شناسایی دیاتومه های چشمه زاو، استان گلستان

هانیه یوسفی[۱]، جمیله پناهی میرزاحسنلو[۱*]، مجتبی قره محمودلو[۲]، ارسلان بهلکه[۳]

۱- دانشگاه گنبدکاووس، دانشکده علوم پایه، گروه زیست شناسی

۲- دانشگاه گنبد کاووس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مرتع و آبخیزداری

۳- دانشگاه گنبد کاووس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۸

* *Email for correspondence*: panahi@gonbad.ac.ir

چکیده

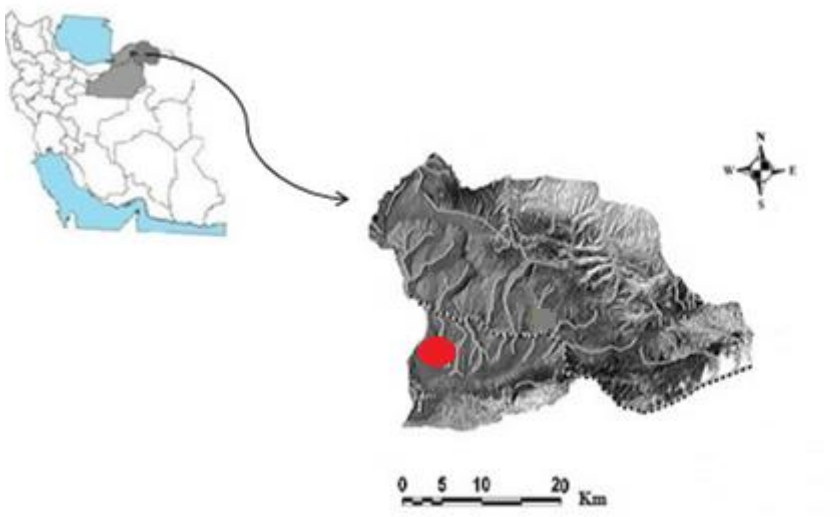
دیاتومه‌ها جلبک‌های متعلق به شاخه Bacillariophyta بوده و فلور جلبکی غالب را در اکوسیستم‌های آبی تشکیل می دهند. چشمه زاو (پل چشمه) در انتهای غربی پارک ملی گلستان در استان گلستان واقع شده است. با توجه به اینکه چشمه‌ها زیستگاه های بسیار مهمی برای روند تنوع زیستی هستند و تاکنون مطالعه ای روی جلبک های چشمه زاو انجام نشده بود، این مطالعه با هدف شناسایی دیاتوم های این چشمه انجام گرفت. برای این منظور نمونه برداری طی پاییز ۱۳۹۹ تا بهار ۱۴۰۰ از بستر های سنگی و رسوب انجام گرفت. در این مطالعه بطور کلی در نمونه های اپی لیتیک و اپی پلیک ۴۷ گونه دیاتوم متعلق به ۲۲ جنس شناسایی گردید، بزرگترین جنس ها به ترتیب *Nitzchia* و *Surirella* با ۵ گونه و *Navicula*، *Cymbella* و *Gomphonema* هرکدام با ۴ گونه بودند. بیشترین فراوانی مربوط به گونه های *Achnanthidium minutissimum*، *Amphora inariensis*، *Amphora pediculus*، *Cymbella excisa*، *Navicula tripunctata*، *Nitzschia linearis* و *Ulnaria ulna* می باشد. بطور کلی فلور دیاتومی چشمه زاو شباهت زیادی با سایر اکوسیستم های آبی مطالعه شده در استان گلستان نشان داد.

کلید واژگان: اپی لیت، اپی پل، پارک ملی گلستان، فلور.

مقدمه:

دیاتومه ها ریز جلبک های تک سلولی فتوسنتز کننده هستند که فلور جلبکی غالب را در اکوسیستم های آبی تشکیل می دهند (Nejadsattari, 2005). دیواره دیاتومها از جنس سیلیس و کفه‌های آنها از دو بخش اپی‌تکا و هیپوتکا تشکیل شده است، علائم و تزئینات متنوعی روی سطح دیوارۀ دیاتومها دیده می‌شود که پایه‌ای برای رده‌بندی و شناسایی این موجودات می‌باشد (South and Whittick, 1987). فراوانی این موجودات به همراه توزیع گسترده آنها در زیست گاه های مختلف کاربرد های گسترده ای را برای آنها ایجاد کرده است (DeNicola et al., 2004).

چشمه‌ها زیستگاههای منحصربفردی هستند که در بسیاری از نقاط جهان به عنوان منبع مهم آب آشامیدنی، کشاورزی، فعالیتهای اقتصادی، تفریحی و توریسم هستند (Olarinoye et al., 2020). چشمه ها به دلیل پایداری فیزیکی و شیمیایی، از آبهای روان متفاوت هستند (Cantonati et al., 2006) و به عنوان نقاط مهم تنوع زیستی و پناهگاهی برای حفاظت از تنوع زیستی در نظر گرفته می شوند (Cantonati et al., 2012a; Taxböck et al., 2017). اهمیت زیستگاه چشمه ها با توصیف تعداد زیادی از گونه های نادر و در معرض خطر تاکید شده است (Lai et al., 2019; Taxböck et al., 2017). کانتوناتی مطالعات زیادی را روی دیاتومه های چشمه های اروپا انجام داده و گونه های شاخص انواع مختلف چشمه ها را شناسایی کرده است (Cantonati , 1998; Cantonati and Lange-Bertalot, 2010; Cantonati et al., 2012a). اما بطور کلی مطالعه روی چشمه ها، در مقایسه با سایر اکوسیستم ها کمتر انجام شده است. در ایران نیز اگرچه در سالهای اخیر مطالعات روی دیاتومه ها در حال افزایش است، اما مطالعات روی چشمه ها بسیار محدود می باشد و تنها مطالعات دیاتومه ای انجام گرفته در چشمه ها عبارتند از مطالعه خیری در چشمه تیزاب در البرز مرکزی (Kheiri, 2019) که ضمن معرفی ۳۰ گونه دیاتومه یک گونه را نیز برای اولین بار برای فلور دیاتومه ایران گزارش کردند. احمدی و همکاران و پناهی میرزاحسنلو و همکاران نیز با مطالعه سه چشمه در منطقه رامیان استان گلستان، ضمن معرفی ۷۵ گونه که برخی از آنها در مطالعات قبلی از ایران گزارش نشده بود، به بررسی ارتباط پراکنش دیاتومه ها با رژیم هیدروشیمیایی این چشمه ها پرداخته و به این نتیجه رسیدند که ترکیب دیاتومی چشمه‌ها تحت تاثیر اندازه و مورفولوژی چشمه قرار می‌گیرد (Ahmadi Musaabad et al., 2019; Panahy Mirzahasanlou et al., 2021). بنابراین انجام مطالعاتی از این دست می تواند دانش دیاتومه ما را در اکوسیستم های مورد نظر افزایش داده و به توسعه فلور دیاتومه ایران کمک کند. با توجه به اهمیت چشمه‌ها در بحث تنوع زیستی، این مطالعه با هدف شناسایی دیاتومه ها در چشمه زاو پارک ملی گلستان انجام گرفت.



