

بررسی ایزوتوپیهای پایدار کربن و اکسیژن در سازندهای سرچشمه و سنگانه در غرب حوضه کپه‌داغ

سید ناصر رئیس السادات^{1*}، اسد... محبوبی²

1- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

2- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: snaser_rais@yahoo.co.uk

تاریخ پذیرش: 89/10/22

تاریخ دریافت: 89/7/7

چکیده

در این مطالعه داده‌های ایزوتوپیهای پایدار کربن و اکسیژن سازندهای سرچشمه و سنگانه ناحیه تکل کوه در غرب حوضه کپه‌داغ مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس مطالعات چینه شناسی و دیرینه شناسی آمونیتها، سن سازند سرچشمه، بارمین پسین - آپتین پیشین و سن سازند سنگانه آپتین پیشین تعیین شده است. نسبتهای ایزوتوپی کربن و اکسیژن برای تعداد 35 نمونه بلمنیت اندازه گیری شده است. تغییرات ایزوتوپ کربن در برشهای مورد مطالعه با نتایج زیست چینه‌ای تطبیق داده شده است و با داده‌های ایزوتوپ کربن در برش تیپ آپتین در اروپا و نیز برخی از برشها در حوضه تیتس مقایسه شده است. نتایج حاصل از این انطباق، تشابه قابل قبولی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، بر اساس شواهد فسیل شناسی و ایزوتوپی، شیل‌های قاعده سازند سنگانه به عنوان رویداد غیر اکسیژنی اقیانوسی (OAE1a) تفسیر شده است که با زون آمونیتی *deshayesi* *Deshayesites* مطابقت دارد. محاسبه دمای تشکیل رسوبات در بارمین - آپسین بر اساس داده‌های ایزوتوپ اکسیژن با جغرافیای دیرینه حوضه کپه‌داغ قابل انطباق است.

واژه‌های کلیدی: ایزوتوپ کربن و اکسیژن، سازند سرچشمه، سازند سنگانه، آپتین، کپه‌داغ.

مقدمه

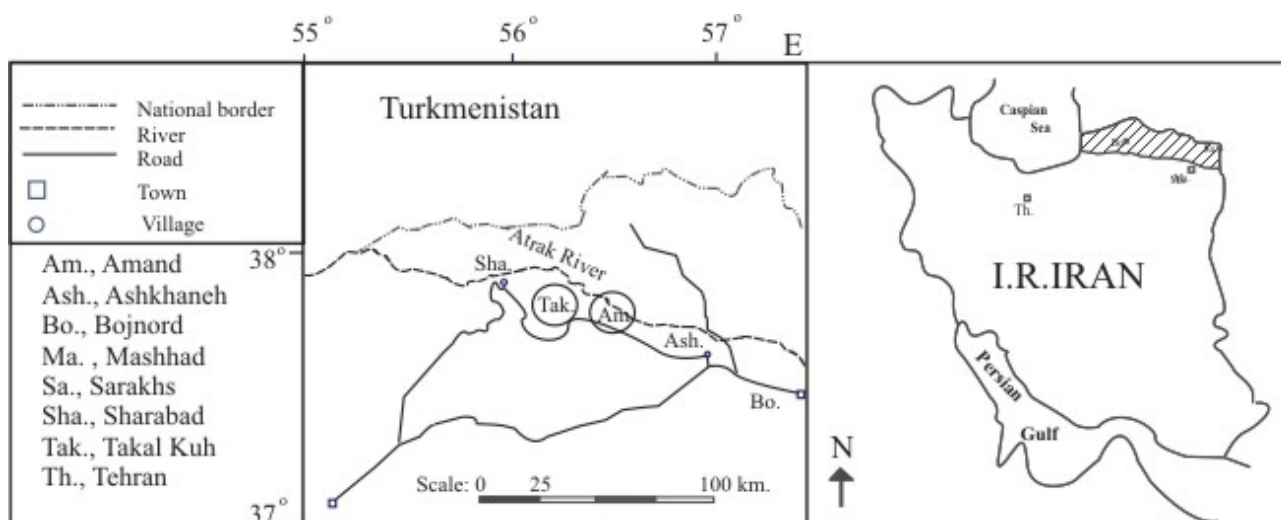
2010 الف و ب)، اما مطالعه چینه شناسی ایزوتوپی سازندهای سرچشمه و سنگانه برای اولین بار انجام می‌شود. هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییرات ایزوتوپ کربن در ناحیه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات زیست چینه‌ای و مقایسه آن با برش الگو در اروپاست. در همین راستا از شرایط رسوب گذاری و داده‌های ایزوتوپ اکسیژن جهت تفسیر جغرافیای دیرینه آپتین پیشین حوضه رسوبی کپه‌داغ استفاده شده است.

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال شرق ایران یک حوضه درون قاره‌ای است که پس از کوه‌زایی تریاس میانی و بسته شدن دریای هرسی نین تشکیل شده است (بربریان و کینگ، 1981). رسوب گذاری در این حوضه از ژوراسیک تا الیگوسن به طور نسبتاً مداوم صورت گرفته است (افشارحرب، 1969، 1982، 1373). تا کنون مطالعات مختلفی بر اساس داده‌های ایزوتوپی برخی از سازندهای حوضه رسوبی کپه‌داغ انجام شده است (برای مثال آدابی و راثو، 1991، محبوبی و همکاران، 2002،

روش مطالعه

نمونه از برشهای تکل کوه 1، 2 و 6 نمونه از برش آمند) جهت آنالیز ایزوتوپ کربن و اکسیژن استفاده شده است. برای این منظور پوسته بلمنیتها پس از پودر شدن توسط مته دندانپزشکی به مقدار حدود پنج میلی گرم، در دانشگاه کیل آلمان توسط دستگاه اسپکترومتری مدل Finnigan Delta E آنالیز شده‌اند.

