

## پترولوژی تراورتن های معدن سفید، شرق روستای ورتون (شمال شرق اصفهان)

حسن مصدق زاده<sup>1</sup>، علی خان نصر اصفهانی<sup>2</sup>، عبدالحسین کنگازیان<sup>3</sup>

### چکیده

معدن سفید در شرق روستای ورتون و شمال شرق شهر اصفهان واقع شده است. این منطقه بخشی از زون ارومیه - دختر (شمال غرب - جنوب شرق) می باشد. از نظر ریخت شناسی تراورتن های این معدن از نوع شکاف-پشته و مربوط به زمان کواترن است. ویژگی های بافتی نظیر بافت پلوئیدی، لامیناسیون های میکریتی و استروماتولیت در این رسوبات تاییدی بر حضور فعال و فعالیت های زیستی و میکربی همزمان با رسوبگذاری تراورتن می باشد. مهمترین نوع لامیناسیون در تراورتن های این معدن لامیناسیون از نوع صفحه ای است. از مهمترین نوع تخلخل های شناسایی شده در معدن می توان به تخلخل حفره ای و شکستگی های ثانویه اشاره کرد. تراورتن های این منطقه در فاصله یک تا دو کیلومتری از گسل های فعال منطقه دیده می شود. با توجه به روند این گسل ها عامل شکل گیری نهشته ها، کشش های موضعی ایجاد شده در پهنه همپوشانی این گسل ها است. از نظر رخساره ای این معدن شامل دو گروه رخساره استروماتولیتی و تופا است. شواهد زمین شناسی نشان می دهد که این سنگ ها در یک محیط ژئوگرایان به واسطه فعالیت های تکتونیکی - ماگماتی ایجاد شده اند.

واژه های کلیدی: تراورتن، معدن سفید، ورتون، زون ارومیه دختر.

### مقدمه

مجموعه تراورتن های استان اصفهان بخشی از کمربند آتشفشانی زون ارومیه-دختر در ایران مرکزی است که به طور عمده بر روی نواری به طول حدود 500 کیلومتر و عرض 80-100 کیلومتر با روند شمال غرب- جنوب شرق از گوشه شمال غربی استان تا جنوب غربی باتلاق گاو خونی کشیده شده است (رئسی 1386). بیشتر ذخایر اقتصادی استان در حاشیه غربی زون ایران مرکزی در زون ارومیه- دختر قرار دارد (قربانی 1382). ناحیه ورتون در شمال شرقی اصفهان واقع است و ذخایر تراورتن در بخش شرقی و شمال شرقی آن متمرکز است (شکل 1). معدن سفید ورتون از سال 1380 شروع به کار کرده و میزان ذخیره قطعی این معدن 180000

<sup>1</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ رسوبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

<sup>2</sup> - استاد یار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

<sup>3</sup> - استاد یار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

تن و با توجه به گسترش تراورتن به صورت تپه ماهور بیش از 500000 تن ذخیره احتمالی هم برای آن می توان پیش بینی کرد. عمده محصولات این معدن به عنوان سنگ تزئینی در نما و تزئینات داخل ساختمان استفاده می شود (شکل 2). در این مقاله برای اولین بار پتروگرافی رسوبات تراورتن در معدن سفید شرق روستای ورتون بررسی می شود.

### موقعیت جغرافیایی منطقه

کوتاه ترین راه دسترسی به منطقه جاده اصفهان - سگزی - ورتون - زفره است که پس از رسیدن به سگزی و طی مسیر 23 کیلومتری و گذشتن از روستای ورتون در 8 کیلومتری جاده ورتون - زفره پس از طی حدود 500 متر به محل ذخیره خواهیم رسید. معدن سفید ورتون در طول جغرافیایی "216' 11° 52 و عرض جغرافیایی "782' 51° 32 واقع شده است. بیشترین تمرکز تراورتن در محدوده مورد مطالعه در شرق و شمال شرقی روستای ورتون متمرکز می باشد.