شکل ۱. موقعیت پارک ملی گلستان و منطقه مورد مطالعه

مواد و روش ها:

پارک ملی گلستان منطقه ای حفاظت شده در شرق استان گلستان و غرب استان خراسان شمالی با میانگین سالیانه بارش بین ۱۴۲ تا ۸۶۶ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. در این پارک رودخانه‌های متعددی جریان دارد و بیش از ۲۱ دهنه چشمه در آن شناسایی شده است (عبـاس‌زاده تهرانی، ۱۳۸۱). چشمه زاو (پل چشمه) در انتهای غربی پارک ملی گلستان در استان گلستان واقع شده است (شکل ۱). نمونه برداری از چشمه زاو در طی پاییز و زمستان ۱۳۹۹ و بهار ۱۴۰۰ انجام شد. به دلیل کاهش آب چشمه در فصل تابستان نمونه برداری انجام نگرفت. برای مطالعه دیاتومه های این چشمه نمونه ها از سطح بسترهای سنگی و رسوب جمع آوری شدند. برای نمونه برداری دیاتومه های اپی لیت تعداد پنج سنگ از بخشهای مختلف برداشته شده، جهت پاک شدن از گل و لای با آب شسته و سپس با استفاده از مسواک، نمونه ها از سطح سنگ تراشیده شدند. برای نمونه برداری جلبک های اپیپل نیز بخشی از رسوب با استفاده از ظرف پتری به ظرف نمونه برداری منتقل شد (Bellinger and Sigee, 2010). نمونه های جمع آوری شده با فرمالین ۴ % در محل تثبیت شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر ایستگاه نمونه برداری، همراه با نمونه های جلبکی، نمونه های آب نیز در ظروف یک لیتری برداشته شد و جهت آنالیز پارامترهای فسفات، سیلیس، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلراید به آزمایشگاه منتقل گردید (APHA, 1999). میزان اکسیژن محلول، دما، هدایت الکتریکی، PH و TDS نیز با استفاده از دستگاه پرتابل HQ-40d در محل اندازه گیری شد. دیاتوم ها به روش شستشو با اسید آماده سازی شده (Taylor et al., 2007)، اسلایدهای دائمی با استفاده از چسب Naphrax تهیه گردید. اسلایدهای دائمی با میکروسکوپ نوری Nikon E100 بررسی شده و با استفاده از منابع موجود

شناسایی شدند (Bahls, 2006؛ Krammer, 2002; Krammer and Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a,b). بطور کلی مورفولوژی والو و تزئینات سطح دیواره دیاتوم ها از موارد عمده در شناسایی دیاتومه ها هستند. برای شمارش دیاتومه ها نیز، در هر اسلاید بطور کلی ۳۰۰ تا ۴۰۰ والو در زیر میکروسکوپ شمارش گردید و سپس فراوانی نسبی هر کدام از گونه ها با تقسیم فراوانی بدست آمده برای هر گونه به کل تعداد والوهای شمارش شده، بدست آمد.

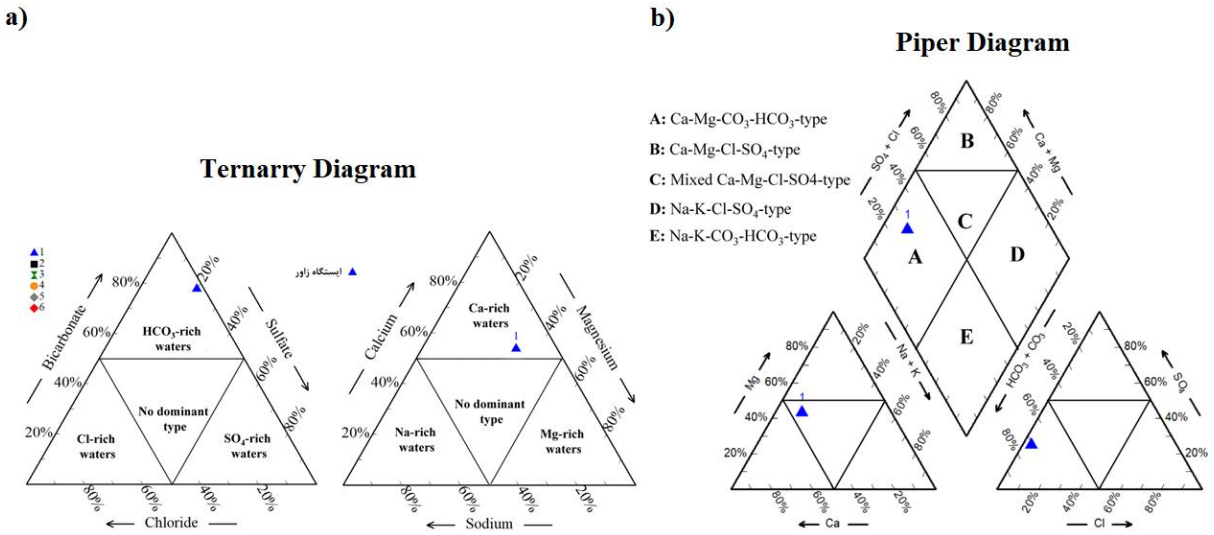
نتایج:

هیدروشیمی چشمه زاو

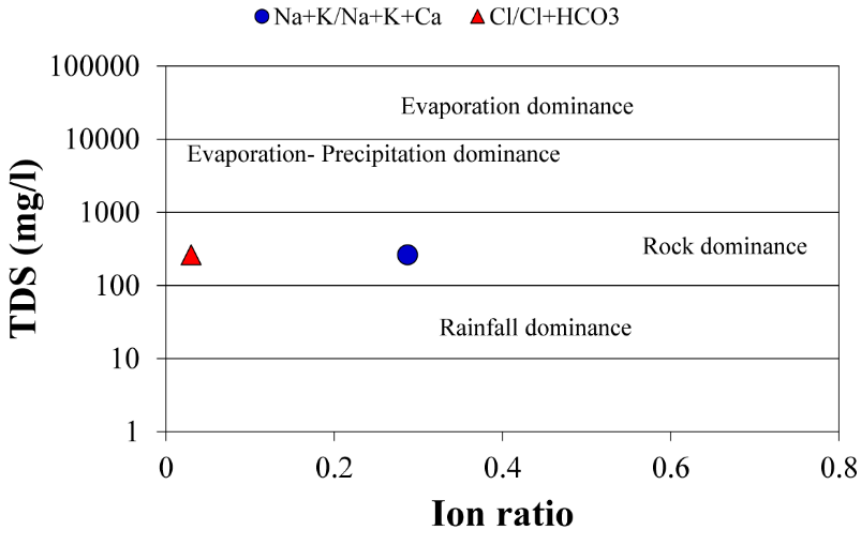
به منظور برر سی هیدرو شیمایی چ شمه زاو از آنالیز نتایج پارامترهای فیزیکو شیمیایی (شامل: Ca، Mg، Na، K، Cl، PO_4، TDS، pH، EC، DO، Si و دما) استفاده شد. متوسط سه مقادیر پارامترهای مذکور در جدول ۱ خلاصه شده است. باتوجه به نمودار مثلثی، آب چشـــمه زاو جز آبهای غنی از کلســـیم و بیکربنات می‌باشـــند که نتیجه آن تیپ غالب بیکربنات کلســـیک می‌باشد(شکل۲a). این امر باتوجه به فراوانی این دو یون بدیهی به نظر می‌رسد. براساس نمودار پایپر (شکل۲b)، رخساره آب چشمه زاو جزو رخساره‌های آب شیرین می‌باشد.

جدول ۱. پارامترهای فیزیکو- شیمیایی آب اندازه گیری شده در چشمه زاو طی دوره مورد مطالعه.

پارامتر	پاییز	زمستان	بهار	انحراف ± میانگین معیار
T (°C)	14.5	13.7	14.6	14.26 ± 0.49
DO (mg. L^{-1})	13.41	13.12	12.65	13.06 ± 0.38
EC (µs.cm^{-1})	535	511	502	516 ± 17.05
TDS (mg. L^{-1})	271	249	267	262 ± 11.71
pH	7.31	7.35	7.46	7.37 ± 0.07
فسفات (mg. L^{-1})	0.005	0.024	0.026	0.018 ± 0.01
کلسیم (mg. L^{-1})	28	36.5	37.5	34 ± 5.2
منیزیم (mg. L^{-1})	18	23	20.4	20.4 ± 2.5
کلراید(mg. L^{-1})	1.5	2	2.2	1.9 ± 0.36
سدیم (mg. L^{-1})	77.62	97.6	89.9	88.37 ± 10.07
پتاسیم (mg. L^{-1})	42.65	53.77	49.47	48.63 ±5.6
سیلیس (mg. L^{-1})	10.47	29.52	32.2	24.06 ± 11.84



شکل ۲. دیاگرام سه تایی (a) و دیاگرام پایپر (b) چشمه زاو.



شکل ۳. نمودار گیبس چشمه زاو.

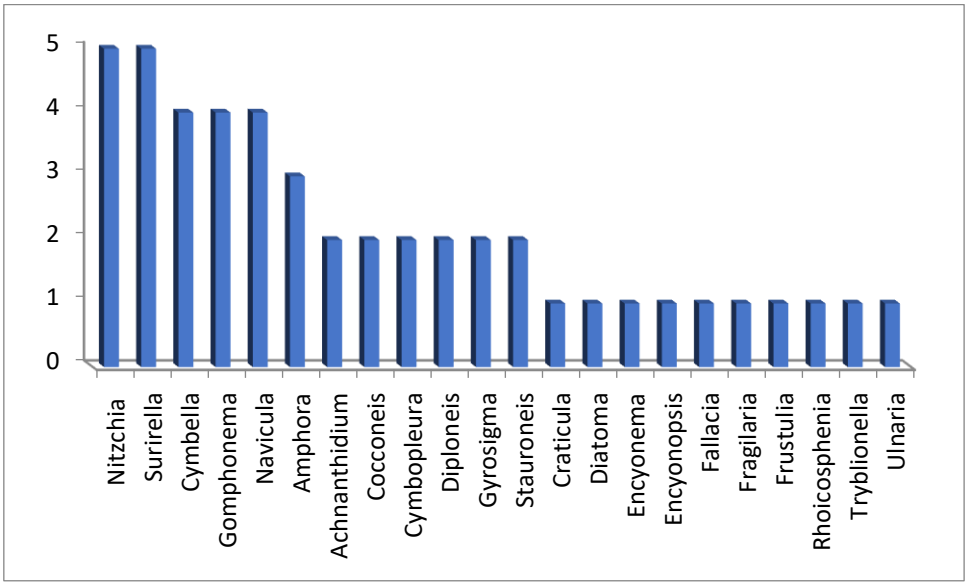
براساس تجمع، توزیع و جهت یافتگی نمونه‌ها بر روی دیاگرام گیبس (شکل۳)، بطور کلی هوازدگی شیمیایی کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها (واکنش آب- سنگ)، عوامل اصلی کنترل کننده شیمی آب در چشمه زاو می‌باشند.

