Kharazmi University

Journal of Engineering Geology

Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

OPEN ACCESS

Online ISSN 2981-1600

Effect of Siahroud river on lead and nitrate pollution of groundwater in Ghaemshahr-Joybar plain

Hamid Reza Nassery[1]✉, Maryam Arab[2], Zahra Kayhomayoon[3]

1. Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: h-nassery@sbu.ac.ir
2. M. Sc in Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: arab.maryam1373@gmail.com
3. Associated Professor, Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: zkayhomayoon@pnu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 7 July 2024
Received in revised form 15 September 2024
Accepted 19 September 2024

Keywords:
River, Siahroud, Pollution, Groundwater, Ghaemshahr-Joybar plain.

ABSTRACT

The study of the aquifer hydrogeochemical processes and the detailed investigation of the groundwater pollutants in order to control the pollution and prevent its environmental consequences are of special importance. The aim of this research is to investigate the effect of the Siahroud River on lead and nitrate contamination of groundwater in Qaimshahr-Joibar plain. For this purpose, two surface water samples were collected from Siahroud River, before and after Qaimshahr city, and 13 groundwater samples were collected from 13 wells, located in the bed of Siahroud river, in three periods during 2019-2020. The of nitrate, lead and dissolved oxygen concentrations of the samples were measured in the laboratory of Mazandaran Regional Water Company. The assessment of the pollution of water resources in the area shows that the discharge of urban, rural and industrial sewage and agricultural drains into the Siahroud River has caused an increase in the concentration of nitrate and lead ions in the groundwater. The Siahroud River has had an impact on groundwater pollution in the Qaimshahr plain in the upstream and some middle parts of the range due to the direction of groundwater flow and the exchange that exists between the river and the aquifer, as well as the direct discharge of pollutant sources to surface water.

Introduction

The quality of groundwater and rivers is affected by natural and human activities. Rivers are among the most vulnerable environments to harmful environmental factors (Westrich and Förstner, 2005). In almost all ecosystems, groundwater and surface water are closely related and interdependent. The Qaimshahr-Joibar area has two major rivers, the Talar and the Siahroud, which flow to the west and east of the area. The Siahroud River, on which this research was conducted, originates from the heights of Brijstanak, 15 km southeast of Qaimshahr, with a length of 6.75 km, and passes through the eastern part of Qaimshahr city, so that after irrigating the lands, the route it enters the villages of Joibar, Larim and Arous Kati and finally flows into the sea. This river is the most polluted riversin Mazandaran Province, with a pollution load caused by the urban sewage entering the Qaimshahr-Joibar study area. According to the studies conducted, in recent years this river has been in very poor condition compared to other rivers in Mazandaran.This is due to the discharge of effluents from many factories, including the Mazandaran Textile Industry Factory and Qaimshahr Hospital effluents, as well as the introduction of urban runoff, which has been entering the river for many years (Noorbakhsh et al., 2014). In addition, in some parts of its course, this river passes next to agricultural land, including rice and rapeseed fields and rural areas, which increases the possibility of other types of pollutants entering this river. Therefore, this study investigated the influence of the Siahroud

Cite this article: Nassery, H. R., Arab, M., Kayhomayoon, Z. (2024). Effect of Siahroud river on lead and nitrate pollution of groundwater in Ghaemshahr-Joybar plain. Journal of Engineering Geology, 18 (2), 303-319. https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.2.1010421

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University.
DOI: https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.2.1010421

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

River on well contamination in the vicinity of the river, including lead and nitrate contamination.

Materials and Methods

Hydrogeology

The Qaemshahr-Joibar aquifer type is free aquifer and the average thickness of the alluvium is about 55 meters. The alluvium of the plain is formed from clay and sand sediments in the peripheral and central areas. In the northern areas of the plain, finer grainedalluvium has been deposited together with clay. The depth of the groundwater varies from 12.38 meters in the south to 0.56 meters in the north of the plain, which is prone to evaporation from the groundwater level. According to the groundwater level map during the water year 2017-1398, the minimum water level is 25.49 meters along the northern coastal areas of the plain and the maximum water level is 34.07 meters in the southern areas of the plain. The direction of groundwater flow in this plain is from south to north. In the alluvial part and the middle part of the plain, the aquifer is fed by the bed of Siahroud River. Towards the northern areas of the plain, the curves become linear and the level of the groundwater and river are at the same level (Tehran AB-KHAK Consulting Engineers, 2014). The outlet front of the Qaimshahr aquifer is in the northern areas of the plain, and the groundwater enters the saline areas located in the north of the plain.

Sampling

Sampling of the Siahroud River at two points located at the entrance and exit of the city of Qaimshahr, which is the discharge point for municipal, hospital and industrial wastes from the Qaimshahr Textile Factory, and 13 observation wells located near the Siahroud River, factories and industrial towns and agricultural lands are located, it has been done (Figure 3). The sampling points of Qaimshahr aquifer wells include semi-deep wells with a depth of about 12 to 56 meters (Table 1). A total of 45 samples were collected from 15 locations during three periods of the late dry season (October) and the rainy season (late December and early May) of the 2019-2020 water year. Samples were collected in 300 ml polyethylene containers from a depth of 15 to 20 cm below the surface of the river and, for groundwater, using a sampler.. At each site the polyethylene bottle was washed three times with river water and well water before sampling. During sampling, two samples were taken from each site, one sample to measure nitrate ions and one sample to measure heavy metals. The samples that were taken for measuring heavy metals were first filtered and then acidified with 50% nitric acid so that there was no change in the concentration of the elements and kept at 4 degrees Celsius until the samples were taken to the laboratory. The collected water samples were taken to the laboratory of Mazandaran Regional Water Company to determine the concentration of nitrate and lead. Nitrate ion concentration was measured by spectrophotometric method and lead heavy element concentration was measured by ICP-OES method. Dissolved oxygen (DO) measurement of water samples was carried out using with a DO meter at the sampling site.

Results and Discussion

Nitrate pollution

The annual amount of nitrate in the waters of the study area, varied between 8.11 mg/l and 223 mg/l in the 2019-2020 water year. The average nitrate concentration in the area during three periods is 45.51 mg/l in October 2018, 74.60 mg/l in December 2019 and 46.52 mg/l in April 2020. In this study, the maximum concentration of nitrate in the groundwater of Ghaemshahr plain was in December 2019 and in sample W12 located in Mian Malik village. The depth of the well between the properties is 12 meters. Due to the large amount of rainfall and the rise in the water level and the infiltration of nitrate agricultural fertilizers along with rainwater, the excessive consumption of chemical and animal fertilizers by farmers and the outflow of water from surface and underground drains are the

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

main factors for the increase in nitrate concentration in this well. Rural effluents and the discharge of hatchery effluents into the groundwater are also responsible. The highest nitrate concentration in the Siahroud river water is found at station S2 and equal to 5.57 mg/l. The reason for the high concentration of nitrate in this area is the large volume of urban wastewater discharged by point sewage trucks, the discharge of wastewater discharged byVali-Asr Hospital, the human and sanitary wastewater of Qaimshahr city, the industrial wastewater of Qaimshahr textile factory and wastewater. During all three sampling periods, the highest levels of nitrate were observed in wells W13, W12, W11, W8 and W7. Due to the high-water level in the wells located downstream of the river and the proximity of the wells to the Siahroud River, as well as the large amount of agricultural land in the area, especially in the downstream, and the use of nitrate fertilizers by farmers, animal manure, the discharge of agricultural drainage into the Siahroud River, and the discharge of urban sewage from Joibar and villages around Joibar, the concentration of nitrates in these wells is high. In addition, the direct discharge of hatchery wastewater into the groundwater and the direct discharge of Miankale industrial slaughterhouse effluent play a significant role in the increase of nitrate in these wells due to the high nitrate content of industrial effluent from hatcheries and slaughterhouses. The relatively high concentration of nitrates in W1 and W2 wells is due to the location of these wells in the surrounding villages after Qaimshahr city, infiltration of urban sewage and also agricultural activities. Also, the Siahroud River has been effective on the nitrate pollution of these wells. The nitrate concentration of water in the Siahroud River is higher at station S2 (Parchi-Kola) than at station S1 (Sarokla), which can be discharged due to the large volume of urban wastewater discharge by sewage transporters. In the two-variable diagram of nitrate concentration versus the depth of the stagnant surface of the alluvial aquifer of the Ghaemshahr plain (Figure 4), we can see the inverse relationship between the depth of the well and the depth of the stagnant surface with nitrate concentration.