در این تحقیق سه برش چینه شناسی در غرب کپه‌داغ اندازه‌گیری شده است (دو برش تکل کوه 1 و 2 به فاصله 5 کیلومتر و یک برش در نزدیکی روستای آمند) (شکل 1). 171 نمونه سنگ آهک و شیل برداشت و آمونیت‌های آن جهت تعیین سن استفاده شده است (رئیس السادات، 2002، 1381، 1382، 2004، 2006). از 35 نمونه بلمنیت (شامل 26



شکل 1: موقعیت جغرافیایی برشهای مورد مطالعه

بررسی قرار گرفته است که سنهای مشابهی را تعیین نموده‌اند.

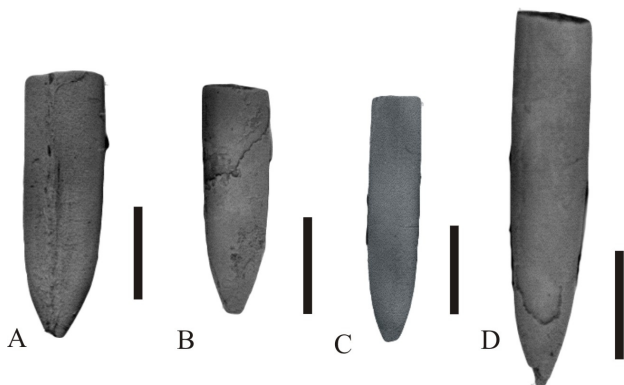
سازند سرچشمه در ناحیه تکل کوه به طور هم‌شیب بر روی سازند تیرگان و زیر سازند سنگانه قرار گرفته است. در این ناحیه سازند سرچشمه از تناوب سنگ آهک مارنی، سنگ آهک شیلی، شیل، مارن و مارن آهکی همراه با سنگ آهک فسیل‌دار تشکیل شده که تعداد این لایه‌ها در قسمت بالایی سازند افزایش می‌یابد. اگرچه اختصاصات سنگ شناسی سازند سرچشمه در این ناحیه به برش الگو شباهت دارد اما بخشهای مارنی و شیلی مانند آنچه در برش الگو دیده می‌شود از یکدیگر قابل تفکیک نیستند. سطح بالایی آخرین لایه سنگ آهک فسیل‌دار به عنوان مرز بالایی سازند سرچشمه در نظر گرفته شده است. ضخامت سازند در این

چینه شناسی سازند سرچشمه

سازند سرچشمه در برش الگو، واقع در شرق بجنورد، 276 متر ضخامت دارد که از دو بخش غیر رسمی زیرین مارنهای خاکستری همراه با سنگ آهک مارنی و بخش بالایی، شیل‌های آهکی خاکستری و چندین لایه سنگ آهک فسیل‌دار تشکیل شده است (افشارحرب، 1979). بر اساس مطالعه روزن‌داران (کلانتیری، 1969؛ رئیس السادات و موسوی حرمی، 1372) سن آبتین و بر مبنای مطالعه آمونیت‌ها (ایمل و همکاران، 1997؛ رئیس السادات، 2002، 1381، 2004، 2006 و 1388) سن بارمین پسین تا آبتین پیشین برای سازند سرچشمه پیشنهاد شده است. نانوفسیلهای آهکی این سازند نیز توسط هادوی و شکری (1375)، شکری و همکاران (1385) و ماهانی پور و همکاران (2008) مورد

آپتین پیشین تا ابتدای آپتین میانی برای این سازند در این برش پیشنهاد شده است. اختصاصات سنگ شناسی سازند سنگانه مشابه با برشهای تکل کوه است. ضمناً قسمت پایینی سازند شامل شیل‌های سیاه تیره لایه نازک است و بر مبنای آمونیتها، سن آپتین پیشین پیشنهاد شده است (رئیس‌السادات، 2002، 1382، 2004).

از بلمنیتهای شناسایی شده در این سازند می‌توان به گونه‌های *Neohibolites*, *Duvalia* sp., *Duvalia* cf. *polygonalis*, *Neohibolites* sp., *Neohibolites* cf. *ewaldi*, cf. *clava* و *Oxyteuthis* sp. اشاره نمود که برای اولین بار از این ناحیه گزارش می‌شوند (شکل 2).



شکل 2: تعدادی از بلمنیتهای شناسایی شده در سازند سنگانه که جهت نمونه برداری ایزوتوپی مورد استفاده قرار گرفته است. مقیاس یک سانتیمتر است.

A. *Duvalia* cf. *polygonalis* Blainville 1827, sample TK 70; B. *Oxyteuthis* sp., sample TAK 41, C. *Neohibolites* sp., sample Tk 72; D. *Neohibolites* cf. *clava* Stolley 1911, sample TAK 41

