

زیست چینه‌نگاری ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک منطقه چاه- رخنه، جنوب غرب طبس و تحلیل آب و هوای دیرینه

اکرم مهدیزاده^۱، فاطمه واعظ جوادی^{۲*}، علیرضا عاشوری^۳، عباس قادری^۳

۱- گروه چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- گروه چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۵/۱۸

چکیده

سازند هجدک در منطقه چاه‌رخنه، جنوب غرب طبس در بردارنده ماکروفسیل‌های گیاهی به نسبت خوب حفظ شده‌ای می‌باشد به طوری که تعداد ۳۳ گونه ماکروفسیل گیاهی متعلق به ۲۱ جنس از راسته‌های مختلف شناسایی شدند. براساس اولین و آخرین حضور مشاهده شده گونه‌های شاخص، یک زیست‌زون تجمعی با نام *Coniopteris hymenophylloides- Klukia exilis* Assemblage zone و سه زیر زیست‌زون غیررسمی شامل: زیر زیست‌زون (I) *Equisetites beanii- Ptilophyllum harrisianum* Interval zone، زیر زیست‌زون (II) *Ptilophyllum harrisianum- Elatides thomasii* Interval zone و زیر زیست‌زون (III) *Elatides thomasii - Nilssonina macrophylla* Interval zone به ترتیب از پایین به بالا تعیین گردیدند. این زیست‌زون‌ها با سایر زیست‌زون‌های هم‌ارز بازه زمانی ژوراسیک میانی در منطقه طبس قابل مقایسه و تطابق می‌باشند. حضور گونه‌های *Klukia exilis* و *Elatides thomasii* نشان‌دهنده سن آالنین-بازوسین برای این مجموعه می‌باشد. مطالعات آماری نشان می‌دهد که راسته‌های فیلیکال‌ها، سیکادال‌ها، پاینال‌ها و اکوئی‌ستال‌ها به ترتیب با فراوانی نسبی ۴۶/۳۱٪، ۲۳/۵۰٪، ۱۲٪ و ۹/۲۶٪ و جنس‌های *Equisetites* و *Coniopteris*، *Klukia*، *Nilssonina* به ترتیب با فراوانی نسبی ۲۲/۸۱٪، ۱۳/۳۸٪، ۸/۴۰٪ و ۸/۴۰٪ بیشترین حضور را در منطقه چاه‌رخنه داشته‌اند. بدین ترتیب، براساس فراوانی نسبی فیلیکال‌ها و سیکادال‌ها، حضور گونه‌های شاخص آب و هوایی و بوم‌شناختی نظیر *Equisetites beanii* و میانگین عددی تراز گیاهی فلورای چاه‌رخنه (۴۱/۸۱)، آب و هوای مرطوب و نیمه گرمسیری در این منطقه در بازه زمانی آالنین-بازوسین غلبه داشته است.

واژه‌های کلیدی: آب و هوای دیرینه، زیست چینه‌نگاری، ژوراسیک میانی، سازند هجدک، ماکروفسیل‌های گیاهی، طبس.

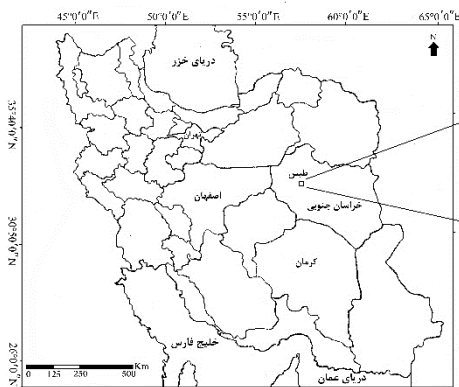
مقدمه

هدف شناسایی و بررسی فسیل‌های گیاهی، مقایسه وضعیت انتشار جغرافیایی گونه‌های موجود با گونه‌های مشابه سایر نقاط ایران و تکمیل مطالعات دیرینه‌شناسی گیاهی پیشین (واعظ جواد، ۱۳۹۴؛ Vaez-Javadi, 2014)، انجام زیست‌چینه‌نگاری سازند هجدک، مقایسه زیست‌زون‌های به دست آمده با زیست‌زون‌های ژوراسیک سایر نقاط طبس، بررسی فراوانی نسبی^۲ فلور موجود و تحلیل آب و هوای دیرینه^۳ انجام گردیده است.

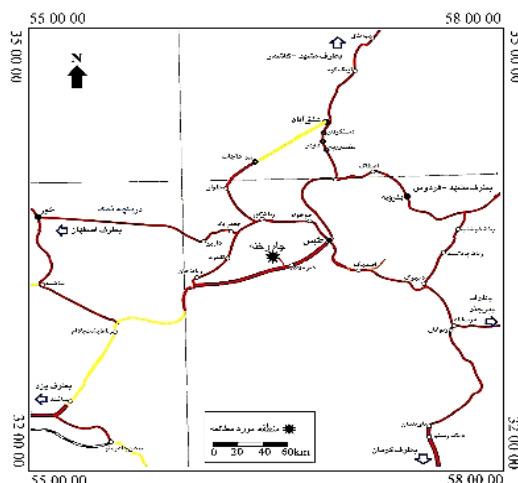
منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

منطقه چاه‌رخنه در ۶۲ کیلومتری جنوب‌غرب طبس، در مسیر جاده طبس به یزد و با مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 17' 56''$ عرض جغرافیایی شمالی و $01^{\circ} 24' 56''$ طول جغرافیایی خاوری قرار دارد. (شکل ۱).



تایپر (Tipper, 1921) نهشته‌های ماسه سنگی-شیلی زغال‌دار حوضه کرمان را با عنوان «سری-های حاوی گیاهان ژوراسیک» نام‌گذاری نمود. بکت (Beckett, 1956) این رسوبات را «سری‌های زغال‌دار» نامید. کمیته ملی چینه‌شناسی ایران این واحد سنگی را «سازند هجدک» نام‌گذاری کرد (آقنابتی، ۱۳۷۷). سازند هجدک شامل تناوبی از ماسه سنگ آرکوزی-کوارتزی و شیل-های سبز-خاکستری شامل رگه‌ها و عدسی‌های زغال‌دار بالایی^۱ از تقسیمات سازند شمشک معرفی شده توسط آسرتو (Assereto, 1966) و سازند دانسیریت از گروه شمشک (Fürsich et al, 2009) و سازندهای بازه حوض و آقونج در بینالود (Wilmsen et al, 2009) است. در این مطالعه رسوبات مربوط به سازند هجدک در چاه شماره ۱ در منطقه چاه‌رخنه واقع در جنوب‌غرب طبس با



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی چاه اکتشافی منطقه چاه‌رخنه و راه‌های دسترسی به آن

مواد و روش‌ها

چینه‌شناسی نمونه‌ها مراجعه شود به رساله: «زیست‌چینه‌نگاری و تحلیل تطبیقی ماکروفسیل‌های گیاهی ژوراسیک میانی منطقه طبس و یزد و تهیه نقشه پراکنش پوشش گیاهی

مراحل این مطالعه شامل دو بخش عملیات صحرائی و کتابخانه‌ای می‌باشد (جهت اطلاع از سینونیمی، شماره، توصیف، مقایسه و انتشار

قابل شناسایی بودند شمارش (در مجموع ۵۸۳ نمونه) شد. سپس درصد فراوانی نسبی آنها به تفکیک در سطح جنس و راسته محاسبه گردید و در جدول ۲ مرتب شد. سپس نمودارهای فراوانی نسبی با توجه به درصدهای هر تاکسون، ترسیم شد و در نهایت آب و هوا و جغرافیای دیرینه منطقه مورد مطالعه با استناد به وضعیت فراوانی نسبی به دست آمده، گونه‌های شاخص آب و هوایی و بوم شناختی و نیز جدول تراز گیاهی زیگلر^۴ (جدول ۳) مورد شناسایی قرار گرفت.

رده‌بندی ماکروفسیل‌های گیاهی

ماکروفسیل‌های گیاهی سازند هجدک در منطقه چاه‌رخنه که عمدتاً در لایه‌های شیل و سیلت سنگ و به ندرت در لایه‌های ماسه‌ای حفظ شده- اند حاوی تعداد ۳۳ گونه متعلق به ۲۱ جنس می- باشند (پلیت‌های ۱ تا ۴ و شکل ۵). گونه‌های شناسایی شده عبارتند از:

Annulariopsis simpsonii, *Equisetites beanii*, *Equisetites columnaris*, *Neocalamites* sp. cf. *N. ishpushtensis*, *Marattiopsis* sp., *Todites crenatum*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Ferizianopteris* sp. cf. *F. undulata*, *Lobifolia iranica*, *Lobifolia rotundifolia*, *Dictyophyllum nervulosum*, *Dictyophyllum nilssonii*, *Phlebopteris muensteri*, *Klukia exilis*, *Klukia crenata*, *Cladophlebis aktashensis*, *Cladophlebis denticulata*, *Rhizomopteris rezaii*, *Taeniopteris* sp., *Sagenopteris colpodes*, *Sagenopteris nilssoniana*, *Sagenopteris phillipsii*, *Ctenis* sp., *Nilssonia bozorga*, *Nilssonia macrophylla*, *Nilssonia* sp. cf. *N. sarakhs*, *Nilssonia tazarensis*, *Nilssonia tenuicaulis*, *Nilssonia undulata*, *Ptilophyllum harrisianum*, *Ginkgoites* sp. cf. *G. huttonii*, *Elatides thomasi*, and *Podozamites distans*.

دیرینه»، اکرم مهدیزاده، ۱۳۹۷). ابتدا، چاهی به عمق ۲۴۰ متر در منطقه چاه‌رخنه که کامل‌ترین چاه بود، انتخاب گردید. سپس به‌طور دقیق همزمان با یادداشت وضعیت سنگ شناختی ستون برداشتی، تعداد ۸۴ نمونه دستی نیز برداشت شد. در مجموع ۵۸۳ ماکروفسیل گیاهی از کل ستون چاه شمارش شده و شناسایی گردید. این سازند دربردارنده ۳۳ گونه ماکروفسیل گیاهی متعلق به ۲۱ جنس می‌باشد. جهت نام‌گذاری نمونه‌ها از علامت اختصاری «MJHCh» (مخفف مهدیزاده، جوادی، هجدک و چاه‌رخنه) استفاده شد. مراحل مطالعه به ترتیب عبارت می‌باشد از: رسم ستون چینه‌نگاری، عکس‌برداری از نمونه‌ها، تشخیص جنس و گونه‌های ماکروفسیل گیاهی، ترسیم دستی آنها، رده‌بندی و تعیین بیوزون‌ها با توجه به اولین حضور و آخرین حضور مشاهده شده گونه- های شاخص (FOO- LOO) به منظور بیان جزئیات دقیق‌تر زیست‌چینه‌ای با هدف تطبیق با سایر زیرزیست‌زون‌های معرفی شده از ایران، تعیین زیرزون‌ها نیز انجام شد. در ادامه، به منظور مقایسه فلورای شناسایی شده در منطقه چاه‌رخنه با فلورای سازند هم‌ارز در سایر مناطق ایران، جدول مقایسه‌ای انتشار چینه‌شناسی و جغرافیایی ماکروفسیل‌های گیاهی شناسایی شده با فلورای مشابه از دیگر نقاط ایران تنظیم گردید. به منظور تحلیل آب و هوا و بازسازی آن، سه روش مورد استفاده را نام می‌بریم: الف: بهره‌گیری از ناحیه- بندی آب و هوایی یا «فیتوکوریای» و خرمیف، ب: بررسی فراوانی نسبی جنس‌ها و راسته‌های ماکروفسیل گیاهی و ج: تحلیل نمره میانگین تراز گیاهی. بدین ترتیب، به منظور بررسی فراوانی نسبی فلورای موجود، ابتدا تمامی ماکروفسیل‌هایی که بر روی مغزه‌های جمع‌آوری شده در حد جنس