### زمین شناسی عمومی

از نظر زمین شناسی این ناحیه در بین پادگانه های جوان پست واقع شده است. تراورتن های مورد مطالعه در این ناحیه متعلق به کواترنر می باشد و در اکثر اوقات بطور مستقیم بر روی آهک های الیگومیوسن (سازند قم) قرار دارند و فرآیند تراورتن زایی در اطراف چشمه آب گرم ورتون هم اکنون قابل مشاهده است (آب گرم ورتون) این رسوبات را می توان هم ارز بخش های جوان تر رسوبات آبرفتی کواترنردانست (رادفر، 2002).

### روش مطالعه

تعداد 29 نمونه دستی طی بازدیدهای صحرائی از مجموعه تراورتن ها در معدن سفید ورتون برداشت گردید. از این تعداد 18 مقطع نازک تهیه شد. نمونه ها با کمک میکروسکوپ پلاریزان نور انکساری مورد مطالعه و عکس برداری قرار گرفت. همچنین جهت تعیین ترکیب شیمیایی تعداد 2 نمونه برای آنالیز XRF به آزمایش فرستاده شد.

### مطالعات پتروگرافی

#### ویژگی های میکروفابریک سنگ های کربناته غیر دریایی ناحیه مورد پژوهش

مجموعه های تراورتن های مطالعه شده در صحرا به صورت پشته ای و به رنگ سفید (شکلاتی) مشاهده گردید. بررسی های میکروسکوپی نشان داد که تنها آلوکم موجود در سنگ های کربناته غیر دریایی این ناحیه ذرات پلوییدی هستند و آلوکم های متداول در سنگ های کربناته دریایی و نیز سنگ های کربناته دریاچه ای در این سنگ ها دیده نشد. بنابراین می توان گفت که این سنگ ها عمدتاً از زمینه (ارتو کم) تشکیل شده اند.

## میکریت

بررسی های میکروسکوپی نشان داد که تنها آلو کم موجود در سنگ های کربناته غیر دریایی این ناحیه ذرات پلوئیدی هستند و آلو کم های متداول در سنگ های کربناته دریایی و نیز سنگ های کربناته دریاچه ای در این سنگ ها دیده نشد. بنابراین می توان گفت که این سنگ ها عمدتاً از زمینه (ارتو کم) تشکیل شده اند. ذرات پلوئیدی ذکر شده تنها در برخی از مقاطع نازک دیده شد. در سنگ های کربناته مورد مطالعه ارتو کم میکریتی عمدتاً به صورت فابریک کلوخه ای یا لخته ای دیده می شود.

## تخلخل

از ویژگی های پتروگرافی در مقاطع میکروسکوپی می توان به تخلخل اشاره کرد. اصولاً فضاهاى خالی در مقیاس میکروسکپی به دو منشأ نسبت داده می شود (خسرو تهرانی 1360). اولی جایگزینی ساختمانی سنگ و تخلخلی که از بدو دیاژنز همزمان با خروج گاز و سنگ شدن آغازی رسوبات حاصل می گردد و دومی از تغییرات ثانوی ساختمان داخلی سنگ در اثر دیاژنز نتیجه می شود. در حالت اخیر تخلخل ثانوی پس از عمل انحلال و ایجاد رگه های موئین در سنگ ایجاد می شود. پدیده ی انحلال بخصوص در محیط های متوریک شایع است. جریان های محلول اشباع شده از یون های مختلف می توانند تخلخل اولیه یا ثانوی را به طور قابل ملاحظه ای تغییر داده و در آن موجب سازندگی یک سیمان آغازین یا پایانی گردند (خسرو تهرانی 1360). با توجه به مطالعات انجام گرفته در منطقه بر اساس نظر شوکت و پری (1970) می توان تخلخل را به دو دسته تحت کنترل فابریک شامل روزنه ای و عدم کنترل توسط فابریک (ناشی از شکستگی و حفره ای) تقسیم بندی نمود. بطور کلی تخلخل های سنگ آهک به انواع انتخابی و غیر انتخابی تقسیم می شود و البته تخلخل در بیشتر تراورتن ها از جمله تراورتن های ورتون از نوع انتخابی است (فلوگل 2004).