آنالیز ایزوتوپی

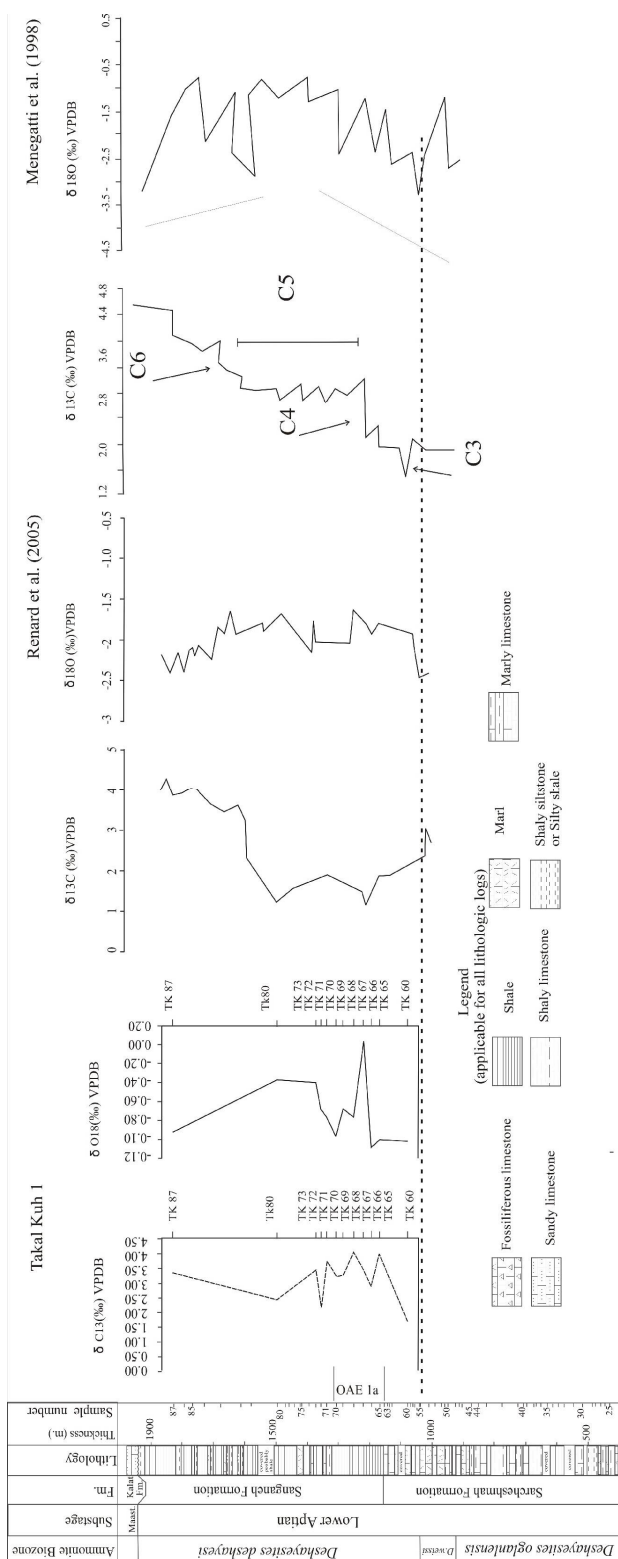
نتایج

میزان ایزوتوپ کربن در برش تکل کوه 1 از 1/65% تا 4/05% VPDB در تغییر است. کمترین مقدار این ایزوتوپ با ابتدای زون آمونیتی *deshayesi* (ربولت و همکاران، 2009) و انتهای سازند سرچشمه مطابقت دارد. میزان ایزوتوپ اکسیژن در این برش از 1/5% تا 0/2% در تغییر است (شکل 3).

ناحیه 1200 متر بوده و بر اساس آمونیت‌های شناسایی شده سن آن بارمین پسین تا آپتین پیشین را مشخص می‌کند (رئیس‌السادات، 2002، 1381، 2004، 2006). سازند سرچشمه در برش آمدن نیز اختصاصات مشابهی با برش تکل کوه دارد و ضخامت آن 1100 متر است.

چینه شناسی سازند سنگانه

برش الگو سازند سنگانه در شمال شرق مشهد و در نزدیکی روستای سنگانه قرار دارد که ضخامت آن 770 متر است (افشار حرب، 1373). این سازند بیشتر از شیل‌های خاکستری تیره رنگ با چندین لایه سیلت سنگ حاوی نودول سپتاریا و ساختمانهای مخروط در مخروط تشکیل شده است (افشار حرب، 1979؛ محبوبی و همکاران، 2010 الف). این سازند بر روی سازند سرچشمه و در زیر سازند اتامیر به طور هم شیب قرار گرفته است. بر اساس مطالعه روزن‌داران (کلانتری، 1969؛ رئیس‌السادات، 1370) سن آلبین برای سازند سنگانه در شرق حوضه پیشنهاد شده است. هادوی و بداقی (1385) نیز بر اساس نانوفسیلها سن آلبین - اوایل سنومانین را برای این سازند در شرق حوضه پیشنهاد می‌کنند؛ البته ایمل و همکاران (1997) و رئیس‌السادات (2002، 2004، 1382، 2006) بر اساس آمونیتها سن آپتین میانی تا آلبین پیشین را برای این سازند پیشنهاد کرده‌اند. سازند سنگانه در ناحیه تکل کوه به طور هم‌شیب بر روی سازند سرچشمه و به طور ناپیوسته زیر سازند کلات قرار گرفته است. قسمت پایین سازند شامل شیل‌های خاکستری تیره لایه نازک تا لامینه‌ای است. سپس تناوبی از شیل با بین لایه‌های مارن، سنگ آهک مارنی و شیل آهکی وجود دارد و در بالاترین قسمت سازند نیز لایه‌های سیلت سنگ و سنگ آهک ماسه‌ای فسیل دار قرار دارند. بر اساس آمونیتها (رئیس‌السادات، 2002، 1382، 2004) و نانوفسیلها (شکری و همکاران، 1385؛ ماهانی پور و همکاران، 2008) سن



شکل 3: منحنی تغییرات مقدار کربن 13 و اکسیژن 18 در برش تکل کوه 1 و مقایسه آن با منگاتی و همکاران (1998) و رنارد و همکاران (2005); در این برش و سایر برشها برای بایوزونهای آمونیتی از ربولت (2009) استفاده شده است. خط چین قاعده زون آمونیتی *Deshayesites deshayesi* را نشان می‌دهد (در این برش قسمت پایین سازند سرچشمه نشان داده نشده است).