Lead pollution

In all three sampling periods, the concentration of lead in the surface water samples of Siahroud River is higher than the World Health Organization standard, but in all the groundwater samples, the concentration of lead is lower than this standard. According to the increase in the amount of clay and organic matter in the sediments towards the downstream side of the river, it seems that the lead metal has been absorbed by the sediments and its concentration in the water has decreased and increased in the sediments along the river. In sediments that have little organic matter, Pb^{2+} is mainly absorbed by clay minerals or iron and manganese hydroxides, and the extent of this absorption depends on pH (13). As a result, the absence of lead in wells W4, W5, W6, W10 and W13 could be due to this. The average concentration of lead in the groundwater in the area during three periods is 4.05 ppb in October 2019, 3.46 ppb in January 2020 and 3.57 ppb in May 2020 and the maximum concentration of lead in the groundwater of Ghaemshahr plain is at the end of the dry period. (September 2019), ppb is 9.25 in well W9, which is caused by the entry of Joibar urban sewage into the Siahroud river. The maximum concentration of lead in surface water at station S2 (Parchi-Kola) due to the discharge of urban sewage and urban runoff, the inflow of industrial wastewater from Qaimshahr textile town, the inflow of domestic wastewater from Qaimshahr textile town, the discharge of wastewater treatment from Vali-Asr Hospital and the discharge of wastewater from the treatment system Itka Cannery is in Siahroud River at the exit of Qaimshahr city. According to the groundwater equipotential map (Figure 2), the Siahroud river feeds the primary wells of the plain. This factor is very effective in the pollution of wells in this sector. As a result, the

Siahroud River has influenced the pollution of the groundwater in the Qaimshahr plain.

Conclusions

The assessment of the pollution of the water resources in the study area shows that the discharge of urban, rural and industrial sewage (especially slaughterhouses and hatcheries), agricultural activities and the discharge of agricultural drains into the Siahroud River. This has led to anan increase in the concentration of nitrate and lead ions in groundwaters. Groundwater pollution in the study area in the primary and middle areas of the plain is affected by the discharge of pollution sources to the Siahroud River and in the downstream areas of the river, due to the high level of the groundwater, the groundwater is more affected by sea salt water and the discharge of industrial wastewater, slaughterhouses and hatcheries and agricultural activities. The maximum pollution potential of the studied area in terms of lead is related to the upstream areas of the Siahroud River and in terms of nitrate content, it is related to the downstream areas of the river. Considering the direction of the groundwater flow and the exchange that exists between the river water and the groundwater (groundwater feeding by the river in the upstream and middle part of the area), as well as the direct discharge of polluting sources to the surface water, the Siahroud River influences the groundwater pollution of the plain. Ghaemshahr has an influence in the upstream and some central parts of the study area. However, in the downstream (coastal) areas, the pollution sources have a direct impact on the groundwater pollution. Considering that the maximum amount of groundwater pollution in the area is related to the upstream areas of the river and the downstream areas of the Siahroud River, it is therefore suggested that this area should be prioritized in the development plan of the wastewater collection network..

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

نشریه زمین شناسی مهندسی
Journal home page https://jeg.khu.ac.ir
دانشگاه خوارزمی
دسترسی آزاد
شاپا الکترونیکی ۲۹۸۱-۱۶۰۰

تأثیر رودخانه سیاهرود بر آلودگی سرب و نیترات آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر–جویبار

حمیدرضا ناصری[۱] ✉، مریم عرب[۲]، زهرا کی‌همایون[۳]

۱. استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران. رایانامه: h-nassery@sbu.ac.ir
۲. کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران. رایانامه: arab.maryam1373@gmail.com
۳. دانشیار،گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: zkayhomayoon@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۹

کلیدواژه‌ها:
رودخانه سیاهرود، آلودگی، آب-زیرزمینی، دشت قائمشهر–جویبار.

چکیده

مطالعه فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی آبخوان و بررسی دقیق آلاینده‌های آب‌زیرزمینی برای کنترل آلودگی و جلوگیری از پیامدهای زیست‌محیطی آن دارای اهمیت ویژه‌ای است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر رودخانه سیاهرود بر آلودگی سرب و نیترات آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر–جویبار است. بدین منظور دو نمونه آب سطحی از رودخانه سیاهرود، قبل و بعد از شهر قائمشهر و ۱۳ نمونه آب‌زیرزمینی از ۱۳ حلقه چاه، واقع در بستر رودخانه سیاهرود در سه دوره طی سال ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ برداشت شده است. غلظت یون‌های نیترات، سرب و اکسیژن محلول نمونه‌ها در آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای مازندران مورد سنجش قرار گرفته است. ارزیابی آلودگی منابع آبی گسترده، بیانگر آن است که تخلیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی به رودخانه سیاهرود، باعث افزایش غلظت یون‌های نیترات و سرب در آب‌های زیرزمینی شده است. با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی و تبادلی که بین رودخانه و آبخوان وجود دارد و تخلیه مستقیم منابع آلاینده به آب سطحی، رودخانه سیاهرود بر آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر در بالادست شهر و برخی از بخش‌های میانی گستره تأثیرگذار بوده است؛ اما در پایین‌دست شهر، منابع آلاینده به‌صورت مستقیم بر آلودگی آب‌زیرزمینی تأثیر می‌گذارد.

مقدمه

کیفیت آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها تحت تأثیر فعالیت-های طبیعی و انسانی قرار دارد. رودخانه‌ها از جمله آسیب-پذیرترین محیط‌ها نسبت به عوامل مخرب زیست‌محیطی می‌باشند (Westrich and Förstner, 2005). تمرکز مراکز شهری، روستایی و صنعتی در پیرامون رودخانه‌ها و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و انواع مختلف سموم کشاورزی به داخل این اکوسیستم‌ها، ساختار طبیعی آن را برهم زده و این محیط‌ها را در معرض انواع آلودگی قرار داده است (Karbassi et al., 2001). تاثیر آلودگی رودخانه‌ها بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف جهان توسط پژوهشگران بسیاری مطالعه شده است (Devic et al., 2024; Proshad et al., 2021; Tian et al., 2020; Han et al., 2020; Wang et al., 2019; Abdel-Satar et al., 2017; Milivojević et al., 2016; Chen et al., 2017). در ایران نیز تغییر کیفیت آب رودخانه‌ها در اثر عوامل طبیعی و آلاینده‌های شهری، صنعتی و کشاورزی گزارش شده است (Salimi et al., 2023; Azari et al., 2015; Kheiri et al., 2022; Moravej et al., 2017; Forghani et al., 2014; Nassery et al., 2018; Khodabakhsh et al., 2019). کیفیت آب رودخانه سیاهرود و عوامل آلاینده آن توسط کرباسی و همکاران (Karbassi et al., 2001)، طاهری و همکاران (Taheri et al., 2015) و نوربخش و همکاران (Noorbakhsh et al., 2014) بررسی شده است اما تاکنون تاثیر آلودگی این

استناد: ناصری، ح. ر.، عرب، م.، کی‌همایون، ز. (۱۴۰۳). تأثیر رودخانه سیاهرود بر آلودگی سرب و نیترات آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر–جویبار. مجله زمین شناسی مهندسی، ۱۸ (۲)، ۳۰۳-۳۱۹. https://doi.org/10.22034/JEG.2024.18.2.1010421