Order Marattiales
Family Marattiaceae Bercht. et Presl 1820 (Kaulfuss 1824)
Genus *Marattiopsis* Schimper 1869
Type species: *Marattiopsis dentata* (Sternberg) Schimper 1869
Marattiopsis sp. (Figure 5, Fig. 6; Figure 8, Fig. 14)
Class Polypodiopsida Cronquist, Takhtajan & Zimmermann 1966
Order Osmundales
Family Osmundaceae R. Brown 1810 (Berchtold et Presl 1820)
Genus *Todites* Seward 1900
Type species: *Todites williamsonii* (Brongniart 1828) Seward 1900
Todites sp. (Figure 5, Fig. 9; Figure 8, Fig. 6)
Class Polypodiopsida Cronquist, Takhtajan & Zimmermann 1966 (Leptosporangiate Pteridophytes)
Order Dicksoniales Pichi-Sermolli 1977
Family Dicksoniaceae Bower & Origin Land 1908
Genus *Coniopteris* Brongniart 1849
Type species: *Coniopteris murrayana* Brongniart 1849
Coniopteris hymenophylloides (Brongniart 1828) Seward 1900 (Figure 5, Fig. 10; Figure 8, Fig. 7)
Genus *Ferizianopteris* Fakhr 1977
Type species: *Ferizianopteris undulata* Fakhr 1977
Ferizianopteris sp. cf. F. undulata Fakhr 1977 (Figure 8, Fig. 8)
Genus *Lobifolia* Rasskazova & Lebedev 1968
Type species: *Eboracia Lobifolia* (Phillips 1829) Thomas 1911
Lobifolia iranica Fakhr 1977
Lobifolia rotundifolia Corsin & Stampfli 1977 (Figure 6, Fig. 2; Figure 8, Fig. 15)
Order Polypodiales
Family Dipteridaceae Seward & Dale 1901
Genus *Dictyophyllum* Lindley & Hutton 1834
Type species: *Dictyophyllum rugosum* Lindley & Hutton 1834
Dictyophyllum nervulosum (Sternberg 1825) Kilpper 1964 (Figure 8, Fig. 9)

رده‌بندی فلورای سازند هجدک در چاه اکتشافی منطقه چاه‌رخنه به صورت اجمالی در زیر بیان می‌شود. در این پژوهش از سیستم طبقه‌بندی تختکین (Takhtakin, 2013) استفاده شده است. به دلیل حجم گستره فهرست هم‌معنایی^۵ و به منظور کسب اطلاعات تکمیلی مربوط به گونه‌ها به واعظ جوادی (Vaez-Javadi, 2014) و واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱) و جهت اطلاع از شماره و محل نگهداری نمونه‌ها، توصیف، مقایسه و انتشار چینه‌شناسی نمونه‌ها به رساله: «زیست‌چینه‌نگاری و تحلیل تطبیقی ماکروفسیل‌های گیاهی ژوراسیک میانی منطقه طبس و یزد و تهیه نقشه پراکنش پوشش گیاهی دیرینه»، اکرم مهدیزاده (۱۳۹۷) مراجعه شود.

Division Equisetophyta Scott 1900
Class Equisetopsida Takhtajan & Nemejc 1963
Order Equisetales Candolle ex Berchtold and Presl 1820
Genus *Annulariopsis* Zeiller 1903
Type species: *Annulariopsis inopinata* Zeiller 1903
Annulariopsis simpsonii (Phillips 1875) Harris 1974 (Figure 8, Fig. 1)
Genus *Equisetites* Sternberg 1833
Type species: *Equisetites muensteri* Sternberg 1833
Equisetites beanii (Bunbury 1851) Seward 1894 emend. Harris 1961 (Figure 5, Figs. 2b, 3)
Equisetites columnaris (Brongniart 1828) Phillips 1875 (Figure 5, Fig. 5; Figure 8, Fig. 2)
Genus *Neocalamites* (Halle 1908) emend. Harris 1961
Type species: *Neocalamites hoerensis* (Schimper 1869) Halle 1908
Neocalamites sp. cf. N. ishpushtensis Jacob & Shukla 1955 emend. Schweitzer et al. 1997 (Figure 8, Figs. 3, 4)
Division Polypodiophyta Cronquist, Takhtajan & Zimmermann 1966
Class Marattiopsida

- Sagenopteris phillipsii* (Brongniart 1830) Presl 1838 (Figure 6, Fig. 5; Figure 8, Fig. 18)
Division Cycadophyta Bessey 1907
Order Cycadales Coulter & Chamberlain 1910
Genus *Ctenis* Lindley & Hutton 1834
Type species: *Ctenis sulcicaulis* (Phillips 1829) Ward 1905
Ctenis sp. (Figure 6, Fig. 7; Figure 9, Fig. 19)
Genus *Nilssonia* Brongniart 1825
Type Species: *Nilssonia brevis* Brongniart 1825
Nilssonia bozorga Barnard & Miller 1976 (Figure 6, Fig. 6)
Nilssonia macrophylla Jacob & Shukla 1955 emend. Schweitzer, Kirchner & van Konijnenburg-van Cittert 2000 (Figure 6, Fig. 8)
Nilssonia sp. cf. *N. sarakhs* Barnard & Miller 1976 (Figure 6, Fig. 9a; Figure 9, Fig. 20)
Nilssonia tazarensis (Sadovnikov 1991) Schweitzer, Kirchner & van Konijnenburg-van Cittert 2000 (Figure 7, Fig. 1)
Nilssonia tenuicaulis (Phillips 1829) Fox-Strangways 1829 (Figure 7, Fig. 2a; Figure 9, Fig. 21)
Nilssonia undulata Harris 1932 (Figure 7, Fig. 3; Figure 9, Figs. 22, 24)
- Class** Cycadeoideopsida Scott 1923 (Bennettitopsida Engler 1892)
Order Cycadeoideales Berry 1916 (Order Bennettitales Engler 1892)
Genus *Ptilophyllum* Morris 1840
Type Species: *Ptilophyllum acutifolium* Morris 1840
Ptilophyllum harrisianum Kilpper 1968 (Figure 7, Figs. 4, 5; Figure 9, Fig. 23)
Division Ginkgophyta Bessey 1907
Class Ginkgopsida
Order Ginkgoales Gorozhankin 1904
Family Ginkgoaceae Engler 1897
Genus *Ginkgoites* Seward 1900
Type Species: *Ginkgoites obovata* (Nathorst) Seward 1919
Ginkgoites sp. cf. *G. huttonii* (Sternberg 1833) Heer 1876 (Figure 7, Fig. 6; Figure 9, Fig. 26)
- Dictyophyllum nilssonii* (Brongniart 1836) Goeppert 1846 (Figure 5, Fig. 4; Figure 8, Fig. 10)
Family Matoniaceae Presl 1847
Genus *Phlebopteris* Brongniart 1828
Type species: *Phlebopteris polypodioides* Brongniart 1828 emended. Harris 1961
Phlebopteris muensteri (Schenk 1867) Hirmer & Hoerhammer 1936 (Figure 5, Fig. 7; Figure 8, Figs. 12, 13)
Family Shizaeaceae Bower 1935
Genus *Klukia* Racioborski 1890
Type species: *Klukia exilis* (Phillips 1829) Racioborski 1890
Klukia exilis (Phillips 1829) Racioborski 1890 (Figure 5, Fig. 8)
Klukia crenata Vaez- Javadi 2006 (Figure 8, Fig. 11)
Filicales Incertae Sedis
Genus *Cladophlebis* Brongniart 1849
Type species: *Cladophlebis haiburnensis* (Lindley & Hutton 1836) Brongniart 1849
Cladophlebis aktashensis Turutanova-Ketova 1930 (Figure 8, Fig. 5)
Cladophlebis denticulata (Brongniart 1828) Nathorst 1876 (Figure 5, Fig. 11)
Genus: *Rhizomopteris* Schimper 1869
Type species: *Rhizomopteris lycopodioides* Schimper 1869
Rhizomopteris rezaii Vaez-Javadi 2014 (Figure 6, Fig. 1)
Genus *Taeniopteris* Brongniart 1828
Type species: *Taeniopteris tenuinervis* Brauns, 1862
Taeniopteris sp. (Figure 6, Fig. 2)
Division Lyginopteridophyta Doweld, 2001 (Pteridospermophyta Johnson 1951)
Class Lyginopteridopsida Novak 1961 (Pteridospermopsida Pant 1957)
Order Caytoniales Pant 1957
Family Caytoniaceae Thomas 1925
Genus *Sagenopteris* Presl 1838 emend. Harris 1964
Type species: *Sagenopteris phillipsii* (Brongniart 1824) Presl 1838
Sagenopteris colpodes Harris 1940 (Figure 6, Fig. 3; Figure 8, Fig. 16)
Sagenopteris nilssoniana (Brongniart 1830) Presl 1838 (Figure 6, Fig. 4; Figure 8, Fig. 17)

حضور گونه *Elatides thomasii* و زیر زیست زون III با آخرین حضور گونه *Elatides thomasii* تا آخرین حضور گونه *Nilssonia macrophylla* تعیین می‌شود. از آنجایی که بیوزون‌ها و زیرزون‌ها نشان دهنده اولین حضور مشاهده شده FOO (First Observed Occurrence) و آخرین حضور مشاهده شده LOO (Last Observed Occurrence) یک یا چند گونه شاخص می‌باشند، لذا در مطالعات ماکروفسیل‌های گیاهی برای مقایسه فلورای منطقه مورد مطالعه با فلورای سازند هم‌ارز در سایر مناطق کاربرد خوبی دارند. بهره‌مندی از تطابق زیست زون‌ها و زیرزیست زون‌ها به محققین کمک می‌کند تا به تشخیص وضعیت عمومی مجموعه‌های مورد مطالعه در زمان و مکان دست یافته و چگونگی یکنواختی بوم شناختی و آب و هوای مناطق را مدنظر قرار دهند خصوصاً وقتی که در محدوده زمانی خاصی، در سایر نقاط نیز مطالعات گیاهی صورت گرفته باشد چرا که با توجه به پوشش گیاهی نقاط مختلف و مقایسه گونه‌های شاخص آنها می‌توان به اطلاعات مفیدی در زمینه جزئیات وضعیت پوشش گیاهی منطقه و به تبع آن شناسایی گروه‌های مختلف محیطی نظیر مناطق مرتفع بالادست، کم ارتفاع یا پست پایین دست، کنار رودخانه‌ای و دلتایی و همچنین شناسایی شرایط آب و هوایی دیرینه دست یافت. بدین ترتیب در این پژوهش، برقراری زون‌ها و زیر زیست زون‌ها با توجه به گونه‌های شاخص زمانی، نظیر *Klukia exilis* و یا شاخص آب و هوایی و بوم شناختی، نظیر *Equisetites beanii* از اهمیت ویژه‌ای در انجام تطابق و بازسازی شرایط کلی محدوده‌های مختلف البرز، کرمان و طبس برخوردار است. به‌طور کلی تعیین زون‌ها و زیر زیست زون‌ها در مطالعات گیاهی می‌تواند از سه منظر حائز اهمیت باشد. اولاً از

Division Pinophyta Cronquist, Takhtajan and Zimmermann, 1966
Class Pinopsida Bernett, 1833
Order Pinales Dumortier, 1829
Genus *Elatides* Heer 1876
Type Species: *Elatides ovalis* Heer 1876
Elatides thomasii Harris 1979 (Figure 7, Fig. 7; Figure 9, Fig. 25)
Order Cycadocarpiadales (Podozamitales)
Family Cycadocarpiaceae Chadeaud 1941 (Family Podozamitaceae Nemejc ex Zimmermann 1959)
Genus *Podozamites* Braun 1843
Type species: *Podozamites distans* (Presl 1838) Braun 1843
Podozamites distans (Presl 1838) Braun 1843 (Figure 7, Fig. 8; Figure 9, Fig. 27)

نتایج

زیست چین‌نگاری سازند هجدک در چاه اکتشافی چاه‌رخنه و مقایسه آن با سایر مناطق طبس رسوبات ژوراسیک میانی سازند هجدک در منطقه چاه‌رخنه را می‌توان از منظر انتشار چین‌شناسی ماکروفسیل‌های گیاهی آن در قالب یک زیست زون تجمعی با نام *Coniopteris hymenophylloides*- *Klukia exilis* Assemblage zone مشخص نمود (شکل ۲). به علاوه، سه زیر زیست زون غیر رسمی نیز در محدوده این رسوبات پیشنهاد می‌شوند که شامل: زیر زیست زون *Equisetites beanii*- *Ptilophyllum harrisianum* Interval zone (I)، زیر زیست زون *Ptilophyllum harrisianum*- *Elatides thomasii* Interval zone (II) و زیر زیست زون *Elatides thomasii* - *Nilssonia macrophylla* Interval zone (III) می‌باشند. زیر زیست زون I با اولین حضور گونه *Equisetites beanii* تا آخرین حضور گونه *Ptilophyllum harrisianum*، زیر زیست زون II با آخرین حضور گونه *Ptilophyllum harrisianum* تا آخرین

