



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 3, No.56, (2023), P: 41-64

Received: 26/06/2023 Accepted: 28/01/2024

Biodiversity of Diatoms and Their Relationship with Environmental Factors in the Ahar-Chai River, Northwest Iran

Zahra Yadollahi

MSc Graduate, Department of Plant, Cell and Molecular Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
zara.yadollahi@gmail.com

Ehsan Atazadeh * 

Associate Professor, Department of Plant, Cell and Molecular Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
atazadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Diatoms are one of the biological indicators suitable for evaluating river water quality. Diatoms reflect the ecological conditions of aquatic ecosystems so that some diatoms choose a polluted environment for growth. Thus, diatoms can be used as an indicator of pollution. In this regard, the present study was conducted in order to determine the diatom flora of the Ahar-Chai River and to investigate the effect of environmental factors on diatom communities. In this study, 6 sampling stations were determined in the Ahar-Chai River. Sampling was done seasonally in 2019. In general, the number of 40 genera and 123 species were observed in this river, the most species diversity are *Cymbella*, *Nitzschia*, *Navicula*, and *Gomphonema*, all four genera belong to the Bacillariophyceae. A high biodiversity of diatoms was observed in spring and summer. The statistical analysis of this research showed that parameters such as temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, light, and amount of nutrients have a significant effect on the distribution of diatoms along the Ahar-Chai River.

Key words: Diatoms, Biological Indicators, Ecology and Systematics of Diatoms, Ahar Chai River, Northwestern Iran.

Introduction

Rivers are the vessels of the earth, and without them, the earth is not able to carry on its own life. Currently, Iran is facing serious problems in water resources. Excessive harvesting of surface water, release of all kinds of sewage into fresh water rivers and destruction of its quality, and failure to respect the biological rights of the river have brought the country's water situation to a critical level. Soil erosion, land subsidence, successive storms of dust and salt, and frequent drying of rivers prove these issues. Iran is one of the countries that has faced a severe shortage of water supply resources for the past several years. This is quite noticeable with the drying up of Urmia Lake, Zayandeh Rood, Gavkhoni Wetland, and Parishan Wetland. For this reason, water resources must be under proper management so that they can apply restoration operations well in case of changes in water volume and quality (Gordon et al., 2004). The study of Iranian diatoms has a history of about 40 years (Compère, 1981), but the number of studies conducted and the published data are not very high compared to this time period. Most of the studies have focused on the shores of the Caspian Sea (Zarei Darki, 2009), the Persian Gulf (Attaran-Fariman & Asefi, 2022), the catchments of the central Alborz (Kheiri et al., 2018; Naseri et al., 2022), and the west and northwest of Iran (Atazadeh et al., 2007, Panahi-Mirzahaslanlou, 2018). In this research, an attempt was made to investigate the species diversity of diatoms in the Ahar-Chai

*Corresponding author

Yadollahi, Z., Atazadeh, E. (2024). Biodiversity of Diatoms and Their Relationship with Environmental Factors in the Ahar-Chai River, Northwest Iran, *15* (3), 41-64.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2024.137841.1233>

River in different seasons of the year, measure the physicochemical parameters and environmental changes affecting them throughout the year, and express the role of each in biodiversity.

Materials and Methods

The Ahar-Chai River, with a length of about 240 km, is one of the most important rivers of the Aras River Basin in the north of East Azarbaijan province and originates from Pirsaqqa. After passing through Varzeghan and Ahar cities, this river joins the Qarasu River in Ardabil province, and after joining the Qarasu River, it joins the Aras River on the border of Iran and the Republic of Azerbaijan and finally reaches the Caspian Sea. To study this river, 6 stations were determined based on environmental observations. The first station was in the village of Sowmaeh Del due to the discharge of village waste and the investigation of their impact on the river, the second station was in the Sattarkhan dam due to the impact of the Sattarkhan dam, the third station was at the entrance of the city of Ahar and the fourth and fifth stations were inside the city of Ahar, and finally, the sixth station was Shahverdi village.

During the four seasons of this study, the change of water volume in the stations was observed, the lowest water volume was in the summer season. So, in this season, the water flow was low in stations 3 and 5. At each sampling station, multiple samples were collected for analysis of algal biomass standing crop and species composition. In all cases, samples were taken from areas with low hydraulic stress. Shading and depth of the water body were also considered in taking samples; samples were collected in shallow water where there was no shading. Algal periphyton communities can have great diversity, yet their structure and composition may vary depending on the nature of the substrate. Diatoms and soft algae colonize natural substrates such as cobbles, stones, mud, rock, woody debris, emergent and submerged plants. Small boulders and pebbles were used for taking samples if cobbles were not available. For diatom species identification and enumeration, the samples were prepared following the standard methods. Samples were digested with 35% hydrogen peroxide in a beaker at 90 °C on a hotplate for 2 hours, after which two drops of 35% hydrochloric acid were added. The beakers were filled with distilled water and left to settle overnight after which the supernatant was discarded. This process was repeated four times. Subsamples of 800 µl were air-dried on coverslips and mounted using Naphrax.

Research Findings

In this study, the biological diversity and seasonal distribution of diatom species, as well as the relationship between the species and the amount of pollutants, were investigated. Taxonomic studies have shown 123 species from 40 genera in the Ahar-Chai River. Among 123 species, 4 genera *Nitzschia* (40 Sp), *Navicula* (28 Sp), *Gomphonema* (22 Sp), *Cymbella* (22 Sp) have the most species diversity. Among the 40 genera, only *Stephanodiscus* and *Cyclotella* genera are centric diatoms and the rest are pennate diatoms. In this research, physical and chemical factors (silica, phosphate, sulfate, nitrate, pH, EC, and TDS) were measured for each station during four seasons. In terms of pH, all stations are alkaline during four seasons (the pH of all stations is between 7 and 8.1), except Station 1, which had a relatively acidic pH (6.8) in all seasons except spring. The lowest electrical conductivity (EC) corresponds to spring (Station 2) and the highest EC corresponds to summer (Station 6).


Discussion of Results and Conclusions

In general, the amount of EC varies between 240 (spring season of Station 2) and 3540 (summer season of Station 6) microsiemens during four seasons, and stations 1 to 3 have lower EC than the other three stations. In all seasons, Station 2 has the lowest amount of EC. In the three seasons of summer, spring, and winter, Station 6 and Station 3 have the highest amount of EC. The amount of total dissolved solids (TDS) was observed during four seasons from 0.29 to 0.97 g/L, the lowest amount of TDS is related to the spring season of Station 2 (0.29 g/L) and the highest amount is related to the summer season of Station 6 (0.197 g/L). In all seasons, Station 6 has the highest amount and Station 2 has the lowest amount of TDS. The amount of silica was 0.139 mg/L during 4 seasons, the highest amount of silica was observed in the spring season (in all stations) and the lowest amount of silica was observed in the summer season (Station 5).

تنوع زیستی دیاتومه‌ها و ارتباط آنها با عوامل محیطی در رودخانه اهرچای، شمال غرب ایران

زهرا یدالهی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی گیاهی، سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

zara.yadollahi@gmail.com

احسان عطازاده* ، دانشیار گروه زیست‌شناسی گیاهی، سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

atazadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

دیاتومه‌ها یکی از شاخص‌های زیستی مناسب برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه هستند. دیاتومه‌ها منعکس‌کننده شرایط اکولوژیکی اکوسیستم‌های آبی هستند؛ به طوری که برخی از دیاتومه‌ها برای رشد محیط آلوده را انتخاب می‌کنند؛ بنابراین، از دیاتومه‌ها به عنوان شاخص آلودگی نیز می‌توان استفاده کرد. با در نظر گرفتن این موارد، تحقیق حاضر به منظور تعیین فلور دیاتومه‌ای رودخانه اهرچای و همچنین بررسی تأثیر عوامل محیطی بر جوامع دیاتومه‌ای انجام گرفت. در این مطالعه، ۶ ایستگاه در رودخانه اهرچای تعیین شدند. نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۹ و به صورت فصلی انجام گرفت. به طور کلی، تعداد ۴۰ سرده و ۱۲۳ گونه در این رودخانه مشاهده شدند که بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به سرده‌های *Gomphonema* و *Navicula*، *Nitzschia*، *Cymbella* است که هر چهار سرده متعلق به Bacillariophyceae هستند. تنوع زیستی بالایی از دیاتومه‌ها در فصل بهار و تابستان مشاهده شد. تجزیه و تحلیل آماری این تحقیق نشان داد پارامترهایی مانند دما، pH، هدایت الکتریکی (EC)، کدورت، نور و میزان مواد مغذی، تأثیر معنی‌داری بر پراکنش دیاتومه‌ها در طول رودخانه اهرچای دارند.

واژه‌های کلیدی: دیاتومه‌ها، شاخص‌های زیستی، اکولوژی و سیستماتیک دیاتومه‌ها، رودخانه اهرچای، شمال غرب ایران.

مقدمه

رودخانه‌ها رگ‌های کره زمین هستند و زمین بدون آنها قادر به پیش‌بردن حیات خود نیست. در زمان حاضر ایران با مشکلات جدی در حوزه آب روبه‌رو است. برداشت بیش از حد از آب‌های سطحی، رهاسازی انواع فاضلاب‌ها به رودخانه‌های آب شیرین و تخریب کیفیت آن و عدم رعایت حقایق زیستی رودخانه، وضعیت آب کشور را به حد بحران رسانده است. فرسایش خاک، فرورانش زمین و طوفان‌های پی‌درپی گرد و غبار و نمک و خشک شدن مکرر رودخانه‌ها این امر را اثبات می‌کند. کشور ایران یکی از کشورهای بی‌آب است که روی کم‌رندی خشکی جهان قرار گرفته و

* مسئول مکاتبات

یدالهی، زهرا، عطازاده، احسان (۱۴۰۲). تنوع زیستی دیاتومه‌ها و ارتباط آنها با عوامل محیطی در رودخانه اهرچای، شمال غرب ایران. تاکسونومی و بیوسستماتیک ۱۵(۵۶): ۴۱-۶۴.



طی چندین سال گذشته با کمبود شدید منابع تامین کننده آبی مواجه شده است؛ از این رو، اهمیت این موضوع را دوچندان می‌کند. این مسئله با خشک شدن دریاچه ارومیه، زاینده‌رود، تالاب گاوخونی و تالاب پریشان کاملاً ملاحظه می‌شود؛ به همین علت، منابع آبی باید تحت نظارت درست قرار داشته باشند تا در صورت تغییر در حجم و کیفیت آب بتوانند عملیات احیا را به خوبی اعمال کنند (Gordon et al., 2004).

مطالعه دیاتومه‌های ایران پیشینه حدود ۴۰ ساله دارد (Compère, 1981; Afsharzadeh et al., 2003)؛ اما تعداد پژوهش‌های انجام شده و داده‌های منتشر شده به نسبت این دوره زمانی چندان زیاد نیست. بیشتر مطالعات در سواحل دریای خزر (Zarei Darki, 2009)، خلیج فارس (Attaran-Fariman & Asefi, 2022)، آبریزهای البرز مرکزی (Atazadeh et al., 2007, Panahy- Kheiri et al. 2018; Naseri et al., 2022)، غرب و شمال غرب ایران (Mirzahasanlou, 2018; Mehrjuyan & Atazadeh, 2022) است.

