزمینی، اثرات طولانی مدت فعالیت‌های انسانی نیازمند اقدامات اولیه است (McMahon et al., 2021, Igwe et al., 2021, Frollini et al, 2021).

دریاچه‌ها و مخازن آبی سدها به‌عنوان منابع مهم تامین کننده آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعت می‌باشند و استفاده بهینه از این منابع نیازمند روش‌های مناسب پایش و حفظ کیفیت آن‌ها می‌باشد (Houshmand et al., 2020). مواجهه با هیدروکربن‌های نفتی از طریق مصرف آب دارای اهمیت زیاد بوده و ارزیابی ریسک ناشی از مواجهه با این ترکیبات ضرورت دارد. ارزیابی ریسک یک چارچوب مفهومی است که مکانیسمی را برای بررسی اطلاعات مرتبط با تخمین پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی فراهم می‌کند NRC (۱۹۸۳) و برای ارزیابی آلودگی‌های محیطی متداول و بالقوه منتشر شده در محیط و تعیین نیاز به اقدامات اضافی و درمانی به‌کار می‌رود (Akinola et al., 2020). هیدروکربن‌های نفتی (PHC: Petroleum Hydrocarbons) آلاینده‌های متداولی هستند، ولی به‌صورت کلی به‌عنوان مواد زائد خطرناک تنظیم نمی‌شوند. روش‌های نمونه‌گیری و تجزیه و تحلیل محیط‌زیستی برای خانواده PHCها معمولاً به‌عنوان روش‌های هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH: Total Petroleum Hydrocarbons) در نظر گرفته می‌شوند. هیدروکربن‌های نفتی کل، گروه‌هایی از آلاینده‌های خام پایدار برای آب، رسوبات و کیفیت هوا در محیط و سموم آلی فراگیر هستند که می‌توانند برای بسیاری از موجودات زنده کشنده باشند (Ighariemu et al., 2019).

خلاصه تاثیر نشت نفت به آب‌ها به‌شرح زیر است:

مرگ و میر بالا در حیوانات آبزی، اختلال در سلامت انسان، از دست دادن تنوع زیستی در زمینه تولیدمثلی، سموم گیاهی، از دست

دادن منابع آب آشامیدنی و صنعتی، کاهش در فعالیت‌های ماهیگیری و کشاورزی، فقر و بیکاری روستائیان. تقریبا در هر دو جنبه عملیات اکتشاف و استخراج نفت، اثرات سوء بر پایداری اکوسیستم و تنوع زیستی محلی دارد (نواچوکو و اوساکو، ۲۰۱۴). ارزیابی ریسک بهداشتی بیشترین تأثیر را در تشخیص هرگونه اثرات مضر بالقوه مرتبط با قرار گرفتن در معرض، چه در زمان مواجهه و چه برای مدت طولانی پس از مواجهه دارد (Kuppusamy et al., 2020). در این پژوهش،هیدروکربن‌های نفتی کل به عنوان شاخص آلودگی نفتی در نظر گرفته شدند. برای ارزیابی ریسک بهداشتی هیدروکربن‌های نفتی، ترکیبات شاخص خاص (مواد سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا) باید ارزیابی شوند. زیرا، در اغلب موارد، عامل اصلی ریسک در سایت‌های آلوده به نفت هستند (Steffan, 2019). در منطقه مورد مطالعه میادین نفتی قلعه‌نار و بالارود در بالادست سد دز وجود دارند که با توجه به شیب این مناطق نفتی متمایل به‌سمت دریاچه سد دز احتمال آلودگی از طریق نشت نفت به آب‌های زیرزمینی و انتقال آن به آب سد دز وجود دارد. پژوهش حاضر در صدد پاسخگویی به این سوال اساسی است که آلودگی ناشی ازنشت نفت در آب‌های زیرزمینی میادین نفتی یاد شده و نیز سد دز وجود دارد یا خیر. درنهایت توسعه روش و طراحی مدل جدید ارزیابی ریسک با توجه به ریسک‌های شناسایی شده ارائه شده است.

Chokor (۲۰۲۱) برای سنجش (TPH) در آب‌های سطحی رودخانه نیجر در مناطق اوکپو و ایبووا–اودکپه در جنوب شرقی نیجریه، نمونه‌های آب‌های سطحی از سه مکان مختلف را با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی[1] (GC-FID) مورد تجزیه و تحلیل قرار داده نتایج محدوده TPH را بین ۱/۶۵۸ mg/L– ۵/۴۳۵ نشان می دهد مقادیر در همه مکان‌های نمونه‌برداری شده بسیار بالاتر از حد استاندارد اتحادیه اروپا(EU: European Union) (۰/۳ mg/L) بود. Ihunwo و همکاران (۲۰۲۱) ارزیابی غلظت کل هیدروکربن نفت (TPH) در آب‌های سطحی و رسوبات نمونه‌برداری شده از نهر ووجی و ارزیابی ریسک بالقوه اکولوژیکی و بهداشتی انسان ناشی از هیدروکربن‌های نفتی امتداد نهر، نشان داد هیچ ریسکی به دلیل خوردن رسوبات یا آب‌های سطحی توسط انسان وجود ندارد. Pakravan و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه انواع آلاینده‌های نفتی ناشی از عملکرد پالایشگاه نفت و پتروشیمی اصفهان در منابع آب زیرزمینی، نتایج حاصل از بررسی اجزای آلودگی آب‌های زیرزمینی قسمتی از آبخوان اصفهان– برخوار که تحت تاثیر پالایشگاه نفت اصفهان است، گویای نامناسب بودن بخش عمده منابع آب زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی بوده است. نواچوکو و اوساکو (۲۰۱۴) مطالعه‌ای به‌منظور تعیین اثر نشت نفت در کیفیت آب‌های زیرزمینی در تولید نفت دلتای نیجر منطقه نیجریه انجام دادند. نمونه آب برای تجزیه و تحلیل کیفیت از سه چاه به عنوان گمانه جمع‌آوری شد، نتایج نشان داد که برخی از پارامترها بیش از حد مجاز WHO می‌باشند. نمونه A و B حاوی ۰/۹ mg/L و mg/L ۱/۱بود. سطح بالاتر هیدروکربن کل در نمونه‌های A و B نشان دهنده نشت پی‌در پی آلودگی نفتی می‌باشد. نتایج مطالعه Park و Park(۲۰۱۰) برای استراتژی جدید تقسیم‌بندی TPH برای ارزیابی ریسک سلامت انسان در سایت آلوده به هیدروکربن نفتی، نشان داد که ترکیبات آلیفاتیک EC8–16 در میان ۱۳ فراکسیون TPH عوامل اصلی در ریسک بهداشتی انسان در تمام مسیرهای در معرض آلودگی قرار گرفتن هستند. Yang و همکاران (۲۰۱۵) برای توسعه ارزیابی ریسک و استراتژی‌های مدیریت سایت‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی کل از روش تجزیه و تحلیل دسته‌بندی، بخش‌هایی از TPH که دارای پتانسیل بالای در معرض قرار گرفتن و اثر سمیت بالاتر هستند استفاده کردند. این بخش‌ها شامل C8-10، C10-12 و C12-16 آلیفاتیک و C5-7، C10-12، و C12-16 آروماتیک است. در آب‌های زیرزمینی، بخش‌های TPH که به دلیل رفتار نوسانات بالاتر نیاز به تجزیه و تحلیل داشتند شامل ترکیبات نفتی سبک (مانند C6-10 آلیفاتیک و C5-10 آروماتیک) باید در طول فرآیند ارزیابی ریسک در نظر گرفته شوند.