Ginkgoites huttonii Taxon Range zone
Coniopteris hymenophylloides-*Nilssonina* و
feriziensis Assemblage zone می‌باشد (واعظ
 جوادی و نامجو، ۱۳۹۴). این زیست زون با
 زیست زون تجمعی به نام *Nilssonina* sp. cf. *N.*
bozorga- *Klukia exilis* Assemblage zone در
 سازند هجدک برش منطقه "کالشانه" در شمال-
 غرب طبس نیز از مطابقت دارد (واعظ جوادی،
 ۱۳۹۴). همچنین، واعظ جوادی، ۱۳۹۴ سه زیر
 زیست زون *Ptilophyllum harrisianum* Taxon
 zone *Elatides thomasi*-Range
Sphenobaiera longifolia Concurrent Range
 zone و *Ginkgoites* sp. cf. *G. parasingularis*-
Coniopteris hymenophylloides Concurrent
 Range zone را در برش کالشانه مورد شناسایی
 قرار داد. سازند هجدک منطقه "جعفرآباد" واقع
 در غرب طبس حاوی ماکروفسیل‌های گیاهی
 شاخصی نظیر *Coniopteris hymenophylloides*،
Elatides Nilssonina sarakhs، *Klukia exilis*
 و *Equisetites* sp. cf. *E. beanii* و *thomasi*
 می‌باشد که نشان دهنده سن ژوراسیک میانی
 (آآلنین- باژوسین) برای این مجموعه می‌باشد
 (واعظ جوادی، ۱۳۹۱). سازند هجدک منطقه
 "مزینو" در غرب طبس نیز مشتمل بر
 ماکروفسیل‌های گیاهی شاخص نظیر *Equisetites*
Coniopteris Equisetites lateralis beanii
Nilssonina Klukia exilis hymenophylloides
Nilssonina Nilssonina macrophylla angens
Elatides thomasi و *sarakhs* می‌باشد که نشان
 دهنده تطابق با زیست زون چاه رخنه می‌باشد
 (Vaez-Javadi, 2014). زیست زون معرفی شده از
 چاه رخنه قابل تطابق با زیست زون *Klukia*
exilis-*Coniopteris hymenophylloides*
 Assemblage zone سازند بازه حوض در برش
 نمونه آن واقع در جنوب غرب مشهد نیز می‌باشد

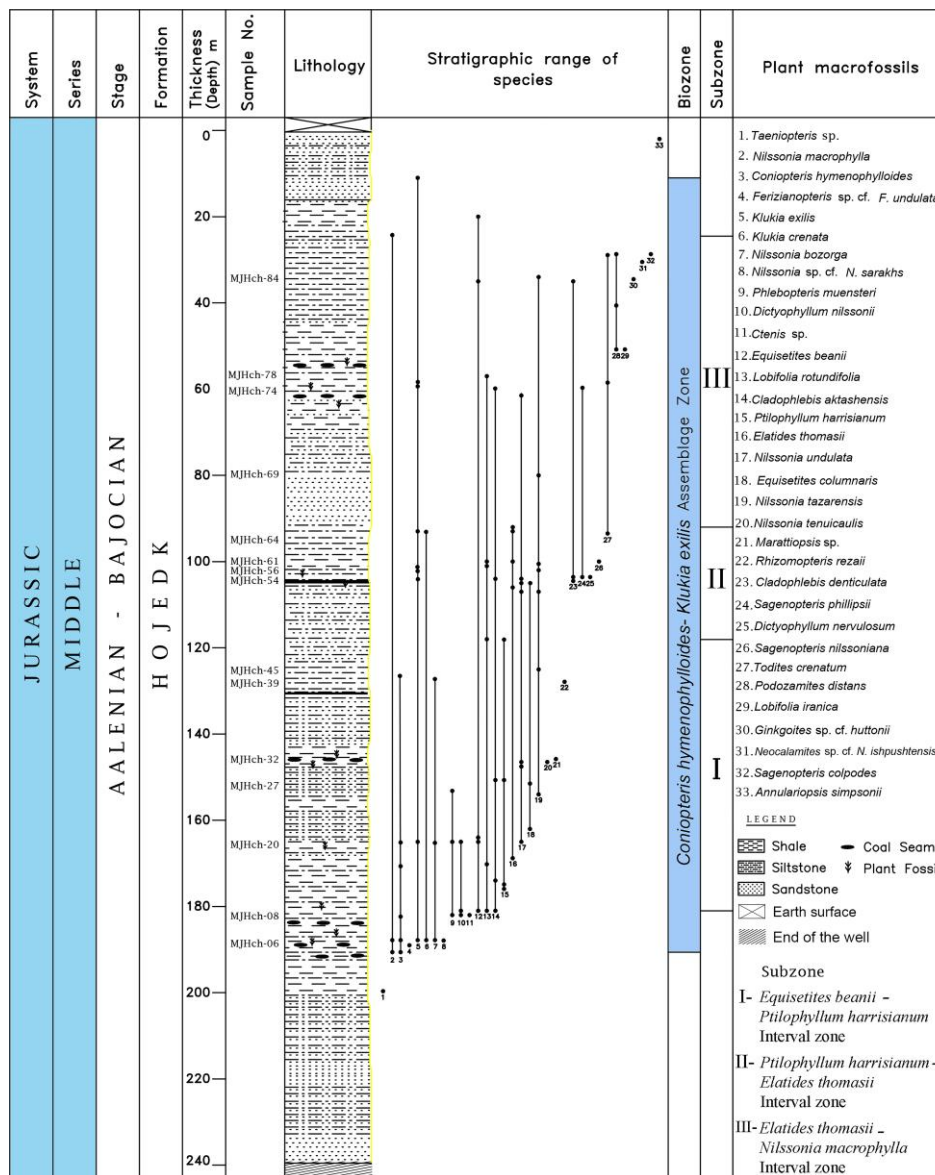
منظر زمانی: به عنوان مثال حضور گونه
exilis در زیر زیست زون تجمعی منطقه چاه
 رخنه نشان دهنده آغاز ژوراسیک میانی (آآلنین)
 است چرا که حضور این گونه در هر جایی، ابتدای
 ژوراسیک میانی را نشان می‌دهد (Schweitzer et
 al, 2009). ثانیاً، از منظر شناخت شرایط بوم
 شناختی و آب و هوایی: به عنوان مثال گونه
Equisetites beanii که در زیر زیست زون I
 منطقه چاه رخنه تعریف شده است، از یک سو
 جزء گیاهان کنار آب‌زی کنار رودخانه‌ای بوده و از
 سوی دیگر نشان دهنده شرایط آب و هوایی
 مرطوب می‌باشد (Vakhrameev, 1991). سومین
 دلیل اهمیت زیر زیست زون‌ها، ایجاد قابلیت
 تطابق هر منطقه با سایر مناطق مطالعه شده است
 که در این پژوهش با مقایسه فلورا، زون‌ها و زیر
 زون‌های موجود در منطقه چاه رخنه با مناطق
 کالشور، کوچکعلی شمالی، کوچکعلی جنوبی،
 کلشانه، مزینو و جعفرآباد که همگی در بلوک
 طبس قرار دارند می‌توان به شرایط همسان
 زیستی، پالئو اکولوژیکی و پالئو کلیماتولوژی سازند
 هجدک در تمام نقاط بلوک طبس در خلال
 ژوراسیک میانی پی برد. بیوزون تجمعی رسوبات
 ژوراسیک میانی چاه رخنه قابل تطابق و مقایسه
 با بیوزون تجمعی معرفی شده از سازند هجدک در
 منطقه «کوچکعلی شمالی» واقع در حدود ۷۰
 کیلومتری غرب طبس می‌باشد. سازند هجدک در
 منطقه کوچکعلی شمالی دربردارنده یک زیست
 زون تجمعی به نام *Klukia exilis*-*Nilssonina*
macrophylla Assemblage zone و چهار زیر
 زیست زون به ترتیب از پایین به بالا به نام‌های
Sagenopteris nilssoniana-*Equisetites*
columnaris Concurrent Range zone
Equisetites beanii-*Ptilophyllum*
harrisianum Concurrent Range zone

زیست زون‌ها و زیرزیست زون‌های گیاهی را به تصویر می‌کشد. لازم به ذکر است که گونه‌های *Klukia Coniopteris hymenophylloides* *Nilssonia Equisetites beanii exilis* *macrophylla* و *Elatides thomasi* از ژوراسیک میانی البرز، ایران مرکزی و افغانستان به دست آمده‌اند (Barnard, 1965; Barnard and Miller, 1976; Vaez-Javadi Schweitzer et al, 1997; 2011; Vaez-Javadi, 2018; و واعظ جوادی و عباسی، ۱۳۹۱). با عنایت به این نکته که گونه‌های نامبرده شده در بالا در تمامی بلوک طیس در محدوده زمانی آلتین- باژوسین گسترش داشته‌اند، یک زیست زون تجمع‌ی با مرزهای مشخص پیشنهاد می‌شود.

(Vaez-Javadi and Allameh, 2015). واعظ جوادی (Vaez-Javadi, 2018) در یک مطالعه تکمیلی بر روی زیست زون‌های سازند هجدک بلوک طیس به معرفی زیست زون *Coniopteris hymenophylloides- Klukia exilis* Assemblage zone برای رسوبات ژوراسیک میانی سازند هجدک منطقه کوچکعلی جنوبی پرداخت. وی همچنین ۴ زیرزیست زون به نام‌های *Ptilophyllum harrisianum* Taxon Range zone *Ptilophyllum harrisianum-* *Nilssonia bozorga* Concurrent Range zone *Ginkgoites* sp. cf. *G. parasingularis* Taxon Range zone و *Nilssonia macrophylla-* *Nilssonia ingens* Assemblage zone شناسایی و معرفی نموده است. جدول ۱ مقایسه تطبیقی

جدول ۱: جدول تطبیقی- مقایسه‌ای زیست زون‌ها و زیرزیست زون‌های ماکروفسیل‌های گیاهی ایران (۱): Vaez-Javadi and Mirzaei-Ataabadi, 2006؛ ۲: واعظ جوادی، ۱۳۹۴؛ ۳: Vaez-Javadi, 2018؛ ۴: واعظ جوادی و نامجو، ۱۳۹۴؛ ۵: Vaez-Javadi, 2014؛ ۶: واعظ جوادی و عباسی، ۱۳۹۱؛ ۷: Vaez-Javadi, 2011؛ ۸: Vaez-Javadi and Allameh, 2015، ۲۰۱۵؛ ۹: Vaez-Javadi and Abbasi, 2018 و ۱۰: این مطالعه.

PERIOD	EPOCH	AGE	IRAN																	
			KERMAN 1 Pabdana, Dashte-Khak	TABAS 2 Calshanch	TABAS 3 S Kouchehali	TABAS 4 N Kouchehali	TABAS 5 Mazino	BALADEH 6	SEM NAN 7 Rudbarak	BINALUD 8 Baze-Howz	ZANJAN 9	CHAH- REKHNH This study								
JURASSIC	MIDDLE	BAJOCIAN	<i>Coniopteris hymenophylloides-Klukia exilis</i> Assemblage Zone																	
AALENIAN			<i>Nilssonia</i> sp. cf. <i>N. bozorga-Klukia exilis</i> Assemblage Zone <i>Elatides thomasi-Sphenobahera longifolia</i> Concurrent Range Zone <i>Coniopteris hymenophylloides</i> Concurrent Range Zone		<i>Coniopteris hymenophylloides-Klukia exilis</i> Assemblage Zone <i>Ginkgoites</i> cf. <i>G. parasingularis</i> <i>Nilssonia macrophylla-Nilssonia ingens</i> Assemblage Zone		<i>Klukia exilis-Nilssonia macrophylla</i> Assemblage Zone <i>Sagenopt. nilssoniana-Equisetites beanii-</i> <i>Ptiloph. harrisianum</i> <i>Equisetites collanaris</i> Concurrent Range Zone		<i>Klukia exilis-Coniopteris hymenophylloides</i> Assemblage Zone		<i>Coniopteris hymenophylloides-Ptilophyllum harrisianum</i> Assemblage Zone		<i>Coniopteris hymenophylloides-Nilssonia sarakhs</i> Assemblage Zone		<i>Klukia exilis-Coniopteris hymenophylloides</i> Assemblage Zone		<i>Nilssonia</i> sp. cf. <i>N. bozorga-Ptilophyllum harrisianum</i> Assemblage Zone		<i>Coniopteris hymenophylloides-Klukia exilis</i> Assemblage Zone <i>Equisetites beanii-Ptilophyllum harrisianum-</i> <i>Elatides thomasi</i> Concurrent Range Zone <i>Coniopteris hymenophylloides</i> Concurrent Range Zone	



شکل ۲: زیست چین‌نگاری سازند هجدک در چاه اکتشافی چاه رخنه، جنوب غرب طبس

سازند هجدک در چاه اکتشافی منطقه چاه رخنه را با سایر نواحی مطالعه شده ایران (البرز، بینالود، حوضه کرمان و سایر نقاط طبس) نشان می‌دهد. محدوده‌های زمانی این ماکروفسیل‌های گیاهی با توجه به مستندات ارائه شده توسط نویسندگانی است که در ستون راست جدول ذکر شده‌اند (جدول ۲).