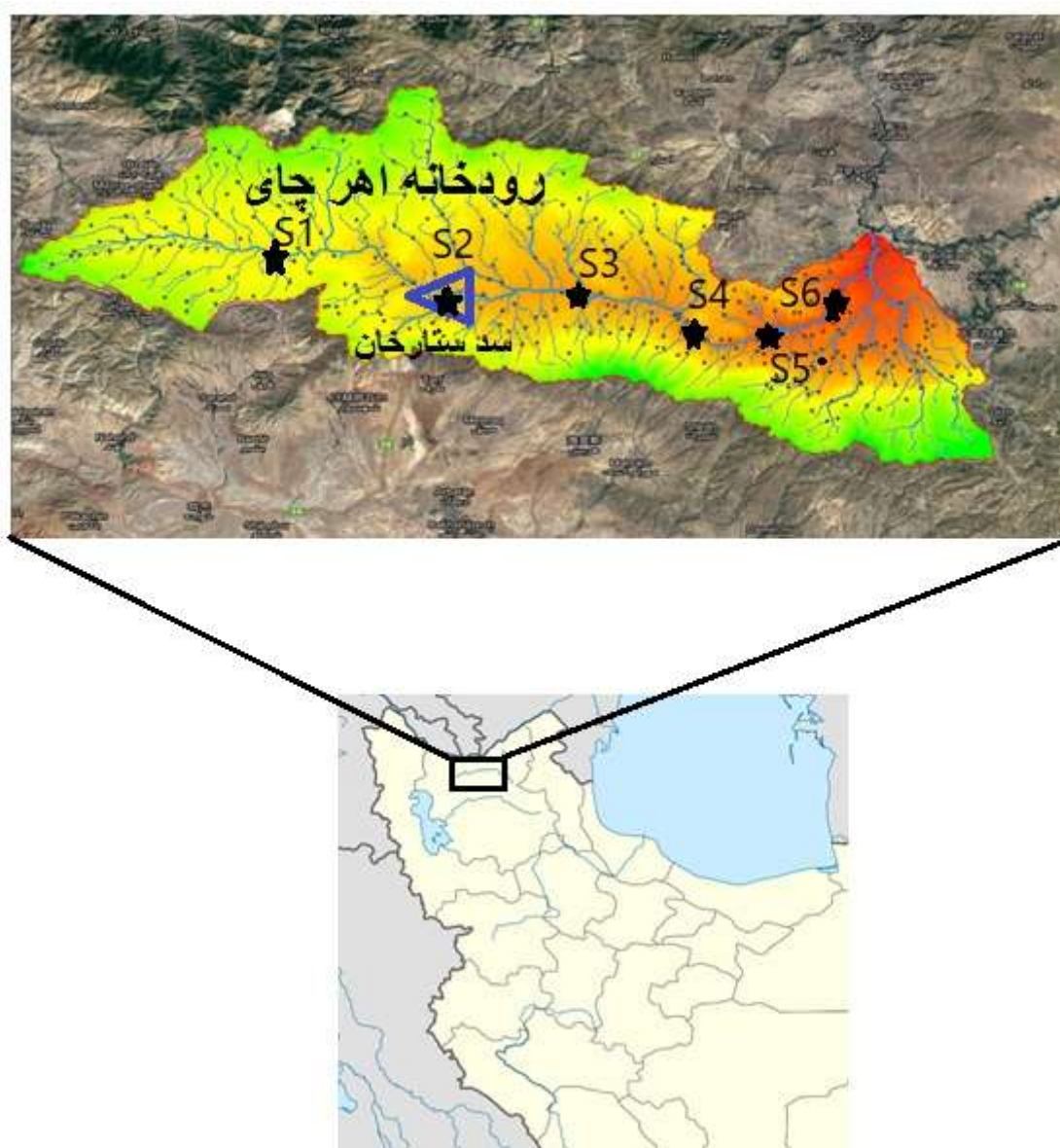
برای ارزیابی کیفیت آب از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی متعددی استفاده می‌شود؛ اما به دلیل محدود بودن این اطلاعات از نظر مکانی و زمانی، امروزه از موجودات آبری به عنوان شاخص کیفیت آب استفاده می‌شود (Atazadeh et al., 2020). یکی از شاخص‌های زیستی برای بررسی کیفیت آب، دیاتومه‌ها هستند. رشد دیاتومه‌ها تأثیر گرفته از عوامل متعددی از جمله تغییر یک ماده خاص و تغییر کیفیت آب و شرایط اقلیمی (دما، شوری، نوع بستر، میزان نور یا میزان تاریکی و ...) است (Sabater et al., 2002). به عبارتی، دیاتومه‌ها ابزار خوبی برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها هستند (Hotzel & Croome, 1999). برخی از دیاتومه‌ها به شکل کلونی‌های با نظم ساده دیده می‌شوند (Sabater & Admiral, 2005) و چون دیاتومه‌ها نسبت به تغییرات محیط بسیار حساس هستند؛ بنابراین، به عنوان شاخص برای تغییرات اکوسیستم آبی استفاده می‌شوند. هر گروه از دیاتومه‌ها دارای نیازهای اکولوژیکی مختص به خود هستند که تا حدودی شناسایی شده‌اند. با توجه به این ویژگی‌های اکولوژیکی لازم برای رشد هر گونه دیاتومه، می‌توان کیفیت آب را با توجه به حضور و شناسایی گونه دیاتومه مشخص کرد. از نظر تکاملی دیاتومه‌ها در طول بیش از ۱۰۰ میلیون سال زیستن، خود را با محیط‌های مختلف زیستی سازش داده‌اند (Harwood et al., 2007).

این پژوهش با هدف شناسایی دیاتومه‌ها به عنوان شاخص کیفیت آب و بررسی تنوع زیستی در رودخانه‌ها و همچنین به عنوان یک مطالعه پایه به منظور مدیریت منابع آبی انجام شد. مطالعه فلور دیاتومه‌ای ایران با توجه به غنای محیط‌های مناسب بالقوه برای رشد آنها بسیار اندک بوده و نیازمند توجه ویژه است. مطالعه دقیق دیاتومه‌ها نیازمند شناسایی دقیق گونه‌ها است. در این پژوهش تلاش شد تنوع گونه‌ای دیاتومه‌ها در رودخانه اهرچای در فصول مختلف سال بررسی شود و پارامترهای فیزیکی شیمیایی و تغییرات محیطی تأثیرگذار در طول سال، سنجیده و نقش هر یک در تنوع زیستی بیان شود.

مواد و روش‌ها

رودخانه اهرچای با طول حدود ۲۴۰ کیلومتر، یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز رودخانه ارس در شمال استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود و از پیرسقا سرچشمه می‌گیرد. این رود پس از عبور از شهرهای ورزقان و اهر به رودخانه قره‌سو در استان اردبیل می‌پیوندد و بعد از الحاق به رودخانه قره‌سو به رودخانه ارس در مرز ایران و جمهوری

آذربایجان می‌پیوندد و در نهایت به دریای خزر می‌رسد. برای مطالعه روی این رودخانه، ۶ ایستگاه بر پایه مشاهدات محیطی تعیین شدند. ایستگاه اول در روستای صومعه دل به دلیل تخلیه زباله روستایی و بررسی تأثیر آنها بر رودخانه، ایستگاه دوم در سد ستارخان به دلیل تأثیر سد ستارخان، ایستگاه سوم در ورودی شهر اهر و ایستگاه چهارم و پنجم در داخل شهر اهر و در نهایت ایستگاه ششم بعد از شهر اهر در روستای شاهوردی انتخاب شدند. در چهار فصل از مطالعه حاضر، تغییر حجم آبی در ایستگاه‌ها مشاهده شد که کمترین حجم آبی در فصل تابستان بود؛ به طوری که در این فصل در ایستگاه‌های ۳ و ۵ جریان آب کم بود.



شکل ۱- نقشه رودخانه اهرچای در شمال غرب ایران و ایستگاه‌های نمونه برداری (*) و سد ستارخان به شکل مثلث به چپ

Figure 1- Map of the Aharchai River in the northwest of Iran and the sampling stations (*) and the Sattarkhan dam in the form of a triangle to the left

دیاتومه‌ها بخش مهمی از موجودات بنتیک (کفزی) را تشکیل می‌دهند و در بسترهای سنگی آبریزهای جاری زندگی می‌کنند؛ به همین علت، نمونه‌برداری از طریق تراشیدن سنگ‌های کوچک و بزرگ جمع‌آوری شده از بستر رودخانه انجام گرفت. سنگ‌های جمع‌آوری شده در داخل تشتک تراشیده شدند و سپس مواد حاصل از آنها به همراه آب رودخانه در یک بطری جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در آزمایشگاه با آب اکسیژنه و اسید کلریدریک ۳۵ درصد جوشانده شد. سپس با شسته‌شوی مداوم با آب مقطر اسید کلریدریک کاملاً از محلول جدا سازی شد؛ زیرا اگر اسید کلریدریک از محلول خارج نشود، به مرور زمان باعث تجزیه دیاتومه‌ها در اسلاید می‌شود (Battarbee, 1986). اسلایدها با استفاده از چسب نفراکس، تهیه و سپس در زیر میکروسکوپ نوری Zeiss Axioscope I بررسی شدند. شنا سایی گونه‌ها با فلورهای معتبر بین‌المللی و کتاب‌ها و مقاله‌های معتبر شامل (Karmmer & Lange-Bertalot (1986a, 1988, 1991a, 1991b), Krammer (2000, 2002, 2003), Lange-Bertalot (1997), Sonneman et al. (2000), Taylor et al. (2007), Bishop et al. (2017), Potapova (2014), Tuji (2016), Bahls et al. (2018), Cumming et al. (1995), Solak et al. (2019), Goma et al. (2005), Jovanovska et al. (2015), Moresco et al. (2011), Levcov & Ector 2010) انجام شد. همچنین، از آب جاری هر ایستگاه به منظور سنجش فسفات، سولفات، سیلیس، نترات، EC، TDS و APHA pH نمونه‌برداری انجام گرفت. اندازه‌گیری فسفات، نترات، سولفات و سیلیس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (Shimadzu UV-1800) انجام گرفت. اندازه‌گیری EC، pH و TDS با استفاده از دستگاه Hanna HI9811 در محل انجام شد. اطلاعات و داده‌ها به منظور ارتباط عوامل اکولوژیکی با پراکنش گونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Canoco و آنالیز CCA انجام گرفت.

نتایج

در این مطالعه تنوع زیستی و پراکنش فصلی گونه‌های دیاتومه‌ای و همچنین ارتباط گونه‌ها با میزان آلاینده‌ها بررسی شدند. مطالعات تاکسونومیک، ۱۲۳ گونه از ۴۰ سرده را در رودخانه اهرچای نشان داده است. از بین ۱۲۳ گونه، ۴ سرده بوده‌اند. از بین ۴۰ سرده تنها سرده‌های *Stephanodiscus* و *Cyclotella* جزء دیاتومه‌های دایره‌ای شکل (Centric) و بقیه جزء دیاتومه‌های دوکی شکل (pennate) هستند (پلیت a-g). در این پژوهش عوامل فیزیکی و شیمیایی (سیلیس، فسفات، سولفات، نترات، pH، EC و TDS) در طول چهار فصل برای هر ایستگاه اندازه‌گیری شدند. از نظر pH تمامی ایستگاه‌ها در طول چهار فصل حالت قلیایی (pH تمامی ایستگاه‌ها بین ۷ تا ۸/۱) دارند؛ به جز ایستگاه ۱ که در کلیه فصول به جز بهار دارای pH نسبتاً اسیدی (۶/۸) بود. کمترین هدایت الکتریکی (EC) مربوط به فصل بهار (ایستگاه ۲) و بیشترین میزان EC مربوط به فصل تابستان (ایستگاه ۶) است. به طور کلی میزان EC در طول چهار فصل بین ۲۴۰ (فصل بهار ایستگاه ۲) تا ۳۵۴۰ (فصل تابستان ایستگاه ۶) میکروزیمنس متغیر است و ایستگاه ۱ تا ۳، EC پایین تری نسبت به سه ایستگاه دیگر دارند. در تمامی فصل‌ها، ایستگاه ۲ دارای پایین‌ترین میزان EC است. در سه فصل تابستان، بهار و زمستان، ایستگاه ۶ و در فصل پاییز، ایستگاه ۳ دارای بیشترین میزان EC است. میزان کل مواد جامد محلول (TDS) در طول ۴ فصل بین ۰/۲۹ g/L تا ۰/۹۷ g/L مشاهده شد که کمترین میزان TDS مربوط به فصل بهار ایستگاه ۲ (۰/۲۹ g/L) و بیشترین میزان مربوط به