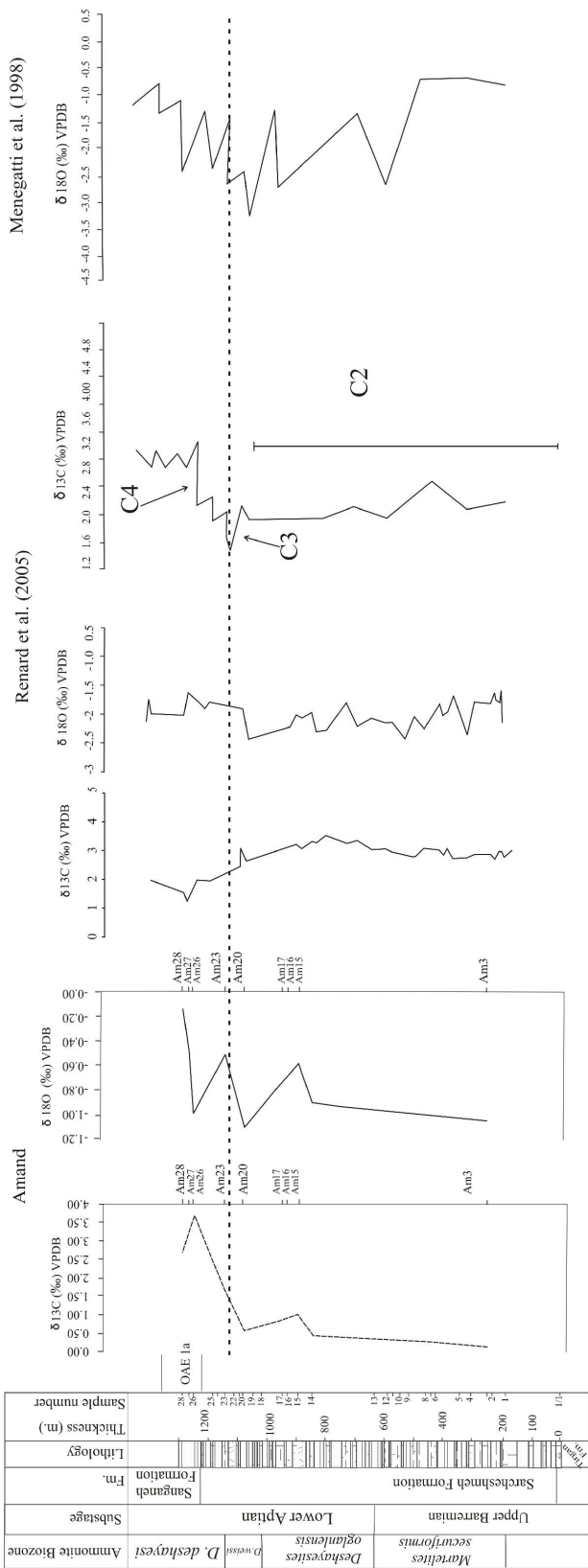
میزان ایزوتوپ کربن 13 در برش تکل کوه 2 از 1/41% تا 4/05% VPDB در تغییر است که بیشتر زون آمونیتی *deshayesi* را در برمی‌گیرد. در این برش میزان ایزوتوپ اکسیژن از 3/58-0% در نمونه 34 یک روند مثبت را به سمت بالا نشان می‌دهد به طوری که در نمونه 44 به 0/32-0% VPDB می‌رسد. سپس با یک روند کاهشی کم، مجدداً افزایش یافته به طوری که در نمونه 52 به 0/03% VPDB می‌رسد (شکل 4).

در برش آمند، در نمونه شماره 3 کمترین میزان ایزوتوپ کربن 13 به مقدار 0/06% VPDB است که مطابق با زون آمونیتی *Martelites securiformis* است. سپس به سمت سازند سنگانه به میزان 1/2% VPDB در نمونه 15 افزایش و پس از یک کاهش مجدداً در نمونه شماره 26 به بالاترین مقدار خود در این برش می‌رسد که معادل زون آمونیتی *deshayesi* است (شکل 5).