۲. روش شناسی پژوهش

۲–۱. منطقه مورد مطالعه

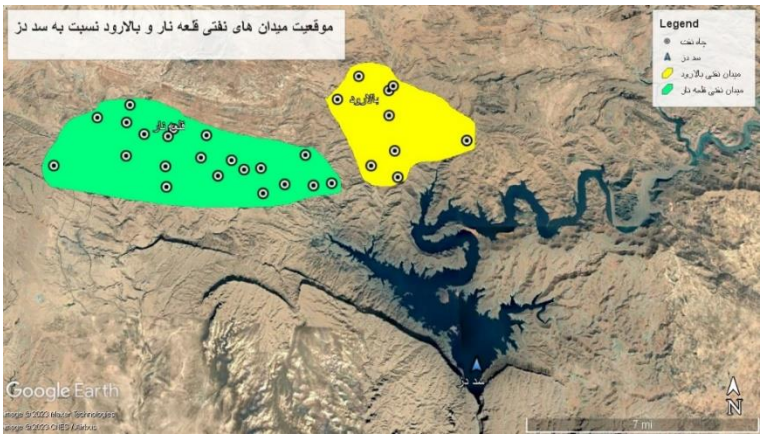
در منطقه مورد مطالعه ۲ میدان نفتی (قلعه‌نار و بالارود) در بالادست سد دز وجود دارد (نقشه ۱). میدان نفتی قلعه‌نار از لحاظ موقعیت جغرافیایی در محدوده مختصاتی "۴۸°۱۷´۴۴ عرض شمالی و "۳۲°۴۳´۵۴ طول شرقی، در حدود ۴ کیلومتری شرق جاده اندیمشک–

1. GC: Gas Chromatography

بیدروبه واقع شده (Qanberlou et al., 2017) و میدان نفتی بالا رود در ۳۰ کیلومتری شمال شهرستان اندیمشک بین میادین قلعه نار و لب سفید و در حاشیه شمالی فروافتادگی دزفول .Gholampour Moghi et al (۲۰۱۷) و در طول جغرافیایی ۴۸° تا ۳۰ ۴۸° و عرض جغرافیایی ۳۰ ۳۲° تا ۳۳° قرار دارد (Eivazhinejad et al., 2009). رودخانه دز یکی از منابع آبی با ارزش کشور محسوب می‌شود که از لحاظ تامین آب اصلی مصارف شهری، روستایی، کشاورزی و صنعت نقش مهمی دارد (Babamiri et al., 2020). دشت دز به‌عنوان یکی از وسیع‌ترین دشت‌های ایران با وسعتی بالغ بر ۲۰۷۳ کیلومترمربع از مناطق کوهستانی شمال استان خوزستان تا مناطق کم ارتفاع مرکز استان را در بر می‌گیرد (Shah Wali Koh Shouri et al., 2018).

شبکه آبیاری دز با مساحت۹۳۷۵۰ هکتار .Mahjoubi et al (۲۰۰۹) اراضی قابل کشت آبی می‌باشد، وجود سد دز در بالادست اراضی در صورت آلودگی آب سد، باعث آلودگی محصولات کشاورزی مورد آبیاری از طریق این شبکه نیز می‌شود.

با توجه به‌این که یکی از عوامل موثر در حرکت آب‌های زیرزمینی شیب توپوگرافی هر منطقه می‌باشد و حرکت تحت این عامل نیز تابع میزان نفوذپذیری و قابلیت هدایت هیدرولیکی لایه‌های موجود در مسیر جریان می‌باشد Bagherzadeh (۲۰۱۴) به‌همین لحاظ به‌واسطه استقرار برخی چاه‌های میادین نفتی قلعه نار و بالارود در ناحیه با شیب متمایل به‌سمت دریاچه سد دز (نقشه ۲) آلودگی احتمالی آب سد توسط انتشار نفت از طریق آب زیرزمینی مورد بررسی قرارگرفت.



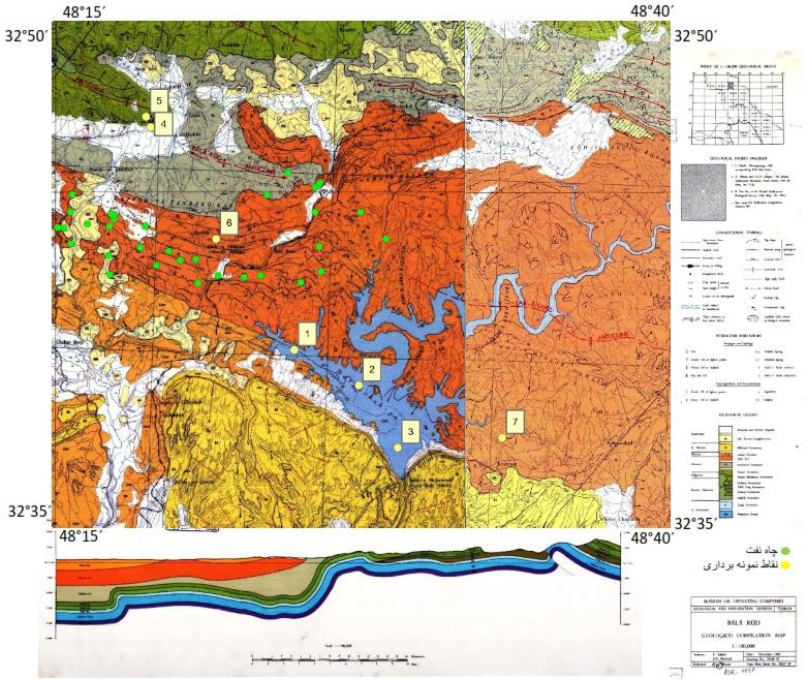
نقشه ۱: موقعیت میدان‌های نفتی قلعه نار و بالارود نسبت به سد دز (نگارنده)