فصل تابستان ایستگاه ۶ ($0/97 \text{ g/L}$) است. در تمامی فصول ایستگاه ۶ دارای بیشترین میزان و ایستگاه ۲ دارای کمترین میزان TDS است. میزان سیلیس در طول فصل ۴ فصل $0/139 \text{ mg/L}$ بود که بیشترین مقدار سیلیس در فصل بهار (در همه ایستگاه‌ها) و کمترین میزان سیلیس در فصل تابستان (ایستگاه ۵) مشاهده شد. به طور کلی میزان سیلیس بالایی در ایستگاه‌های بالادست نسبت به ایستگاه‌های پایین دست مشاهده شد. میزان سیلیس در فصل پاییز و بهار دارای تفاوت کمتر بین ایستگاه‌های بالادست و پایین دست است. میزان فسفات در طول چهار فصل بین پایین دست و بالادست رودخانه کاملاً متفاوت است و اعدادی بین ۰ تا $0/948 \text{ mg/L}$ داشت. در فصل بهار غلظت فسفات در پایین دست رودخانه کمتر از بالادست رودخانه است و بیشترین غلظت فسفات در بالادست رودخانه مربوط به ایستگاه ۶ است. در فصل تابستان بیشترین غلظت فسفات مربوط به بالادست رودخانه است. در فصل پاییز بیشترین غلظت مربوط به ایستگاه ۲ و در فصل زمستان مربوط به ایستگاه ۱۴ است. میزان سولفات در طی چهار فصل اعدادی بین $0/362 \text{ mg/L}$ تا $0/172 \text{ mg/L}$ است (کمترین میزان مربوط به ایستگاه ۱ در فصل زمستان و بیشترین میزان مربوط به ایستگاه ۶ در فصل تابستان است). بیشترین میزان سولفات در فصول تابستان، زمستان و پاییز متعلق به بالادست رودخانه است (در زمستان ایستگاه ۴ و در تابستان ایستگاه ۶). در فصل بهار ایستگاه ۱ دارای بیشترین غلظت سولفات است. در فصل بهار حداقل میزان سولفات در ایستگاه‌های مختلف از بالادست (ایستگاه ۲) و پایین دست (ایستگاه ۶) مشاهده شد. در ایستگاه ۵، افزایش و دوباره در ایستگاه ۶ کاهش غلظت سولفات را نشان داده است. میزان غلظت سولفات در ایستگاه‌های ۳ و ۴ برابر است. میزان نترات در طول چهار فصل عددی بین $0/074 \text{ mg/L}$ تا $1/2 \text{ mg/L}$ مشاهده شد. به طور کلی در تمامی فصول قسمت بالادست رودخانه دارای بیشترین غلظت نترات نسبت به پایین دست رودخانه است و از بین چهار فصل، بیشترین میزان نترات در فصل زمستان و کمترین میزان در فصل بهار در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده شد. تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی طی فصول برای ایستگاه‌ها در جداول ۱ تا ۴ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- عوامل فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در فصل بهار

Table 1- Physicochemical factors measured in spring

ایستگاه‌ها	pH	TN (mg.L^{-1})	TP (mg.L^{-1})	SO_4^{2-} (mg.L^{-1})	SiO_2 (mg.L^{-1})	EC (μS)	TDS (g.L^{-1})
ایستگاه ۱	۷/۶۳	۱/۱۶۲	۰/۰۰۱	۲/۰۹۵	۳/۸	۶۱۰	۰/۳۲
ایستگاه ۲	۷/۶۹	۰/۱۵۷	۰/۰۰۱	۲/۰۰۷	۳/۲	۲۴۰	۹/۲۹
ایستگاه ۳	۷/۱۱	۰/۰۷۴	۰/۰۰۱	۱/۸۰۲	۳/۹	۱۴۵۰	۰/۷۱
ایستگاه ۴	۷/۲۷	۰/۲۲۱	۰/۲۰۷	۰/۸۰۲	۳/۱	۱۳۱۰	۰/۶۱
ایستگاه ۵	۷/۰۱	۰/۵۴۳	۰/۱۷۰	۱/۱۲۵	۳/۷	۱۲۹۰	۰/۶۲
ایستگاه ۶	۷/۶۹	۰/۲۸۷	۰/۱۳۸	۰/۸۱۷	۳/۴	۱۶۵۰	۰/۸۳

جدول ۲- عوامل فیزیکوشیمیایی اندازه گیری شده در فصل تابستان

Table 2- Physicochemical factors measured in the summer season

ایستگاه‌ها	pH	TN (mg.L ⁻¹)	TP (mg.L ⁻¹)	SO ₄ ⁻² (mg.L ⁻¹)	SiO ₂ (mg.L ⁻¹)	EC (μS)	TDS (g.L ⁻¹)
ایستگاه ۱	۶/۸۲	۰/۸۱۳	۰/۱۳۳	۲/۰۵۲	۰/۵۸۷	۲۵۹۰	۰/۸۱
ایستگاه ۲	۷/۰۸	۰/۷۸۸	۰/۳۹۲	۱/۸۱۲	۰/۶۶۴	۹۰۷	۰/۳۱
ایستگاه ۳	۷/۳۹	۰/۳۷۳	۰/۲۴۴	۱/۸۶۲	۰/۱۵۹	۲۱۱۰	۰/۶
ایستگاه ۴	۷/۶۲	۱/۱۰۸	۰/۰۰۱	۳/۱۲۲	۰/۱۹۴	۲۳۴۰	۰/۶۱
ایستگاه ۵	۷/۴۴	۲/۷۱۸	۰/۰۰۱	۳/۷۵۲	۰/۲۱۹	۲۱۶۰	۰/۶۹
ایستگاه ۶	۷/۴۵	۱/۴۳۸	۰/۰۰۱	۶/۱۷۲	۰/۲۸۴	۳۵۴۰	۰/۹۷

جدول ۳- عوامل فیزیکوشیمیایی اندازه گیری شده در فصل پاییز

Table 3- Physicochemical factors measured in autumn season

ایستگاه‌ها	pH	TN (mg.L ⁻¹)	TP (mg.L ⁻¹)	SO ₄ ⁻² (mg.L ⁻¹)	SiO ₂ (mg.L ⁻¹)	EC (μS)	TDS (g.L ⁻¹)
ایستگاه ۱	۶/۸۳	۰/۶۲۸	۰/۰۵۹	۲/۰۶۲	۰/۸۰۹	۹۹۰	۰/۳۴
ایستگاه ۲	۷/۱۸	۰/۷۶۳	۰/۳۹۲	۱/۰۴۲	۰/۶۵۹	۹۳۱	۰/۳۴
ایستگاه ۳	۷/۳۷	۰/۶۱۸	۰/۱۳۳	۲/۲۱۲	۰/۳۷۴	۲۵۷۰	۰/۸
ایستگاه ۴	۷/۰۰	۱/۰۲۸	۰/۰۰۱	۳/۰۹۲	۰/۴۶۹	۲۳۲۰	۰/۶۹
ایستگاه ۵	۷/۳۹	۰/۷۲۳	۰/۰۰۱	۳/۴۳۲	۰/۷۳۹	۲۲۱۰	۰/۶۷
ایستگاه ۶	۷/۴۱	۱/۴۰۸	۰/۱۷۰	۲/۷۱۲	۰/۷۲۵	۲۲۶۰	۰/۸۵

جدول ۴- عوامل فیزیکوشیمیایی اندازه گیری شده در فصل زمستان

Table 4- Physicochemical factors measured in winter season

ایستگاه‌ها	pH	TN (mg.L ⁻¹)	TP (mg.L ⁻¹)	SO ₄ ⁻² (mg.L ⁻¹)	SiO ₂ (mg.L ⁻¹)	EC (μS)	TDS (g.L ⁻¹)
ایستگاه ۱	۶/۹۸	۱/۲۷۸	۰/۳۹۲	۰/۳۶۲	۰/۸۴۰	۱۰۴۷	۰/۳۶
ایستگاه ۲	۸/۰۶	۰/۶۹۳	۰/۰۹۶	۱/۹۴۷	۰/۸۹۴	۹۶۶	۰/۳۲
ایستگاه ۳	۷/۷۷	۰/۶۲۵	۰/۰۵۹	۱/۷۶۲	۰/۲۳۴	۲۲۸۰	۰/۶۶
ایستگاه ۴	۷/۶۸	۱/۲۸۱	۰/۹۴۸	۲/۷۲۲	۰/۲۵۴	۱۸۱۹	۰/۵۵
ایستگاه ۵	۷/۷۱	۱/۲۳۳	۰/۰۰۱	۲/۶۶۷	۰/۱۳۹	۱۷۶۶	۰/۵
ایستگاه ۶	۸/۰۱	۱/۴۴۵	۰/۰۰۱	۲/۱۲۲	۰/۲۰۹	۲۴۸۰	۰/۷۵

نتایج تاکسونومی نشان دادند در این رودخانه دیاتومه‌ها عمدتاً از نوع دیاتومه‌های دوکی هستند. از میان دیاتومه‌های ثبت شده *Stephanodiscus medius*; *Cyclotella meneghiniana* از گروه سنتریک هستند. وجود گونه‌های سنتریک نشان‌دهنده آب‌های الیگوتروف است. از نظر زیست‌بوم این نوع از دیاتومه‌ها هم در اکوسیستم‌های لتیک (آب‌های پایدار) و هم در اکوسیستم لوتیک (آب‌های جاری) زندگی می‌کنند؛ اما عموماً به حالت شناور و پلانکتون در آب‌ها مستقر هستند و کمتر به حالت بنتیک یا چسبیده به سطح دیده می‌شوند. در رودخانه اهرچای دو گروه از دیاتومه سرده‌های *Stephanodiscus neoastrea* و *Cyclotella meneghiniana* متعلق به گروه دیاتومه‌های شعاعی هستند. گونه *Cyclotella meneghiniana* به تعداد بسیار کم است؛ اما گونه *Stephanodiscus neoastrea* به تعداد ۵۲ عدد

در ۷۰۰ میکرولیتر در اسلایدهای تهیه شده از ایستگاه ۲ در فصل زمستان مشاهده می شود؛ این گونه همبستگی منفی با دما دارد و در ماه‌های سرد یافت می شود.

جدول ۵- لیست گونه‌های دیاتومه‌های مشاهده شده در رودخانه اهرچای، شمال غرب ایران

Table 5- List of diatom species observed in Aharchai River, Northwestern Iran

Genus	Species	Taxon authority	Genus	Species	Taxon authority
Amphora	<i>pediculus</i>	(Kütz.) Grunow in Schmidt 1875	Cocconeis	<i>pediculus</i>	Ehrenb. 1838
	<i>indistincta</i>	Levkov 2009		<i>placentula</i>	Ehrenb. 1838
	<i>exigua</i>	W. Gregory 1857		<i>euglypta</i>	Ehrenberg 1854
	<i>ovalis</i>	(Kütz.) Kütz. 1844		<i>pseudolineata</i>	(Geitler) Lange-Bertalot; 2004
	<i>affinis</i>	Kützing 1844		<i>meneghiniana</i>	Kützing 1844
	<i>neglectiformis</i>	Levkov & Edlund 2009		<i>proxima</i>	Reimer in R. M. Patrick and Reimer 1975
	<i>aequalis</i>	Krammer 1980		<i>affiniformis</i>	Krammer 2002
	<i>pseudominutissima</i>	Levkov 2009		<i>vulgata</i>	Krammer 2002
	<i>bicapitata</i>	M. H. Hohn and Hellerman 1966		<i>tumida</i>	(Bréb. ex Kütz.) Van Heurck 1880
	<i>inariensis</i>	Krammer 1980		<i>compacta</i>	Østrup 1910
Achnantheidium	<i>eximia</i>	J. R. Carter, 1974	<i>helvetica</i>	Kützing 1844	
	<i>thermale</i>	Rabenhorst, 1864	<i>excisiformis</i>	Krammer 2002	
	<i>catentatum</i>	(Bily & Marvan) Lange-Bertalot, 1999	<i>affinis</i>	Kütz. 1844	
	<i>minutissimum</i>	(Kütz.) Czarn. 1994	<i>hantzschiana</i>	Krammer 2002	
	<i>eutrophilum</i>	(Lange-Bert.) Lange-Bert. 1999	<i>amplificata</i>	Krammer 2002	
Aulacoseira	<i>ambigua</i>	(Grunow) Simonsen 1979	<i>neocistula</i>	Krammer 2002	
Bacillaria	<i>paxillifera</i>	(O. F. Müll.) N.I. Hendey 1951	<i>asiatica</i>	D. Metzeltin, H. Lange-Bertalot 2009	
Brachysira	<i>neoacuta</i>	Lange-Bert. in Lange-Bert. and Gerd Moser 1994	<i>helvetica</i>	Østrup 1910	
	<i>neoexilis</i>	Lange-Bertalot 1994	<i>alpestris</i>	Krammer 2002	
Caloneis	<i>amphisbaena</i>	(Bory) Cleve 1894	<i>neolanceolata</i>	W.Silva 2013	
	<i>silicula</i>	(Ehrenb.) Cleve 1894	<i>aspera</i>	(Ehrenb.) Cleve 1894	
Cymatopleura	<i>solea</i>	(Brébisson) W. Smith 1851	<i>microcephala</i>	(Grunow) Krammer 1997	
	<i>apiculata</i>	W. Smith 1853	<i>austriaca</i>	(Grunow) Lange-Bertalot, 2000	
	<i>eliptica</i>	(Brébisson) W. Smith 1851	<i>gracilis</i>	Østrup 1910	
Cymbopleura	<i>frequens</i>	Krammer 2003	<i>vaucheriae</i>	(Kütz.) Petersen 1938	
	<i>elliptica</i>	Krammer 2003	<i>mesolepta</i>	Rabenh. 1861	
	<i>apiculata</i>	Krammer 2003	<i>socia</i>	(Wallace) Lange-Bert. 1980	
	<i>inaequalis</i>	(Ehrenb.) Krammer 2003	<i>virescens</i>	(Ralfs) D. M. Williams and Round 1988	
	<i>subaequalis</i>	(Grunow) Krammer 2003	<i>Frustulia</i>	<i>vulgaris</i>	(Thwaites) De Toni 1891
Craticula	<i>ambigua</i>	Round, R. M. Crawford and D. G. Mann 1990			