مقایسه انتشار چین‌شناسی و جغرافیایی ماکروفسیل‌های گیاهی چاه رخنه با فلورای مشابه در سایر نقاط مطالعه شده در ایران

رسوبات ژوراسیک میانی در قالب سازند دانسیریت از گروه شمشک در سرتاسر البرز و سازند هجدک در حوضه کرمان و بلوک طبس گسترش بسیار خوبی دارد. اطلاعات مرتب شده در این جدول مقایسه وضعیت انتشار چین‌شناسی و جغرافیایی هر یک از گونه‌های شناسایی شده در رسوبات

جدول ۲: مقایسه انتشار چینه‌شناسی ماکروفسیل‌های گیاهی شناسایی شده از سازند هجدک در چاه اکتشافی چاه-رخنه با فلورای مشابه از دیگر نقاط ایران (***) لازم به توضیح است که گونه *Coniopteris hymenophylloides* توسط اسکنو و همکاران (Scanu et al, 2015) از ژوراسیک تا کرتاسه سرتاسر جهان گزارش شده است.

فهرست گونه‌ها	سن	محل	نویسنده
<i>Annulariopsis simpsonii</i>	late Early - early Middle Jurassic	البرز (زیراب، سنگرود، طزره)، کرمان (هجدک)	Fakhr (1977); Kilpper (1964); Schweitzer et al, (1997)
<i>Equisetites beanii</i>	early Middle Jurassic	البرز (زیراب، طزره، کارمزد، رودبارک، تیار، کرمان (پابدانا) طبس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد)	Schweitzer et al. (1997); Vaez- Javadi (2011); واعظ جوادی (۱۳۹۱) Vaez- Javadi (2014)
<i>Equisetites columnaris</i>	late Early Jurassic- Middle Jurassic	البرز (زیراب، طزره، بلده/ ایوا، نوده، شمشک) کرمان (پابدانا، دشت خاک؛ طبس (کالشور))	Phillips (1875); Harris Brongniart (1828); (1961); Schweitzer et al, (1997); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Neocalamites sp. cf. N. ishpustensis</i>	late Early Jurassic- early Middle Jurassic	البرز (سنگرود، زیراب، طزره) کرمان (اشکلی)	Jacob and Shukla (1955); Schweitzer et al, (2000); Schweitzer et al, (1997)
<i>Todites crenatum</i>	Early Jurassic- Middle Jurassic	البرز (درود، زیراب)	Barnard (1965); Schweitzer et al, (1997)
<i>Coniopteris hymenophylloides</i>	early Middle Jurassic	البرز (زیراب، کارمزد، رودبارک، دره آپون، بلده/ ایوا، شمال شرق شاهرود، جم، فریزی، گل‌مکان) بینالود (شان‌دیز، بازه حوض) کرمان (پابدانا، دشت خاک) طبس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد، کالشور)	Kilpper (1964); Fakhr (1977); Schweitzer and Kirchner (2003) واعظ جوادی و پورلطیفی (۱۳۸۳)، واعظ جوادی (۱۳۸۷) Vaez- Javadi & Mirzaei-Ataabadi (2006) Saadatnejad et al, (2010); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵) Vaez- Javadi (2014); Vaez- Javadi and Allameh (2015)
<i>Ferizianopteris sp. cf. F. undulata</i>	early Middle Jurassic	البرز (فریزی)؛ کرمان (پابدانا) طبس (کوچکعلی، مزینو، کالشور)	Fakhr (1977); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Lobifolia rotundifolia</i>	Early- Middle Jurassic	البرز (رود بار و بلده/ ایوا) کرمان (معدن هشونی) طبس (کالشور)	Corsin & Stampfli (1977); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Vaez- Javadi and Allameh 2015; واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱) واعظ جوادی و نامجو (۱۳۹۴)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Lobifolia iranica</i>	Rhaetian- Middle Jurassic	البرز (زیاران، جاجرم) طبس (جعفرآباد، کالشور)	Fakhr (1977); Schweitzer (1978); Vaez- Javadi and Ghavidel- Syooki (2002); Vaez- Javadi (2004); Schweitzer et al. (2009); Vaez- Javadi (2014); مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Dictyophyllum nilssonii</i>	Early- early Middle Jurassic	البرز (زیراب، آبیک، اسک، دره چالوس، رودبارک، ایوا) طبس (کالشور)	Kilpper (1964); Fakhr (1977); Schweitzer (1978); Schweitzer and Kirchner (2003) واعظ جوادی (۱۳۸۷)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵) Schweitzer et al, (2009); Vaez- Javadi (2011);
<i>Dictyophyllum nervulosum</i>	Early - early Middle Jurassic	البرز (زیراب - ایوا)	Fakhr (1977); Kilpper (1964); واعظ جوادی (۱۳۸۷)
<i>Phlebopteris muensteri</i>	Rhaetian- early Middle Jurassic	البرز (اسک، کلاریز، قشلاق) کرمان (داربید خون)؛ طبس (پروده)	Vassiliev (1984); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006)

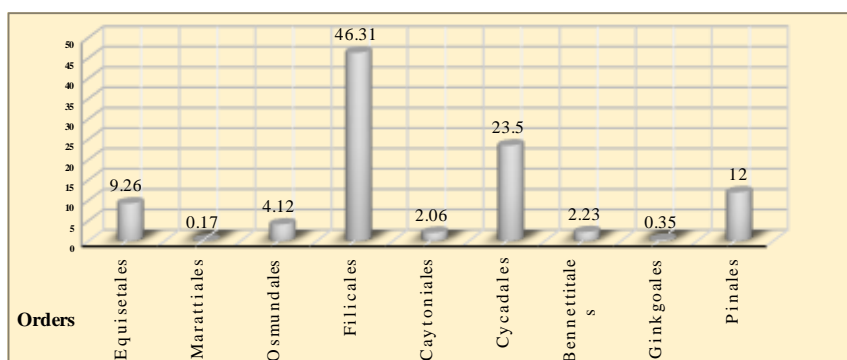
<i>Klukia exilis</i>	early Middle Jurassic	البرز (طرزه، کارمزد، بلده/ ایوا، فریزی، گلمکان) بینالود (شاندیز، بازه حوض) کرمان (پابدانا، معدن هشونی) طیس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد، کالشور)	Sadovnikov (1976); Fakhr (1977); Schweitzer and Kirchner (2003); واعظ جوادی و پورلطیفی (۱۳۸۳) Vaez- Javadi & Mirzaei-Ataabadi (2006) Vaez- Javadi (2011); Saadatnejad et al, (2010); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵) Vaez- Javadi (2014); Vaez- Javadi and Allameh (2015)
<i>Klukia crenata</i>	early Middle Jurassic	البرز (بلده/ ایوا)؛ کرمان (معدن هشونی) طیس (کوچکعلی، مزینو)	Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)
<i>Cladophlebis aktashensis</i>	late Early Jurassic- Middle Jurassic	البرز (زیراب، طزره، بلده/ ایوا) کرمان (اشکلی، پابدانا) طیس (کالشور)	Harris (1961); Schweitzer et al, (1997); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱) Vaez- Javadi (2014); مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Cladophlebis denticulata</i>	Norian- Middle Jurassic	البرز (زیراب، سنگرود، طزره، جم، کلاردشت، فریزی)؛ کرمان (اشکلی)؛ طیس (کالشور)	Kilpper (1964); Alavi and Barale (1970); Corsin & Stampfli (1977); Schweitzer et al, (1997); مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Rhizopteris rezaii</i>	early Middle Jurassic	طیس (معدن مزینو)	Vaez- Javadi (2012)
<i>Sagenopteris phillipsii</i>	Middle Jurassic	البرز (زیراب)	Schweitzer and Kirchner (1998)
<i>Sagenopteris nilssoniana</i>	Early- Middle Jurassic	البرز (سنگرود، شمشک) کرمان (معدن هشونی)	Fakhr (1977); Schweitzer and Kirchner (1998); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006)
<i>Sagenopteris colpodes</i>	Middle Jurassic	البرز (زیراب)	Schweitzer and Kirchner (1998)
<i>Nilssonia bozorga</i>	late Early Jurassic- Middle Jurassic	البرز (سنگرود، بلده/ ایوا) طیس (کالشور)	Schweitzer et al, (2000); Vaez- Javadi and Allameh (2015); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Nilssonia macrophylla</i>	Middle Jurassic	البرز (ناج، کجور، بلده/ ایوا) کرمان (اشکلی، هجدک، معدن هشونی) طیس (کوچکعلی، مزینو، کالشور)	Vassiliev (1984); Schweitzer et al, (2000); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Vaez- Javadi (2014); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Nilssonia sp. cf. N. sarakhs</i>	Middle Jurassic	البرز (رودبارک)	Schweitzer et al, (2000); Vaez- Javadi (2011)
<i>Nilssonia undulata</i>	Rhaetian-early Middle Jurassic	البرز (سنگرود، آبیگ، بلده/ ایوا، ناج، زیراب، طزره، جم)؛ بینالود (شاندیز، بازه حوض) کرمان (دشت خاک، داربید خون، پابدانا) طیس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد)	Alavi and Barale (1970); Schweitzer et al, (2000); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Saadatnejad et al, (2010); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱) Vaez- Javadi (2014); Vaez- Javadi and Allameh (2015)
<i>Nilssonia tazarensis</i>	Late Rhaetian- Middle Jurassic	البرز (طرزه)؛ طیس (کوچکعلی، کالشور) کرمان (داربید خون، دشت خاک، پابدانا)	Sadovnikov (1991); Schweitzer et al, (2000); Vaez- Javadi (2014); مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵)
<i>Nilssonia tenuicaulis</i>	Rhaetian-early Middle Jurassic	البرز (زیراب، آبیگ، رودبارک) کرمان (دشت خاک)، طیس (کوچکعلی)	Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Vaez- Javadi (2011); Vaez- Javadi (2014)

<i>Ptilophyllum harrisianum</i>	late Early - Middle Jurassic	البرز (طرزه، بلده/ ایوا، رودبارک) بینالود (بازه حوض) کرمان (پابدانا)؛ طبس (کوچکعلی، مزینو)	Kilpper (1964); Schweitzer and Kirchner (2003); Vaez- Javadi (2011); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱) Vaez- Javadi (2014); Vaez- Javadi and Allameh (2015)
<i>Ginkgoites sp. cf. G. huttonii</i>	late Early - Middle Jurassic	البرز (فریزی، بلده/ ایوا)	Fakhr (1977); Vaez- Javadi (2014); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)
<i>Elatides thomasii</i>	late Early - Middle Jurassic	البرز (طرزه، زیراب، تیار، قزوین) کرمان (معدن هشونی)؛ طبس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد)	Schweitzer and Kirchner (1996); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Vaez- Javadi (2014); واعظ جوادی (۱۳۹۱)
<i>Podozamites distans</i>	Rhaetian-Middle Jurassic	البرز (زیرآب، کارمزد، بلده/ ایوا، فریزی، جم) بینالود (شان‌دیز، بازه حوض) کرمان (پابدانا، دشت خاک) طبس (کوچکعلی، مزینو، جعفرآباد، کالشور)	Corsin and Stampfli (1977); Fakhr (1977); Schweitzer and Kirchner (1996); Vaez- Javadi and Mirzaei-Ataabadi (2006); Saadatnejad et al, (2010); واعظ جوادی و عباسی (۱۳۹۱)، مهدیزاده و همکاران (۱۳۹۵) Vaez- Javadi (2014); Vaez- Javadi and Allameh (2015)