۲-۲. انتخاب نقاط نمونه‌برداری

نقاط چاه‌های نفت، چشمه و چاه‌های آب توسط نرم‌افزار GIS بر روی نقشه منطقه مطالعاتی مشخص شدند. ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب زیرزمینی در بالادست سد دز با توجه به شیب لایه‌های زمین شناسی منطقه به سمت مخزن سد، موقعیت چاه‌های نفت (به عنوان منابع آلاینده)، مسیر حرکت جریان آب زیرزمینی و با توجه به چشمه و چاه‌های موجود در منطقه نفتی، ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مسیر حرکت آب از بالا دست منابع آلاینده تا پایین دست، در راستای جهت جریان، ۳ چشمه و ۱ چاه انتخاب شدند.

برای نمونه‌برداری از آب سد دز، در ابتدا تعداد و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به موقعیت جغرافیایی، شکل و مساحت مخزن، محل و جهت شیب میدان‌های نفتی در بالادست سد به عنوان منابع تولید آلاینده منطقه مشخص گردید، بر این اساس تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری ۳ نقطه بود، که ۱ ایستگاه در منطقه بالادست سد و در پایین دست میادین نفتی، ۱ نقطه در میانه سد و ۱ ایستگاه نیز در نزدیکی خروجی آب سد تعیین گردید (نقشه ۲). نمونه‌برداری در تاریخ ۶،۱۴ و ۱۵ مرداد ماه ۱۳۹۸ انجام شد.

نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه ارسال شدند و پس از استخراج، با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی، آنالیز شدند. نتایج مربوط به آنالیز نمونه‌ها در نمودار شماره ۱ نمایش داده شده اند.



نقشه ۲: محل‌های نمونه‌برداری از سد دز، چاه و چشمه‌ها (Sahabi & Macleod, 1969)

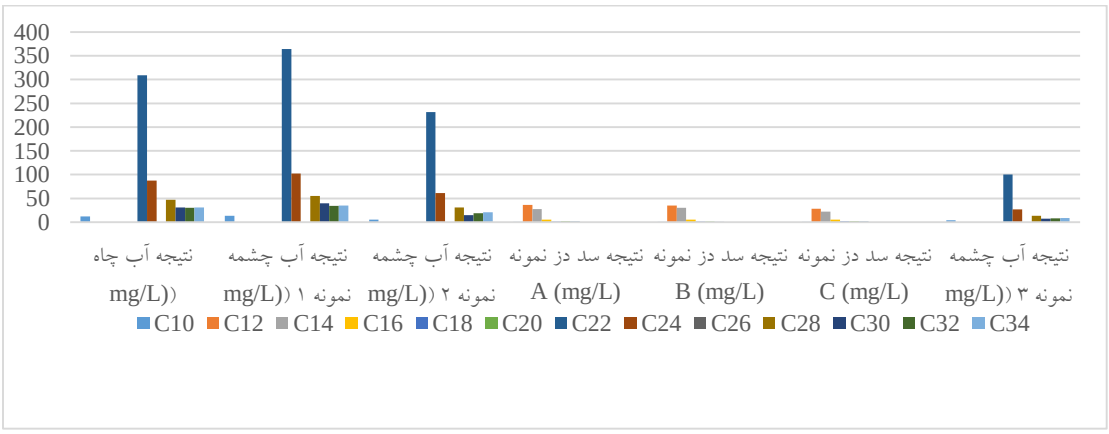
۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نتایج آنالیز نمونه‌ها با استانداردهای آب مقایسه شد بعد ارزیابی ریسک بهداشتی سرطانزایی و غیرسرطانزایی با روش EPA صورت گرفت و سپس توسعه روش ارزیابی ریسک به عنوان مدل جدید و نوآوری پژوهش انجام شد.

۳-۱. بررسی میزان هیدروکربن‌های نفتی کل در نمونه‌ها

۳-۱-۱. مقایسه نتایج آنالیز نمونه‌ها با استانداردهای آب

نتایج منتج از آنالیز نمونه‌ها با استانداردهای مربوط به TPH، سازمان حفاظت محیطزیست ایران برای آب شرب، سازمان حفاظت محیطزیست ایران برای آب حفاظت اکوسیستم‌های آبی و EPA مقایسه شد و نتایج نشان داد که در همه نمونه‌های آب‌های زیرزمینی و همچنین اکثریت نمونه‌های آب سد دز بالاتر از حد استاندارد هر ۳ مورد می باشد، نتایج در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند.