Genus	Species	Taxon authority	Genus	Species	Taxon authority
<i>Diatoma</i>	<i>moniliformis</i>	Kütz. 1833	<i>Gomphonema</i>	<i>italicum</i>	Kützing, 1844
	<i>ehrenbergii</i>	Kütz. 1844		<i>laticollum</i>	E. Reichardt 2001
	<i>tenuis</i>	C.Agardh 1812		<i>parvulum</i>	(Kützing) Kützing 1849
	<i>vulgaris</i>	Bory 1824		<i>pumilum</i>	(Grunow) E. Reichardt & Lange-Bertalot 1991
<i>Encyonema</i>	<i>ventricosum</i>	(C.Agardh) Grunow, 1875		<i>olivaceum</i>	f. subramosum (C.Agardh) A.Mayer 1928
	<i>minutum</i>	(Hilse) D.G.Mann, 1990		<i>olivaceoides</i>	Hustedt 1950
	<i>caespitosum</i>	Kützing, 1849		<i>olivaceolacuum</i>	(Lange-Bertalot & E.Reichardt) Lange-Bertalot & E.Reichardt 2004
	<i>prostratum</i>	(Berkeley) Kützing, 1844		<i>sarcophagus</i>	W.Gregory 1856
	<i>latens</i>	Krasske) D.G.Mann 1990		<i>micropus</i>	f. major Grunow 1880
	<i>silesiacum</i>	(Bleisch in Rabenh.) D.G.Mann 1990		<i>tergestinum</i>	(Grunow) Fricke 1902
	<i>obscuriforme</i>	Krammer 1997	<i>Angusta</i>	f. sarcophagus (W.Gregory) Hustedt 1957	
	<i>cesatii</i>	(Rabenh.) Krammer 1997	<i>exilissimum</i>	Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996)	
	<i>lange-bertalotii</i>	Krammer 1997	<i>extentum</i>	Reichardt, E. (1994)	
	<i>duplipunctatum</i>	Lange-Bertalot & E.Reichardt 1996	<i>angusta</i>	Cleve, P.T. & Möller, J.D. (1878)	
<i>Gomphonema</i>	<i>clavatulum</i>	Reichardt, E. (1999)	<i>supralitorea</i>	Lange-Bertalot, H. (1979)	
	<i>innocens</i>	Reichardt, E. (1999)	<i>pusilla</i>	Grunow, A. (1862)	
	<i>lagerheimii</i>	Cleve [Cleve-Euler], A. (1895)	<i>fruticosa</i>	Hustedt, F. (1957)	
	<i>utae</i>	Reichardt, E. (1999)	<i>capitellata</i>	Cleve-Euler, A. (1952)	
	<i>hebridense</i>	Gregory, W. (1854)	<i>umbonata</i>	(Ehrenberg) Lange-Bertalot 1978	
	<i>subclavatum</i>	(Grunow) R.M.Patrick 1961 (Hustedt) Lange- Bertalot & E.Reichardt 1993	<i>amreviata</i>		
	<i>minutum</i>		<i>clausi</i>	Manguin, E. (1942)	
	<i>holmquistiae</i>	Foged 1968	<i>hungarica</i>	Cleve, P.T. & Grunow, A. (1880)	
	<i>Geissleria</i>	<i>acceptata</i>	(Hustedt)Lange- Bertalot&Metzeltin 1996	<i>acidoclinata</i>	Lange-Bertalot, H. (1976)
		<i>schoenfeldii</i>	(Hustedt)Lange- Bertalot&Metzeltin 1996	<i>palea</i>	Van Heurck, H. (1881)
<i>Gyrosigma</i>	<i>obtusatum</i>	Boyer, C.S. (1922)	<i>linearis</i>	(W.Smith) Grunow 1880	
	<i>exilis</i>	(Grunow) C.W.Reimer 1966	<i>denticula</i>	Cleve, P.T. & Grunow, A. (1880)	

Genus	Species	Taxon authority	Genus	Species	Taxon authority
<i>Hannaea</i>	<i>inaequidentata</i>	(Lagerstedt) Genkal & Kharitonov 2008		<i>dissipata</i>	Mayer, A. (1913)
<i>Halamphora</i>	<i>veneta</i>	(Kützing) Levkov 2009		<i>amphibia</i>	Grunow 1862
<i>Humidophila</i>	<i>laevisissima</i>	(Cleve) R.L.Lowe & al. 2014		<i>inconspicua</i>	Grunow 1862
<i>Hantzschia</i>	<i>amphioxys</i>	Grunow 1880		<i>vermicularis</i>	(Kützing) Hantzsch 1860
	<i>abundans</i>	Lange-Bertalot 1993		<i>debilis</i>	Cleve, P.T. & Grunow, A. (1880)
<i>Melosira</i>	<i>varians</i>	C.Agardh 1827		<i>brunoi</i>	Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996)
<i>Mastogloia</i>	<i>smithii</i>	Grunow 1878		<i>adamata</i>	Hustedt, F. (1957)
<i>Meridion</i>	<i>circularae</i>	(Greville) C.Agardh 1831		<i>recta</i>	Hustedt 1950
	<i>recta</i>	Hustedt 1950		<i>frustulum</i>	Hustedt, F. (1937)
<i>Nitzschia</i>	<i>hantzschiana</i>	Rabenhorst 1860		<i>wuellerstorffi</i>	Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. (1987)
	<i>tripunctata</i>	(O.F.Müller) Bory 1822	<i>Pinnularia</i>	<i>brebissonii</i>	(Grunow) A.Cleve 1932
	<i>lanceolata</i>	Ehrenberg 1838		<i>ovata</i>	Krammer 2000
		<i>exilis</i>	Kützing 1844	<i>Rhopalodia</i>	<i>gibba</i>
	<i>krammerae</i>	Lange-Bertalot 1996	<i>musculus</i>		(Kützing) O. Muller 1900
	<i>novaesiberica</i>	Lange-Bertalot, nom. inval. 1993	<i>Reimeria</i>	<i>sinuata</i>	(Gregory) Kociolek & Stoermer 1987
	<i>capitata</i>	Fritsch & F.Rich 1929		<i>ovata</i>	(Hustedt) Levkov & Ector 2010
<i>Navicula</i>	<i>amphiceropsis</i>	Lange-Bertalot & U.Rumrich 2000	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>abbreviata</i>	Lange-Bertalot 1980
	<i>slesvicensis</i>	Grunow 1880	<i>Stephanodiscus</i>	<i>medius</i>	Hakansson & Hickel 1986
	<i>veneta</i>	perminuta Grunow 1880		<i>angusta</i>	Kützing 1844
	<i>slesvicensis</i>	Grunow 1880		<i>peisonis</i>	Pantocsek 1912
	<i>cariehrenberg</i>			<i>minuta</i>	Brebisson ex Kützing, nom. illeg. 1849
	<i>semenicula</i>	Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Metzeltin 2012		<i>biseriata</i>	Var. constricta Grunow ex Hustedt, nom. inval. 1930
	<i>cryptotenella</i>	Lange-Bertalot 1985	<i>Surirella</i>	<i>bifrons</i>	Ehrenberg 1843
	<i>unbonata</i>			<i>brightwellii</i>	W .Smith 1853
	<i>angusta</i>	Grunow 1860		<i>visurgis</i>	Hustedt 1957
	<i>Eidrigiana</i>	J.R.Carter 1979		<i>robusta</i>	Ehrenberg 1840
<i>Nupela</i>	<i>Phyllepta</i>	Kützing 1844		<i>ovalis</i>	var. ambigua A.Mayer 1913
	<i>impexiformis</i>	(Lange-Bertalot) 1999		<i>hungarica</i>	var. hungarica Pantocsek 1892
	<i>hyemale</i>	var. rotundatum Rabenhorst 1853	<i>Tribunela</i>	<i>ulna</i>	(Nitzsch) Compere 2001
<i>Odontidium</i>	<i>mesodon</i>	(Ehrenberg) Kützing 1849	<i>ulnaria</i>		

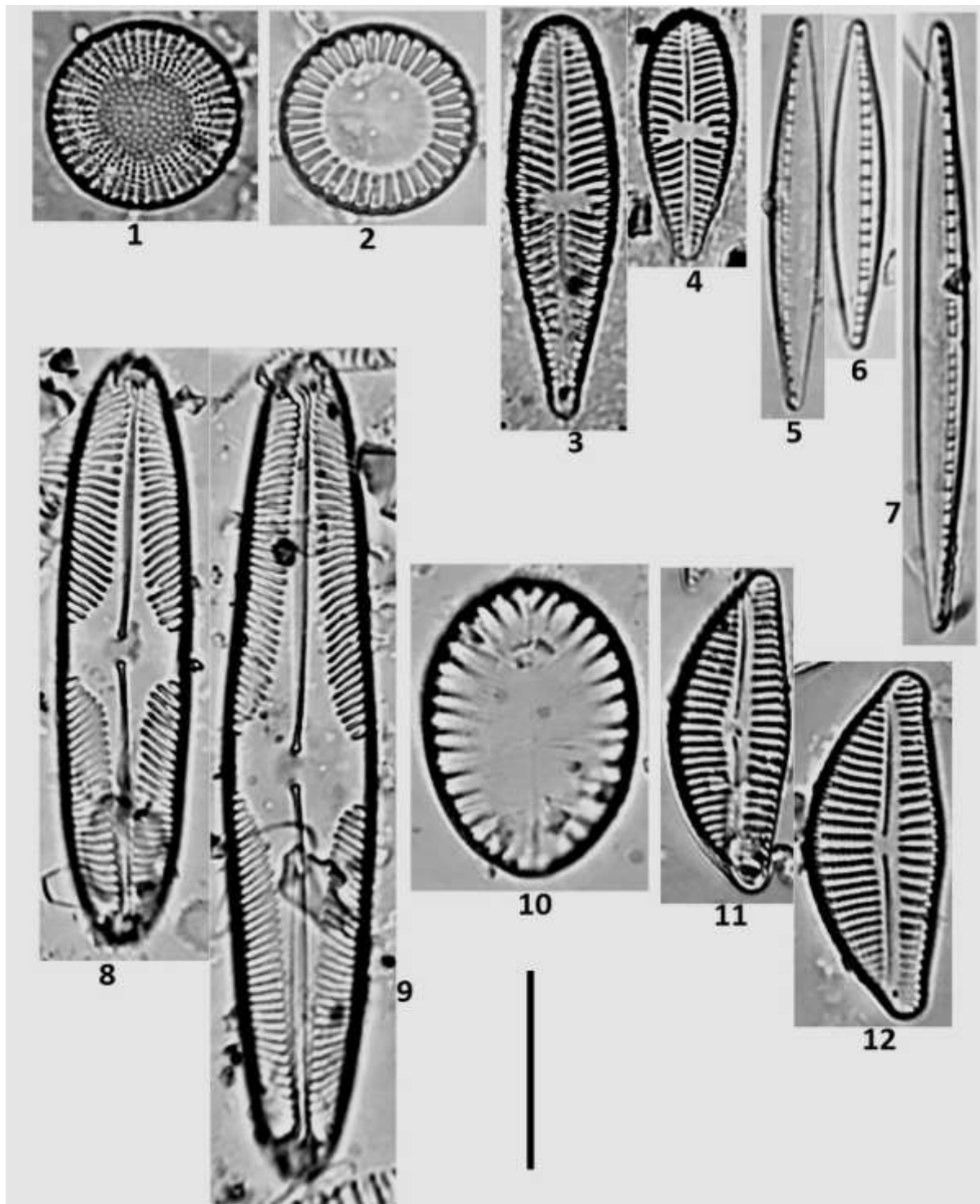


Plate a) 1 *Stephanodiscus medius*; 2 *Cyclotella meneghiniana*; 3-4 *Gomphonella olivacea*; 5-6 *Nitzschia dissipata*; 7 *Nitzschia dissipata* var. *media*; 8-9 *Pinnularia brebisonii*; 10 *Surirella brebisonii*; 11-12 *Encyonema caespitosum*