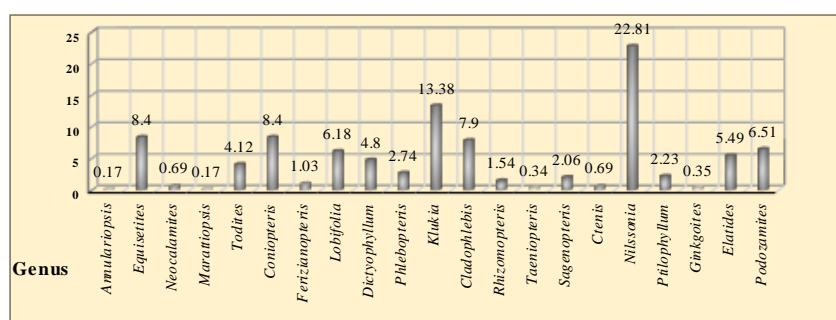
بررسی فراوانی نسبی فلور چاه‌رخنه

در این مطالعه فراوانی نسبی راسته‌ها و جنس‌های ماکروفسیل گیاهی مورد توجه قرار گرفت زیرا چگونگی پراکنش و توزیع فلور فسیلی این منطقه با به دست آمدن آمار حاصله از دقت بیشتری برخوردار می‌شود. جهت بررسی فراوانی نسبی، کلیه ماکروفسیل‌هایی که بر روی مغزه‌های جمع-آوری شده حداقل در حد جنس قابل شناسایی بودند شمارش و به تفکیک جنس و راسته، تعداد و درصد آنها محاسبه شد و در جدولی تنظیم گردید. سپس ترسیم نمودارهای فراوانی با توجه به درصدهای به دست آمده انجام شد. بررسی فراوانی نسبی فلور این منطقه بر پایه ۵۸۳ نمونه

فسیل گیاهی شناسایی شده صورت گرفت که در نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴ مرتب شده‌اند. براساس فراوانی نسبی به دست آمده، راسته‌های فیلیکال‌ها، سیکادال‌ها، پاینال‌ها و اکوئیتال‌ها به ترتیب با فراوانی نسبی ۴۶/۳۱٪، ۲۳/۵۰٪، ۱۲٪ و ۹/۲۶٪ بیشترین حضور را در مجموعه گیاهی بازه زمانی ژوراسیک میانی در منطقه چاه-رخنه داشته‌اند. همچنین جنس‌های *Nilssonia*، *Klukia*، *Coniopteris* و *Equisetites* به ترتیب با فراوانی نسبی ۲۲/۸۱٪، ۱۳/۳۸٪، ۸/۴۰٪ و ۸/۴۰٪ بیشترین حضور را در این منطقه داشته-اند.



شکل ۳: نمودار درصد فراوانی نسبی راسته‌های ماکروفسیل گیاهی چاه اکتشافی چاه رخنه



شکل ۴: نمودار درصد فراوانی نسبی جنس‌های ماکروفسیل گیاهی چاه اکتشافی چاه رخنه

میانی مشاهده می‌شود. وخرمیف (Vakhrameev, 1991) همچنین تاکید کرد که گونه *Klukia exilis* یک گونه شاخص برای آغاز ژوراسیک میانی (آلنین) آسیای میانه تا انگلستان می‌باشد و فلور البرز را به زیراقليم ماوراء خزری منتسب دانست. البته داده‌های وخرمیف درباره ایران تنها بر پایه مقالات منتشر شده توسط بارنارد (Barnard, 1965, 1967)، کیلپر (Kilpper, 1964)، سادوونیکف (Sadovnikov, 1967) و پولینسکی و همکاران (Polianski et al, 1975) بوده است. با توجه به مشابهت فلور چاه‌رخنه با ماکروفسیل‌های گیاهی اظهار شده از طرف وخرمیف نظیر اکویی ستایتس، دیکتیوفیلوم، کلادوفلیس و نیلسونیا، می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه نیز در محدوده جنوبی اقلیم اروپایی-سینایی و زیراقليم ماوراء خزری قرار داشته است و تقریباً مشابه با آب و هوای این زیراقليم بوده است. پس از مطالعات وی، مقالات دیگری منتشر شد و اطلاعات ذی‌قیمتی فراهم گردید و از طرف دیگر روش‌های تحلیل داده‌ها نیز بهبود یافت. به عنوان مثال زیگلر و همکاران (Ziegler et al, 1993) در مقاله‌ای با عنوان «فیتوژئوگرافی و آب و هوای ژوراسیک آغازی» به بازسازی وضعیت اوراسیا پرداختند. تحلیل چند متغیره چند صد فسیل گیاهی به منظور کمی‌سازی مجموعه گیاهی‌ای

تحلیل تراز گیاهی و آب و هوای دیرینه فلورای چاه‌رخنه و مقایسه آن با سایر نقاط بلوک طبس به منظور توضیح چگونگی تحلیل وضعیت آب و هوایی محدوده زمانی مورد نظر بر مبنای فلورای به دست آمده، ابتدا نظرات ارائه شده در زمینه آب و هوا و اقلیم‌های آن را مختصراً توضیح داده و سپس روش‌هایی را که متعاقباً پس از بیست سال بهبود یافته و با دقت بیشتری عمل می‌کنند ارائه می‌شود. وخرمیف (Vakhrameev, 1991) در کتاب خود به جمع‌بندی فلورای مطالعه شده از تمامی نیمکره شمالی پرداخت. وی صرفاً بر پایه جنس برگ‌های گزارش شده، نواحی فیتوگوریای موجود در خلال دوره‌های ژوراسیک و کرتاسه را از شمال به جنوب به چهار ناحیه یا منطقه اصلی تقسیم نمود که عبارتند از: ۱- ناحیه سیبریایی-کانادایی^۶؛ ۲- ناحیه اروپایی-سینایی^۷؛ ۳- ناحیه استوایی^۸؛ ۴- ناحیه جنوبی یا اُسترال^۹. وی خاطر نشان می‌سازد که ماکروفسیل‌های گیاهی به دست آمده از اوراسیا حاکی از آن هستند که دوره‌های ژوراسیک آغازی و میانی در مقایسه با ژوراسیک پایانی و کرتاسه آغازی به لحاظ آب و هوایی کمتر تفکیک شده‌اند که این امر عموماً نشان دهنده میزان بالای رطوبت و تراز یا گرادیان دمایی پائین تری است. چنین یکنواختی و همگنی در ترکیب فلور مناطق گسترده‌ای در ژوراسیک آغازی و

شاخص عرض جغرافیایی استوایی و گرمسیری در نظر گرفته شد و به همین ترتیب به هر کدام از جنس‌های مابین، با توجه به سیمای ریختی و محل جغرافیایی آنها یک مقدار عددی داده شد. این الگوها حاکی از شرایط گرم و خشک عرض-های ۳۵ درجه و شرایط معتدل خنک در عرض-های ۸۰ درجه بود. ضمناً بالاترین تنوع گیاهی را در محدوده عرض جغرافیایی میانی با فلورای معتدل گرم معرفی کردند. داده‌های به دست آمده از فلورای چاه‌رخنه در پژوهش حاضر نیز در جدول زیگلر (جدول ۳) قرار گرفت و میانگین عددی^{۱۲} فلورای موجود محاسبه شد (بدین صورت که جنس‌های مطالعه شده در این پژوهش را که در جدول زیگلر موجود بودند، علامت زده و میانگین آنها محاسبه گردید). همچنین با عرض جغرافیایی و نمره تراز محلی سایر نقاط مطالعه شده در طبس نیز مقایسه شد. براساس برقراری تراز گیاهی مطابق این روش، میانگین عددی "نمره تراز گیاهی"^{۱۳} مجموع ماکروفسیل‌های گیاهی چاه‌رخنه عدد ۴۱/۸۱ را به دست می‌دهد. بدین ترتیب، موقعیت مکانی نمره تراز گیاهی چاه‌رخنه در جدول زیگلر، بیانگر "وضعیت میانه-ای" و حاکی از تنوع زیستی بالا و آب و هوای مرطوب و نیمه گرمسیری در این منطقه و عرض جغرافیایی بوده است.

که توسط مولفین روسی توصیف و تفسیر شده بود، به کار گرفته شد. طی این مطالعات محدوده عرض جغرافیایی دیرینه بین ۲۰ تا ۸۰ درجه به عنوان بیوم‌های خشک نیمه گرمسیری تا گرم معتدل و خنک معتدل تفسیر گردید. سپس زیگلر و همکاران (Ziegler et al, 1996) ۵۷ جنس ماکروفسیل گیاهی مربوط به مزوزوئیک، از ۱۹۶ مکان در نیمکره شمالی را مطالعه و بر مبنای آنها نموداری با دو محور عرض جغرافیایی و جنس‌های مورد مطالعه ترسیم نمودند. در این نمودار فیزیوگنومی یا سیمای ریختی برگ‌های فسیلی نیز مدنظر قرار گرفت. بدین ترتیب که سیکادوفیت‌ها و کونیفروفت‌های ریز برگ^{۱۰} با کوتیکول ضخیم در سمت پایین جدول و گینکگوفیت‌های خزان پذیر و کونیفروفت‌های بزرگ برگ^{۱۱} در سمت بالای جدول مرتب می‌شوند. سایر گروه‌های گیاهی نظیر اسفنوفیت‌ها، سرخس‌ها و سیکادوفیت‌های بزرگ برگ نیز در میانه جدول قرار گرفتند. آنها جهت کمی سازی اطلاعات جمع‌آوری شده و ارائه یک مقدار عددی برای هر منطقه جغرافیایی، به هر جنس وابسته به یک عرض جغرافیایی، یک نمره عددی اختصاص دادند به طوری که جنس *Phoenicopsis* با نمره ۱۰۰ شاخص بالاترین عرض جغرافیایی و آب و هوای سردسیری و جنس *Zamites* با نمره صفر

جدول ۳: تعیین نمره تراز محلی چاه‌رخنه و هم‌ترازی ماکروفسیل‌های گیاهی آن با سایر مناطق طبس (جدول پایه برگرفته از (Ziegler et al, 1996)

جنس	نمره	مناطق مطالعه شده و عرض جغرافیایی آنها					
		چاه رخنه	مزینو (Vaez-Javadi, 2014)	کوچکعلی (Vaez-Javadi, 2014)	جعفرآباد (واعظ جوادى، ۱۳۹۱ ب)	کالشانه (واعظ جوادى، ۱۳۹۴)	کالشور (مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۵)
		33° 17'	33° 21'	33° 17'	33° 30'	34° 07'	33° 05'
<i>Phoenicopsis</i>	۱۰۰						
<i>Schizolepis</i>	۸۵						
<i>Pityophyllum</i>	۸۱					*	

<i>Czekanowska</i>	۷۲			*			
<i>Ginkgo</i>	۶۷	*		*		*	
<i>Hausmannia</i>	۶۶						
<i>Sphenobaiera</i>	۶۴		*			*	
<i>Baiera</i>	۶۲						
<i>Desmiophyllum</i>	۶۰						
<i>Podozamites</i>	۵۸	*	*	*		*	*
<i>Neocalamites</i>	۵۵	*		*			
<i>Cladophlebis</i>	۵۳	*	*	*	*		*
<i>Todites</i>	۵۲	*	*	*			
<i>Equisetites</i>	۵۰	*	*	*	*	*	*
<i>Coniopteris</i>	۴۹	*	*	*	*	*	*
<i>Elatocladus</i>	۴۲			*			
<i>Ctenis</i>	۴۱	*				*	
<i>Anomozamites</i>	۴۰						
<i>Nilssonia</i>	۳۹	*	*	*	*	*	*
<i>Taeniopteris</i>	۳۸	*					
<i>Clathropteris</i>	۳۷						
<i>Sphenopteris</i>	۳۶						
<i>Phlebopteris</i>	۳۴	*	*	*	*		
<i>Pseudoctenis</i>	۳۳		*	*			
<i>Marattiopsis</i>	۳۲	*		*	*		
<i>Sagenopteris</i>	۳۱	*	*	*	*		
<i>Pterophyllum</i>	۳۰			*			
<i>Dictyophyllum</i>	۲۹	*	*	*	*		*
<i>Elatides</i>	۲۸	*	*	*	*	*	
<i>Pagiophyllum</i>	۲۴			*			
<i>Ptilophyllum</i>	۱۳	*	*	*			
<i>Otozamites</i>	۱۱						
<i>Brachyphyllum</i>	۴						
<i>Zamites</i>	۰						
نمره میانگین		۴۱/۸۱	۴۱	۴۱/۶	۳۸/۳۳	۵۳	۴۶/۳۳

* فلورای مطالعه شده در رسوبات ژوراسیک میانی چاه اکتشافی منطقه چاه‌رخنه قابل مقایسه با فلورای مطالعه شده در رسوبات سازند هجدک سایر نقاط طبس (کوچکعلی شمالی، کوچکعلی جنوبی، مزینو، کلشانه، جعفرآباد و کالشور) و سایر فلورای هم ارز در این محدوده زمانی (سازند دانسیریت در البرز و سازند بازه حوض در بینالود) می‌باشد.