نمودار ۱: نتایج آنالیز آزمایشگاهی نمونه‌ها

جدول ۱: مقایسه نتایج آنالیز نمونه‌ها با استانداردها

ردیف	ترکیب TPH	آب چاه (mg/L)	آب چشمه نمونه ۱ (mg/L)	آب چشمه نمونه ۲ (mg/L)	آب چشمه نمونه ۳ (mg/L)	سد دز نمونه A (mg/L)	سد دز نمونه B (mg/L)	سد دز نمونه C (mg/L)	استاندارد EPA برای آب‌های سطحی			استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای آب شرب			استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای حفاظت اکوسیستم‌های آبی	
									۱[۵]	۲[۶]	۳[۷]	گروه[۱۸]	گروه[۲۹]	گروه[۳۱۰]	گروه[۱۱۱]	گروه[۲۱۲]
۱	C10	۱۲/۴۳	۱۳/۴۹	۵/۰۷	۴/۲۵	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۶۸	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۲	C12	۰	۰	۰	۰	۳۶/۱۸	۳۵/۲۸	۲۸/۲۳	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۳	C14	۰	۰	۰	۰	۲۷/۵۶	۳۰/۴۰	۲۲/۱۲	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۴	C16	۰	۰	۰	۰	۵/۲۳	۰/۵۳	۵/۲۷	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۵	C18	۰	۰	۰	۰	۱/۴۶	۱/۴۳	۱/۷۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۶	C20	۰	۰	۰	۰	۱/۷۸	۱/۵۷	۲/۱۴	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۷	C22	۳۰۸/۷۲	۳۶۴/۰۱	۲۳۱/۲۶	۱۰۰/۳۲	۱/۳۹	۰/۶۷	۱/۵۵	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۸	C24	۸۷/۵۸	۱۰۲/۳۳	۶۱/۳۲	۲۶/۷۸	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۹	C26	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۰	C28	۴۷/۰۷	۵۴/۸۵	۳۱/۰۵	۱۳/۶۶	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۱	C30	۳۰/۹۱	۳۹/۷۷	۱۴/۸۷	۷/۴۳	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۲	C32	۳۰/۳۲	۳۴/۱۸	۱۸/۹۸	۸/۲۷	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۱۳	C34	۳۰/۹۲	۳۴/۷۷	۲۱/۱۰	۸/۵۴	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۲	۱	۰/۰۵	۰/۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۱

۵. آب‌های دارای کیفیت بالا ۱ یا ۲

۶. استفاده محافظت شده

۷. آب طبقه بندی طبقه بندی آبزیان درجه یک از آب‌های سرد، یا طبقه زندگی آبزیان و آب‌های گرم ۱ و کلاس تفریحی ۱، بدون تعیین کیفیت مثبت یا منفی(EPA, 2001)

۸. برای آبی که پس از تصفیه فیزیکی و گندزدایی ساده مانند فیلتراسیون سریع و گندزدایی قابل شرب خواهد بود.

۹. برای آبی که پس از تصفیه فیزیکی معمول، تصفیه شیمیایی و گندزدایی مانند پیش کلرزنی، انعقاد و لخته‌سازی، ته‌نشینی، فیلتراسیون و گندزدایی قابل شرب خواهد بود.

۱۰. برای آبی که پس از تصفیه شیمیایی و فیزیکی پیشرفته، تصفیه و گندزدایی گسترده (مانند کلرزنی تا نقطه شکست 11 ،(انعقاد، لخته سازی، ته نشینی، فیلتراسیون، جذب سطحی (کربن فعال) و گندزدایی قابل شرب خواهد بود.

۱۱. اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان سردآبی (مانند آزاد ماهیان)

۱۲. اکوسیستم‌های مناسب برای ماهیان گرم آبی (مانند کپورماهیان) (Environmental Protection Agency of Iran, 2016)

۳-۲. ارزیابی ریسک

برای محاسبه ریسک سرطانزایی از مدل ELCR و محاسبه ریسک غیر سرطانزایی از مدل HQ سازمان حفاظت محیطزیست آمریکا (EPA) استفاده شد. ریسک سرطان طول عمر (Life Time Cancer Risk) به عنوان شاخص احتمال افزایش ابتلا به سرطان ناشی از مواجهه خاص معرفی شده (WHO, 2000).

از میزان نسبت خطر HQ (Hazard Quotient) برای نشان دادن خطر غیرسرطانزایی استفاده شد، مقدار HQ کمتر از ۱ نشان‌دهنده عدم وجود احتمال بروز اثرات غیرسرطانی در جمعیت در معرض مواجهه است (EPA, 2000).

برای بررسی ریسک بهداشتی مربوط به استفاده از آب دارای ترکیبات TPH، مقدار متوسط دریافتی روزانه (مصرف مزمن روزانه ماده شیمیایی) (CDI Chronic Daily Intake Averaged Over 70 Years (mg/kg-day)) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$CDI = \frac{\mathrm{C}\times IR\times \mathrm{EF}\times \mathrm{ED}}{\mathrm{BW}\times \mathrm{AT}} \quad (۱)$$

معادله ریسک سرطانزایی، ریسک مازاد سرطان در طول زندگی (Excess Lifetime Cancer Risk) ELCR به شکل زیر می باشد.

$$\mathrm{ELCR}=\mathrm{CDI}\times \mathrm{CSF} \quad (۲)$$

ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه باTPH در آب سد دز و نیز آب‌های زیرزمینی از طریق محاسبه مقدار نسبت خطر (برای نشان دادن اثرات غیرسرطانی) براساس روابط ارائه شده توسط EPA مطابق معادله زیر تعیین گردید (EPA, 2001).

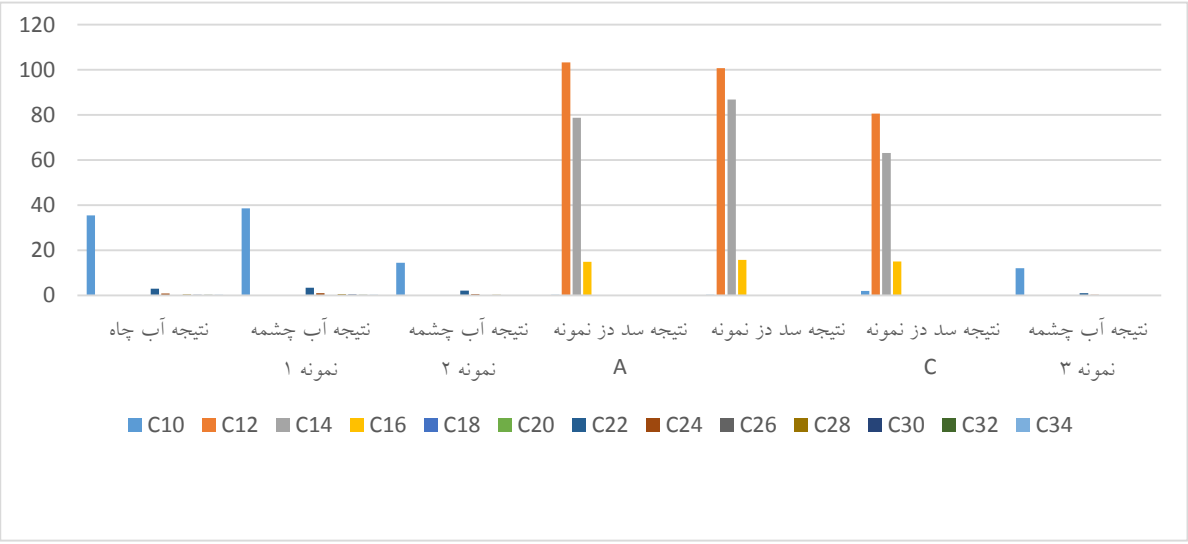
$$HQ = \frac{\mathrm{CDI}}{\mathrm{RFD}} \quad (۳)$$

CDI: مصرف مزمن روزانه ماده شیمیایی

C (Concentration Of The Chemical In An Exposure Medium($\mu g/ml$)): غلظت آلاینده برحسب میلی‌گرم بر لیتر

شرح و مقادیر پارامترها در جدول شماره ۲ آورده شده‌اند.