داده های زیستی

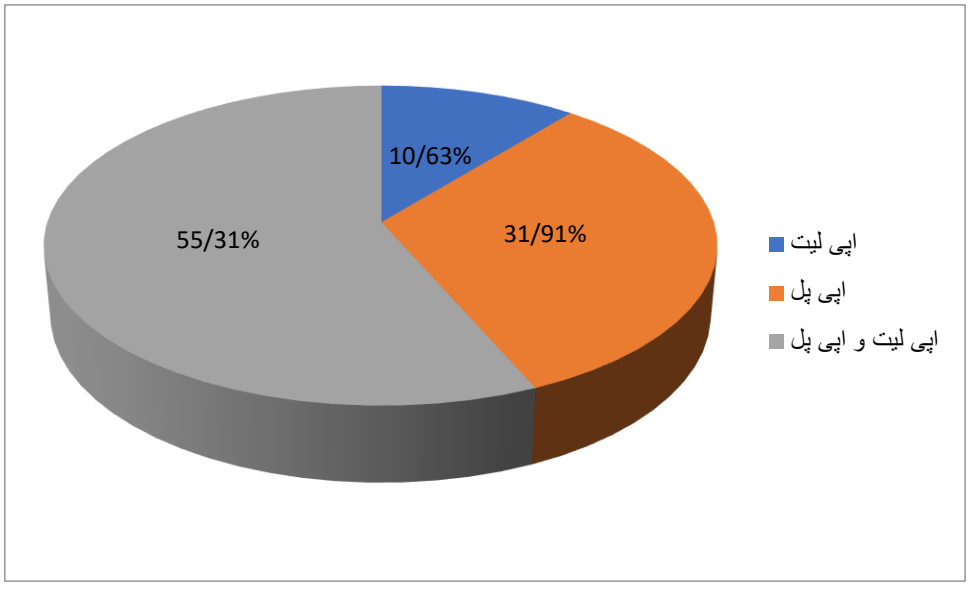
در این مطالعه بطور کلی در نمونه های اپی لیتیک و اپی پلیک ۴۷ گونه دیاتومه متعلق به ۲۲ جنس شناسایی گردید (جدول ۲). بزرگترین جنس ها به ترتیب *Nitzchia* و *Surirella* با ۵ گونه و *Gomphonema*، *Navicula* و *Cymbella* هرکدام با ۴ گونه می باشند (شکل ۴).

بیشترین فراوانی مربوط به گونه های *Achnanthidium minutissimum* (بیشترین در صد فراوانی ۵۵/۲۶ ٪)، *Amphora inariensis* (۳۱/۳۷ ٪)، *Amphora pediculus* (۵۰/۵۵ ٪)، *Cymbella excisa* (۳۱/۱ ٪)، *Navicula tripunctata* (۱۶/۶۶ ٪)، *Nitzschia linearis* (۲۰/۹۶) و *Ulnaria ulna* (۱۰/۷۳ ٪) می باشند.

۵۵/۳۱ درصد گونه های دیاتومی چشمه زاو در هر دو نمونه (اپی پل و اپی لیت) حضور داشتند. ۱۵ گونه تنها در نمونه اپی پل و ۵ گونه فقط در نمونه اپی لیت شناسایی شدند (شکل ۵).



شکل ۴. نمودار جنسهای دیاتومه شناسایی شده و تعداد گونه های متعلق به هر جنس.



شکل ۵. نمودار درصد گونه های متعلق به هر کدام از بسترها.

جدول ۲. تاکسون های دیاتومه شناسایی شده در هر دو نمونه های اپی لیت و اپی پل به تفکیک فصل در چشمه زاو.

اسم علمی	پاییز		زمستان		بهار	
	EPL	EPP	EPL	EPP	EPL	EPP
Achnanthidium gracillimum (F.Meister) Lange-Bertalot	-	-	-	-	+	-
Achnanthidium minutissimum (Kutzing) Czarnecki	+	+	+	-	+	+
Amphora pediculus (Kützing) Grunow	+	+	+	+	-	+
Amphora inariensis Krammer	+	+	+	+	_	+
Amphora lybica Ehrenberg	-	-	-	+	-	+
Cocconeis placentula Ehrenberg	+	+	+	+	+	+
Cocconeis pediculus Ehrenberg	-	-	+	-	+	+
Craticula buderii (Hustedt) Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	+
Cymbella excisa Kützing	+	-	-	-	+	+
Cymbella cymbiphormis C. Agardh	-	-	-	-	+	-
Cymbella compacta Østrup	-	-	-	-	+	+
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	-	-	-	-	+	-
Cymbopleura amohicephala (Nägeli ex Kützing) Krammer	-	-	-	-	-	+
Cymbopleura citrus (JR.Carter & Bailey-Watts) Krammer	-	-	-	-	+	+
Diatoma moniliformis (Kützing) DM.Williams	+	-	-	-	+	+
Diploneis krammeri Lange-Bertalot & E.Reichardt	+	-	+	+	-	+
Diploneis sp	+	-	-	-	-	-
Encyonema sp.	-	-	-	-	+	+
Encyonopsis sp	-	-	+	-	-	-
Fallacia subhamulata (Grunow) DG.Mann	+	-	+	+	-	-
Fragilaria recapitellata Lange-Bertalot & Metzeltin	-	-	-	-	+	+
Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni	-	-	-	+	+	+
Gomphonema acuminatum Ehrenberg	-	+	-	-	-	-
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson	-	-	-	-	-	+
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing	+	-	-	-	-	+
Gomphonema pumilum (Grunow) E.Reichardt & Lange-Bertalot	+	-	+	+	+	+
Gyrosigma attenuatum (Kutzing) Rabenhorst	-	-	+	-	-	+
Gyrosigma nodiferum (Grunow) Reimer	-	+	-	+	+	-

Navicula capitatoradiata H. Germin ex Gasse	-	-	-	-	-	+
Navicula cryptotenela Lange-Bertalot	+	+	+	-	-	-
Navicula tripunctata (OF.Muller) Bory	+	-	+	+	+	+
Navicula sp	-	+	+	+	-	-
Nitzschia dissipata (Kützing) Rabenhorst	+	-	+	+	+	+
Nitzschia inconspicua Grunow	+	-	-	+	-	+
Nitzchia linearis W.Smith	-	-	-	+	-	+
Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst	-	-	+	+	-	-
Nitzchia sigmoidea (Nitzsch) W.Smith	-	-	-	-	+	+
Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lang-Bertalot	+	+	+	-	-	-
Stauroneis separanda Lange-Bertalot & Werum	-	-	-	+	-	+
Stauroneis smithii Grunow	-	-	-	-	-	+
Surirella angusta Kutzing	-	-	-	-	-	+
Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	+
Surirella ovalis Brébisson	-	-	-	-	-	+
Surirella minuta Brebisson	-	-	-	-	-	+
Surirella sp	-	-	-	-	-	+
Tryblionella apiculata W.Gregory	-	-	-	+	-	+
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compere	-	-	-	-	+	+

بحث و نتیجه گیری:

مطالعه حاضر اولین بررسی و معرفی دیاتومه های چشمه زاو می باشد. بطور کلی با توجه به وضعیت هیدروشیمیایی، آب چشمه زاو جزو آبهای غنی از کلسیم و بیکربنات می‌باشند که نتیجه آن تیپ غالب بیکربنات کلسیک می‌باشد.