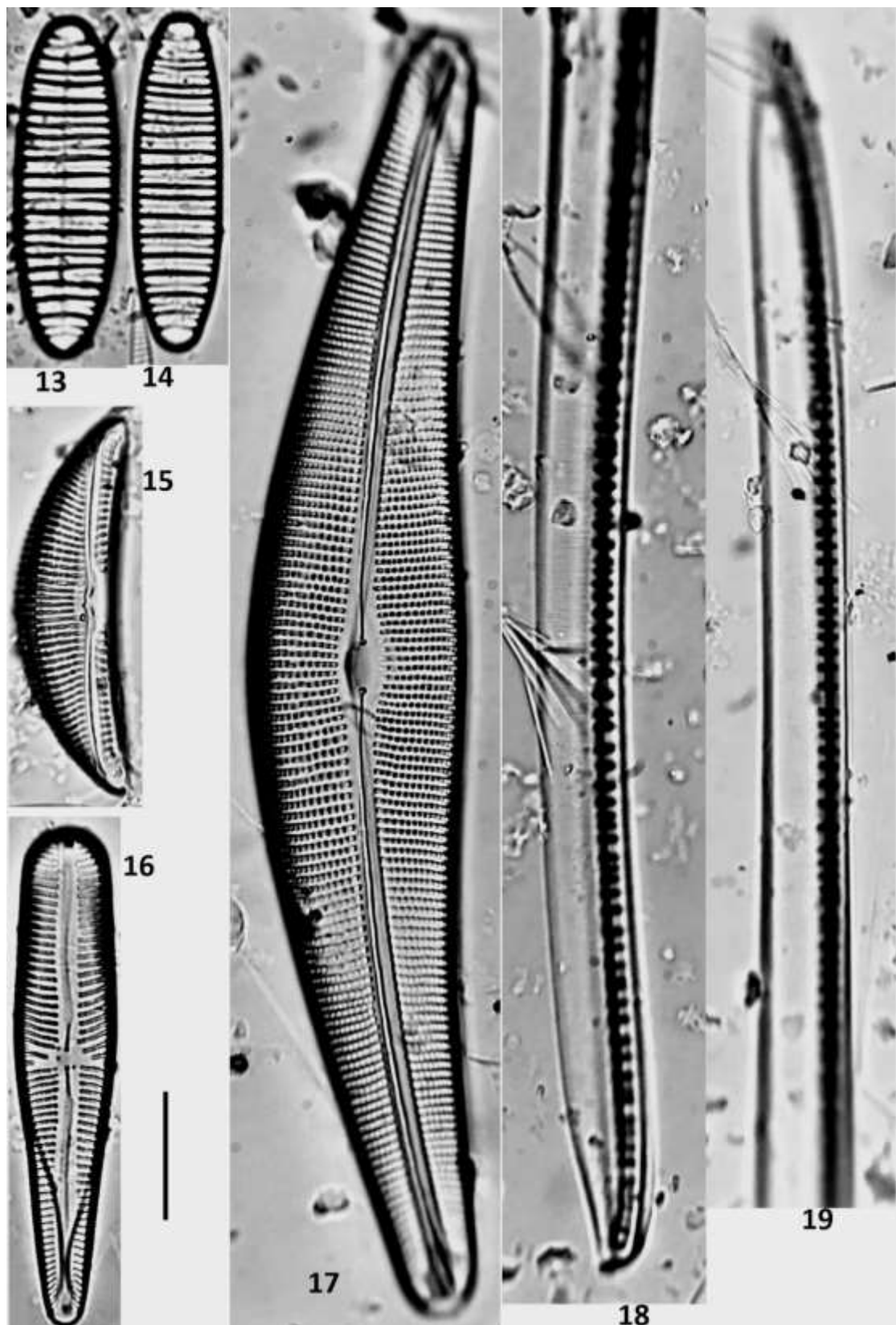


Plate b) 13-14 *Diatoma vulagaris*; 15 *Amphora ovalis*; 16 *Gomphonema laticollum*; 17 *Cymbella lanceolata*; 18-19 *Nitzschia cf. sigmoidea*

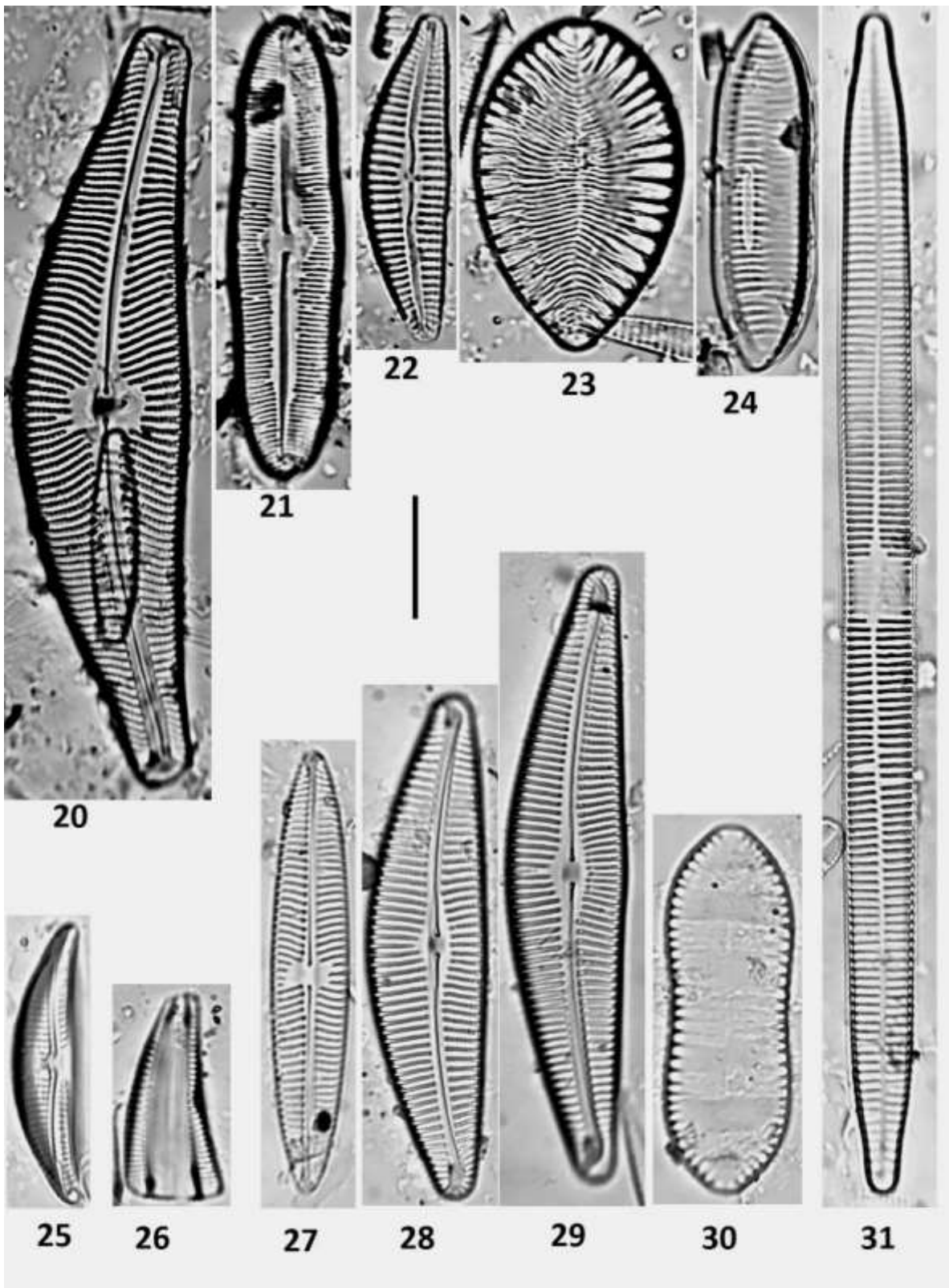


Plate c) 20 *Cymbella tumida*; 21 *Caloneis silicula*; 22 *Cymbella* cf. *affiniformis*; 23 *Surirella brebisonii*; 24 *Tryblionella* cf. *salinarum*. 25 *Amphora paracopulata*; 26 *Rhoicosphenia abbreviata*; 27 *Navicula tripunctata*; 28-29 *Cymbella helvetica*; 30 *Cymatopleura apiculata*; 31 *Ulnaria ulna*

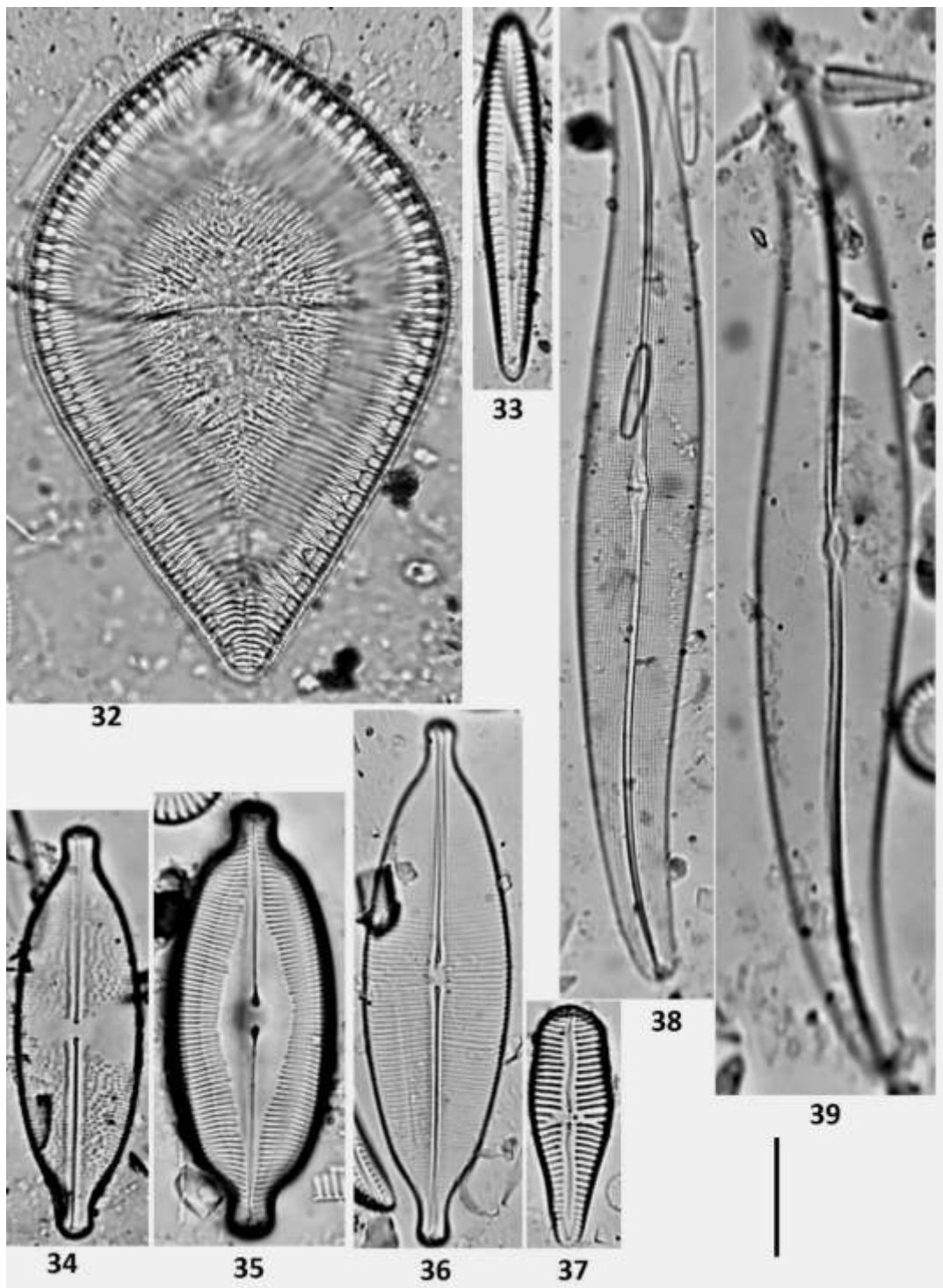


Plate d) 32 *Suirella peisonis*; 33 *Gomphonema pumilum*; 34 *Anomooneis inconcinna*; 35 *Caloneis amphisbaena*; 36 *Craticula ambigua*; 37 *Gomphonema microlaticollum*; 38 *Gyrosigma* cf. *acuminatum*; 39 *Gyrosigma acuminatum*