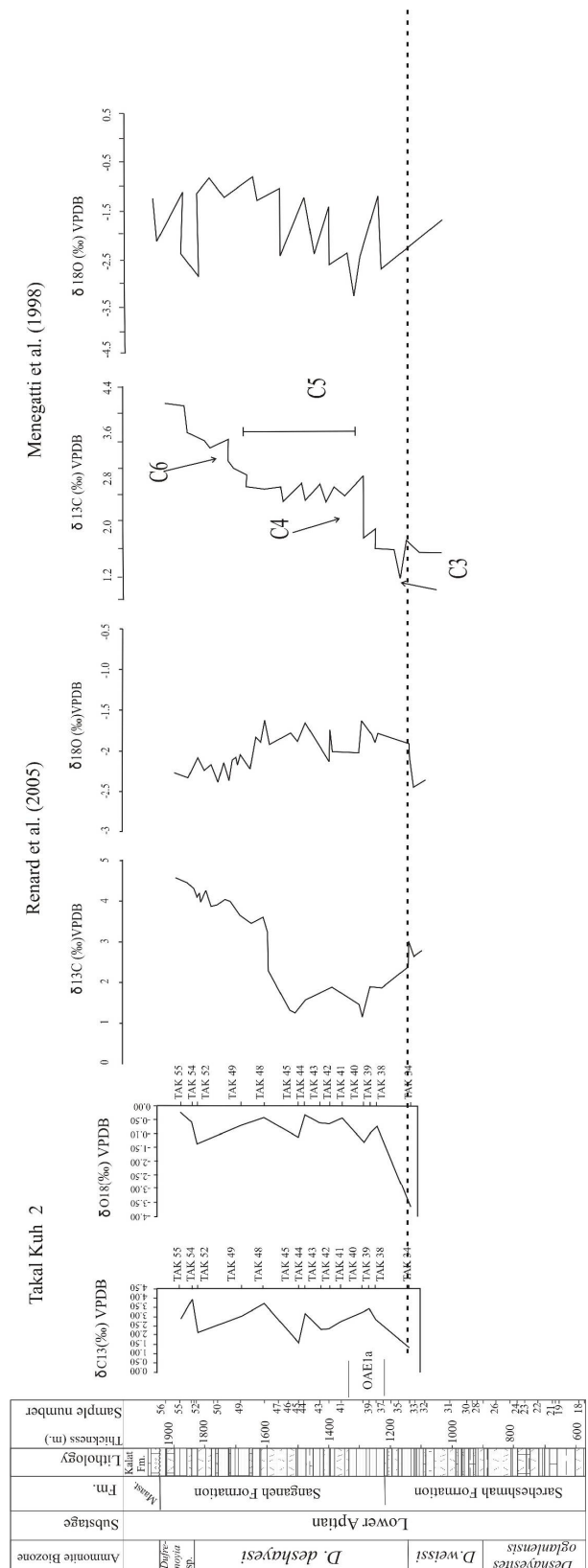
بحث

مطالعات متعددی در خصوص تغییرات ایزوتوپی رسوبات بارمین - آپتین در نقاط مختلف دنیا انجام شده است از آن جمله می‌توان به منگاتی و همکاران (1998) اشاره کرد. آنها بر اساس تغییرات ایزوتوپ کربن، رسوبات بارمین - آپتین ناحیه آلپ را به هشت قسمت (C₁-C₈) تقسیم نمودند که بعداً توسط برالاور و همکاران (1999) و اربا و همکاران (1999) نیز تأیید شد. موترلوز و همکاران (2009) نیز تغییرات ایزوتوپیهای پایدار کربن و اکسیژن را در بلمنیت‌های ناحیه بورآل مطالعه و یک ناهنجاری مثبت در اواسط آپتین این ناحیه مشخص نموده که معادل رخداد غیر هوازای اقیانوسی آپتین پیشین (OAE 1a) است.

مولاده و همکاران (1998) و رنارد و همکاران (2005) تغییرات ایزوتوپ کربن و اکسیژن را در برش الگوی آپتین بررسی کرده‌اند. میزان ایزوتوپ کربن از 2% در بالاترین



شکل 5: منحنی تغییرات مقدار کربن 13 و اکسیژن 18 در برش آمند و مقایسه آن با رنارد و همکاران (2005) و منگاتی و همکاران (1998); خط چین قاعده زون آمونیتی *Deshayesites deshayesi* را نشان می‌دهد (در این برش فقط قسمت پایینی سازند سنگانه نشان داده شده است).



شکل 4: منحنی تغییرات مقدار کربن 13 و اکسیژن 18 در برش تکل کوه 2 و مقایسه آن با منگاتی و همکاران (1998) و رنارد و همکاران (2005); خط چین قاعده زون آمونیتی *Deshayesites deshayesi* را نشان می‌دهد (در این برش قسمت پایین سازند سرچشمه نشان داده نشده است).

گردد. افزایش میزان ایزوتوپ کربن در نمونه 16 نیز احتمالاً با نقطه اوج (بیک) C2 قابل مقایسه است.

با مقایسه داده‌های ایزوتوپی Vocontion در جنوب شرق فرانسه (ویسرت و برهت، 1991)، جنوب آلپ (ویسرت و لینی، 1991)، حوضه ابریا مارچ (ارباچر و تورو، 1997)، برش الگوی آبتین در جنوب شرق فرانسه کوهنت و همکاران (1998)، جنوب اقیانوس آرام (جنکینز، 1995) و شمال شرق فرانسه (گاریسا-موندجار و همکاران، 2009) اعتقاد بر این است که افزایش نسبت ایزوتوپ کربن 13 در انتهای آبتین پایینی گسترش جهانی دارد که با داده‌های ایزوتوپی برشهای مورد مطالعه در غرب حوضه کپه‌داغ نیز مطابقت دارد. اما شناسایی روند منفی در زون *deshayesi* در دیگر نقاط دنیا به دلیل وقفه رسوب گذاری مشکل به نظر می‌رسد.

در حوضه کپه‌داغ میزان ایزوتوپ کربن 13 یک شباهت کلی با ناحیه سیسمون (Cismon) ایتالیا (اربا و همکاران، 1999؛ لارسون و اربا، 1999) و ناحیه استراتوتایپ آبتین (رنارد و همکاران، 2005؛ کوهنت و همکاران، 1998) نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که شیل‌های قاعده سازند سنگانه از نظر فونا فقیر است (رئیس‌السادات، 2002؛ ماهانی پور، 1388؛ معتمدالشریعتی، مذاکرات شفاهی) به احتمال زیاد می‌تواند به عنوان OAE1a تفسیر شود که با افزایش میزان ایزوتوپ کربن 13 نیز همخوانی نشان می‌دهد. مشابه این شیلها (آبتین پیشین) در سایر نقاط حوضه تیس از جمله شمال ایتالیا (Selli Level) (اربا و همکاران، 1999؛ پرمولی-سیلوا و همکاران، 1999)، جنوب فرانسه (Niveau Goguel) (برهت، 1988)، جنوب شرق اسپانیا (دگه‌آ و همکاران، 2003) و حتی شمال آلمان (موتزلوز و بوکل، 1998) نیز رسوب گذاری شده است.

قسمت بارمین شروع و در بالاترین قسمت Bedoulian (آبتین پایینی) به بالاترین حد خود (4/6%) رسیده که البته در زون *deshayesi* مقادیر منفی حدود 1% را نشان می‌دهد (شکل‌های 3 و 4).

مقایسه تغییرات ایزوتوپ کربن سازند سرچشمه در برش تکل کوه 1 با داده‌های ایزوتوپی برش الگوی آبتین فرانسه (رنارد و همکاران، 2005) نشان می‌دهد که تغییرات میزان ایزوتوپ کربن در نمونه‌های 65، 67، 71، 67 و 80 همخوانی بسیار زیادی نشان می‌دهد.

همچنین افزایش قابل توجه در نمونه 65 (VPDB %3/94) و کاهش میزان آن در نمونه 66 نیز با C5 منگاتی و همکاران (1998) قابل انطباق است. از سوی دیگر افزایش میزان ایزوتوپ کربن در نمونه 68 به میزان VPDB %4/05 می‌تواند با C4 منطبق گردد. بالاخره تغییرات از نمونه 68 تا 80 نیز با C5 قابل مقایسه است. لازم به ذکر است که C6 در رسوبات ناحیه مورد مطالعه به دلیل نبود آنالیز ایزوتوپی به خوبی قابل تشخیص نیست (شکل 3).