ناشر: دانشگاه خوارزمی. © نویسندگان.
CC BY NC

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

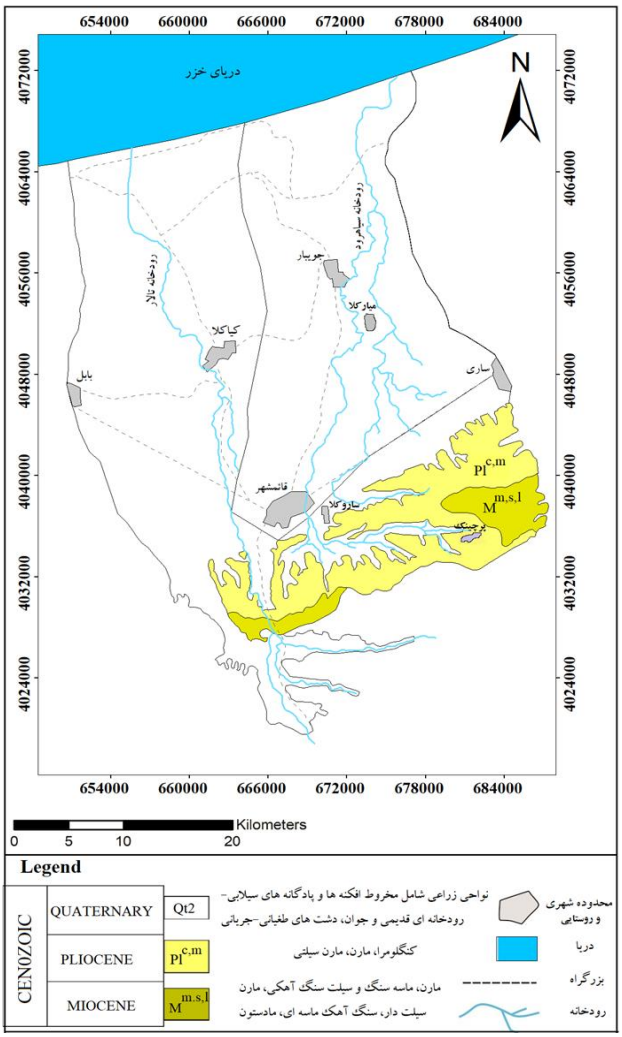
رودخانه بر کیفیت آب‌های زیرزمینی مطالعه نشده است. براین اساس پژوهش حاضر سعی در شناسایی منابع اصلی آلاینده رودخانه سیاهرود و تاثیر این آلودگی بر کیفیت آبخوان قائمشهر-جویبار را دارد. گستره قائمشهر-جویبار، با مختصات جغرافیایی ۶۷۶۹۱۵ تا ۶۹۸۵۴۰ متر شرقی و ۳۹۷۰۶۵۸ تا ۳۹۸۰۴۲۴ متر شمالی، دارای دو رود مهم تالار و سیاهرود است که در غرب و شرق این گستره جاری است. رودخانه سیاهرود که این پژوهش بر روی آن انجام شده است، به طول ۷۵/۶ کیلومتر از ارتفاعات برنجستانک در ۱۵ کیلومتری جنوب‌شرقی قائمشهر سرچشمه می‌گیرد و از بخش شرقی شهرستان قائمشهر می‌گذرد به‌طوری که پس از آبیاری اراضی مسیر، وارد روستاهای جویبار، لاریم و عروس کتی می‌شود و در انتها به دریا می‌ریزد. این رودخانه یکی از رودخانه‌های در معرض آلودگی استان مازندران است که دارای بار آلودگی ناشی از ورود فاضلاب شهری در گستره مطالعاتی قائمشهر-جویبار است. براساس مطالعات انجام شده، در طی سال‌های گذشته این رودخانه شرایط بسیار بدی نسبت به سایر رودخانه‌های مازندران داشته است که دلیل آن تخلیه پساب کارخانه‌های متعدد از جمله کارخانه صنایع نساجی مازندران و فاضلاب‌های بیمارستانی شهر قائمشهر و همچنین ورود رواناب‌های شهری در طی سالیان متمادی به داخل رودخانه بوده است (Noorbakhsh, et al., 2014). همچنین این رودخانه در بخش‌هایی از مسیر جریان خود، از مجاور زمین‌های کشاورزی از جمله مزارع برنج و کلزا و نواحی روستایی عبور می‌کند که احتمال ورود انواع دیگر آلاینده‌ها را به‌درون این رودخانه افزایش می‌دهد. لذا در این پژوهش تأثیر رودخانه سیاهرود بر آلودگی چاه‌های اطراف رودخانه از جمله آلودگی سرب و نیترات مورد بررسی قرار گرفته است. منشأ اصلی آب‌های ورودی به دشت قائمشهر، بارش و مهم‌ترین عامل آب‌های خروجی از گستره، تبخیر است. اقلیم گستره مطالعاتی، بسیار مرطوب و شالی-کاری و گندم‌کاری، کشت غالب این گستره است لذا برای افزایش بازدهی کشاورزی، از انواع کودها به‌ویژه کودهای نیتراته استفاده می‌شود. غلظت‌های نیترات آب‌های زیرزمینی می‌تواند مستقیماً در ارتباط با کاربری اراضی کشاورزی باشد. به‌طور کلی، بسیاری از مطالعات وجود یک رابطه مستقیم بین نیترات آب زیرزمینی و نرخ‌های کوددهی نیتروژنه و یا مدیریت کلی نیتروژن و تاریخچه کوددهی در منابع کشاورزی را نشان داده‌اند (Alley, 1993). فاضلاب کشتارگاه‌ها و جوجه-کشی‌ها دارای حجم قابل‌توجهی ازت است. بالا بودن نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی عموماً نشان‌دهنده نفوذ فضولات حیوانی و پساب‌های دام و طیور به آب زیرزمینی است. فروشویی سریع کودهای غیرآلی اعمال-شده بر زمین‌های کشاورزی، ورود فاضلاب‌های خانگی، پساب دامداری‌ها و جوجه‌کشی‌ها فرآیند اصلی افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی است (Mozafarizadeh and Sajadi, 2013).

مواد و روش‌ها

زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی

از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی،گستره مورد مطالعه، در بخش خاوری البرز مرکزی قرار گرفته است (شکل ۱). آبخوان دشت قائمشهر-جویبار، از نوع آزاد و ضخامت متوسط آبرفت آن در حدود ۵۵ متر است. آبرفت دشت در حاشیه و بخش مرکزی از رسوبات رسی و ماسه‌ای تشکیل شده است. در نواحی شمالی دشت، آبرفت ریزدانه‌تر به‌همراه رس نهشته شده است. عمق آب زیرزمینی از ۱۲/۳۸ متر در جنوب تا ۰/۵۶ متر در شمال دشت که مستعد تبخیر از سطح آب زیرزمینی است، متغیر است. براساس نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی طی سال آبی ۹۸- ۱۳۹۷، حداقل تراز سطح آب، ۲۵/۴۹- متر در امتداد نواحی ساحلی شمال دشت و حداکثر

تراز سطح آب، ۳۴/۰۷ متر در نواحی جنوبی دشت است (شکل ۲).