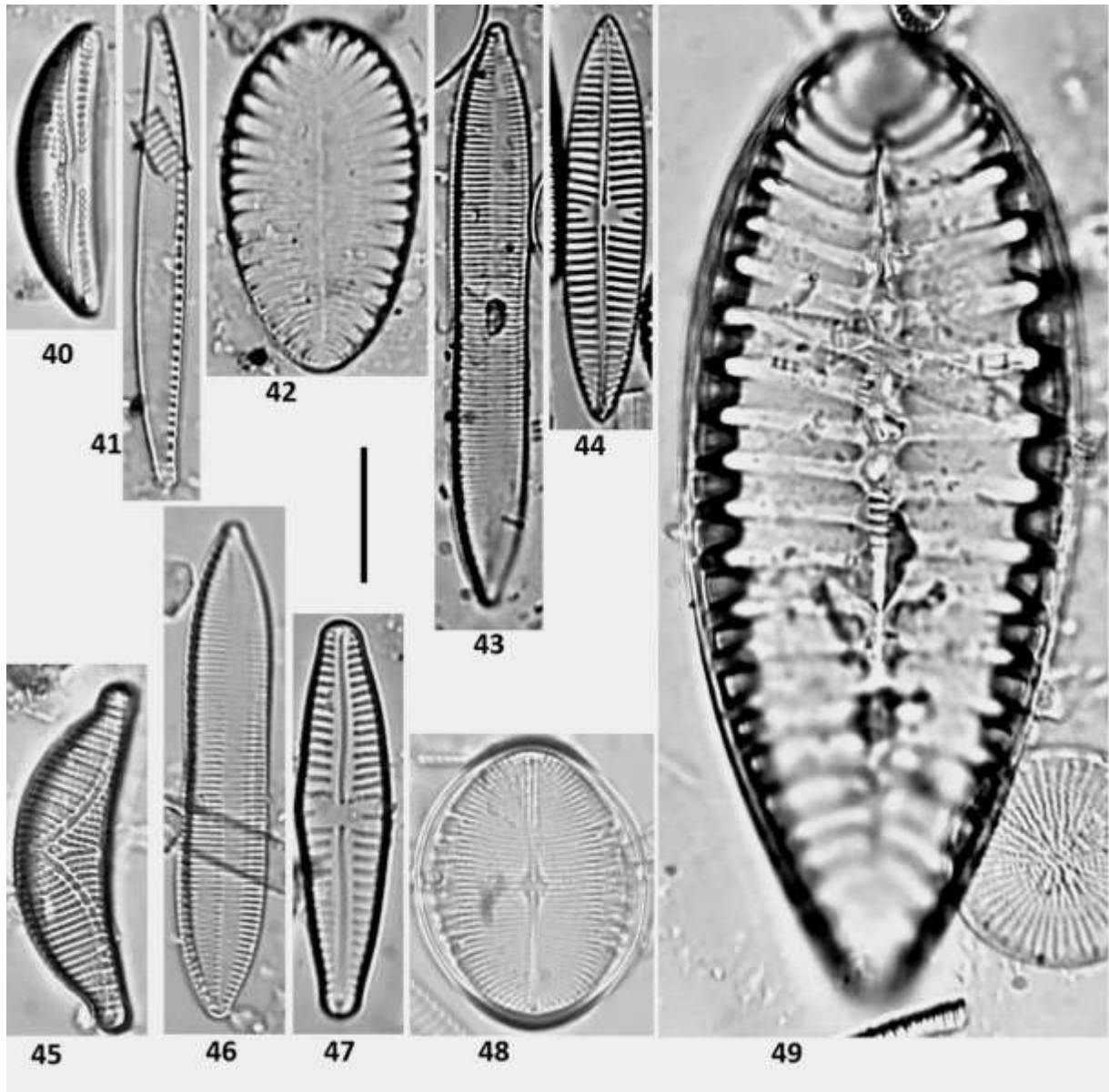


Plate e) 40 *Amphora copulata*; 41 *Nitzschia cf. clausii*; 42 *Surirella brebisonii*; 43 *Tryblionella apiculata*; 44 *Navicula tripunctata*; 45 *Epithemia sorex*; 46 *Trblionella hungarica*; 47 *Gomphonema micropus*; 48 *Cocconeis pediculus*; 49 *Iconella cf. splendida*

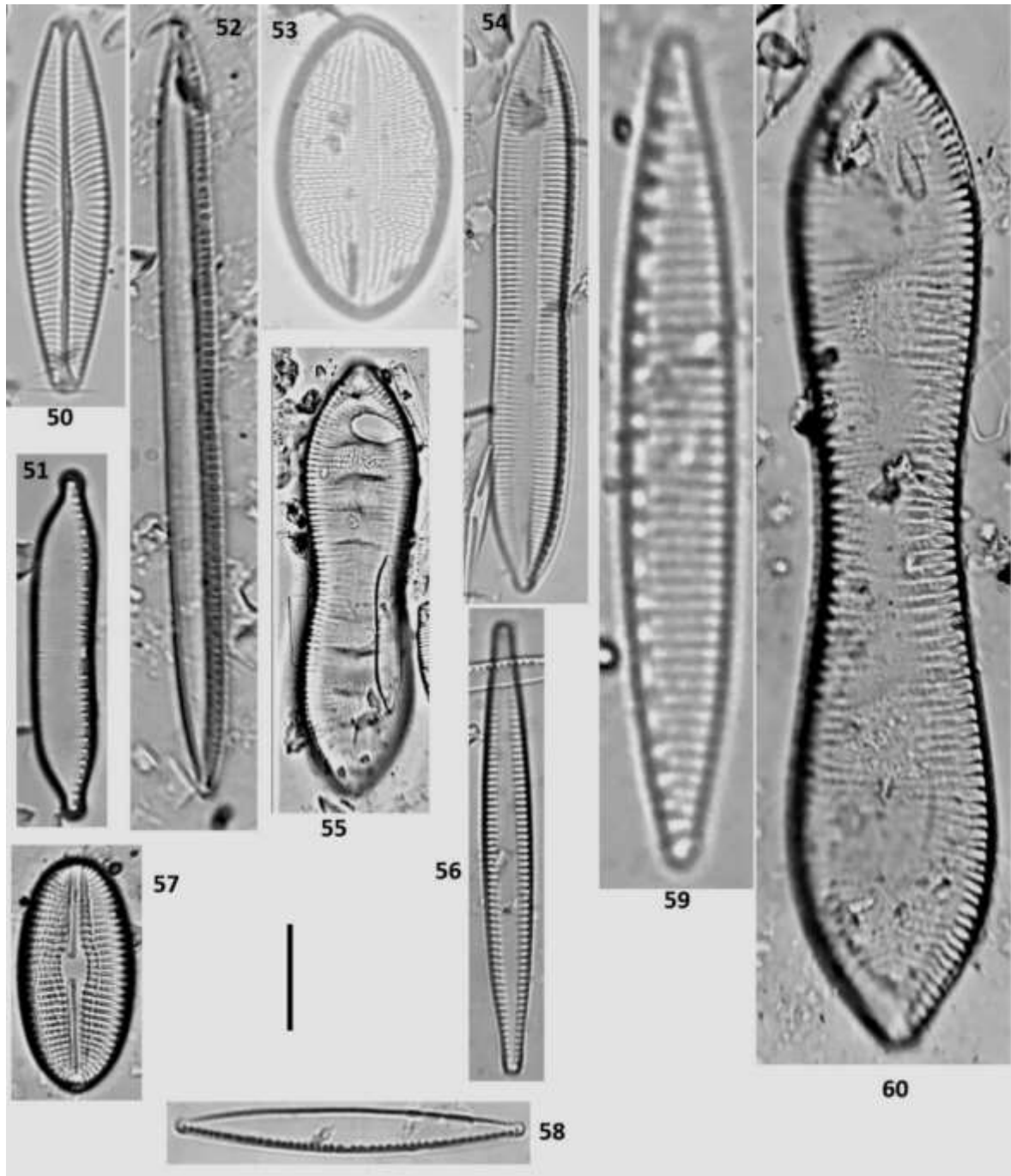


Plate f 50 *Navicula lanceolata*; 51 *Hantzschia amphioxys*; 52 *Nitzschia linearis*; 53 *Cocconeis placentula*; 54 *Tryblionella apiculata*; 55 *Surirella librile* (= *Cymatopleura solea*); 56 *Tabularia fasciculata*; 57 *Diploneis* cf. *parma*; 58 *Nitzschia palea*; 59 *Nitzschia amphibia*; 60 *Surirella librile* (= *Cymatopleura solea*)