میزان ایزوتوپ کربن 13 در برش تکل کوه 2 نیز با داده‌های ایزوتوپی در برش الگو آبتین (رنارد و همکاران، 2005) و برش Cismon ناحیه آلپ (منگاتی و همکاران، 1998) مقایسه شده است (شکل 4). در این برش نیز میزان ایزوتوپ کربن 13 در نمونه‌های 41 و 42 با C3 و افزایش آن در نمونه 44 به میزان VPDB %3/22 با C4 تطابق خوبی نشان می‌دهد. البته در سایر بخش‌های توالی از جمله افزایش میزان ایزوتوپ کربن در نمونه 48 (VPDB %3/79) تاحدودی با C5 منطبق می‌گردد. انطباق این داده‌ها با برش تیپ آبتین (رنارد و همکاران، 2005) نیز نشان می‌دهد که روند کاهش در نمونه‌های 40، 42 و 45 و روند افزایشی در نمونه‌های 39، 44، 48 و 54 قابل تطابق است.

در برش آمند (شکل 5) نیز کاهش ایزوتوپ کربن در نمونه 20 و افزایش در نمونه 26 می‌تواند با C3 و C4 مقایسه

نتیجه گیری

سن سازند سرچشمه در غرب حوضه کپه داغ بارمین پسین تا آپتین پیشین و سن سازند سنگانه آپتین پیشین - پسین؟ تعیین شده است. مقایسه زیست چینه‌ای و میزان تغییرات ایزوتوپ کربن در برشهای مورد مطالعه نشان داده است که میزان ایزوتوپ کربن در گذر از سازند سرچشمه به سازند سنگانه در طی آپتین پایینی افزایش یافته است. در سازند سنگانه نیز سه تغییر در روند تغییرات ایزوتوپ کربن دیده می‌شود که با زون آمونیتی *deshayesi* مطابقت دارد. مقایسه تغییرات ایزوتوپ کربن در برشهای تکل کوه و آمند با برشهای مرجع در تیس قابل مقایسه بوده و شباهتهای خوبی با C2، C3، C4 و C5 نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد شیلهای قاعده سازند سنگانه در یک محیط غیر اکسیژنی برجای گذاشته شده و احتمالاً می‌توان آنها را معادل واقعه جهانی OAE1a در نظر گرفت. دمای محاسبه شده بر اساس ایزوتوپ اکسیژن رسوب گذاری در شرایط نیمه گرم تا گرم را نشان می‌دهد.

سپاس‌گزاری

از آقای پرفسور موترلوز از دانشگاه بوخوم آلمان جهت کمک برای آنالیزهای ایزوتوپی سپاسگزاریم. از داوران محترم به خصوص آقای دکتر محمد حسین محمودی قرایی به خاطر نظرات ارزنده‌شان متشکریم.

گاریا- موندجار و همکاران (2009) عقیده دارند ظهور شیلهای تیره در شمال شرق اسپانیا که از نظر سنی با آن چه در قاعده سازند سنگانه دیده می‌شود مطابقت دارد، ناشی از کاهش ورود مواد آواری بوده است. همچنین ناجارو و همکاران (2011) گرم شدن جهانی همراه با OAE و سپس سرد شدگی در آپتین پسین-آلبین پیشین را در برش Cismon با استفاده از ایزوتوپ اکسیژن و پولن *Classopollis* تفسیر نموده‌اند. این شرایط با رسوب گذاری ماسه سنگهای گلاکونیتی سازند آیتامیر در حوضه کپه داغ مطابقت دارد (فاسمی نوقابی و همکاران، 1385؛ عاشوری و همکاران، 1389).

درجه حرارت

برای تعیین دمای آب در زمان تشکیل رسوبات از معادله آندرسون و آرتور (1983) استفاده شده است

$$T=16.0-4.14(\delta c-\delta w)+0.13(\delta c-\delta w)^2$$

در این معادله T دما، δc مقدار ایزوتوپ اکسیژن و δw مقدار ایزوتوپ آب در زمان تشکیل رسوب است. با استفاده از داده‌های مختلف ایزوتوپ اکسیژن در بلمنیتهای ناحیه مورد مطالعه و مقدار 1/2- برای ایزوتوپ اکسیژن آبهای کرتاسه دمای بین 20 تا 25 درجه سانتی گراد به دست می‌آید که تا حدودی با عرض جغرافیای دیرینه حوضه کپه داغ (هایش، 1979؛ هی و همکاران، 1999؛ درکورت و همکاران، 2000) و موقعیت آن در تیس نیز تطبیق می‌کند. همچنین این دما بر اساس آن چه که در نوشته‌های گوردون (1973) و بارون و واشینگتن (1982) بیان شده و در آنها به ارتباط درجه حرارت قدیمه، جریانهای دریایی و موقعیت جغرافیایی دیرینه خشکیها و دریاها قدیمه پرداخته شده است، با موقعیت قفقاز و کپه داغ که در عرضهای میانی در نظر گرفته شده است و با درجه حرارت محاسبه شده از این تحقیق همخوانی نشان می‌دهد.