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی گستره قائمشهر-جویبار (Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 2012)

Fig. 1. Geological map of Qaimshahr-Joibar area (Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, 2012)

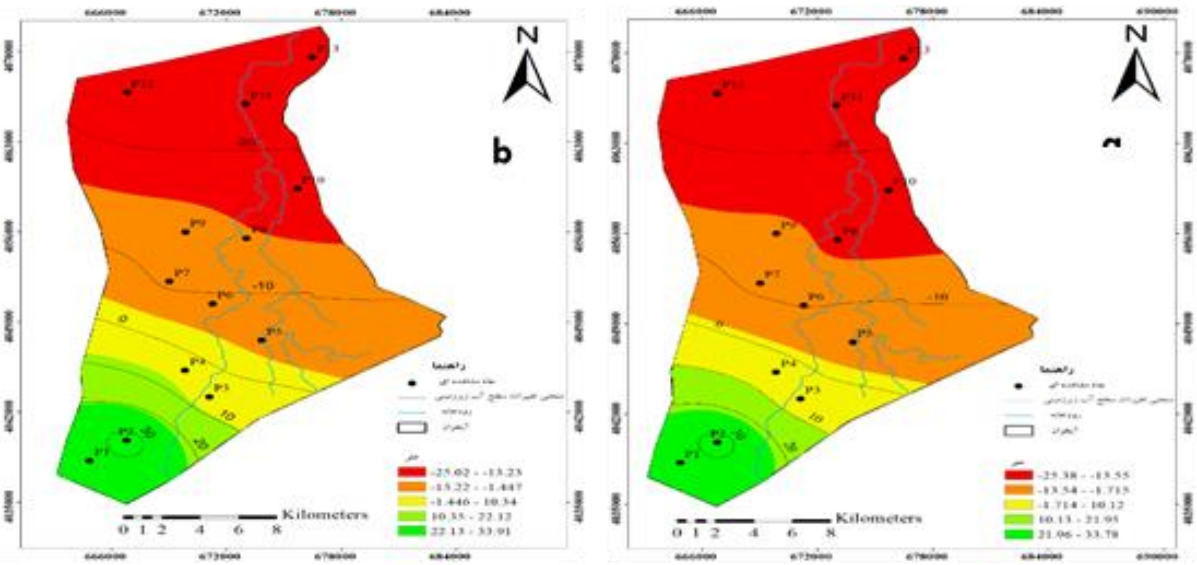
با توجه به پایین‌بودن تعداد چاه‌های پیزومتری نمی‌توان به راحتی جهت جریان آب زیرزمینی را از نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی مهر ۹۷ (شکل ۲، الف) و اردیبهشت ۹۸ (شکل ۲، ب) تشخیص داد. جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت از جنوب به شمال است. در بخش مخروط‌افکنه‌ای و بخش میانی دشت، تغذیه آبخوان از بستر رودخانه سیاهرود است. به سمت نواحی شمالی دشت منحنی‌ها خطی شده و سطح آب زیرزمینی و رودخانه در یک تراز قرار دارند (Tehran AB-KHAK Consulting Engineers, 2013). جبهه خروجی آبخوان دشت قائمشهر در زمین‌های شمالی دشت است و آب زیرزمینی وارد زمین‌های شوره‌زار واقع در شمال دشت می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

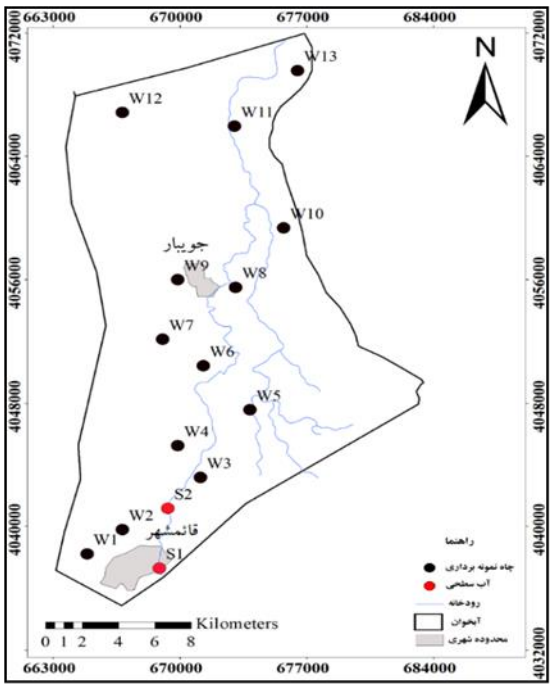
نمونه برداری

با درنظرداشتن وسعت دشت قائمشهر، گسترش زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری و روستایی و تعدد صنایع فعال در آن ۱۵ منبع آبی چاه و رودخانه انتخاب و مختصات جهانی مرکاتور (UTM) آنها مشخص شده است. نمونه‌برداری از رودخانه سیاهرود در دو نقطه واقع در ورودی و خروجی شهر قائمشهر که محل تخلیه پساب‌های شهری، بیمارستانی و پساب‌های صنعتی کارخانه نساجی قائمشهر است و ۱۳ چاه بهره‌برداری که در فاصله نزدیک رودخانه سیاهرود، کارخانه‌ها و شهرک‌های صنعتی و زمین‌های کشاورزی قرار دارند، انجام شده است (شکل ۳). نقاط نمونه‌برداری از چاه‌های آبخوان قائمشهر شامل چاه‌های نیمه عمیق با عمق حدود ۱۲ تا ۵۶ متر است (جدول ۱). نمونه‌برداری در سه دوره اواخر دوره خشک (نیمه مهر) و فصل بارش (پایان دی و ابتدای اردیبهشت) در سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ از ۱۵ محل انجام شده و در مجموع ۴۵ نمونه برداشت گردیده است. نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلن ۳۰۰ میلی‌لیتری و از عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری از زیر سطح آب رودخانه و برای آب زیرزمینی، پس از روشن‌شدن پمپ و خروج آب راکد چاه برداشت شده است. در هر محل قبل از نمونه‌برداری، بطری پلی‌اتیلنی سه بار با آب رودخانه و آب چاه‌ها شستشو داده شد. در هنگام نمونه‌برداری از هر نقطه، دو نمونه، یک نمونه برای اندازه-گیری یون نیترات و یک نمونه برای سنجش فلزات سنگین، برداشت شده است. نمونه‌هایی که برای سنجش فلزات سنگین برداشت شدند، ابتدا فیلتر شده و سپس با اسید نیتریک ۱۰ درصد اسیدی شدند تا در غلظت عناصر تغییری حاصل نشود و تا زمان انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه نیز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. نمونه‌های آب برداشت‌شده برای تعیین غلظت نیترات و سرب به آزمایشگاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران منتقل شد. غلظت یون نیترات با روش اسپکتروفتومتری و غلظت عنصر سنگین سرب به روش ICP-OES اندازه‌گیری شده است. سنجش اکسیژن محلول (DO) نمونه‌های آب با دستگاه DO متر در محل نمونه‌برداری انجام شده است.



شکل۲. نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه: a) مهر ۹۷، b) اردیبهشت ۹۸

Fig. 2. Groundwater equipotential map of the studied area: a) October 2018, b) April 2019



شکل۳. موقعیت نقاط نمونه‌برداری از چاه‌ها و رودخانه در گستره مورد مطالعه

Fig. 3. Location of sampling points of wells and river in the studied area

جدول ۱. عمق چاه‌های مشاهده‌ای دشت قائمشهر (بر حسب متر)

Table 1. Depth of observation wells in Ghaem Shahr Plain (in meters)

ID	Location	Well Depth (m)
W13	Aroos Kati	12
W12	Mian Malek	12
W11	Larim	12
W10	Pahnab	12
W9	Joibar	24
W8	Ghadi Mahaleh	12
W7	Fotem Sofla	12
W6	Sied Kala	18
W5	Machek Posht	49
W4	Ghadi Kala	12
W3	Lahmal	56
W2	Kochak Sara	24
W1	Hard Roud	53

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

نتایج و بحث

نتایج غلظت نیترات، سرب و اکسیژن محلول در نمونه‌های آب سطحی و آب زیرزمینی گستره مطالعاتی در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که غلظت سرب در بعضی نمونه‌ها پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه (Detection Limit-DL) گزارش شده است.

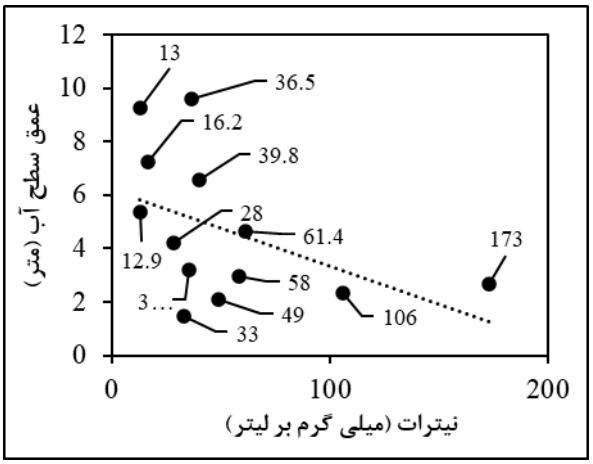
شکل ۴ نمودار دومتغیره غلظت نیترات در مقابل عمق سطح ایستابی آبخوان آبرفتی دشت قائمشهر را نشان می‌دهد. موقعیت منابع آلاینده و نوع فاضلابی که به‌صورت غیرمجاز به آب زیرزمینی و رودخانه سیاهرود تخلیه یا وارد می‌شود، در شکل ۵ نشان داده شده است. همه منابع آلاینده در نزدیکی رودخانه سیاهرود قرار دارند.