با توجه به EPA نتایج این پژوهش دارای شامل شیب سرطان (CSF) نمی‌باشند (EPA, 2009) در نتیجه ریسک سرطانزایی در نمونه‌های موجود وجود ندارد. ریسک غیرسرطانزایی (HQ) برای هریک از نمونه‌ها محاسبه شد (نمودار شماره ۲).



نمودار ۲: نتایج محاسبه ریسک غیرسرطانزائی (HQ)

جدول ۲: شرح و مقادیر هریک از پارامترهای فرمول‌های ارزیابی ریسک

پارامتر	شرح پارامترها / ترکیب TPH	C10	C12	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C26	C28	C30	C32	C34
RfD	دز مرجع (Reference Dose For The Chemical For Assessing Noncancer Health Effects (mg/kg-day))	1×10^{-2} (EPA,2009)				3×10^{0} (EPA,2009)								
IR	سرانه روزانه آب آشامیدنی (لیتر/روز) (Ingestion Rate (L/day for water))	بزرگسالان ۲ و کودکان ۱ لیتر (EPA,2019)												
EF	دفعات مواجهه (سال/روز) (Exposure Frequency (days/year))	۳۶۵												
ED	تعداد سال‌های مواجهه (Exposure Duration (years))	۷۰												
BW	وزن بدن (کیلوگرم) (Body Weight (kg))	۷۰												
AT	متوسط زمان مواجهه برای بروز اثرات غیر سرطانی (Averaging Time (equal to ED x 365 days/year for noncarcinogens and 70 years x 365 days/year for carcino gens))	(ED×365): 70×365												
CSF	عامل شیب سرطان از طریق هیدروکربن‌های کل (EPA, 2001) (Cancer Slope Factor (linear low-dose cancer potency factor) for the chemical $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$)	ندارد (EPA,2009)												

۳-۲-۱. توسعه روش ارزیابی ریسک

به منظور توسعه روش ارزیابی ریسک، آیتم اهمیت ریسک در نظر گرفته شد. برای ارزیابی درجه اهمیت بهداشتی هیدروکربن‌های نفتی در محدوده C10، C20، C30 در آب زیرزمینی و سد دز از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP: Analytical Hierarchy process) استفاده شد.

بدین منظور پس از رسم ساختار سلسله مراتبی مربوط به درجه اهمیت ریسک بهداشتی هیدروکربن‌های نفتی در آب زیرزمینی و سد دز، ماتریس مقایسه زوجی با توجه به اهمیت ریسک معیارها نسبت به یکدیگر تشکیل شد و پرسشنامه AHP برای اهمیت ریسک هیدروکربن‌های نفتی رنج C10,C20,C30 تهیه و نظرسنجی بین خبرگان، متشکل از ۹ کارشناس متخصص در زمینه محیطزیست و منابع آب از اداره کل حفاظت محیطزیست استان خوزستان و سازمان آب و برق استان خوزستان انجام شد.

نظرات خبرگان باید به یک نظر واحد تبدیل شود. یکی از بهترین روش‌ها برای ترکیب جدول‌های مقایسه‌ای پاسخ‌دهندگان، استفاده از میانگین هندسی است. همچنان که ساعتی و اکزل نشان داده‌اند میانگین هندسی مناسب‌ترین قاعده ریاضی برای ترکیب قضاوت‌ها در AHP است (Ghazizadeh & Ghazizadeh, 2016).

میانگین هندسی برای n مقدار به‌صورت ریشه nام حاصل‌ضرب آنها تعریف می‌شود. این تابع برای مجموعه‌ای از داده با استفاده از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید (Ghasemzadeh et al., 2019):

$$G_{A(v_1,v_2,v_{3,}\ldots v_n)=}(\prod_{i=1}^{n} v_i)^{1/n} = \sqrt[n]{v_1.v_2.v_3\ldots v_n} \quad (۴)$$

داده‌های به‌دست آمده ازمیانگین هندسی، وارد نرم افزار Expert Choice 11 گردید و ترتیب درجه اهمیت مشخص شد.

ترتیب درجه اهمیت: C10>C20>C30

مدل جدید ارزیابی ریسک پس از ادغام درجه اهمیت در فرمول EPA و نیز بکار بردن میانگین در معادله جدید به‌دست آمد.

فرمول جدید پس از ادغام درجه اهمیت در فرمول EPA و نیز بکار بردن میانگین در معادله جدید به شکل زیر می باشد:

$$HRA = \frac{\left(\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Ci}{n}\right)\times F\times EF\times ED}{BW\times AT}\right)}{RfD} \quad (۵)$$

۳-۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق با توجه به این که روش جدید توسعه یافته، روش استاندارد EPA می باشد، رابطه مستقیم بین داده‌های دو روش، تایید روش جدید را نشان می‌دهد.

صحت صنجی داده‌های منتج از معادله تلفیقی جدید با داده‌های HQ از روش EPA از طریق ضریب همبستگی پیرسون توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد و همبستگی کامل بین دو روش را نشان داد. محاسبه ریسک غیرسرطانزایی توسط فرمول جدید انجام شد (جدول ۳).