منابع

- افشارحرب، ع.، 1373. زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 275 ص.
- رئیس‌السادات، س.ن.، 1370. چینه‌شناسی و محیط رسوبی سازندهای سرچشمه و سنگانه در شرق حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم ایران، 285 ص.
- رئیس‌السادات، س.ن.، 1381. چینه‌شناسی و آمونیت‌های سازند سرچشمه در حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ص 13-14.
- رئیس‌السادات، س.ن.، 1382. چینه‌شناسی و آمونیت‌های سازند سنگانه در حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اصفهان، ص 401-409.
- رئیس‌السادات، س.ن.، 1388. بایوزوناسیون توالی بارمین بالایی - آلبین پایینی بر مبنای آمونیت‌ها در حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. مجله دانشکده علوم دانشگاه تهران، 35 (4): 87-96.
- رئیس‌السادات، س.ن.، موسوی حریمی، ر.، 1372. چینه‌شناسی و بایوزوناسیون سازندهای سرچشمه و سنگانه در شرق حوضه کپه‌داغ، شمال شرق ایران. فصلنامه علوم زمین، 7: 58-73.
- شکری، م.ح.، رئیس‌السادات، س.ن.، موترلوز، ی.، 1385. نانوفسیلهای آهکی سازندهای سرچشمه و سنگانه در مقطع تکل کوه در شمال غرب حوضه کپه‌داغ. دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ص 214.
- قاسمی نوقایی، م.، نجفی، م.، موسوی حریمی، ر.، محبوبی، ا.، 1385. تفکیک دسته رخساره‌های پیش‌روی و پس‌روی بر مبنای گلاکونیهای اتوکتونوس در سازند آیتامیر، شرق حوضه کپه‌داغ. دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ص 190.
- عاشوری، م.، شرفی، م.، محبوبی، ا.، موسوی حریمی، ر.، نجفی، م.، 1389. بررسی خاستگاه و سازوکار تشکیل گلاکونیهای سازند آیتامیر در جنوب شرق در گز. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، 18 (2): 247-254.
- ماهانی پور، ا.، 1388. بایواستراتیگرافی جامع سازندهای سرچشمه و سنگانه با تأکید بر نانوفسیلهای آهکی. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، 471 ص.
- هادوی، ف.، شکری، م.ح.، 1375. بایواستراتیگرافی سازند سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در برش آتشگان دایرآباد رشته کوه کپه‌داغ. خلاصه مقالات نوزدهمین سمینار علوم زمین، ص 219.
- هادوی، ف.، بداقی، ف.، 1385. بایواستراتیگرافی سازند سنگانه بر مبنای نانوپلانکتونهای آهکی در مقطع امیرآباد و مزدوران. دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ص 206.
- Adabi, M.H., & Rao, C.P., 1991. Petrographic and geochemical evidence for original aragonite mineralogy of Upper Jurassic carbonate (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran. *Sedimentary Geology*, 72: 253-267.
- Afshar-Harb, A., 1969. A brief history of geological exploration and geology of the Sarakhs area and the Khangiran field. *The Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 37: 86-93. [In Persian].
- Afshar-Harb, A., 1979. The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dagh region, Northern Iran. *PhD thesis, Imperial College of Science and Technology, London*, 316 pp. (Unpublished).
- Afshar-Harb, A., 1982. Geological quadrangle map of Darreh Gaz, 1:250,000 scale (one sheet). *Exploration and Production, National Iranian Oil Company (N.I.O.C.)*, Tehran.

- Anderson, T.F., & Arthur, M.A., 1983. Stable isotopes of oxygen and carbon and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems. *In: Arthur, M.A., et al. (Eds.), Stable Isotopes in Sedimentary Geology*, vol. 10, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course, pp. 1.1–1.151, *Soc. of Econ. Paleontol. and Mineral.*, Tulsa, Okla.
- Barron, E.J., & Washington, W.M., 1982. Cretaceous climate: A comparison of atmospheric simulations with the geologic record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 40: 103-133.
- Berberian, M., & King, G.C.P., 1981. Toward a palaeogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18: 210-265.
- Bralower, T.J., Cobabe, E., Clement, B., Slitter, W.V., Osburn, C.L., & Longoria, J., 1999. The record of global change in the mid-Cretaceous (Barremian-Albian) sections from the Sierra Madre, Northern Mexico. *Journal of Foraminiferal Research*, Washington, 29 (4): 418-437.
- Bréhéret, J.G., 1988. Épisodes de sédimentation riche en matière organique dans les mernes bleues d'âge aptien et albien de la partie pelagique du bassin vocontien. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8: 349-356.
- de Gea, G.A., Castro, J.M., Aguado, R., Ruiz-Ortiz, P.A., & Company, M., 2003. Lower Aptian carbon isotope stratigraphy from a distal carbonate shelf setting: the Cau section, Prebetic zone, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200: 207-219
- Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M.F., Cadet, J.P., Crasquin, S., & Sandulescu, M., 2000. Atlas Prei-Tethys, Palaeogeographical maps. 269 pp., 24 maps, CCGM/CGMW, Paris.
- Erba, E., 1994. Nannofossils and superplumes: The early Aptian "nannoconids crisis". *Paleoceanography*, 3: 483-501, Washington.
- Erba, E., Channell, J.E.T., Claps, M., Larson, R.L., Opdyke, B., Premoli Silva, I., Riva, A., Salvini, G., & Torricelli, S., 1999. Integrated stratigraphy of the Cison APTICORE (Southern Alps, Italy): A "reference section" for the Barremian-Aptian interval at low latitudes. *Journal of Foraminiferal Research*, 29 (4): 371-391, Washington.
- Erbacher, J., & Thurow, J., 1997. Influence of Oceanic Anoxic Events on the evolution of mid-Cretaceous radiolaria in the North Atlantic and western Tethys. *Marine Micropaleontology*, 30: 139-158, Amsterdam.
- Garcia-Mondéjar, J., Owen, H.G., Raisossadat, N., Millán, M.I., & Fernández-Mendiola, P.A., 2009. The Early Aptian of Aralar (North Spain): Stratigraphy, sedimentology, ammonite biozonation and OAE1. *Cretaceous Research*, 30: 434-464.
- Gordon, W.A., 1973. Marine life and ocean surface currents in the Cretaceous. *Journal of Geology*, 81: 269-284.
- Habicht, J.K.H., 1979. Paleoclimate, Paleomagnetism and Continental Drift. *AAPG Studies in Geology*, 9: 31p.
- Hay, W.W., DeConto, R.M., Wold, C.N., Wilson, K.M., Voigt, S., Schulz, M., Wold-Rosby, A., Dullo, W.C., Rono, A.B., Balukhovskiy, A.N., & Söding, E., 1999. Alternative global Cretaceous paleogeography. *In: Barrera, E., & Johnson, C.C., (Eds.) Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System. Geological Society of America, Special Paper 32: 1-47, Boulder, Colorado.*
- Immel, H., Seyed-Emami, K., & Afshar-Harb, A., 1997. Kreide-Ammoniten aus dem iranischen teil des Koppeh-Dagh (NE-Iran). *Zitteliana*, 21: 159-190.
- Jenkyns, H.C., 1995. Carbon isotope stratigraphy and palaeoceanographic significance of the Lower Cretaceous shallow water carbonates of Resolution Guyot, Mid-Pacific Mountains. *In: Winter, E.L., Sager, W., Firth, J., & Sinton, J.M., (Eds.) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station*, 143: 99-104.
- Kalantari, A., 1969. Foraminifera from the middle Jurassic-Cretaceous successions of Kopet Dag region (NE-Iran). *National Iranian Oil Company, (N.I.O.C.), Exploration and Production, Geological Laboratory Publication 3, Tehran (Ph.D. thesis, London University)*. 298 pp.
- Kump, L.R., 1991. Interpreting carbon isotope excursions: Stranglove oceans. *Geology*, 19: 299-302.
- Kuhnt, W., Moullade, M., Masse, J.P., & Erlankeuser, H., 1998 (2000). Carbon isotope stratigraphy of the Lower Aptian historical stratotype at Cassis- La Bedoule (SE France). *Geologie Mediterranee*, XXV, (3/4): 63-79.