جدول۲. غلظت نیترات و سرب نمونه‌های آب سطحی و آب زیرزمینی گستره قائمشهر-جویبار

Table 2. Nitrate and lead concentration of surface water and groundwater samples of Ghaemshahr-Joibar area

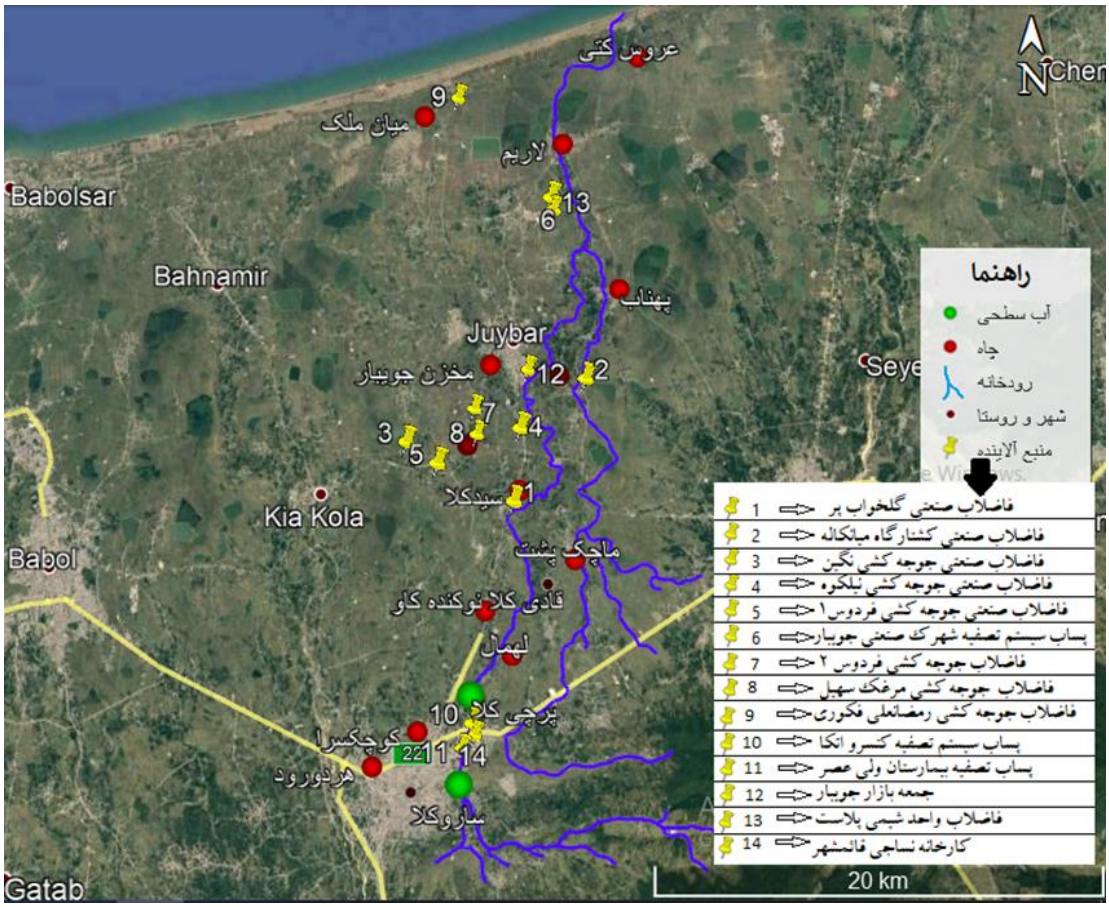
ID	DO (mg/L)			$NO3^-$ (mg/L)			Pb (ppb)		
	2019 October	2019 December	2020 May	2019 October	2019 December	2020 May	2019 October	2019 December	2020 May
W13	2.9	2.85	3.08	173	202	164	< DL	< DL	< DL
W12	2.75	2.54	2.6	106	223	91	3.6	3.15	3.77
W11	1.5	1.85	1.45	49	35	51	7.95	5.62	6.4
W10	1.4	1.09	1.22	33	18	16.3	< DL	< DL	< DL
W9	1.6	1.13	1.6	35.5	20.5	27.8	9.25	8.42	8.25
W8	1.6	2.2	4.43	61.4	90	66.1	5.2	4.32	2.6
W7	3.8	1.2	3.8	58	28	110	4.42	3.95	3.55
W6	1.08	2.11	1.6	16.2	35.6	11.8	< DL	< DL	< DL
W5	1.8	0.88	1.3	28	16.1	16.9	< DL	< DL	< DL
W4	1.03	0.91	1.56	12.9	21.7	19.5	7	< DL	2.2
W3	1.5	0.95	1.72	13	28	13.1	< DL	6.35	4.9
W2	2.2	1.73	3.44	36.5	64	67	6.22	4.95	5.7
W1	1.4	1	1.96	39.8	30	40.1	8.97	8.22	7.92
S2	4.2	6.72	8.26	57.5	51.6	49.3	21.5	20.64	20.1
S1	4.5	6.21	8.9	52	47.6	43	11.75	10.5	10.2

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]



شکل ۴. نمودار دو متغیره نیترات در مقابل عمق سطح آب (مهر ۹۸)

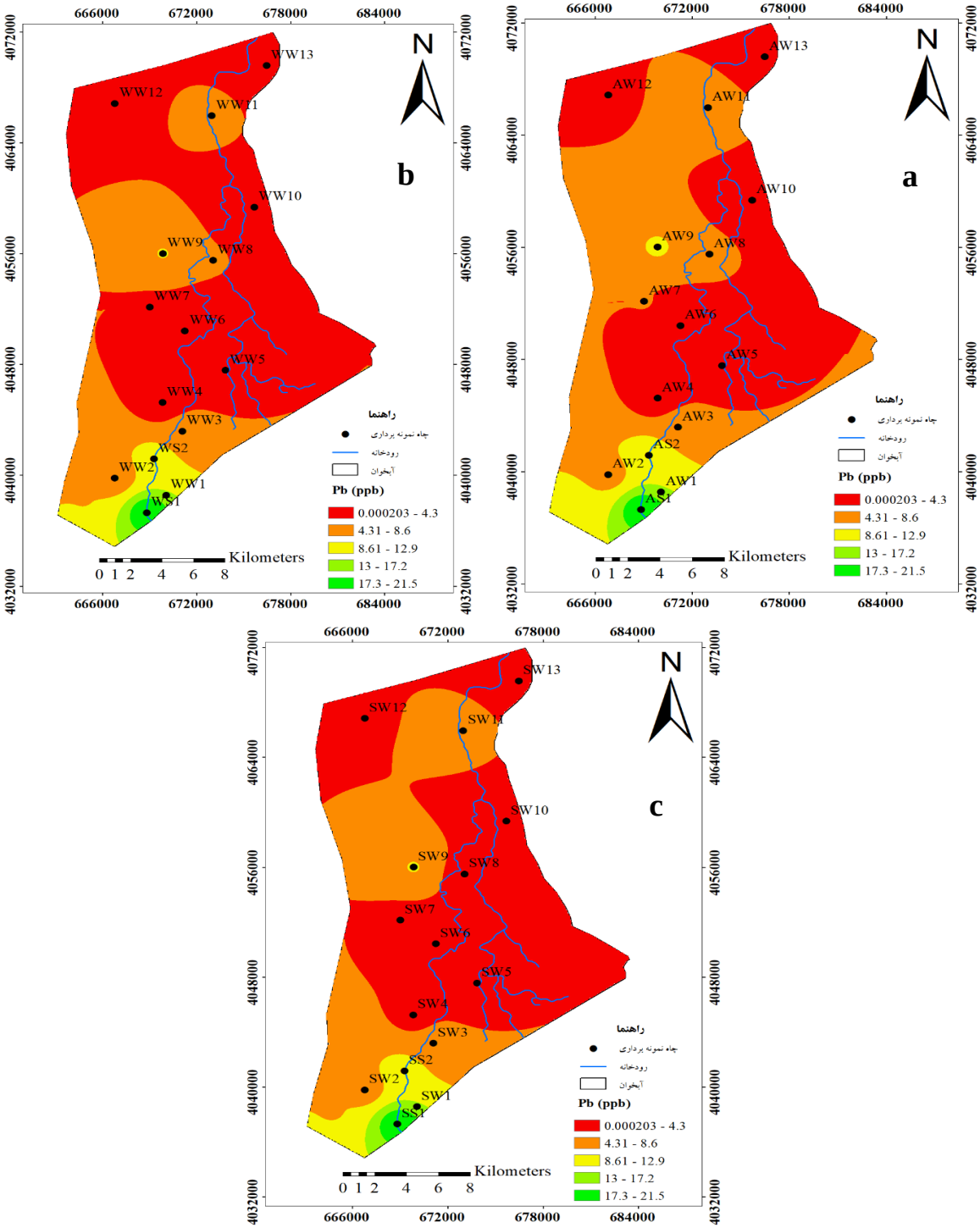
Fig. 4. Nitrate two-variable graph against well depth and water surface depth (October 2019)