در این مطالعه بزرگترین جنس ها از نظر تعداد گونه *Nitzchia* و *Surirella* بعد از آن *Navicula* ، *Gomphonema* و *Cymbella* بودند. احمدی و همکاران نیز در مطالعه چشـــمه های منطقه رامیان گلســـتان به نتایج مشـــابهی دســـت یافتند (Ahmadi Musaabad et al., 2019). بطور کلی جنسهای *Nitzchia*، *Gomphonema* و *Navicula* جنس‌های بزرگی با تعداد زیادی گونه هســـتند که در اکثر مطالعات انجام شـــده به عنوان جنســـهای بزرگ گزارش شـــده اند (آق آتابای و همکاران، ۱۳۹۹؛ Bella et al., 2007؛ Verma *et al.*, 2016؛ Panahy Mirzahasanlou et al., 2018؛ Kheiri et al., 2019).

از بین گونه های دارای فراوانی بیشتر، *Achnanthidium minutissimum* جزو گونه های معمول در اکوسیستم های آبی است (Kelly et al., 2008; Falasco et al., 2012)، و در اکثر مطالعات انجام گرفته در استان گلستان نیز به عنوان گونه دارای فراوانی بیشتر معرفی شده است (آق آتابای و همکاران، ۱۳۹۹؛ Ahmadi Musaabad et al., 2019؛ Panahy Mirzahasanlou et al., 2020). لای و همکاران نیز در مطالعه چشمه های منطقه مدیترانه این گونه را همراه با گونه *Amphora pediculus* جزو گونه‌های دارای فراوانی بیشتر گزارش کرده‌اند (Lai et al., 2019). گونه *Amphora inariensis* به عنوان گونه ای که در مکانهای دست نخورده یافت می شود گزارش شده است (Lange-Bertalot et al., 2017). این گونه، از آبشار گلستان در پارک ملی گلستان (Panahy Mirzahasanlou et al., 2020) و چشمه های منطقه مدیترانه نیز گزارش شده است (Lai et al., 2019). *Nitzschia linearis* که گونه ای با دامنه اکولوژیکی وسیع گزارش شده است (Krammer and Lange-Bertalot, 1988؛ Van dam et al., 1994)، درمطالعه حاضر تنها در بستر رسوب مشاهده شد. این گونه از چشمه تیزاب و رودخانه خرمارود استان گلستان نیز گزارش شده است (آق آتابای و همکاران، ۱۳۹۹؛ Kheiri, 2019). و گونه *Ulnaria ulna* که گونه ای با دامنه گسترش جهانی است (Podunai et al., 2017) در چشمه های منطقه رامیان استان گلستان نیز جزو گونه های دارای فراوانی بیشتر گزارش شده است (Panahy Mirzahasanlou et al., 2021).

در مطالعه حاضر قسمت عمده ی گونه های شناسایی شده در هر دو نمونه های اپی پل و اپی لیت یافت شدند. تعدادی از آنها تنها به صورت اپی پل و چند گونه نیز به صورت اپی لیت یافت شدند. بطور کلی اعتقاد بر این است که ترکیب گونه ای و فراوانی دیاتوم های یک ایستگاه می تواند در بسترهای مختلف متفاوت باشد. چون گونه ها به یک بستر بهتر از بستر های دیگر سازگاری پیدا می کنند (Fisher and Dunbar, 2007; Potapova and Charles, 2005). آق آنابای و همکاران (۱۳۹۹) اشاره کرده اند تعداد دفعات نمونه بردای می تواند این نتایج را تحت تاثیر قرار دهد. به عنوان مثال در مطالعه حاضر *Achnanthidium gracillimum* تنها در نمونه های اپی لیت مشاهده شد در حالیکه در مطالعه آق آنابای و همکاران در هر دو بستر گزارش شده است.

قسمت عمده گونه های شناسایی شده در مطالعه حاضر، در سایر اکوسیستم های آبی مطالعه شده در استان گلستان نیز گزارش شده است (آق آتابای و همکاران، ۱۳۹۹؛ Ahmadi Musaabad et al., 2019؛ Panahy Mirzahasanlou et al., 2020). همانطور که کانتوناتی هم اشاره کرده است (Cantonati et al., 2012b)، چشمه ها اغلب برای تهیه آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می گیرند که در نتیجه تغییرات اقلیمی اخیر این فشار روی چشمه ها افزایش نیز می یابد این عامل همراه با توریستی بودن منطقه، چشمه زاو را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. حضور و فراوانی گونه هایی با دامنه اکولوژیکی وسیع و مقاوم به آلودگی موید این مطلب است. چشمه ها به دلیل اندازه کوچک شان بیشتر تحت تاثیر آشفتگی قرار می گیرند که این

مورد موجودات زنده این اکوسیستم ها را نیز تحت تأثیر قرار می دهد که باید برای حفاظت این اکوسیستم های ارزشمند تمهیداتی اندیشیده شود.

منابع:

آق آتابای، ع.، پناهی میرزاحسنلو، ج.، رستمی چراتی، ف. و اکبری، ر. (۱۳۹۹). تنوع زیستی دیاتوم های رودخانه خرمارود، استان گلستان. محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۷۳(۴): ۶۳۶-۶۲۵.

عباس زاده تهرانی، ن. ۱۳۸۱. بررسی نقش تغییر کاربری اراضی بر روی میزان دبی سیلاب ها با استفاده از GIS/RS منطقهٔ مور مطالعه: حوزهٔ آبریز رودخانهٔ دوغ. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکده محیط زیست. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۳۴ صفحه.

Ahmadi Musaabad, L., Panahy Mirzahasanlou J., Mahmoodlu, M.G., & Bahlakeh, A. (2019). Diatom flora in three springs of Golestan Province. *Journal of Phycological Research, 3* (2), 432-442.

Bahls, L.L. (2006). *Northwest Diatoms, A Photographic Catalogue of Species in The Montana Diatom Collection.* Montana Diatom Collection.481 pp.

Bella, V.D., Puccinelli, C., Marcheggiani, S. and Mancini, L. (2007). Benthic diatom communities and their relationship to water chemistry in wetlands of central Italy. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, *43* (2), 89-99.