- Larson, R.L., & Erba, E., 1999. Onset of the mid-Cretaceous greenhouse in the Barremian-Aptian: Igneous events and the biological, sedimentary and geochemical responses. *Paleoceanography*, 14 (6): 663-678, Washington.
- Mahanipour, A., Kani, A., & Raisossadat, S.N., 2008. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of Sarcheshmeh and Sanganeh Formations at Takal Kuh Section, Kopet Dagh Basin (North East Iran). *12th Meeting of International Nannoplankton Association*, Lyon, France.
- Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Collins, L.B., & Muhling, J.R., 2010a. Petrography and Geochemical Signatures in Cracks Filling Calcite Sequences in Septarian Concretions, Sanganeh Formation, Kopet-Dagh Basin, NE Iran, *Journal of Applied Science*, 10 (7): 526-534.
- Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Carpenter, S.J., Aghaee, A., & Collins, L.B., 2010b. Petrographical and geochemical evidences for paragenetic sequence interpretation of diagenesis in mixed siliciclastic-carbonate sediments: Mozduran Formation (Upper Jurassic), south of Agh-Darband, NE Iran. *Carbonates and Evaporites*, 25: 231-246
- Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Brenner, R.L., & Gonzalez, L.A., 2002. Diagenetic history of Late Paleocene potential carbonate reservoir rocks, Kopet-Dagh Basin, NE Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 25 (4): 465-484.
- Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., Tyson, R.V., Farrimond, P., Strasser, A., & Caron, M., 1998. High-resolution $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy through the Early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys. *Paleoceanography*, 13 (5): 530-545, Washington.
- Moulladae, M., Kuhnt, W., Bergen, J.A., Masse, J.P., & Tronchetti, G. 1998. Correlation of biostratigraphic and stable isotope events in the Aptian historical stratotype of La Bédoule (southeast France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, (Série IIA, Sciences de la Terre et des Planètes)*, 327: 693-698.
- Mutterlose, J., & Bockel, B., 1998. The Barremian-Aptian interval in NW Germany: a review. *Cretaceous Research*, 19: 539-568.
- Mutterlose, J., Pauly, S., & Steuber, T., 2009. Temperature controlled deposition of early Cretaceous (Barremian - early Aptian) black shales in an epicontinental sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 273: 330-345.
- Najarro, M., Rosales, I., Moreno-Bedmar, J.A.B, de Gea, G.A., Barrón, E., Company, M., & Delanoy, G., 2011. High-resolution chemo- and biostratigraphic records of the Early Aptian oceanic anoxic event in Cantabria (N Spain): Palaeoceanographic and palaeoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299: 137-158.
- Premoli-Silva, I., Erba, E., Salvini, G., Locatelli, C., & Verga, D., 1999. Biotic changes in Cretaceous oceanic anoxic events of the Tethys. *Journal of Foraminiferal Research*, 29: 352-370.
- Pucéat, E., Le'cuyer, C., Sheppard, S.M.F., Dromart, G., Reboulet, S., & Grandjean, P., 2003. Thermal evolution of Cretaceous Tethyan marine waters inferred from oxygen isotope composition of fish tooth enamels. *Paleoceanography*, 18 (2): 1029, doi:10.1029/2002PA000823,
- Raisossadat, S.N., 2002. Lower Cretaceous (Upper Barremian-Lower Albian) Ammonite faunas of the Kopet Dagh Basin, NE Iran. *PhD thesis, University College London, London, UK*, 337 pp. (Unpublished)
- Raisossadat, S.N., 2004. The Family Deshayesitidae in the Kopet Dagh Basin, north-east Iran. *Cretaceous Research*, 25: 115-136.
- Raisosadat, S.N., 2006. The Family Parahoplitidae in the Sanganeh Formation of the Kopet Dagh Basin, north-eastern of Iran. *Cretaceous Research*, 27: 907-922.
- Renard, M., Rafelis, M., Emanuel, L., Moulladae, M., Masse, J.P., Kuhnt, W., Bergen, J.A. & Tronchetti, G., 2005. Early Aptian $\delta^{13}\text{C}$ and manganese anomalies from the historical Cassis-La Bédoule stratotype sections (S.E. France): relationship with a methane hydrate dissociation event and stratigraphic implications. *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*, Brest, Article 2005/04.
- Reboulet, S., & Klein, J., (reporters), Barragan, R., Company, M., Gonzalez-Arreola, C., Lukeneder, A., Raisossadat, N., Sandoval, J., Tavera, M., Szives, O., M., Vašiček, Z., & Vermeulen, J., 2009. Report on the 3rd International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Vienna, Austria, 15th April 2008). *Cretaceous Research*, 30: 496-502.

- Weissert, H., & Bréheret, J.G., 1991. A carbonate carbon-isotope record from Aptian-Albian sediments of the Vocontian Trough (SE France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, (8), 162 (6): 1133-1140.
- Weissert, H., & Lini, A., 1991. Ice age interludes during the time of Cretaceous greenhouse climate. *In*: Müller, D.W., McKenzie, J.A., & Weissert, H., (Eds.), *Controversies in Modern Geology: Evolution of Geological Theories in Sedimentology. Earth History and Tectonics*, p. 173-191, Academic Press, London.