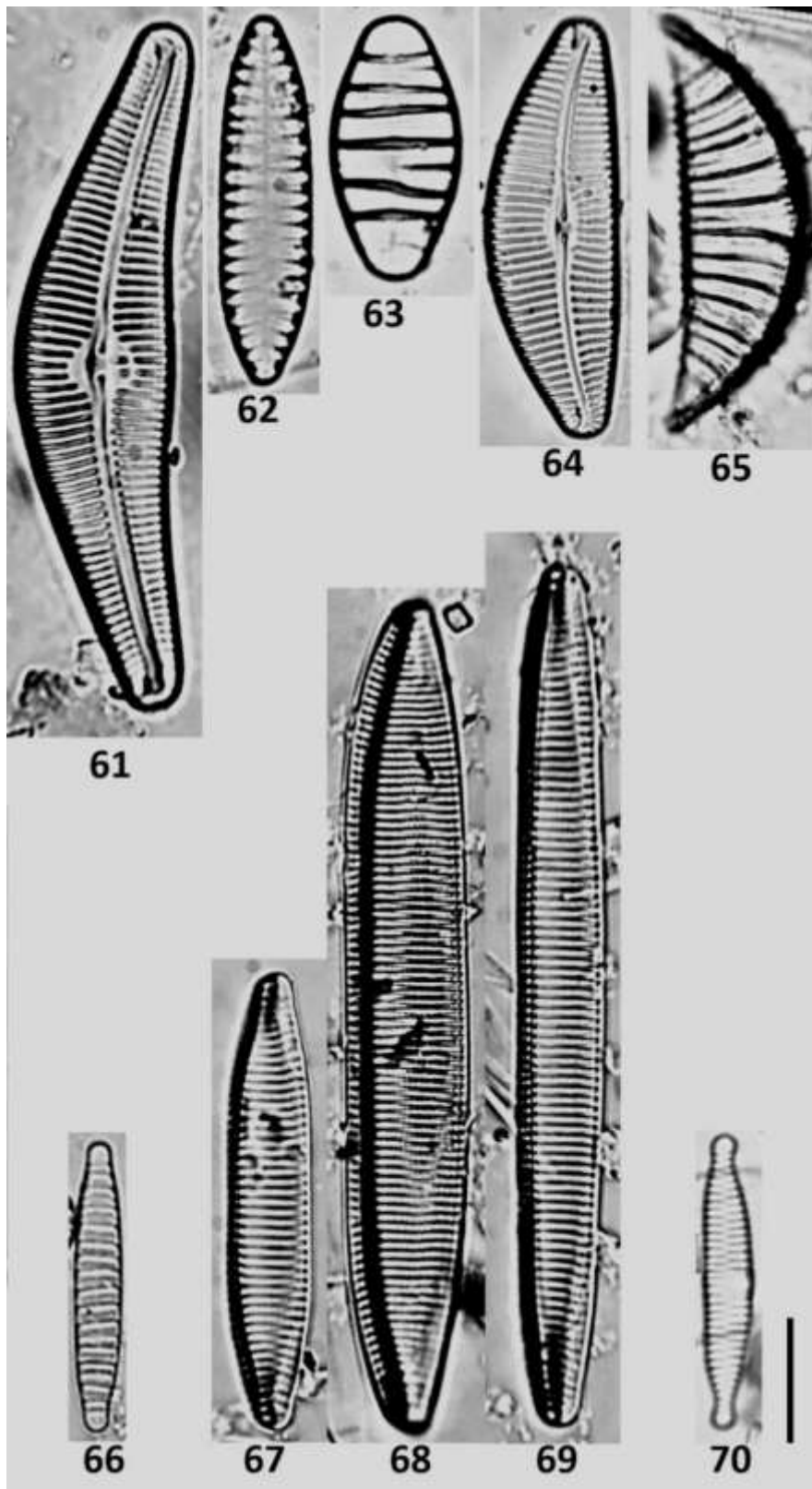


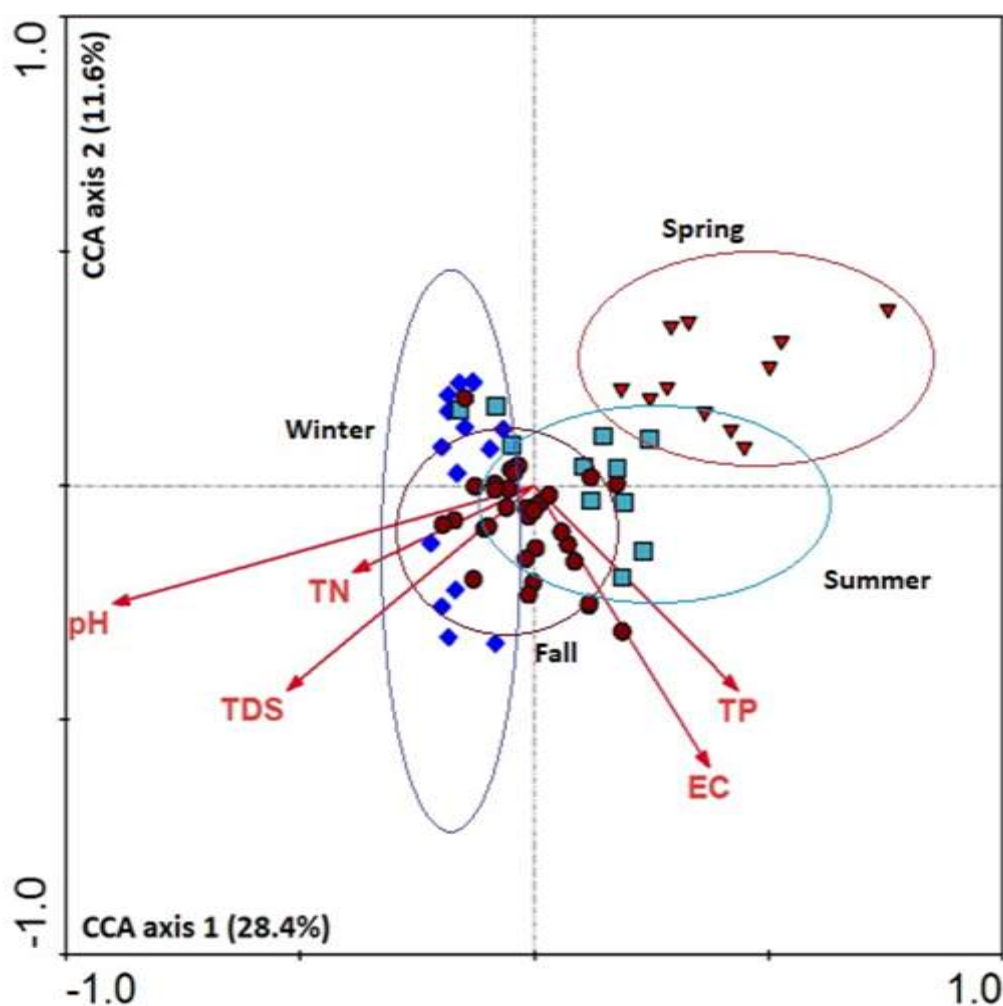
Plate g) 61 *Cymbella* cf. *cistula*; 62 *Surirella angusta*; 63 *Odontidium mesodon*; 64 *Cymbella compacta*; 65 *Rhopalodia* cf. *musculus*; 66 *Diatoma moniliformis*; 67-69 *Tryblionella brunoi* - 70 *Fragilaria recapitellata*

بحث

فراونی گونه‌ای سرده *Nitzschia* در بیشتر ایستگاه‌ها در طول چهار فصل حاکی از تحمل طیف وسیعی از شرایط محیطی از جمله شوری، آلودگی آب‌ها و قلیایی بودن آب‌ها است. این مسئله در بسیاری از زیست‌بوم‌های دنیا یافت می‌شوند. در این پژوهش دو سرده *Nitzschia* و *Navicula* که از دیاتومه‌های دوکی شکل هستند در همه ایستگاه‌ها مشاهده شدند تراکم وسیع از گونه‌های این دو سرده علاوه بر نشان‌دهندگی آلودگی رودخانه، نشان‌دهنده غنی بودن رودخانه از لحاظ مواد غذایی آلی و معدنی است که دیاتومه‌ها از آن استفاده می‌کنند؛ این موضوع را Atici در سال ۲۰۰۶ گزارش داده است. این مورد در ارتباط با همه ایستگاه‌های رودخانه اهرچای که بر اثر وارد کردن زباله‌های خانگی و وجود فضولات دامی (اشاره به کودهای حیوانی استفاده شده در زمین‌های کشاورزی و همچنین فضولاتی دارد که در اثر چرا و خوردن آب توسط دام وارد رودخانه می‌شوند) و وارد شدن کودهای شیمیایی از زمین‌های کشاورزی (فسفات، سولفات و نترات) و همچنین، مواد آزاد شده از تجزیه بقایای موجودات زنده توجیه‌پذیر است؛ زیرا همه موارد ذکر شده در افزایش مواد آلی و معدنی تأثیر گزار هستند.

Cocconeis یکی دیگر از سرده‌های مقاوم به آلودگی است که در این رودخانه دیده شد. با وجود تراکم بالای جمعیت به خصوص *Cocconeis pediculus* و *Cocconeis placentula* در بالادست رودخانه و تراکم کم آن در پایین دست رودخانه، می‌توان اینگونه اظهار نظر کرد که جنس *Cocconeis* یکی از سرده‌های سازگار با محیط از نظر آلودگی است. در قسمت‌هایی که حجم و جریان آب کم است، میزان غلظت آلودگی افزایش می‌یابد. با همه این تفا سیر انتظار می‌رود میزان آلودگی در ایستگاه ۱ که پایین دست رودخانه است، بیشتر از ایستگاه‌های دیگر باشد و همچنین ایستگاه ۲ و ۵ از نظر آلودگی دارای وضعیت مناسب‌تر باشند؛ زیرا این دو ایستگاه از نظر حجم آبی و غلظت (شفافیت و زلال بودن) در وضعیت مناسب قرار دارند. یکی از داده‌هایی که با مشاهده آن به آلودگی رودخانه توسط فلزات سنگین می‌توان پی برد، دفرمه و بد شکل شدن ظاهر دیاتومه‌ها است. پوسته خارجی دیاتومه‌ها، از جنس سیلیس و این پوسته در برابر تغییرات محیطی بسیار مقاوم است؛ اما وجود فلزات سنگین در رودخانه‌ها باعث تغییر شکل دیاتومه‌ها می‌شود و با مشاهده تغییر شکل ظاهری دیاتومه‌ها می‌توان از آلوده بودن رودخانه توسط فلزات سنگین مطلع شد (Dela-Cruz et al., 2006). در رودخانه اهرچای این تغییر شکل ظاهری در برخی از گونه‌ها مانند *Odontidiom mesodon* مشاهده می‌شود؛ اما تعداد جمعیت تغییر شکل یافته از این گونه بسیار کم است و به تعداد انگشت شمار مشاهده می‌شود؛ از جمله گونه‌های مقاوم به آلودگی که در این پژوهش ثبت شده‌اند و در ادامه به آنها اشاره می‌شود. در رودخانه اهرچای به دلیل مشاهده نشدن سرده‌های اسیددوست مانند *Eunotia* می‌توان نتیجه گرفت این رودخانه خاصیت اسیدی چندانی ندارد و محیط مناسب برای دیاتومه‌های اسیددوست نیست (Jamaloo et al., 2006). بر اساس اعداد به دست آمده از سنجش pH رودخانه اهرچای می‌توان دید این رودخانه تقریباً در تمامی فصول دارای pH قلیایی است؛ به جز ایستگاه ۱ که در همه فصول به جز فصل بهار، pH اسیدی دارد. از بین گونه‌های شناسایی شده برخی از آنها مقاوم به آلودگی هستند و در آب‌های لب شور می‌توانند به حیات ادامه دهند. این گونه‌ها عبارت‌اند از *Surirella brebisoni*, *Navicula veneta*, *Amphora veneta*, *Cyclotella meneghiniana* (Dela-Cruz et al., 2006; Komulaynen, 2009). برخی از گونه‌ها نیز در این پژوهش مشاهده شده‌اند که در تروفی‌های

مختلف می‌توانند زنده بمانند؛ این گونه‌ها شامل *Encyonema*، *Amphora pediculus*، *Diatoma moniliformis* و *minutum* و *Rimeria sinuata* هستند که از بین اینها *Gomphone olivaceum* در بین همه ایستگاه‌ها در همه فصل‌ها مشترک است (Dela-Cruz et al., 2006). فلور دیاتومه‌های رودخانه اهر نشان داد گونه غالب در این رودخانه *Nitzschia* است و بعد از آن به ترتیب *Cymbella*، *Gomphonema* و *Naviculla* است. مطالعات پژوهشگران دیگر نشان داده‌اند جنس‌های *Navicula*، *Nitzschia* و *Gomphonema* جنس‌های رایجی هستند که هر کدام تعداد گونه‌های فراوانی دارند. فراوانی گونه‌های *Nitzschia* در بیشتر ایستگاه‌ها در طول ۴ فصل حاکی از تحمل طیف وسیعی از شرایط محیطی از جمله شوری، قلیایی بودن آب‌ها و آلوده بودن آب‌ها است که این مسئله در بسیاری از زیست‌بوم‌های ایران یافت می‌شود (Atazadeh et al., 2007). براساس این، مطالعاتی روی سایر رودخانه‌های ایران نیز انجام گرفته است. مطالعه روی رودخانه کرج و جاجرود در ضلع جنوبی البرز (Kheiri et al., 2018; Jamaloo et al., 2006) و نتایج حاصل از آن پژوهش‌ها نشان دادند مطابق این مطالعه همانند رودخانه اهرچای جنس‌های *Nitzschia* و *Navicula* غالب هستند و از این نظر با رودخانه اهرچای مشابهت دارد. نکته شایان توجه این است که فراوانی این گونه در رودخانه اهرچای در بخش‌های بالادست رودخانه بیشتر از مناطق پایین دست است؛ اما میزان سیلیس در پایین دست رودخانه اهرچای بیشتر از بالادست است. به طور کلی با مقایسه رودخانه مطالعه شده (اهرچای) و سایر حوضه‌های آبریزی مطالعه شده، می‌توان نتیجه گرفت گونه‌های فراوانی بین نقاط مختلف مشترک‌اند که از این گونه‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد: *Nitzschia*، *Amphora pediculus*، *dissipata*، *Ulnaria ulna*، *Nitzschia recta* و *Navicula tripunctata* تمامی گونه‌های مذکور سازگار با محیط قلیایی‌اند. محیط‌های قلیایی از نظر مواد غذایی بسیار غنی‌اند و مواد معدنی در این محیط غنی است (Atazadeh et al., 2007; Chessman et al., 2007). همان‌طور که در رودخانه اهرچای مشاهده شد، تمامی ایستگاه‌ها (به جز ایستگاه ۱)، قلیایی و گونه‌های مشاهده شده سازگار با محیط قلیایی هستند.



شکل ۲- آنالیز CCA در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان (پراکنش گونه‌ها: بهار مثلث وارونه، تابستان مربع، پاییز دایره توپر، زمستان لوزی)

Figure 2- CCA analysis in the four seasons of spring, summer, autumn and winter (distribution of species: inverted triangle spring, square summer, solid circle autumn, rhombus winter)

نتایج تحقیقات متعددی نشان می‌دهند بین عوامل فیزیکی و شیمیایی و شاخصه‌های زیست بوم ارتباط متناسبی وجود دارد (Chester & Robson, 2014). در تحقیق حاضر آنالیز CCA انجام شد (شکل ۲). بر پایه این آنالیز مشخص شد پارامترهای pH، EC و فسفات عمده‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر تنوع دیاتومه‌های رودخانه اهرچای است. حضور دیاتومه‌ها به میزان سیلیس نیز بستگی دارد. زمانی که نسبت سیلیس به فسفات کاهش می‌یابد (با افزایش فسفات) محدودیت سیلیسی دیاتومه‌ها را در شرایط رقابتی با جلبک‌های غیرسیلیسی قرار می‌دهد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، میزان سیلیس در فصل بهار افزایش می‌یابد و در فصل تابستان اعداد کاهش می‌دهد. در مطالعات دیگر، میزان سیلیس تأثیر بیشتری نسبت به نیترات و فسفات داشته است. منبع میزان فسفات به دلیل وجود آب‌های معدنی در منطقه است.