Bellinger, E.G. & Sigee, D.C. (2010). *Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell, UK.

Cantonati, M. (1998). Diatom communities of springs in the southern alps. *Diaom Research*, *13*(2): 201 220.

Cantonati, M., Angeli, N., Bertuzzi, E., & Lange-Bertalot, H. (2012a). Diatoms in springs of the Alps: spring types, environmental determinants and substratum. *Freshwater Science*, *31*(2): 499-524.

Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., & Cox, E.J. (2012b). Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31(2): 463-480.

Cantonati, M., Gerecke, R. & Bertuzzi, E. (2006). Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydribiologia*, 562: 59-96. http://doi.org/10.1007/s10750-005-1806-9

Cantonati, M., & Lange-Bertalot, H. (2010). Diatom biodiversity of springs in the Berchtesgaden National Park (northern Alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science. *Diatom Research*, 252, 251–280. https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705849

DeNicola, D.M., deEyto, E., Wemaere, A., & Irvine, K. (2004). Using Epilithic algal communities to assess trophic status in Irish lakes. *Journal of Phycology*, *40* (3):481-495.

Falasco, E., Ector, L., Ciaccio, E., Hoffmann, L., & Bona, F. (2012). Alpine freshwater ecosystems in a protected area: a source of diatom diversity. *Hydrobiologia, 695*, 233-251. https://doi.org/10.1007/s10750-012-1114-0.

Fisher, J. & Dunbar, M.J. (2007). Towards a representative periphytic diatom sample. *Hydrology and Earth Systems Science*, 11, 399-407.

Kelly, M.G., Juggins, S., Guthrie, R., Pritchard, S., Jamieson, B.J., Rippey, B., Hirst, H., & Yallop, M.L. (2008). Assessment of ecological status in UK rivers using diatoms. *Freshwater Biology, 53*, 403-422. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01903.x

Kheiri, S. (2019). Diatom Diversity in the Spring and Spring-fed River of Tizab Region (Central Alborz), Iran. *Journal of Phycological Research, 3*(2): 395-407.

Kheiri, S., Solak, C.N., Edlund, M.B., Spaulding, S., Nejadsattari, T., Asri, Y., & Hamdi, S.M.M. (2019). Biodiversity of diatoms in the Karaj River in the Central Alborz, Iran. *Diatom Research, 33* (3): 355-380. Doi: 10.1080/0269249X.2018.1557747.

Krammer, K. (2002). *Cymbella. Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats 3*. A.R.G. Gantner Verlag 1-584.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae, 1. Naviculaceae. In: H. Etti, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 1, 876 pp.) Gustav Fischer Verlag, Jena.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae, 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Etti, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 2. 596 pp.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae, 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Etti, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 3. 576 pp.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae, 4. Achnanthaceae. KritischeErganzungenzuNavicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: H. Etti, J. Gerloff, H. Heyning, & D. Mollenhauer, (Eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 4. 437 pp.) Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Lai, G.G., Burato, S., Padedda, B.M., Zorza, R., Pizzul, E., Delgado, C., Luglie, A., & Cantonati, M. (2019). Diatom biodiversity in Karst springs of Mediterranean geographic areas with contrasting characteristics: Islands vs Mainlands. *Water 11*(12): 1-21. https://doi.org/10.3390/w11122602.

Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M. & Cantonati, M. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment*. English edition with updated taxonomy and added species. Koeltz Botanical Books, Schmitten-Oberreifenberg, 942 pp.

Nejadsattari, T. (2005). The Diatom flora of Lake Neure, Iran. *Diatom Research, 20*(2), 313-333.

Olarinoye, T., Gleeson, T., Marx, V., Seeger, S., Adinehvand, R., et al.. (2020). Global karst springs hydrograph dataset for research and management of the world's fastest-flowing groundwater. Scientific Data, Nature Publishing Group, 7 (1), 9 p.

Panahy Mirzahasanlou, J., Ahmadi Musaabad, L., Mahmoodlu, M.G., & Bahalkeh, A. (2021). An ecological and hydrochemical study of three springs in NE Iran with the emphasis on diatom diversity. *Limnologica, 90*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.limno.2021.125908.

Panahy Mirzahasnlou, J., Qarebesloum, T., Farasati, M., & Bahalkeh, A. (2020a). Epilithic diatom diversity in Golestan waterfall. *Journal of Phycological Research, 4*(2), 582-595. https://doi.org/10.52547/JPR.2021.220408.1003.

PanahyMirzahasnlou, J., Nejadsattari, T., Ramezanpour, Z., ImanpourNamin, J., & Asri, Y. (2018). The epilithic and epipelic diatom flora of the Balikhli River, Northwest Iran. *Turkish Journal of Botany*, 42:518-532.

Podunai, Y.A., Davidovich O.I. & Davidovish N.A. (2014). Mating system and two types of gametogenesis in the fresh water diatom *Ulnaria Ulna* (Bacillariophyta). *Algologia* 24, 3-19. https:// doi.org/10.15407/alg24.01.003.