* فلورای چاه‌رخنه موید قرارگیری این منطقه در حاشیه جنوبی اقلیم اروپایی- سینیایی و زیراقلیم ماوراء خزری از تقسیمات وخرمیف می‌باشد.

* نتایج بررسی فراوانی نسبی راسته‌های ماکروفسیل‌های گیاهی شناسایی شده نشان می‌دهد که راسته اکوئیتال‌ها دارای فراوانی نسبی کم (۹/۲۶٪) و راسته‌های فیلیکال‌ها و سیکادال‌ها دارای فراوانی نسبی زیاد (به ترتیب ۴۶/۳۱٪ و ۲۳/۵۰٪) می‌باشند. از آن جایی که شرایط زیستی سرخس‌ها و سیکادال‌ها حاکی از آب و هوای مرطوب و نیمه گرمسیری می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که چنین شرایط آب و هوایی در این نقطه جغرافیایی حاکم بوده است.

* نتیجه حاصل از بررسی نمره تراز گیاهی چاه اکتشافی چاه‌رخنه یعنی نمره تراز ۴۱/۸۱ نشان دهنده قرارگیری آن در میانه جدول تراز بوده و موید نظر زیگلر و همکارانش می‌باشد به طوری که شرایط مرطوب و نیمه گرمسیری بر تمامی مناطق بلوک طبس حاکم بوده است. به علاوه، پوشش گیاهی نسبتاً مشابهی در بازه زمانی آالنین- بازوسین در این مناطق گسترش داشته است.

نمره تراز گیاهی به دست آمده از چاه اکتشافی منطقه چاه‌رخنه و مقایسه آن با نمره تراز گیاهی به دست آمده از مناطق مزینو، کوچکعلی، جعفرآباد، کالشانه و کالشور بیانگر وضعیت میانه‌ای تمامی این مناطق در جدول زیگلر داشته و حاکی از آب و هوای مرطوب و نیمه گرمسیری، تنوع زیستی بالا و نیز پوشش گیاهی با تشابه نسبتاً بالا در بلوک طبس در زمان ژوراسیک میانی بوده است.

نتیجه‌گیری

* مطالعه ماکروفسیل‌های گیاهی چاه اکتشافی واقع در منطقه چاه‌رخنه، جنوب‌غرب طبس به شناسایی تعداد ۳۳ گونه ماکروفسیل گیاهی متعلق به ۲۱ جنس از راسته‌های مختلف اکوئیتال‌ها، ستال‌ها، ماراسیال‌ها، اسموندال‌ها، فیلیکال‌ها، کی-تونیاال‌ها، سیکادال‌ها، بنتیتال‌ها، گینکگوآل‌ها و پینال‌ها (کونیفرال‌ها) انجامید.

* حضور گونه‌های *Coniopteris Klukia exilis*، *hymenophylloides* و *Elatides thomasii* در مجموعه گیاهی مطالعه شده بیانگر سن آالنین- بازوسین برای این مجموعه می‌باشد.

* یک زیست زون تجمعی در محدوده این رسوبات با نام *Coniopteris hymenophylloides*- *Klukia exilis* Assemblage zone و سه زیر زیست زون شامل: زیر زیست زون *Equisetites beanii*- *Ptilophyllum harrisianum* Interval zone (I) زیر زیست زون *Ptilophyllum harrisianum*- *Elatides thomasii* Interval zone (II) و زیر زیست زون *Elatides thomasii* - *Nilssonina macrophylla* Interval zone (III) تعیین گردید.

پانویس

1-Upper Coal Member
2-Relative abundance

3-Palaeoclimate
4-Ziegler

5-Synonymy
6-Siberian- Canadian Region
7-Euro- Sinian Region
8-Equatorial Region
9-Austral Region

10-Microphyll
11-Macrophyll
12-Average Score
13-Floral Gradient

منابع

- آقا نباتی، س.ع.، ۱۳۷۷. چینه‌شناسی ژوراسیک ایران، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران، تهران، ۳۵۵ ص.
- آقا نباتی، س.ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۵۸۶ ص.
- سعادت نژاد، ج.، قادری، ع. و نعیمی قصابیان، ن.، ۱۳۸۸. مطالعه و معرفی ماکروفسیل های گیاهی توآرسین- باژوسین منطقه گراخک-شاندیز، شمال خاور ایران، رخساره‌های رسوبی، شماره ۲، ص ۱۷۳-۲۰۳.
- مهدیزاده، ا.، واعظ جوادی، ف.، عاشوری، ع. و قادری، ع.، ۱۳۹۵. مطالعه و معرفی ماکروفسیل های گیاهی سازند هجدک در چاه شماره یک منطقه کالشور، جنوب غرب طبس، مجموعه مقالات یازدهمین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران، دانشگاه پیام نور طبس، ص ۱۲۰-۱۲۶.
- مهدیزاده، ا.، ۱۳۹۷. زیست چینه‌نگاری و تحلیل تطبیقی ماکروفسیل های گیاهی ژوراسیک میانی منطقه طبس و یزد و تهیه نقشه پراکنش پوشش گیاهی دیرینه، رساله دکتری در چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲۵ ص.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۸۷. ماکروفسیل های گیاهی ایران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ۲۳۶ ص.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۹۱ الف. ماکروفسیل های گیاهی منطقه تیار جنوب آمل، تعیین سن و تطابق آن با سایر افق‌های گیاهی ایران، نشریه علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۸۳، ص ۲۲۹-۲۳۷.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۹۱ ب. معرفی ماکروفسیل های گیاهی منطقه جعفرآباد، غرب طبس و تفسیر آب و هوای دیرینه آن، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۵۱، ص ۶۷-۸۶.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۹۱ ج. بیوستراتیگرافی سازند نایبند در منطقه معادن زغالسنگ پروده طبس بر مبنای ماکروفسیل های گیاهی، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۴۶، ص ۱۱۳-۱۴۳.
- واعظ جوادی، ف.، ۱۳۹۴. معرفی ماکروفسیل های گیاهی و زیست چینه‌نگاری برش کالشانه، شمال غرب طبس و تحلیل آب و هوای دیرینه، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۶۱، ص ۱۰۵-۱۲۳.
- واعظ جوادی، ف. و پورلطیفی، ع.، ۱۳۸۳. معرفی چند ماکروفسیل گیاهی از گل‌مکان، شمال خاوری ایران، نشریه علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۵۲، ص ۹۸-۱۰۷.
- واعظ جوادی، ف. و عباسی، ن.، ۱۳۹۱. معرفی ماکروفسیل های گیاهی منطقه بلده (البرز مرکزی)، تعیین سن و بیوستراتیگرافی آنها، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۴۸، ص ۳۷-۶۴.
- واعظ جوادی، ف. و نامجو، ش.، ۱۳۹۴. زیست چینه‌نگاری سازند هجدک در کوچکعلی شمالی، باختر طبس و تحلیل آب و هوای دیرینه و تطابق

شماره ۳، ص ۲۲۰-۲۴۳.

با سایر فلوریزون های هم‌ارز ایران، دیرینه‌شناسی،

- Alavi, M. and Barale, G., 1970. Étude préliminaire de la flore de la formation de Shemshak dans la région de Djam: Bulletin de la Société Linnean de Lyon, v. 8, p. 241-252.
- Assereto, R., 1966. The Jurassic Shemshak Formation in Central Elburz (Iran): Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 4, p. 1133-1182.
- Barnard, P.D.W., 1965. Flora of the Shemshak Formation Part 2. Liassic Plants from Dorud: Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, v. 4, p. 1123-1168.
- Beckett, P.H., 1956. Coal deposits near Kerman, South Persia: Economic Geology, v. 51, p. 197-198.
- Brongniart, A., 1828-1837. Histoire des végétaux fossils, ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermés dans les diverses couches du globe: Paris, 72 p.
- Corsin, P. and Stampfli, G., 1977. La formation de Shemshak dans l'Elburz oriental (Iran) flore -stratigraphie-paléogéographie: Geobios, v. 10, p. 509-571.
- Fakhr, M.S., 1977. Contribution à l'étude de la flore Rhéto-Liasique de la formation de Shemshak de l'Elbourz (Iran), Paris: Mémoire de Section de Science, v. 5, 178 p.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M. and Seyed-Emami, K., 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic- Middle Jurassic Shemshak Group of northern Iran: Geological Society London, v. 312, p. 120-160.
- Harris, T.M., 1961. The Yorkshire Jurassic flora, I. Thallophyta-pteridophyta: British Museum (Natural History), London, 212 p.
- Jacob, K. and Shukla, B.N., 1955. Jurassic plants from the Saighan series of North Afghanistan and their palaeo-climatological and palaeo-geographical significance, India: Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontographica Indica, new series, v. 2, p. 1-64.
- Kilpper, K., 1964. Über eine Rhät/Lias-Flora aus dem nordlichen Abfall des Alburs-Gebirges in Nordiran, I. Bryophyta und Pteridophyta, Stuttgart: Palaeontographica B, v. 114, p. 1-78.
- Phillips, J., 1875. Illustrations of the geology of Yorkshire, or a description of the strata and organic remains, Part I. The Yorkshire Coast, 3rd. Edit. Edited by Etheridge, London, 354 p.
- Sadovnikov, G., 1976. The Mesozoic flora of Alborz and central Iran and its stratigraphic importance: National Iran Steel Company of Iran, Tehran, 118 p.
- Sadovnikov, G.N., 1991. On some gymnosperms from the late Triassic of North Iran: Paleontological Journal, v. 4, p. 95-106.
- Scanu, G.G., Kustatscher, E. and Pittau, P., 2015. The Jurassic flora of Sardinia - A new piece in the palaeobiogeographic puzzle of the Middle Jurassic: Review of Palaeobotany and Palynology, v. 218, p. 80-105.
- Schweitzer, H.J. and Kirchner, M., 1996. Die rhäto-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans: Palaeontographica B, v. 238, p. 77-139.
- Schweitzer, H.J., Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. and van der Burgh, J., 1997. Die Rhaeto-Jurassic Flora of Iran and Afghanistan, 10. Bryophyta, Lycophyta, Sphenophyta, Pterophyta-Eusporangiatae and protoleptosporangiatae: Paleontographica B, v. 243, p. 103-192.
- Schweitzer, H.J., Kirchner, M. and Van-Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A.,