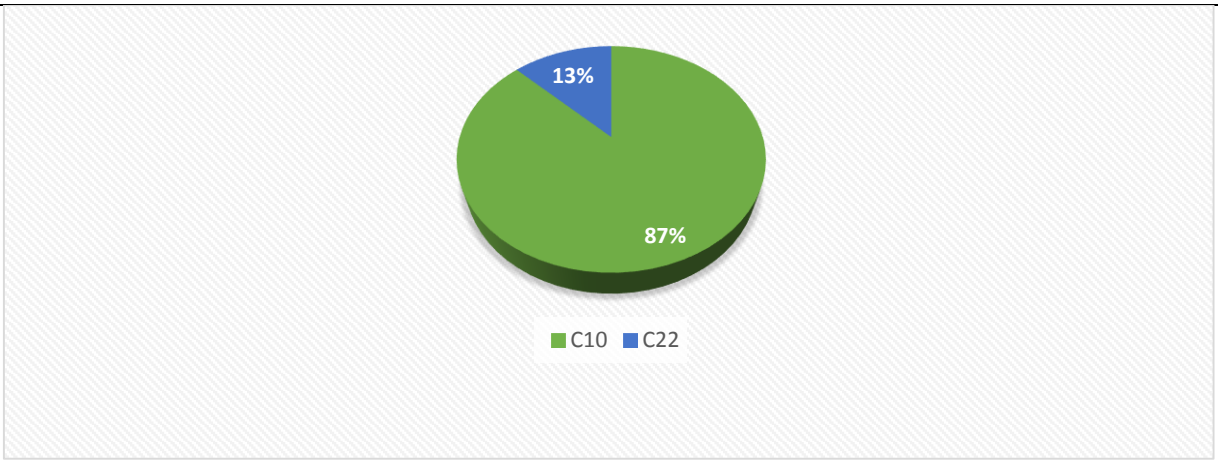
جدول ۳. نتایج فرمول جدید

ردیف	ترکیب TPH	نام ترکیب	محاسبه برای هر نمونه							محاسبه کل نمونه ها
			آب چاه	آب چشمه نمونه ۱	آب چشمه نمونه ۲	سد دز نمونه A	سد دز نمونه B	سد دز نمونه C	آب چشمه نمونه ۳	
۱	C10	Decane	۲۰/۷۴	۲۲/۵۱	۸/۴۶	۰/۱۸۴	۰/۱۵	۱/۱۳۵	۷/۰۹۱	۸/۶۰۹۸۲۸۵۷
۲	C12	Dodecene	۰	۰	۰	۶۰/۳۷	۵۸/۸۷	۴۷/۱	۰	۲۳/۷۶۲۸۴۰۸
۳	C14	Tetradecane	۰	۰	۰	۴۵/۹۹	۵۰/۷۲	۳۶/۹۱	۰	۱۹/۰۸۸۴۵۷۱
۴	C16	Hexadecane	۰	۰	۰	۸/۷۲۷	۹/۲۲۷	۸/۷۹۳	۰	۳/۸۲۱۰۲۸۵۷
۵	C18	Octadecane	۰	۰	۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۰۳۶۴۷۰۲
۶	C20	Eicosae	۰	۰	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۲۲۰۹۸۹
۷	C22	Docosane	۰/۸۲۶	۰/۹۷۴	۰/۶۱۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۲۶۸	۰/۳۸۵۳۴۰۸۴
۸	C24	Tetracosane	۰/۲۳۴	۰/۲۷۴	۰/۱۶۴	۰	۰	۰	۰/۰۷۲	۰/۱۰۶۲۸۶۸۲
۹	C26	Hexacosane	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	C28	Octacosane	۰/۱۲۶	۰/۱۴۷	۰/۰۸۳	۰	۰	۰	۰/۰۳۷	۰/۰۵۶۰۵۸۵۴
۱۱	C30	Triacontane	۰/۰۴	۰/۰۵۱	۰/۰۱۹	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱۷۰۷۷۹۶
۱۲	C32	Dotriacontane	۰/۰۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۲۴	۰	۰	۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶۸۵۲۰۴
۱۳	C34	Tetratriacontane	۰/۰۴	۰/۰۴۵	۰/۰۲۷	۰	۰	۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷۵۰۹۵۹

جهت تعیین محدوده یا خط کش احتمال خطر با توجه به این که در روش EPA، HQ>۱ دارای احتمال خطر در نظر گرفته می‌شود برای این روش با گرفتن مجموع داده‌های دو روش به‌دست آمده و گرفتن نسبت بین آنها محدوده احتمال ریسک ۰/۶ به‌دست آمد.

۳-۳-۱.نسبت انتشار آلاینده‌های زیرزمینی به آب سطحی بین C10 و C22

محاسبه نسبت انتشار بین دو PH، C10 و C22، انتشار بیشتر C10 را نشان داد (نمودار شماره ۳)



نمودار ۳: نسبت انتشار آلاینده‌های زیرزمینی به آب سطحی بین C10 و C22

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج به‌دست آمده از معادله EPA و فرمول جدید HRA در این پژوهش نشان داد که هیدروکربن‌های C10 و C22 از طریق آب‌های زیرزمینی وارد مخزن دریاچه سد دز شده‌اند نسبت انتشار بین این دو نشان داد که C10 دارای خاصیت انتشار بسیار بیشتر(به دلیل حلالیت بالاتر) بوده و همچنین در بخشی از سد دز که مربوط به خروجی آب می‌باشد تراکم زیادتری دارد. با توجه به استاندارد EPA و همچنین روش جدید ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی و سد دز دارای احتمال ریسک بالا می باشد. با توجه به این نتایج ارزیابی ریسک استفاده از آب‌های زیرزمینی و نیز آب سد مخزن دز به عنوان یک منبع دارای ریسک بهداشتی در نظر گرفته می شود.

۵. بحث و نتیجه گیری

ارزیابی ریسک با روش استاندارد EPA (معادله ۳) انجام شد. برای توسعه روش EPA و به‌دست آوردن روش جدید ارزیابی ریسک، معیار درجه اهمیت ریسک برای اعمال میزان حساسیت و قابل توجه بودن ریسک هر PH به معادله اضافه شد، به این طریق میزان ریسک هر ترکیب براساس درجه اهمیت ریسک طبقه‌بندی می شود. به این ترتیب که اگر ترکیب PH که در معادله EPA دارای احتمال ریسک بالاتر یا کمتری باشد، ممکن است در این روش دارای احتمال ریسک متناسب با روش اول، کمتر یا بیشتر شود.