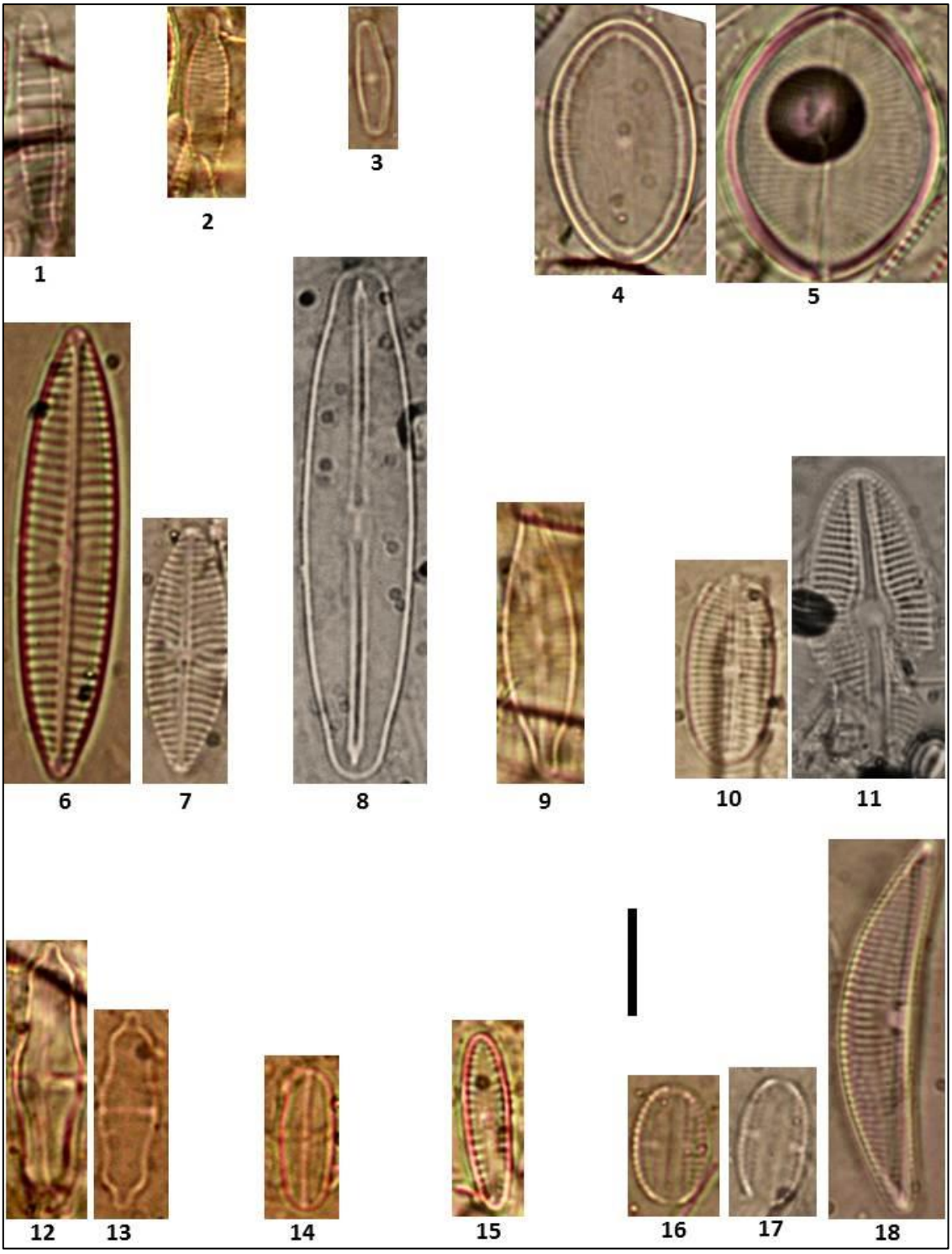
Potapova, M. & Charles, D.F. (2005). Choice of substrate in algae-based water quality assessment. *Journal of North American Benthological Society*, 24, 415-427.

South, G.R. & Whittick, A. (1987). *Introduction to phycology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Canada, 340 pp.

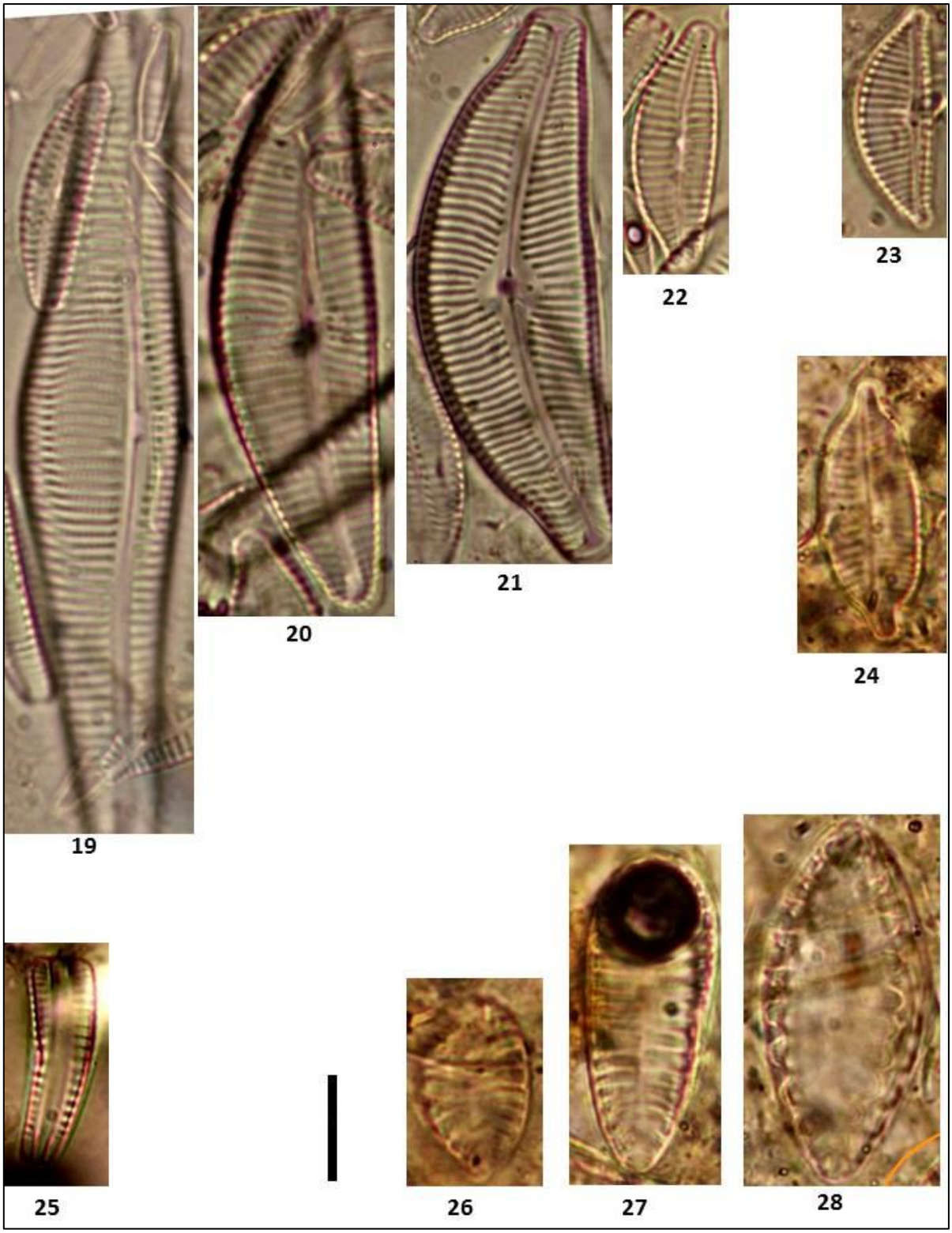
Taxböck, L., Linder, H.P., & Cantonati, M. (2017). To what extent are Swiss springs refugial habitats for sensitive and endangered diatom taxa? *Water* 9, 967.