## تخلخل روزنه ای

این تخلخل با فضا های خالی کم و بیش طویل شده شناخته می شود و معمولاً این فضاها به صورت بین لایه ای و جهت دار است. گاهی نیز به یکدیگر متصل و به طور منظم دیده می شود. این تخلخل تابع بافت می باشد (شوکت و پری 1970).

## تخلخل ناشی از شکستگی در سنگ ها

این نوع تخلخل فابریک سنگ را قطع می کند و از نوع غیر انتخابی است. عموماً حاصل نیروهای جهت دار (تکتونیک) می باشد (شوکت و پری 1970). شبکه ی شکستگی های موئین و میکروسکپی از همان قوانین انتشار و گسترش شکستگی های بزرگ (تکتونیک، انحلال لایه های زیرین) و یا به علت وجود مایعات فوق العاده تحت فشار در سنگها تبعیت می نماید.

## تخلخل حفره ای

این تخلخل از نوع مستقل از بافت است (شوکت و پری 1970). عمدتاً بر اثر انحلال در محیط های متوریکتی ایجاد می شود. انحلال از سطح دانه فراتر رفته و سیمان یا ماتریکس اطراف را نیز دربر می گیرد (ایجاد حفره). گاهی بلور های کلسیت به صورت دندان سگی حاشیه ی حفره ایجاد می شود.

## بیوفابریک

سنگ های کربناته غیر دریایی معدن سفید دارای لامینه ولایه بندی استروماتولیتی می باشد. ویژگی مهم این ساختار تناوب لامینه ها ولایه های تیره و روشن است که حالت موج دارد. همراه این ساختار به طور معمول ساختمان های روزنه ای (فنسترال) دیده می شود که بر اساس نظر فلوگل (2004) از نوع شبه لامینه ای (LF) و تیپ B1 می باشد.

## ویژگی های مزوفابریک

از اشکال قابل رویت در نمونه ی دستی یا مزوفابریک می توان به تخلخل و لامیناسیون اشاره نمود این دو ویژگی مزوفابریکی در مقاطع میکروسکوپی نیز قابل مشاهده است.

## تخلخل

حفره ها اشکال اختصاصی و قسمتی از مزوفابریک و میکروفابریک تراورتن های معدن سفید است. حفرات ماکروسکوپی گسترش یافته معمولاً با اندازه ی 5-2 میلی متر دیده می شود و به واسطه ی ادخال های گاز به وجود می آیند. این حفرات دارای نسبت طول به عرض زیاد (بیشتر از 5) و با محور بلند موازی با لایه بندی دیده می شوند.

## لامیناسیون

لامیناسیون علاوه بر نمایش جزئیات تشکیل تراورتن در زمان گذشته شاهدهی بر تغییرات متناوب رسوبگذاری ناشی از عوامل فیزیکی مانند تغییرات هوا یا مرتبط با فعالیت های زیستی است (پنتی کاست 2005). در منطقه مورد مطالعه لامیناسیون فقط به صورت صفحه ای دیده می شود.

## چینه نگاری معدن سفید ورتون

در این معدن کلیه لیتولوژی مشاهده شده از نوع کربنات های غیر دریایی است که شامل تراورتن و توفایا به شرح زیر می باشد.

## تراورتن

محصول چشمه های آهک ساز قدیمی است و به صورت پهنه های نسبتاً وسیعی دیده می شوند. در اغلب موارد لایه ها در ذخایر تراورتنی افقی هستند و یا با شیب ملایمی قرار گرفته است که تابع مورفولوژی سطح زمین است. تراورتن در معدن سفید ورتون بیشتر در قسمت پایین معدن متمرکز می باشد.