غلظت‌های نسبتاً زیاد هیدروکربن‌های نفتی کل در نمونه‌های آب‌های زیرزمینی نشان دهنده تاثیر گسترده فعالیت‌های مربوط به استخراج نفت در منطقه می‌باشد که منجر به انتقال این آلاینده‌ها به مخزن سد دز گردیده است. در این مطالعه همه نمونه‌های آب زیرزمینی و سطحی (آب مخزن سد دز) بهTPH آلوده بوده‌اند که کمترین آن ۰/۰۹ و بیشترین آن ۳۶۴/۰۱ mg/L می‌باشد. در مطالعه حاضر پس از نظرسنجی از خبرگان هیدروکربن C10 دارای اهمیت ریسک بالاتری شناخته شد، و اعمال آلاینده براساس ضریب اهمیت ریسک در فرمول جدید ارزیابی ریسک، منجر به اولویت‌بندی آلاینده‌ها و دقت بالاتر در بررسی آن‌ها می‌شود. باتوجه به نوع هیدروکربن C10 که خاصیت حلالیت زیادی در آب دارد و نیز اهمیت ریسک بالای آن نسبت به سایر هیدروکربن‌ها و با توجه به این که در بخشی از سد که نزدیک به خروجی آب مخزن می‌باشد میزان آن بالاتر و احتمال ریسک بالاتری دارد.

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق به صورت زیر است:

- حضور میادین نفتی قلعه نار و بالارود و چاه‌های نفت مربوط به آن‌ها باعث نشت نفت به آب‌های زیرزمینی منطقه و سبب آلودگی نفتی آن‌ها شده.
- با توجه به شیب زمین میادین نفتی به سمت مخزن سد، برخی هیدروکربن‌های نفتی وارد مخزن سد دز گردیده و سبب آلودگی آب گردیده اند.

- آلودگی آب سد دز باتوجه به میزان بالای آن در بخش نزدیک به خروجی آب سد اثر زیانبار بر بهداشت عمومی دارد که مستلزم اقدامات لازم برای کاهش ورودی‌های TPH در آب به منظور محافظت از اکوسیستم آبی و حفظ سلامت عمومی است.
- در پژوهش حاضر از روش‌های ارزیابی ریسک EPA و روش جدید برای ارزیابی ریسک TPH استفاده شد. روش ارزیابی ریسک پیشنهادی جامع مشاهده شد و از نتایج آن می‌توان برای اقدامات اصلاحی و کنترلی و اولویت‌بندی منابع کاهش ریسک استفاده کرد.

۶. پیشنهادها

- پژوهش در رابطه با ارائه روش‌های نوین و کارامد پاکسازی موادآلاینده نفتی به آب‌های زیرزمینی انجام شود مانند روش موانع نفوذپذیر واکنش دهنده (PRBs: Permeable Reactive Barriers) که یکی از جدیدترین روشهای پاکسازی آب‌های زیرزمینی میباشد، یک لایه عمودی است که در جهت آب زیرزمینی قرار گرفته و آلودگی‌های آن را تصفیه می‌کند.
- با توجه به عدم وجود برخی هیدروکربن‌ها در آب زیرزمینی و حضور آن‌ها در آب سد دز نشان‌دهنده احتمال بالای ورودشان از طریق آب سطحی می‌باشد، پیشنهاد می‌شود منشاء ورود آن‌ها بررسی شود.
- کاهش آلودگی مستلزم استفاده از فناوری‌ها و تکنیک‌های بهبود یافته و حصول اطمینان از بهترین شیوه‌ها در صنعت است که سبب کاهش یا حذف ریسک آلودگی شوند، پیشنهاد می شود در رابطه با این فناوری‌ها مطالعه جامعی صورت گیرد.

۷. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله،مراتب تشکر و قدردانی خود را از واحد معاونت مطالعات پایه منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان جهت همکاری در نمونه‌برداری‌ها، ابراز می‌نماید.

۸. منابع

Akinola, J. & Olawusi-Peters, O. & Akpambang, V. (2020). Human health risk assessment of TPHs in brackish water prawn (Nematopalaemon hastatus, AURIVILLUS, 1898). *Heliyon*, 6(1), 1-6.

Aria, M., Hosseini, M., Fallah, A. (2018). Development of a model for estimating the hydraulic breakdown pressure in carbonate rocks of Iranian oil wells. *Journal of Mineral Resources Engineering*, 3(1), 13-28. doi: 10.30479/ jmre.2018.1388. (In Persian)

Babamiri, O., Maroufi, S. & Azari, A. (2020). Investigation of self-purification and modeling of nitrogen and phosphorus changes along Dez River (Dez Dam to Bitumen Bridge). *Environmental science and technology*, 22(3), 301-315. (In Persian)

Bagherzadeh Khalkhali, A. (2014). Soil Mechanics. *Student mobilization of Khwaja Nasiruddin Tusi University of Technology*. (In Persian)

Chokor A.A. (2021). Total petroleum and aliphatic hydrocarbons profile of the River Niger surface water at Okpu and Iyiowa-Odekpe regions in South-Eastern, Nigeria. *Chemistry International*, 7(3), 188-196.

Chowdhary, P., Raj, A., Verma, D., & Akhter, Y. (2020). Microorganisms for Sustainable Environment and Health. *Elsevier*.

Eivazhinejad, A., Zare, M., Sheikhul-Islami, M. (2009). Earthquake investigation of Balaroud region (north of Dezful). *Applied Geology and Environment Conference*, 4th session. Islamshahr, Iran. (In Persian)

Environmental Protection Agency of Iran. (2016). Iran's water quality standard. Vice President of Human Environment, Water and Soil Office. (In Persian)

Frollini, E., Preziosi, E., Calace, N., Guerra, M., Guyennonm N., Marcaccio, M., Menichetti, S., Romano, E., & Ghergo, S. (2021). Groundwater quality trend and trend reversal assessment in the European Water Framework Directive context: an example with nitrates in Italy. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 22092–22104.

Ghasemzadeh, S., Maghsoudi, A., Yousefi, M. (2019). Application of geometric average approach for Cu-porphyry prospectivity mapping in the Baft area, kerman. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 29(113), 231-130. (In Persian)

Ghazizadeh, M., Ghazizadeh, M. (2016). Obstacles to non-establishment of operational budgeting system (case study of Fatemeh Zahra Hospital, Sari). *The first international conference and the second national conference of the third millennium and human sciences*, Shiraz. (In Persian)

Gholampour Moghi, S., Waziri Moghadam, H., Salehi, M. A., Arzani, N., Armon, A. (2017). Biostratigraphic and microfacies investigation of Shahbazan and Asmari formations (transition from Eocene to Oligocene) in carbonate deposits north of Dezful depression, Zagros sedimentary basin. *Geology of Iranian oil*, 7(13), 20-42. (In Persian)

Houshmand, H., Ahangarzadeh, M., Dehghan Madiseh, S., & Mortezaei, S. (2020). Evaluation of Seymareh Reservoir Water Quality by Bacterial Indices and relationship with some physical and chemical water parameters. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(6), 89-97.