شکل ۵. موقعیت منابع آلاینده رودخانه سیاهرود و آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر(Google Earth)

Fig. 5. Location of pollution sources of Siahroud River and groundwaters of Ghaemshahr Plain (Google Earth)

نقشه هم‌میزان سرب آبخوان آبرفتی در سه فصل نمونه-برداری در دشت قائمشهر در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. پهنه‌بندی سرب آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه: a)مهر ۹۸، b) دی ۹۸، c) اردیبهشت ۹۹

Fig. 6. Groundwater lead zoning in the studied area: a) October 2019, b) December 2019, c) May 2020

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

آلودگی نیترات

نبود سیستم جمع‌آوری فاضلاب و جمعیت نسبتاً زیاد شهر قائمشهر و جویبار و تخلیه مستقیم فاضلاب‌های صنعتی جوجه‌کشی و کشتارگاه‌ها به رودخانه و آب زیرزمینی در گستره مورد مطالعه، آلودگی آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار داده است. از طرف دیگر به دلیل اینکه این رودخانه در بخشی از مسیر خود از زمین‌های کشاورزی و نواحی روستایی عبور می‌کند، فعالیت‌های کشاورزی و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی و حیوانی برای کشت برنج، گندم و جو، از جمله عواملی هستند که می‌توانند سبب آلوده شدن رودخانه سیاهرود و چاه‌های آب زیرزمینی در گستره شوند.

مقدار نیترات سالیانه آب‌های گستره مورد مطالعه، در سال آبی ۹۹-۹۸، بین ۸/۱۱ mg/l تا ۲۳۳ mg/l متغیر بوده است. مقدار مجاز یون نیترات آب آشامیدنی بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، ۵۰mg/l است (WHO, 2018). متوسط غلظت نیترات در گستره در طی سه دوره عبارت از ۴۵/۵۱ mg/l در مهر ۹۸، ۷۴/۶۰ mg/l در دی ۹۸ و ۴۶/۵۲ mg/l در اردیبهشت ۹۹ است. حداکثر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر در این مطالعه در دی ۹۸ و در نمونه W12 واقع در روستای میان‌ملک بوده است. عمق چاه میان‌ملک، ۱۲ متر است. با توجه به حجم زیاد بارندگی و بالا آمدن سطح آب و نفوذ کودهای کشاورزی نیتراته به همراه آب باران، مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و حیوانی توسط کشاورزها و زه‌آب‌های خروجی از زه‌کش‌های سطحی و زیرزمینی عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در این چاه است. همچنین فاضلاب روستایی و تخلیه فاضلاب جوجه‌کشی رمضانعلی فکوری به آب زیرزمینی نیز مزید برعلت بوده است. بالاترین غلظت نیترات در آب رودخانه سیاهرود در ایستگاه S2 برابر با ۵۷/۵ mg/l است. عامل غلظت بالای نیترات در این منطقه حجم زیاد تخلیه فاضلاب شهری توسط ماشین‌های حمل‌کننده فاضلاب به‌صورت نقطه‌ای، تخلیه پساب تصفیه بیمارستان ولی‌عصر، فاضلاب‌های انسانی و بهداشتی شهر قائمشهر، فاضلاب صنعتی کارخانه نساجی قائمشهر و فاضلاب خانگی شهرک نساجی قائمشهر به درون رودخانه سیاهرود است. طی هر سه دوره نمونه‌برداری، بالاترین میزان نیترات در چاه‌های W13، W12، W11، W8 و W7 مشاهده می‌شود. با توجه به بالا بودن سطح ایستابی در چاه‌هایی که در پایین‌دست رودخانه قرار دارند و نزدیکی چاه‌ها به رودخانه سیاهرود و همچنین وسعت زیاد زمین‌های کشاورزی در گستره به ویژه در پایین‌دست و استفاده کشاورزان از کودهای نیتراته و کودهای حیوانی، تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی به رودخانه سیاهرود و تخلیه فاضلاب شهری جویبار و روستاهای اطراف جویبار، غلظت نیترات در این چاه‌ها بالاست. علاوه بر آن با توجه به نیترات بالا در فاضلاب‌های صنعتی جوجه‌کشی و کشتارگاه‌ها، تخلیه مستقیم فاضلاب جوجه‌کشی فکوری به آب زیرزمینی که در نزدیکی چاه W12 (میان‌ملک) قرار دارد، تخلیه مستقیم پساب کشتارگاه صنعتی میانکاله که در نزدیک رودخانه سیاهرود و چاه W8 (قادی‌محله زیارمحله) قرار دارد، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی جوجه‌کشی نگین، فاضلاب صنعتی جوجه‌کشی فردوس ۱، فاضلاب جوجه‌کشی فردوس ۲، فاضلاب جوجه‌کشی مرغک سهیل و فاضلاب جوجه‌کشی نیل‌کوه به آب‌های زیرزمینی که در نزدیکی چاه W7قرار دارند، در بالا رفتن نیترات در این چاه‌ها نقش بسزایی دارد. غلظت نیترات نسبتاً بالا در چاه‌های W1 و W2به دلیل قرارگرفتن این چاه‌ها در روستاهای اطراف بعد از شهر قائمشهر، نفوذ فاضلاب‌های شهری و همچنین فعالیت‌های کشاورزی است. همچنین رودخانه سیاهرود بر آلودگی نیترات این چاه‌ها موثر بوده است. در چاه W10 در مهر ماه غلظت نیترات ۳۳ mg/l است اما در طی ماه‌های دی و اردیبهشت غلظت نیترات به ترتیب به ۱۸ mg/l و mg/l