## توفا

رسوباتی با تراکم کم و نرم هستند که از رسوب لایه های نازک کربنات کلسیم یا به مقدار کمتر سیلیس در اطراف چشمه های آب سرد و یا به صورت پوششی در اطراف استلاکتیت ها یا استلاکمیت ها تشکیل می شوند. تופا در این معدن بیشتر در قسمت بالایی متمرکز است و بیشتر با آثار ساقه گیاهان متمرکز شده است (شکل 4).

### بررسی رخسارهها

ریز رخساره یا میکروفاسیس دربرگیرنده ی معیارهایی است که در مقاطع نازک در زیر میکروسکوپ به چشم می خورد (فیض نیا 1377). این معیارها در تراورتن عمدتاً بیولوژیکی و رسوب شناسی است. رخساره های موجود در این معدن رخساره استروماتولیتی و رخساره تופا می باشد.

### رخساره استروماتولیت

این رخساره معمولاً به صورت ساختمان های لامینه ولی موج دار بوده و در آن قسمت هایی مشاهده می شود که کاملاً متبلور شده اند. این ساختمان نتیجه ی روی هم انباشته شدن پوشش های جلبکی است. جلبک های آبی - سبز اساسی ترین موجود جهت ایجاد این ساختمان ها به نظر می رسند (فیض نیا 1377). زیرا این جلبک ها قشر های آلی را ایجاد نموده که مواد رسوبی کربناته ریز دانه را به هم چسبانده و در نتیجه لامینه های جلبکی - رسوبی ایجاد می کنند. البته این جلبک دارای اجزای سخت آهکی نبوده در نتیجه تنها لامیناسیون ایجاد شده به وسیله ی آن باقی می ماند. شکل رشد به وسیله شرایط محیطی و عوامل بیولوژیکی از جمله واکنش متفاوت جنس های مختلف جلبک به ته نشست مواد کربناته کنترل می شود. طبق نظر دانهام (1962) این سنگها در گروه بایندستون جای می گیرند.

تحلیل: این رخساره به دلیل دارا بودن پوشش جلبکی نشان دهنده محیط های کم عمق است که دمای آب در آنها به اندازه کافی سرد شده باشد. پس وجود این رخساره دور بودن از منشأ اصلی را نشان می دهد.

### رخساره تופا

این رخساره شامل رسوبات نرم و سست هستند که از بلور های ریز کربنات کلسیم تشکیل شده اند. این رخساره دارای تخلخل بالایی می باشد. این رخساره در معادن سفید، سفید متمایل به قرمز و لیمویی دیده می شود.

تحلیل: گیاهانی که در چشمه های آهکی زندگی می کنند، با برداشتن CO<sub>2</sub> از آب، نقش مهمی را در رسوب تופا ایفا می کنند.

### یافته های ژئوشیمیایی

میزان اکسید کلسیم  $\text{CaO}$  در نمونه ها این مطلب را نشان می دهد که آب های آهک ساز طی تشکیل این تراورتن ها ترکیب نسبتاً پایداری داشته است و این پایداری به دو صورت امکان پذیر است :

الف) یکنواختی لیتولوژی آهک های منشأ و نزدیکی آن ها به محل تشکیل تراورتن های منطقه

ب) عدم تغییر PH آب های تراورتن ساز در طول مدت رسوبگذاری کلسیت

در مورد تراورتن های معدن سفید ورتون مورد اول صادق است . زیرا همان طور که خواهیم دید ، بررسی های ژئوشیمیایی تغییر PH در خلال مدت رسوب گذاری را نشان می دهد.