Ihunwo, O. C., Onyema, M. O., Wekpe, V. O., Okocha, C., Shahabinia, A. R., Emmanuel, L., Okwe, V. N., Lawson, C. B., Mmom, P. C., Dibofori-Orji, A. N., & Bonnail, E. (2021). Ecological and human health risk assessment of total petroleum hydrocarbons in surface water and sediment from Woji Creek in the Niger Delta Estuary of Rivers State, Nigeria. *Heliyon, 7*(8), 1-14.

Ighariemu, V., Belonwu, D.C. & Wegwu, M.O. (2019). Level of Petroleum Hydrocarbons in Water and Sediments of Ikoli Creek Bayelsa State Nigeria. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 11(2), 114–119.

Igwe, O., Ngwoke, M., Ukah, B.U., Ubido, O.E. (2021). Assessment of the physicochemical qualities of groundwater and soils around oil-producing communities in Afam, area of Porthacourt, Niger Delta Nigeria. *Applied Water Science*, 11(74), 1-13.

Khalaji, M., Ebrahimi, E., Motaghe, E., Asadola, S., & Hashemenejad, H. (2017). Water quality assessment of the Zayandehroud Lake using WQI index. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(5), 51-63. doi: 10.22092/isfj.2017.110314. (In Persian)

Kuppusamy, S., Maddela, N.R., Megharaj, M. & Venkateswarlu, K. (2020). Total Petroleum Hydrocarbons: Environmental Fate, *Toxicity, and Remediation*. Springer Cham.

Mahjoubi, A., Naseri, A. A. & Kandi Dezfouli, M. (2009). Solutions to reduce the effect of the recent drought by the farmers of Dez irrigation network. *The second national conference on the effects of drought and its management solutions*. Isfahan, Iran. (In Persian)

McMahon, P.B., Landon, M.K., Davis, T.A., Wright, M.T., Rosecrans, C.Z., Anders, R., Land, M., Kulongoski, J.T. & Hunt, A. (2021). Relative risk of groundwater-quality degradation near California (USA) oil fields estimated from 3H, 14C, and 4He. *Applied Geochemistry*, 131, 1-15.

National Research Council (US) Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. (1983). Risk Assessment in the Federal Government: *Managing the Process. National Academies Press* (US).

Nwachukwu, A.N., Osuagwu, J.C. (2014). Effects of Oil Spillage on Groundwater Quality In Nigeria. American Journal of Engineering Research, 3(6), 271-274.

Oborie, .E, Nwankwoala, H.O. (2017). Determination of groundwater flow direction in yenagoa, bayelsa state, Nigeria. *Journal of scientific achievements*, 2(9), 23-27.

Pakravan, S., Saeb, K. & Kaysari, M.M. (2014, December 6-10). Investigation of types of oil pollutants caused by the operation of Isfahan oil and petrochemical refinery in underground water resources. *7th national conference and specialized exhibition of environmental engineering, Tehran, Iran*. https://civilica.com/doc/318614/. (In Persian)

Park, I., Park, J. (2010). A novel total petroleum hydrocarbon fractionation strategy for human health risk assessment for petroleum hydrocarbon-contaminated site management. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 1128-1135.

Qanberlou, H, Waziri Moghadam, H., Sirafian, A., Taheri, A., Rahmani, A. (2017). Microfacies and sedimentary environment of Shahbazan formation in Well No. 3 of Qala Nar oil field, southwest of Lorestan. *Geology of Iran*, 11(4),1-10. (In Persian)

Sahabi, F. & Macleod, J.H. (1969). Bala Rud Geological compilation Map. Iranian oil operating companies. 1:100000. (In Persian)

Sarikhani, R., Ghassemi Dehnavi, A., Moradpour, A. & Amiri, M. (2017). Study of Soil Pollution with Heavy Metals due to Leakage of Petroleum Hydrocarbons at Kermanshah Refinery. *Environment and Water Engineering*, 3(2), 157-169. (In Persian)

Shah Wali Koh Shouri, S., Ghazanfari Moghadam, M. S. & Khanjani, M. J. (2018). Optimal Management of Water Resources Using Application of Various Scenarios of Water Allocation (case study: Dez basin). *Irrigation Sciences and Engineering*, 41(1), 45-55. (In Persian)

Steffan ,R.J. (2019). Consequences of Microbial Interactions with Hydrocarbons, Oils, and Lipids: Biodegradation and Bioremediation, Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology. Springer Cham.

Stout, S., Wang, Z. (2016).Standard Handbook Oil Spill Environmental Forensics: (2nd Edition). Academic Press.

United States Environmental Protection Agency. (2000). Methodology for deriving ambient water quality criteria for the protection of human health. EPA.

United States Environmental Protection Agency. (2001). Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III - Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. EPA, Office of Emergency and Remedial Response.

United States Environmental Protection Agency. (2004). Performance monitoring of MNA remedies for VOCs in groundwater. EPA. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/10004FKY.PDF?Dockey=10004FKY.PDF

United States Environmental Protection Agency. (2009). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Complex Mixtures of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons (CASRN Various). EPA.

United States Environmental Protection Agency. (2019). Update for Chapter 3 of the Exposure Factors Handbook Ingestion of Water and Other Select Liquids. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development.

World Health Organization. (2000). Air quality guidelines for Europe: (2th ed). WHO. Regional Office for Europe.

Yang, Z.H., lien, P.J., Huang, W.S., Surampalli, R.Y., ASCE,Dist, M, Kao C.M. & ASCE, F. (2015). Development Of The Risk Assessment And Management Strategies For TPH-Contaminated Sites Using TPH Fraction Methods. Journal of Hazardous, *Toxic, and Radioactive Waste*, 21(1), D4015003-1- D4015003-10.

Yanxun, S., Yani, W., Hui, Q. & Yuan F. (2011). Analysis of the Groundwater and Soil Pollution by Oil Leakage. *Procedia Environmental Sciences*, 11(B), 939-944.