۳/۱۶ کاهش پیدا می‌کند که علت آن می‌تواند حجم بیشتر بارندگی در دوره‌های مرطوب و یا رخداد فرآیند دنیتریفیکیشن باشد (Heydari and Heydari, 2009). در چاه W7 نیز در دی ماه غلظت نیترات نسبت به مهر و اردیبهشت کاهش قابل‌توجهی داشته است که با توجه به کم‌شدن اکسیژن محلول در این چاه طی دی ماه، فرآیند دنیتریفیکیشن می‌تواند در پایین آمدن غلظت نیترات نقش داشته باشد. در برخی از چاه‌های بخش ابتدایی دشت شامل چاه‌های W3، W4، W5 و W6 غلظت نیترات نسبتاً پایین است. با توجه به پایین‌آمدن میزان DO در این چاه‌ها (جدول۲)، عملکرد فرآیند دنیترفیکیشن می‌تواند باعث کاهش نیترات موجود در آب زیرزمینی شده باشد. غلظت نیترات آب سطحی رودخانه سیاهرود در ایستگاه S2 (پرچی-کلا) نسبت به ایستگاه S1 (ساروکلا) بیشتر است، که می-تواند به دلیل حجم زیاد تخلیه فاضلاب شهری توسط ماشین‌های حمل‌کننده فاضلاب به صورت نقطه‌ای، تخلیه پساب تصفیه بیمارستان ولی‌عصر، فاضلاب‌های انسانی و بهداشتی شهر قائمشهر، فاضلاب صنعتی کارخانه نساجی قائمشهر و فاضلاب خانگی شهرک نساجی قائمشهر به درون رودخانه سیاهرود باشد. چون ایستگاه پرچی‌کلا بعد از شهر قائمشهر قرار دارد، آلودگی بیشتری را متحمل شده است. در هر دو ایستگاه میزان نیترات در دوره‌های مرطوب نسبت به دوره خشک به دلیل دفعات بیشتر بارندگی نسبتاً کاهش می‌یابد. به همراه افزایش عمق آب و احیایی شدن محیط به‌واسطه نفوذ فاضلاب‌های شهری و صنعتی و یا شرایط زمین‌شناسی، غلظت نیترات کاهش (افزایش دنیتریفیکاسیون) می‌یابد (Farshad and Imandel, 2003). در نمودار دو متغیره غلظت نیترات در مقابل عمق سطح ایستابی آبخوان آبرفتی دشت قائمشهر (شکل ۴) تاحدودی می‌توان رابطه معکوس بین عمق چاه و عمق سطح ایستابی با غلظت نیترات را مشاهده کرد.

آلودگی سرب

فعالیت کارخانه نساجی قائمشهر در سالیان گذشته و تخلیه فاضلاب آن به داخل رودخانه می‌تواند یکی از دلایل احتمالی وجود سرب در آب‌های سطحی و زیرزمینی باشد. همچنین زه‌آب‌های کشاورزی ورودی به مسیر رودخانه نیز به دلیل استفاده کشاورزان از کودهای فسفاته و سولفوره نیز مقداری آلودگی سربی ایجاد می‌کند. برخی عناصر کمیاب مانند آرسنیک، جیوه، سرب و سلنیوم توسط کودهای شیمیایی به محیط وارد می‌شوندکه برای سلامتی انسان خطرناک می-باشند. میزان سرب نیز در کودهای فسفره بیشتر از کودهای سولفوره است (Pourmoghadas and Zafarzadeh, 2017). بنا بر استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO, 2018)، غلظت سرب در آب آشامیدنی به ۰/۱ mg/l (۱۰ ppb) محدود شده است. به‌طور کلی غلظت سرب در هر سه دوره نمونه‌برداری، در نمونه‌های آب سطحی رودخانه سیاهرود از استاندارد سازمان جهانی بهداشت بیشتر است ولی در تمامی نمونه‌های آب زیرزمینی غلظت سرب از این استاندارد کمتر می‌باشد.

مقادیر عنصر سرب در محیط‌های آبگین به میزان زیادی به pHو نمک‌های محلول در آب وابسته است. در سیستم‌های آب شیرین، سرب معمولاً به صورت $(PbCO_3)_2$ در pH بین ۶ تا ۸ ته‌نشین می‌شود و به این علت انحلال‌پذیری آن در آب‌های طبیعی بسیار پایین است. جذب به وسیله مواد آلی یا هیدروکسیدهای آهن و منگنز از دیگر فرآیندهای کمپلکس‌کننده سرب در آب‌های شیرین است. جذب به وسیله ماده آلی مهم‌ترین عامل نگه‌داشت سرب در بافت رسوب است. با توجه به افزایش میزان مواد رسی و ماده آلی رسوبات به سمت پایین‌دست رودخانه به نظر می‌رسد فلز سرب جذب رسوبات شده است و غلظت آن در آب کاهش و در رسوبات طول رودخانه افزایش یافته است. در رسوباتی که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

دارای اندکی ماده‌ی آلی می‌باشند، Pb^{2+} عمدتاً جذب کانی-های رسی یا هیدروکسیدهای آهن و منگنز می‌شود، که میزان این جذب به pH بستگی دارد (Rostami and Qeshlaqi, 2016). در نتیجه نبود سرب در چاه‌هایW4 (در دی ماه)، W5، W6، W10 و W13) می‌تواند بدین علت باشد. متوسط غلظت سرب موجود در آب زیرزمینی در گستره در طی سه دوره عبارت است از ۴/۰۵ ppb در مهر ماه ۹۸، ۳/۴۶ ppb در دی ماه ۹۸ و ۳/۵۷ ppb در اردیبهشت ۹۹ و حداکثر غلظت سرب آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر در انتهای دوره خشک (مهر ۹۸)، ۹/۲۵ ppb در چاه W9 است که ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری جویبار و تخلیه حجم زیادی از پساب‌های جمعه بازار جویبار به رودخانه سیاهرود است. حداکثر غلظت سرب در آب سطحی در ایستگاه S2 (پرچی¬کلا) به احتمال زیاد ناشی از تخلیه فاضلاب شهری و رواناب‌های شهری، ورود فاضلاب صنعتی نساجی قائمشهر، ورود فاضلاب خانگی شهرک نساجی قائمشهر، تخلیه پساب تصفیه بیمارستان ولی‌عصر و تخلیه پساب سیستم تصفیه کنسرو اتکا درون رودخانه سیاهرود در خروجی شهر قائمشهر است. با توجه به نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی (شکل ۲)، رودخانه سیاهرود تغذیه کننده چاه‌های ابتدایی دشت است. همین عامل در آلودگی چاه‌های این بخش بسیار مؤثر است. در نتیجه رودخانه سیاهرود بر آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر تأثیرگذار بوده است. در بخش‌های انتهایی گستره با توجه به اینکه سطح آب زیرزمینی بالاست، چاه‌ها در معرض آلودگی بیشتری قرار می‌گیرند. ضمن اینکه فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای فسفاته و سولفوره نیز می‌تواند آلودگی سرب در چاه‌های گستره ایجاد کند. به دلیل تخلیه فاضلاب-های انسانی و بهداشتی شهر قائمشهر به درون رودخانه سیاهرود در چاه‌های ابتدایی (W1، W2 و W3)، پساب سیستم تصفیه فاضلاب شهری جویبار و روستاهای اطراف آن و تخلیه حجم زیادی از فاضلاب جمعه بازار جویبار به درون رودخانه سیاهرود در چاه W9 و تخلیه پساب سیستم تصفیه شهرک صنعتی جویبار و فاضلاب واحد شیمی پلاست به درون آب زیرزمینی در چاه W11، این چاه‌ها به شدت در معرض آلودگی می‌باشند. طبق نقشه هم‌میزان سرب آبخوان آبرفتی (شکل ۶) میزان سرب در بعضی از بخش‌های ابتدایی و میانی دشت نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است که نشان-دهنده تأثیرگذاری بیشتر فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی ورودی به رودخانه و آب زیرزمینی می-باشد. در مهر ۹۸ میزان سرب آب زیرزمینی نسبت به سایر دوره‌ها کمی بیشتر است که می‌تواند به دلیل حجم بارندگی کمتر در این دوره و تخلیه و تغلیظ بیشتر منابع آلاینده به درون رودخانه و آب زیرزمینی باشد.