وجود مقادیر بالای  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در معدن سفید نشان دهنده بالا بودن کانیهای رسی در این سنگ ها است. میزان  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  با مقادیر PH و Eh ارتباط مستقیم دارد و با میزان ناخالصی ها رابطه معکوس دارد. یعنی هر چه PH و Eh آب در طول زمان و در هنگام رسوبگذاری بالا باشد میزان  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  نیز بالا می رود در نتیجه میزان ناخالصی ها کاهش پیدا می کند و هر چه PH و Eh آب در طول زمان و در هنگام رسوبگذاری پایین باشد میزان  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  نیز پایین است، بدین ترتیب ته نشینی رسوب کربنات کم می شده است و در نتیجه ترکیبات اکسیدی دیگر مجال رسوب کردن یافته اند (موسوی و همکار 1382). اکثر ناخالصی ها در این توالی مربوط به اکسید های  $\text{SiO}_2$  ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ,  $\text{MgO}$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  می باشد به این معنی که آب های زیر زمینی در جریان عبور از واحد های سنگی یاد شده عناصر  $\text{Mg}$  ,  $\text{Fe}$  ,  $\text{Si}$  ,  $\text{Al}$  و غیره را در خود حل کرده و به سطح آورده اند و در آنجا به سبب تغییرات PH و Eh به همراه تراورتن ها و به صورت ناخالصی در آن ها ته نشین شده است.

### نتیجه گیری

با توجه به شواهدی همچون آثار استروماتولیت ، ساقه گیاهان و تופا در معدن سفید مشخص گردید که دمای آب به اندازه کافی جهت فعالیت جلبک ها ورشد گیاهان مناسب بوده و با توجه به دلایل ذکر شده می توان نتیجه گرفت که رخنمون های تراورتن در این معدن از سرچشمه اصلی دور بوده است. در این معدن می توان تغییرات را به صورت عمودی پیگیری کرد بدین صورت که در پایین معدن رخساره استروماتولیت وجود دارد و در قسمت های بالایی این رخساره به تופا تبدیل شده است. همچنین وجود آثار ساقه گیاهان در قسمت بالایی معدن نشان دهنده مناسب بودن شرایط رشد و کم عمق شدن حوضه را بیان می دارد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز XRF مشخص گردید که بیشترین ناخالصی مربوط به اکسید آلومینیوم است که نشان دهنده وجود کانیهای رسی در این معدن است. همچنین با وجود بالا بودن ناخالصی ها مشخص گردید که PH و EH آب در طول زمان و در هنگام رسوبگذاری پایین بوده است . با توجه به پایین بودن این مقادیر میزان اکسید آهن نیز پایین است و در عوض میزان ناخالصی ها از جمله  $\text{MgO}$  ,  $\text{K}_2\text{O}$  ,  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  بالا می باشد. رنگ سفید این معدن نیز میزان پایین اکسید آهن را اثبات می کند با توجه به مطالعات میکروفابریک و مزوفابریک (تخلخل)

می توان حدس زد قسمت های پایین این معدن ترموژن و قسمت های بالایی آن به خاطر وجود آثار حیات بیوژن می باشد.

## منابع

خسرو تهرانی، خ.، 1360، شناخت رخساره های رسوبی در مقیاس میکروسکوپی ، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران ، 352 ص .

رادفر، ج.، 2002، نقشه چهارگوش 1:100000 منطقه کوهپایه ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور .

رئیزی، م.، 1386، مطالعات موردی مجموعه های تراورتن جنوب روستای میلا جرد در شمال غرب اردستان (اصفهان) . پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

رحیم پوربناب، ح.، 1384، سنگ شناسی کربناته، انتشارات دانشگاه تهران ، 487 ص.

سحابی ف.، 1375 ، سنگ شناسی رسوبی ، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران . 256 ص .

قربانی م.، (1382) ، مبانی آتشفشان شناسی با نگرشی بر آتشفشان های ایران ، انتشارات آراین زمین ، 362 ص

فیض نیا س.، 1377 ، سنگ شناسی رسوبی کربناته ، دانشگاه امام رضا(ع) ، 304 ص .

موسوی م ، اکبری ع.، (1382) ، بررسی چشمه های آهک ساز و تراورتن های منطقه تکاب ، فصلنامه زمین شناسی ایران ، شماره اول ، صفحات 65-71.

Flugel , E . 2004 : Microfacies of carbonate Rocks . Analysis Interpretation and Application springer . Verlag Berlin , Heidelberg , Germany.

Pentecost , A . 2005 : Travertine , springer – Verlag Berlin Heidelberg , Netherland , 445p.