Taylor, J.C., Harding, W.R., & Archibald, C.G.M. (2007). *A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples.* ver. 1. 49 pp. Water Research Commission.

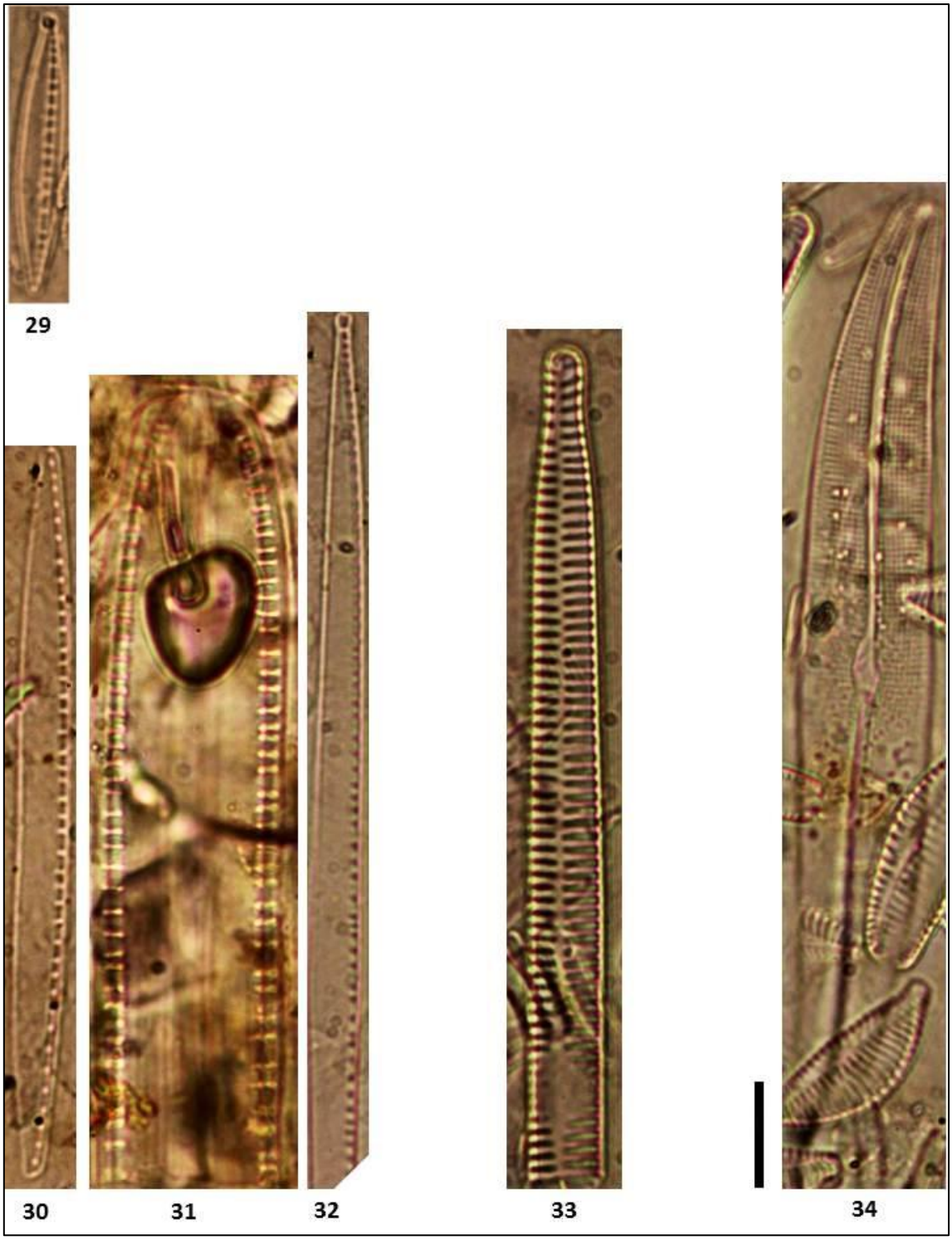
Verma, J., Nautiyal, P. & Srivastava, P. (2016). Diversity of diatoms in the rivers of Bundelkhand Plateau: a multivariate approach for floral patterns. *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences 6*(1): 66-77.



شـــکل ۶. تصـــاویر گونه های دیاتومی شـــناســـایی شـــده در چشـــمه زاو. ۱: *Diatoma moniliformis*، ۲: *Fragilaria recapitellata*، ۳: *Achnanthidium minutissimum*، ۴: *Cocconeis placentula*، ۵: *Cocconeis pediculus*، ۶: *Navicula tripunctata*، ۷: *Navicula cryptotenella*، ۸: *Frustulia vulgaris*، ۹: *Craticula buderii*، ۱۰: *Diploneis* sp.، ۱۱: *Diploneis krammerii*، ۱۲: *Stauronies smithii*، ۱۳: *Stauroneis separanda*، ۱۴: *Fallacia subhamulata*، ۱۵: *Gomphonema pumila*، ۱۶: *Amphora pediculus*، ۱۷: *Amphora inariensis*، ۱۸: *Amphora lybica*. علامت= ۱۰ µm.



شکل ۷. ادامه تصاویر دیاتوم های شناسایی شده. ۱۹: *Cymbella cymbiformis*؛ ۲۰: *C. compacta*؛ ۲۱: *C. tumida*؛ ۲۲: *C. excisa*؛ ۲۳: *Encyonema* sp.؛ ۲۴: *Cymbopleura citrus*؛ ۲۵: *Rhoicosphenia abbreviata*؛ ۲۶: *Surirella brebissonii*؛ ۲۷: *Surirella minuta*؛ ۲۸: *Surirella* sp. علامت= ۱۰ µm.



شـکل ۸. ادامه تصـاویر دیاتوم های شـناسـایی شـده. ۲۹: *Nitzschia dissipata*؛ ۳۰: *N. recta*؛ ۳۱: *N. sigmoidea*؛ ۳۲: *Nitzschia linearis*؛ ۳۳: *Ulnaria ulna*؛ ۳۴: *Gyrosigma nodiferum*. علامت= ۱۰ µm.