2000. The Rhaeto-Jurassic flora of Iran and Afghanistan, 12. Cycadophyta II. Nilssoniales: *Paleontographica B*, v. 279, p. 1-108.
- Schweitzer, H.J. and Kirchner, M., 2003. Die rhaeto-jurassischen Flora des Iran und Afghanistan 13. Cycadophyta. III. Bennettitales: *Paleontographica B*, v. 264, p. 1-166.
- Schweitzer, H.J., Schweitzer, U., Kirchner, M., Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. and Ashraf, R.A., 2009. The Rhaeto-Jurassic flora of Iran and Afghanistan, 14. Pterophyta, *Leptosporangiateae*: *Palaeontographica B*, v. 279, p. 1-108.
- Takhtajan, A.L., 2013. Higher Taxa of Vascular Plants except Flowering: *Takhtajania, Тахтаджания*, v. 2, p. 4-8.
- Tipper, G.H., 1921. The geology and mineral resources of eastern Persia: *Record of Geological Survey of India*, v. 1, p. 51-80.
- Vaez Javadi, F., 2004. *Persicostrobus* Vaez-Javadi n. gen. a new Equisetalean strobilus from the Triassic of Iran: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 3, p. 715-718.
- Vaez-Javadi, F., 2011. Middle Jurassic flora from the Dansirit Formation of the Shemshak Group, Alborz, north Iran: *Alcheringa*, v. 1, p. 77-102.
- Vaez Javadi, F., 2014. Triassic and Jurassic Floras and Climate of Central-East Iran: *Geological Survey of Iran: Rahi publication*, Tehran, 290 p.
- Vaez Javadi, F., 2018. Middle Jurassic Flora from the Hojedk Formation of Tabas, Central East Iran: *Biostratigraphy and Palaeoclimate implications: Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 124(2), p. 299-316.
- Vaez-Javadi, F. and Ghavidel-Syooki, M., 2002. Plant megafossil remains from Shemshak Formation of Jajarm area, NE Alborz, Iran: *Paleobotanist*, v. 51, p. 57-72.
- Vaez Javadi, F. and Mirzaei-Ataabadi, M., 2006. Jurassic plant macrofossils from the Hojedk Formation, Kerman area, east-central Iran: *Alcheringa*, v. 30, p. 63-96.
- Vaez Javadi, F. and Allameh, M., 2015. Biostratigraphy of the Bazehowz Formation at its Type section, South West Mashhad based on plant macrofossils: *Geopersia*, v. 1, p. 27-44.
- Vaez-Javadi, F. and Abbasi, N., 2018. Middle Jurassic biostratigraphy of plant macro and microfossils in Soltanieh Mountains, South of Zanjan, nw Iran. *Geosciences*, v.106, p. 91-102.
- Vakhrameev, V.A., 1991. Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth: *Cambridge University Press: Great Britain*, 318 p.
- Vassiliev, Y., 1984. Mesozoic plant fossils from coal areas in Iran: *Atlas of the Ministry of Mine and Metal*, v. 2, 97 p.
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T. and Taheri, J., 2009. The Shemshak Group (Lower-Middle Jurassic) of the Binalud Mountains, NE Iran, Stratigraphy, depositional environments and geodynamic implications: *Geological Society of London*, v. 312, p. 175-188.
- Ziegler, A.F., Parrish, J.M., Jiping, Y., Gyllenhaal, E.D., Rowley, D.B., Parrish, J.T., Shangyou, N., Bekker, A. and Hulver, M.I., 1993. Early Mesozoic phytogeography and climate, In: Allen, J.R.L., Hoskins, B.J., Sellwood, B.W., Spicer, R.A. and Valdes, P.J., 1297. *Palaeo climates and their modelling: Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 341, p. 297-305.
- Ziegler, A.M., Rees, P.M., Rowley, D.B., Bekker, A., Quing, L. and Hulver, M.L., 1996. Mesozoic assembly of Asia, Constraints from fossil floras,

tectonics and paleomagnetism, 371-400.
In Yin, A. and Harrison, M., (Eds.): The
Tectonic Evolution of Asia: Cambridge,

Cambridge University Press, p. 371-
400.

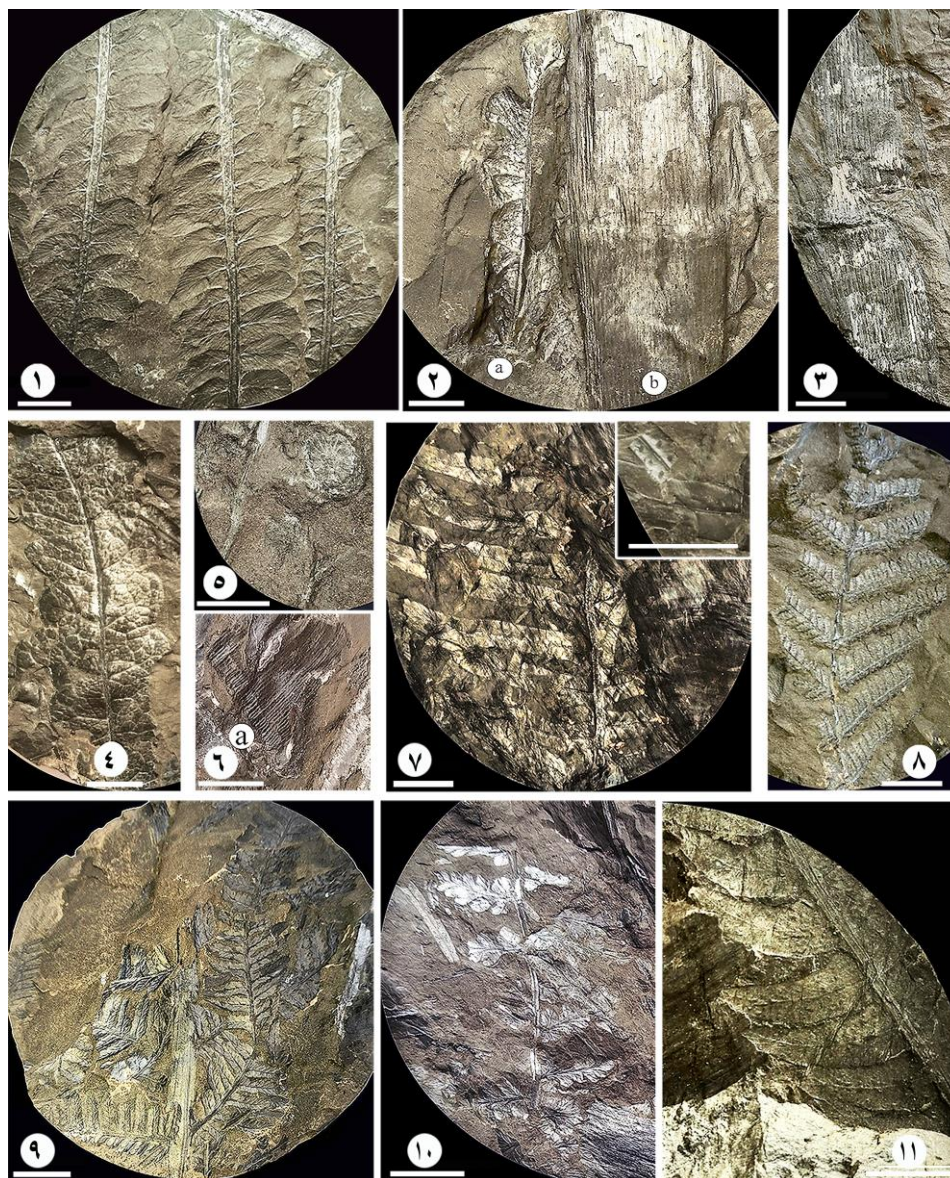


Figure 5: 1- *Lobifolia rotundifolia* (MJHCh-17); 2b, 3- *Equisetites beanii* (MJHCh-10, JHCh-91); 4- *Dictyophyllum nilssonii* (MJHCh-8); 5- *Equisetites columnaris* (MJHCh-23, MJHCh-68); 6- *Marattiopsis* sp. (MJHCh-33); 7- *Phlebopteris muensteri* (MJHCh-27, MJHCh-8); 8- *Klukia exilis* (MJHCh-75); 9- *Todites* sp. (MJHCh-76); 10- *Coniopteris hymenophylloides* (MJHCh-8); 11- *Cladophlebis denticulata* (MJHCh-83). Scale bars= 1 cm.

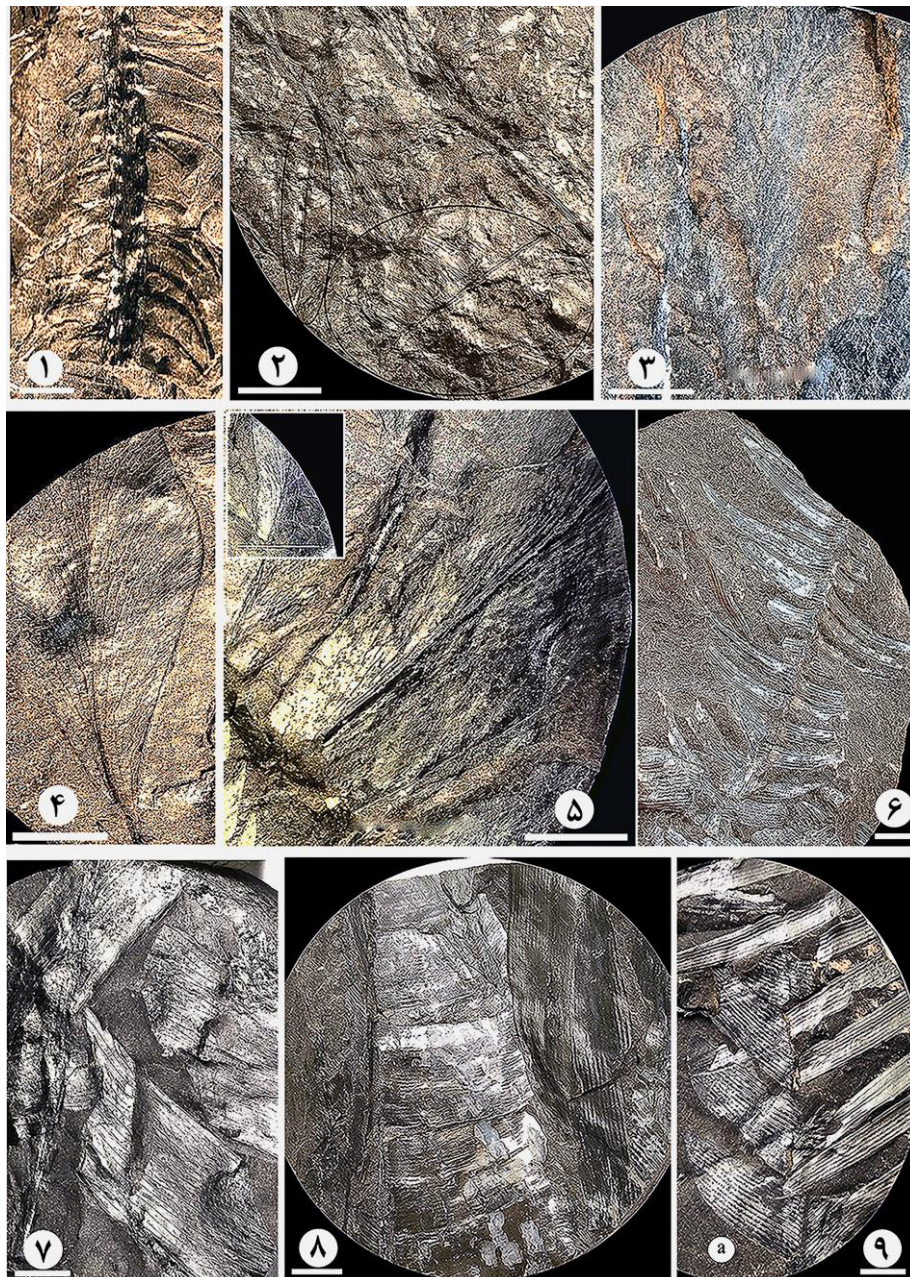


Figure 6: 1- *Rhizopteris rezaii* (MJHCh-95); 2- *Taeniopteris* sp. (MJHCh-2), 3- *Sagenopteris colpodes* (MJHCh-88); 4- *Sagenopteris nilssoniana* (MJHCh-61); 5- *Sagenopteris phillipsii* (MJHCh-74); 6- *Nilssonia bozorga* (MJHCh-44); 7- *Ctenis* sp. (MJHCh-8); 8- *Nilssonia macrophylla* (MJHCh-5); 9- *Nilssonia* sp. cf. *N. sarakhs* (MJHCh-5). Scale bars= 1 cm.