نتیجه گیری

ارزیابی آلودگی منابع آبی گستره مطالعاتی، بیانگر این است که تخلیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی (به ویژه کشتارگاه‌ها و جوجه‌کشی‌ها)، فعالیت‌های کشاورزی و تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی به رودخانه سیاهرود، باعث افزایش غلظت یون‌های نیترات و سرب در آب‌های زیرزمینی گستره شده است. آلودگی آب زیرزمینی در گستره مورد بررسی در نواحی ابتدایی و میانی دشت تحت تأثیر تخلیه منابع آلودگی به رودخانه سیاهرود و در نواحی پایین دست رودخانه با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی، آب زیرزمینی بیشتر تحت-تأثیر آب شور دریا و تخلیه فاضلاب‌های صنعتی کشتارگاه‌ها و جوجه‌کشی‌ها و فعالیت‌های کشاورزی است. حداکثر پتانسیل آلودگی آبخوان گستره مورد مطالعه از لحاظ سرب، مربوط به نواحی بالادست رودخانه سیاهرود و از لحاظ میزان نیترات نواحی پایین‌دست رودخانه است. با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی و تبادلی که بین آب رودخانه و آب زیرزمینی وجود دارد (تغذیه آب زیرزمینی توسط رودخانه در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

بالادست و بخش میانی گستره)، همچنین تخلیه مستقیم منابع آلاینده به آب سطحی، رودخانه سیاهرود بر آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت قائمشهر در بالادست و برخی از بخش‌های میانی گستره مورد مطالعه تأثیرگذار بوده است. اما در پایین‌دست (مناطق ساحلی)، خود منابع آلاینده به صورت مستقیم بر آلودگی آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه حداکثر میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی گستره، مربوط به نواحی بالادست رودخانه و نواحی انتهایی رودخانه سیاهرود می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود این گستره در اولویت طرح توسعه شبکه جمع‌آوری فاضلاب قرارگیرد.

قدردانی

بدین وسیله از آقای مهندس رضا عربخانی کارشناس شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران، مهندس فرهاد خلردی مدیر آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان مازندران، مهندس شفیعی و مهندس اسبو کارشناسان مطالعات پایه منابع آب که ما را در انجام این پژوهش یاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر می‌شود.

References

Abdel-Satar, A. M., Ali, M. H., Goher, M. E., (2017). Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 43(1), 21-29.

Alley, W.M., 1993. Regional ground-water quality. John Wiley & Sons, 532 p.

Azari, A., Akhoond-Ali, A. M., Radmanesh, F., Haghighi, A., (2015). Groundwater–Surface water interaction simulation in terms of integrated water resource management (Case study: Dez Plain). Journal of Irrigation Sciences and Engineering, 38(2), 33-77.

Chen, L., Sun, C., Wang, G., Xie, H., Shen, Z., (2017). Event-based nonpoint source pollution prediction in a scarce data catchment. Journal of Hydrology, 552, 13–27.

Devic, G., Pergal, M., Perg, M., (2024). Ecological and Health Risk Assessment of Nitrates and HeavyMetals in the Groundwater of the Alluvial Area of the DanubeRiver near Kostolac Basin, Serbia. water, 16, 1839.

Farshad, A. A., Imandel, K., (2002). An assessment of groundwater Nitrate and Nitrite levels in the industrial sites in the west of Tehran. Journal of School of Public Heaith and Institute of Public Health Research, 1 (2), 33-44.

Forghani, G., Jafari, H., Qeshlaghi, A., Timuri, A., (2014). Environmental pollution of water and sediments of Gorganrood River in Gonbad city. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 56 (3), 81-94.

Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, (2012). Geological Map of Ghaemshahr.

Han, D., He, Z., Song, X., and Yang, S., (2020). Impact of human activities on coastal groundwater pollution in the Yang-Dai River plain, northern China. Environmental Science and Pollution Research, 27(30), 37592-37613.

Heydari Kochi, A., Heydari Kochi, A., (2009). Investigating the trend of nitrate changes with the amount of rainfall in the drinking water of the villages of Fasa during the years 2007- 2008. Journal of Fasa University of Medical Sciences, 1: 1- 24.

Karbasi, A., Saberi, M., Kazemi, Z., (2000). Environmental management of Siahroud river and economic study of wastewater treatment entering this river. Journal of Environmental Studies, 26 (26), 61-76.

Karbassi, A, Sarabi, M., Kazemi, Z., (2001). Environmental management of Siah-Rud River and economic analysis on sewage purification. Journal of Environmental Studies. 26(26), 61-76.

Kheiri Soltan Ahmadi, R., Nazarnejad, H., Asadzadeh, F., (2022). Analytical assessment of Mahabadchai river water quality using Iran water quality index. Iranian Journal of Health & Environment, 14 (4), 629-642.

Khodabakhsh, S., Kabiri, Sh., Afsharnia, M., (2019). Evaluation of surface and ground-water quality of Khar-rud River basin (S Qazvin Province), Hydrogeology, 4(1), 42-53.

Milivojević, J., Krstić, D., BŠmit, D., Djekić, V., (2016). Assessment of Heavy Metal Contamination and Calculation of Its Pollution Index for Uglješnica River, Serbia. Springer Science Business Media, New York.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]

Moravej, M., Karimirad, A., Ebrahimi, K., (2017). Evaluation the quality status of the Karun River based on the water quality index and use of GIS. Ecohydrology, 4(1), 225-235.

Mozafarizadeh, J., Sajadi, Z., (2013). Investigation of saline water intrusion in the Borazjan freshwater aquifer from the Dalaki and Helleh rivers. Water Resources Engineering; 6 (16), 69-78.

Nassery, H. R., Saeidi, A., Alijani, F., Shahsavary, A. A., (2018). Hydraulic connection between Aghmion River and Sarab aquifer (East Azerbaijan province). Researches in Earth Sciences, 9 (3), 124-138.

Noorbakhsh, J., Mahalleh, E.S.S., Darvishi, G., Kootenaei, F.G., Mehrdadi, N., (2014). An evaluation of water quality from Siahrod River, Haraz River and Babolrood River by NSFWQI index. Current World Environment; 9(1), 59-68.

Norbakhsh, J., Darvishi, Gh. R., Golbabaei, F., (2013). Investigating the quality status of Siahroud river in Mazandaran using NSFWQI quality index. 5th Iranian Water Resources Management Conference.

Pourmoghadas, H., Zafarzadeh, A., (2017). Effect of applying chemical fertilizers on concentration of cd, pb and zn in agricultural soils. Journal of Environmental Health Engineering; 4(2), 126-38.

Proshad, R.; Islam, S.; Tusher, T.R.; Zhang, D.; Khadka, S.; Gao, J.; Kundu, S., (2021). Appraisal of heavy metal toxicity in surface waterwith human health risk by a novel approach: A study on an urban river in vicinity to industrial areas of Bangladesh. Toxin Rev., 40, 803–819.

Rosenberry, D.O., LaBaugh, J.W., (2008). Field techniques for estimating water fluxes between surface water and ground water. Geological Survey (US), 2328-7055.

Rostami, S., Qeshlaqi, A., (2016). Evaluating the quality and contamination of water and bed sediments of Siahrood River, Qaem-shahr Area, Mazandaran Province. Journal of stratigraphy and sedimentology researches, 32 (2), 73-89.

Salimi, M., Nassery, H. M., Nikpeyman, Y., Eslamizadeh, M., (2023). Comparison of physical and chemical characteristics of rivers water in north Tehran. Advanced Applied Geology, 13 (3), 836-856.

Taheri, K., Bahramifar, N., Moradi, H. R., Ahmadpur, M., (2015). The role of land uses around the Siahroud river in Qaimshahr on the residues of organophosphorus and organochlorine pesticides in water and sediment. Journal of Environmental Studies, 41 (1), 25-37.

Tehran AB-KHAK Consulting Engineers, (2013). Water resources balance report of Qaemshahr-Joibar study area (1502), 230 p.

Tian, K., Wu, Q., Liu, P., Hu, W., Huang, B., Shi, B., Wang, T., (2020). Ecological risk assessment of heavy metals in sediments and water from the coastal areas of the Bohai Sea and the Yellow Sea. Environment international, 136, 105512.

Wang, K., Wang, P., Zhang, R., Lin, Z., (2019). Determination of spatiotemporal characteristics of agricultural nonpoint source pollution of river basins using the dynamic time warping distance. Journal of Hydrology.

Westrich, B., Förstner, U., (2005). Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers (SEDYMO): assessing catchment-wide emission-immission relationships from sediment studies. BMBF coordinated research project SEDYMO (2002–2006). Journal of Soils and Sediments, 5(4),197-200.

World Health Organization (WHO), (2018). Guidelines for drinking-water quality. 564 p.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.2.7.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.2.1010421]