همچنین، طبق شکل (۲) که نمودار مربوط به آنالیز آماری است، pH را تأثیرگذارترین عامل بر پراکنش دیاتومه‌ها می‌توان شناخت. pH تأثیر عمده‌ای بر ترکیب جوامع دیاتومه‌ای دارد که ممکن است تغییرات pH بر اثر عوامل زمین‌شناختی و تغییرات خارجی محیطی مانند کود کشاورزی یا فضولات حیوانی باشد. pH در رودخانه اهرچای در تمامی فصل در محدوده قلیایی در حدود ۷-۸ قرار داشت.

نتیجه‌گیری

مطالعه روی رودخانه اهرچای برای نخستین بار انجام گرفت و هدف از این مطالعه تهیه فلور دیاتومه‌ای و ارتباط آنها با عوامل فیزیکوشیمیایی و تعیین کیفیت آب رودخانه بود. نتایج نشان دادند میزان آلودگی در پایین دست رودخانه نسبتاً بالاست. از دیاتومه‌ها به‌عنوان یکی از عوامل زیستی، در تعیین کیفیت آب می‌توان بهره‌برداری و کیفیت آب را ارزیابی کرد. همچنین، با پی‌بردن به فراوانی جمعیت گونه‌های دیاتومه‌ای، اطلاعات اکولوژیکی در رابطه با محیط زندگی دیاتومه‌ها به دست می‌آید. نتایج حاصل از مطالعه روی رودخانه اهرچای می‌تواند به‌عنوان اطلاعات پایه برای مدیریت منابع آبی مؤثر باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از مجموعه دانشگاه تبریز برای فراهم کردن تسهیلات نمونه‌برداری و آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

- Afsharzadeh, S., Rahiminezhad, M., Nezhadstari, T., & Ebrahimnezhad, M. (2003). Study of algal flora in Zayandehrood River. *Iranian Journal of Biology*, 14(1-2), 32-45. <https://www.sid.ir/paper/21155/en>
- APHA (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Atazadeh, E., Sharifi, M., Kelly, M. G. (2007). Evaluation of the trophic diatom index for assessing water quality in River Gharasou, western Iran. *Hydrobiologia*, 589, 165–173. [10.1007/s10750-007-0736-0](https://doi.org/10.1007/s10750-007-0736-0)
- Atazadeh, E., Barton, A., Shirinpour, M., Zarghami, M., & Rajabifard, A. (2020). River management and environmental water allocation in regulated ecosystems of arid and semiarid regions—a review. *Fund Appl Limnol/Archiv für Hydrobiologie*, 193, 327-345. [10.1127/fal/2020/1286](https://doi.org/10.1127/fal/2020/1286)
- Attaran-Fariman G., & Asefi, A. (2022). Checklist of phytoplankton of the tropical Persian Gulf and Sea of Oman. *Nova Hedwigia*, 114, 251-301. [10.1127/nova_hedwigia/2022/0687](https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2022/0687)
- Bahls, L. L. (2018). Evidence from checklists for a Holarctic (circumboreal) kingdom of diatoms. *Phytokeys*, 108, 13-24. [10.3897/phytokeys.108.26277](https://doi.org/10.3897/phytokeys.108.26277)
- Battarbee R. W. (1986). Diatom analysis. In: Berglund, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. Pp. 527–570.
- Bishop, I. W., Esposito, R. M., Tyree, M., & Spaulding, S. A. (2017). A diatom voucher flora from selected southeast rivers (USA). *Phytotaxa*, 332(2), 101-140. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.332.2.1>
- Chessman B. C., Bate, N., Gell, P. A., & Newall, P. (2007). A diatom species index for bioassessment of Australian rivers. *Marine and Freshwater Research*, 58, 542-557. [10.1071/MF06220](https://doi.org/10.1071/MF06220)

- Chester E. T., & Robson, B. J. (2014). Do recolonisation processes in intermittent streams have sustained effects on benthic algal density and assemblage composition?. *Marine and Freshwater Research*, 65, 784-790. [10.1071/MF13239](https://doi.org/10.1071/MF13239)
- Compère P. (1981). Algues des deserts d'Iran. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique/Bulletin van de National Plantentuin van België*, 51, 3-40. <https://doi.org/10.2307/3667734>
- Cumming, B. F., Wilson, S. E., Hall, R. I., & Smol, J. P. (1995). Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients and other limnological variabilities. *Bibliotheca Diatomologica*, 31, 1-20. <https://B2n.ir/k89159>
- Dela-Cruz, J., Pritchard, T., Gordon, G., & Andajani, P. (2006). The use of periphytic diatoms as a means of assessing impacts of point source inorganic nutrient pollution in south-eastern Australia. *Freshwater Biology*, 51, 951-972. <https://doi.org/10.1071/MF06220>
- Goma, J., Rimet, F., Cambra, J., Hoffmann, L., & Andector, L. (2005). Diatom communities and water quality assessment in mountain rivers of the upper segre basin (La Cerdanya, Oriental Pyrenees) *Hydrobiologia*, 551, 209-225. [10.1007/s10750-005-4462-1](https://doi.org/10.1007/s10750-005-4462-1)
- Gordon N. D., McMahon, T. A., Finlayson, B. L., Gippel, C. J., & Nathan, R. J. (2004). *Stream hydrology: An introduction for ecologists*. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd.
- Harwood, D. M., Nikolaev, V. A., & Winter, D. M. (2007). Cretaceous records of diatom evolution, radiation, and expansion. *The Paleontological Society Papers*, 13, 33-59. <https://doi.org/10.1017/S1089332600001455>
- Hotzel, G., & Croome, R. (1999). *A phytoplankton methods manual for Australian Rivers*. Land and Water Resources Research and Development Corporation (LWRRDC).
- Jamaloo, F., Falahian, F., Nejadstari, T., & Majd, A. (2006). Study of diatom flora in Jajrood River. *Sciences and Technology of Environment*, (26), 98-112. <https://www.sid.ir/paper/382081/fa> [In Persian].
- Jovanovska, E., Levkov, Z., & Edlund, M. B. (2015). The genus *diploneis ehrenberg ex cleve* (Bacillariophyta) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phytotaxa*, 217(3), 201. [10.11646/phytotaxa.217.3.1](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.217.3.1)
- Kheiri, S., Solak, C. N., Edlund, M. B., Spaulding, S., Nejadstari, T., Asri, Y., & Hamdi, S. M. M. (2018). Biodiversity of diatoms in the Karaj River in the Central Alborz, Iran. *Diatom Research*, 33(3), 355-380. [10.1080/0269249X.2018.1557747](https://doi.org/10.1080/0269249X.2018.1557747)
- Komulainen, S. (2009). Diatoms of periphyton assemblages in small rivers in Northwestern Russia. *Studi trentini di scienze naturali*, 84, 153-160. <https://B2n.ir/e98562>
- Krammer, K. (1980). Morphologic and taxonomic investigations of some freshwater species of the diatom genus. *Bacillaria*, 3, 197-225.
- Krammer, K. (1997a). Die cymbelloiden diatomeen. Ein monographie der Weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. *Bibliotheca diatomologica*, 36.
- Krammer, K. (1997b). Die cymbelloiden diatomeen. Ein monographie der Weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Allgemeines und Encyonema part. *Bibliotheca diatomologica*, 37.
- Krammer, K. (2000). The genus *Pinnularia*. In: Lange-Bertalot, H. (ed.), *Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Vol.1. A. R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. Pp. 703.
- Krammer, K. (2002). *Cymbella*. In: Lange-Bertalot, H. (ed.), *Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Vol. 3. A. R. G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. Pp. 584
- Krammer, K. (2003). Diatoms of the European inland waters and comparable habitats: *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. Vol. 4. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. Pp. 529.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1986a). *Bacillariophyceae*. (n.p).
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1986b). Bacillariophyceae, 1. Teil: *Naviculaceae* In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Ed.), *Suswasserflora Von Mitteleuropa*. Vol. 2/1. G. Fischer Verlag, Stuttgart & New York. Pp. 876.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Ed.), *Süßwasserflora Von*

- Mitteleuropa*. Vol. 2/2. G. Fischer Verlag, Stuttgart & New York. Pp. 596.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Ed.), *Süßwasserflora Von Mitteleuropa*. Vol. 2/3. G. Fischer Verlag, Stuttgart & New York.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae, 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen -Zu Navicula (Lineolatae) Und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., & Mollenhauer, D. (Ed.), *Süßwasserflora Von Mitteleuropa*. Vol 2/4. G. Fischer Verlag.
- Lange-Bertalot, H. (1997). Frankophila, Mayamaea and Fistulifera: Drei Neue Gattungen Der Klasse Bacillariophyceae. *Archive Fur Protistenkunde*, 148(1-2), 65-76. [https://doi.org/10.1016/S0003-9365\(97\)80037-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9365(97)80037-1)
- Levkov, Z., & Ector, L. (2010). A comparative study of Reimeria species (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia*, 90(3), 469. [10.1127/0029-5035/2010/0090-0469](https://doi.org/10.1127/0029-5035/2010/0090-0469)
- Moresco, C., Tremarin, P. I., Ludwig, T. A. V., & Rodrigues, L. (2011). Diatomáceas períficas abundantes em três córregos com diferentes ações antrópicas em Maringá, PR, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 34, 359-373. [10.1590/S0100-84042011000300010](https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000300010)
- Medley, C. N., & Clements, W. H. (1998). Responses of diatom communities to heavy metals in streams: The influence of longitudinal variation. *Ecological Applications*, 8(3), 631. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0631:RODCTH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0631:RODCTH]2.0.CO;2)
- Mehrjuyan., S. R. & Atazadeh, E. (2022). Study of the genera Encyonema, Craticula, and Cymatopleura (Bacillariophyta) in the western rivers of Lake Urmia, Iran. *The Iranian Journal of Botany*. 28(2), 182-199. [10.22092/IJB.2022.128207](https://doi.org/10.22092/IJB.2022.128207)
- Naseri, A., Noroozi, M., Asri, Y., Iranbakhsh, A., Saadatmand, S., & Atazadeh, E. (2022). Diatom taxonomy and environmental drivers of biodiversity in the Taleghan River and reservoir in Central Alborz, Iran. *Diatom Research*, 37(3), 199-226. [10.1080/0269249X.2022.2123049](https://doi.org/10.1080/0269249X.2022.2123049)
- Panahi-Mirzahasanlou, J. P., Nejadstari, T., Ramezani, Z., Namin, J. I., & Asri, Y. (2018). The epilithic and epipellic diatom flora of the Balikhli River, Northwest Iran. *Turkish Journal of Botany*, 42, 518-532. [10.3906/bot-1711-46](https://doi.org/10.3906/bot-1711-46)
- Potapova, M. (2014). Diatoms Of Bering Island, Kamchatka, Russia. *Nova Hedwigia, Beiheft*, 143, 63-102. [10.1127/1438-9134/2014/004](https://doi.org/10.1127/1438-9134/2014/004)
- Sabater S., & Admiraal W. (2005). Periphyton as biological indicators in managed aquatic ecosystems. *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*, 159-177. <https://B2n.ir/m82540>
- Sabater, S., Guasch, H., Román, A. (2002). The effect of biological factors on the efficiency of river biofilms in improving water quality. *Hydrobiologia*, 469, 149-156. [10.1023/A:1015549404082](https://doi.org/10.1023/A:1015549404082)
- Sonneman, J. A., Sincock, A., Fluin, J., Rrid, M., Newall, P., Tibby, J., & Gell, P. (2000). *An illustrated guide to common stream diatom species from temperate Australia*. The Murray-Darling Freshwater Research Centre.
- Solak, C. N., Alakananda, B., Kulikovskiy, M., Blanco, S., Kaleli, A., & Yilmaz, E. (2019). Distribution of nitzschoid diatoms in Kutahya waters. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 48(2), 140-164. [10.2478/ohs-2019-0014](https://doi.org/10.2478/ohs-2019-0014)
- Taylor J. C., Harding, W. R., Archibald, C. G. M. (2007). *An illustrated guide to some common diatom species from South Africa*. Water Research Commission.
- Tuji, A. (2016). *Algae Aquae Dulcis Japonicae Exsiccatae*. National Museum of Nature and Science.
- Zaeri Darki, B. (2009). Algal flora of rivers in Iran. *International Journal on Algae*, 11(2), 171-180. [10.1615/InterJAlgae.v11.i2.70](https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v11.i2.70)