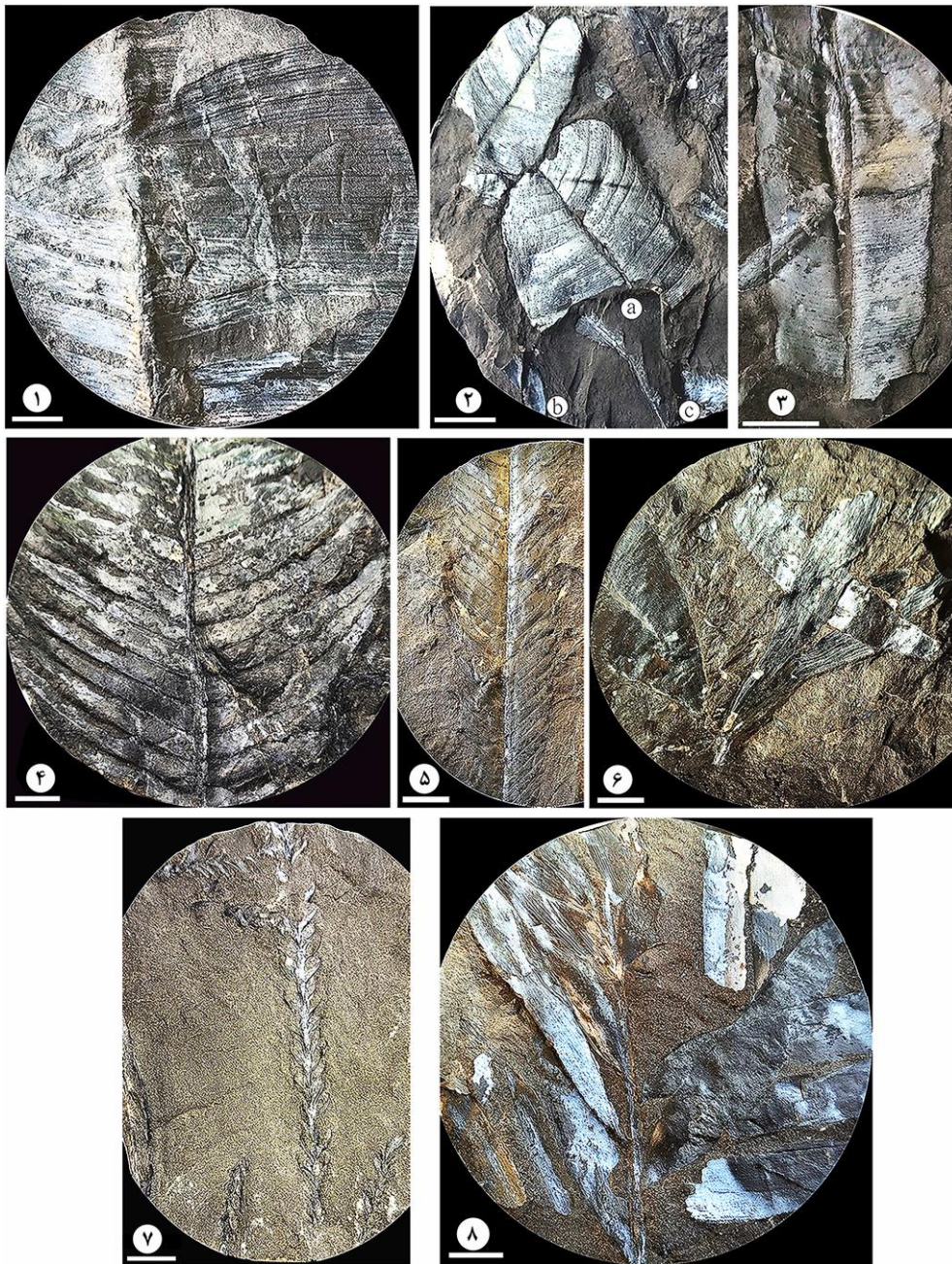


Figure 7: 1- *Nilssonia tazarensis* (MJHCh-26); 2- *Nilssonia tenuicaulis* (MJHCh-23); 3- *Nilssonia undulata* (MJHCh-32); 4, 5- *Ptilophyllum harrisianum* (MJHCh-12, MJHCh-74); 6- *Ginkgoites* sp. cf. *G. huttonii* (MJHCh-84); 7- *Elatides thomasii* (MJHCh-66); 8- *Podozamites distans* (MJHCh-81). Scale bars= 1 cm.

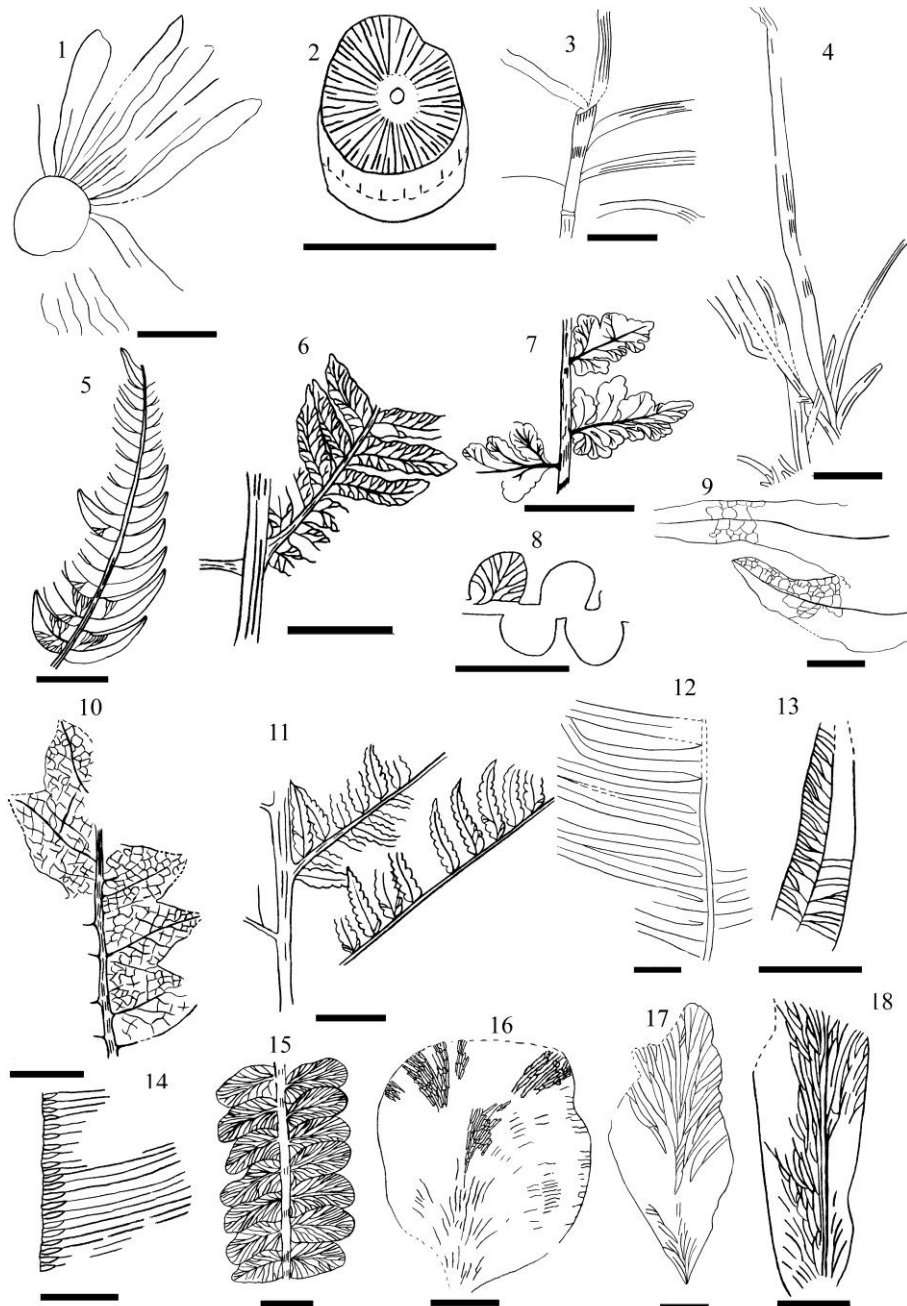


Figure 8: 1- *Annulariopsis simpsonii*, 2- *Equisetites columnaris*, 3,4- *Neocalamites* sp. cf. *N. ishpushtensis*, 5- *Cladophlebis aktashensis*, 6- *Todites crenatum*, 7- *Coniopteris hymenophylloides*, 8- *Ferizianopteris* sp. cf. *F. undulata*, 9- *Dictyophyllum nervulosum*, 10- *Dictyophyllum nilssonii*, 11- *Klukia crenata*, 12, 13- *Phlebopteris muensteri*, 14- *Marattiopsis* sp., 15- *Lobifolia rotundifolia*, 16- *Sagenopteris colpodes*, 17- *Sagenopteris nilssoniana*, 18- *Sagenopteris phillipsii*. Scale bars= 1 cm.

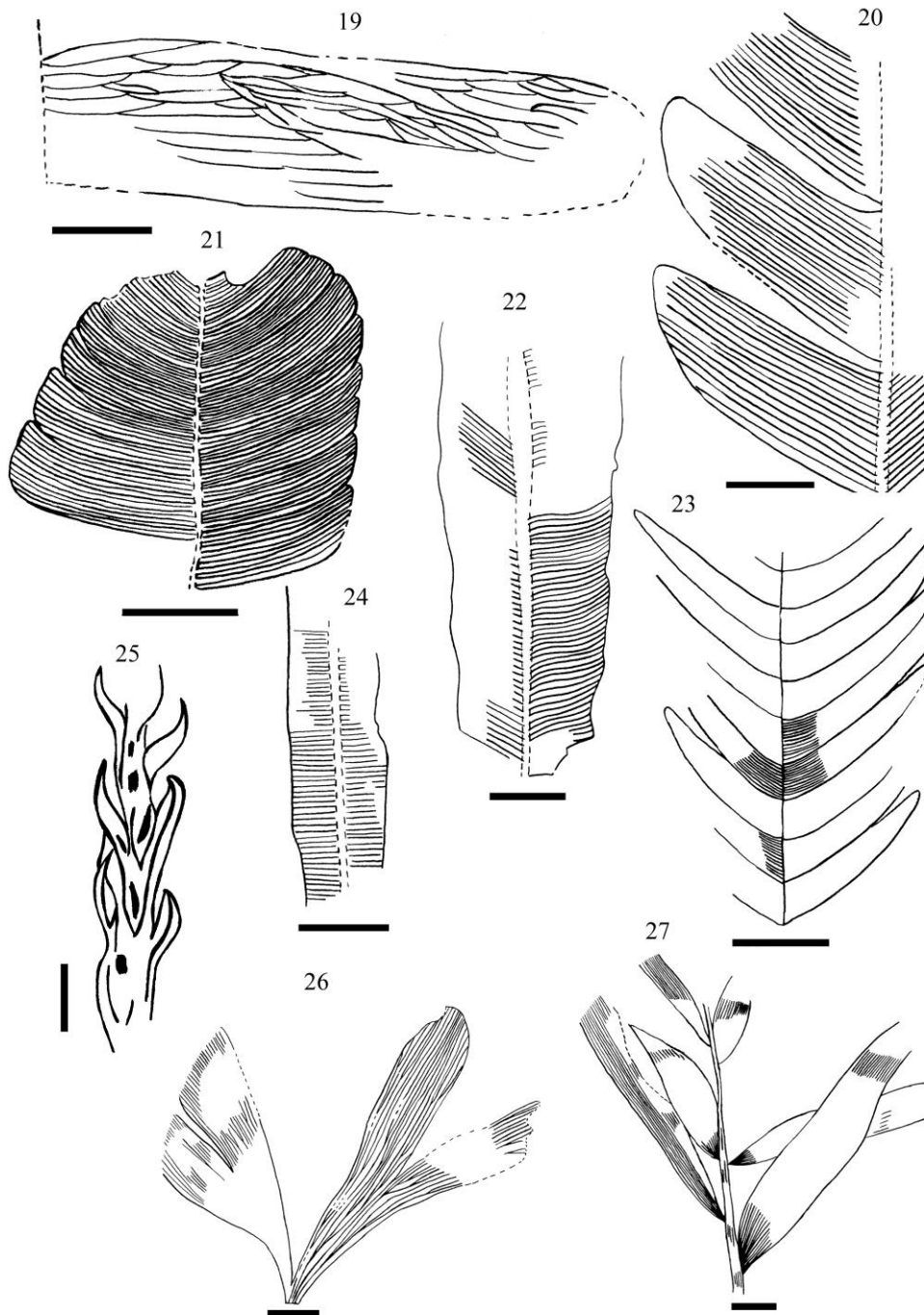


Figure 9: 19- *Ctenis* sp., 20- *Nilssonia* sp. cf. *N. sarakhs*, 21- *Nilssonia tenuicaulis*, 22, 24- *Nilssonia undulata*, 23- *Ptilophyllum harrisianum*, 25- *Elatides thomasii*, 26- *Ginkgoites* sp. cf. *G. huttonii*, 27- *Podozamites distans*. Scale bars= 1 cm.