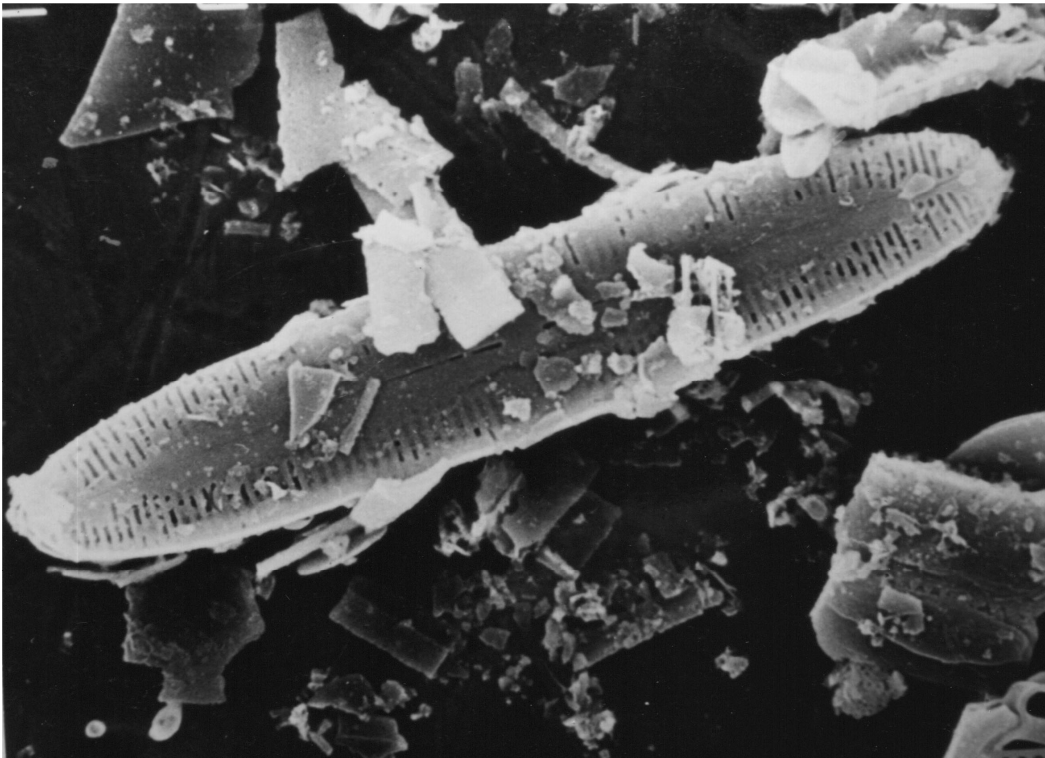




وزارت صنایع و معادن  
سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور  
معاونت اکتشافات مدنی  
مدیریت کانه‌آرایی و فرآوری

## فرآوری دیاتومیت ممقان استان آذربایجان شرقی



توسط :

**میرزا آقا محمدی**

با همکاری:

**سید عباس فاضلی**

بهمن ۱۳۸۸

## تقدیر و تشکر

سپاس فراوان خداوندی را که توفیق عطا فرمود تا انجام این تحقیق به پایان رسد. در انجام این تحقیق افراد زیادی سهمیم بودند و بدون شک بدون همکاری و همفکری آن عزیزان انجام این مهم، سخت و دشوار می‌نمود. لذا بر خود لازم می‌بینم که از زحمات افراد ذیل تشکر و قدردانی نمایم:

از جناب آقای مهندس عابدیان معاونت محترم اکتشاف به خاطر فراهم آوردن مقدمات نمونه‌برداری و آقای دکتر رئیسی مدیریت محترم کانه‌آرایی و فرآوری به خاطر پشتیبانی مجدانه از کارهای تحقیقاتی و ویراستاری گزارش.

از مدیریت آزمایشگاهها جناب آقای مهندس معمار سرکار خانم جانبخش و سرکار خانم دالوند به خاطر همکاری و تسریع در آنالیز نمونه‌ها.

از همکاران گروه XRD سرکار خانم مهندس نوربخش و خانم مهندس جعفری از تکنسین گروه فرآوری آقای شیرازی به خاطر نهایت دقت در آماده سازی نمونه و کمک در انجام آزمایشها.

## چکیده

طبق مطالعات قبلی ذخیره قطعی دیاتومیت بمقان با عیار بیش از ۱۰ درصد دیاتومیت ۵۹۸ هزار تن تخمین زده شده است. عیار متوسط آن نیز ۳۹/۶ درصد تعیین شده است. همچنین میانگین نسبت باطله‌برداری به ماده معدنی در بهترین قسمت ۷۰ تن باطله‌برداری به ازای یک تن دیاتومیت می‌باشد. ضخامت متوسط عدسی‌های دیاتومیتی در افق‌های مختلف از ۰/۴۳ تا ۱/۳۷ متر متغیر است. افق‌های دیاتومیتی از نظر ترکیب یکنواخت نبوده و دیاتومیت در داخل آنها بصورت عدسی‌های کوچکتری تشکیل گردیده و بقیه قسمت لایه از توف و رس‌های سفید رنگ تشکیل یافته است که کاملاً مشابه دیاتومیت بوده و ممکن است به اشتباه دیاتومیت تلقی شود.

جمع‌بندی نتایج گذشته‌ی خواص سنجی و فرآوری در مورد این کانسار نیز نشان داده است که امکان پرعیار سازی آن به هیچ روش متداولی امکان پذیر نبوده و قابلیت کاربرد به عنوان کمک فیلتر را ندارد.

طبق مطالعات انجام شده در این تحقیق کانسار دیاتومیت بمقان حاوی ۸۱ درصد  $\text{SiO}_2$ ، ۵ درصد  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، ۱/۷۸ درصد  $\text{CaO}$ ، ۱/۵۸ درصد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و ۱/۴۷ درصد  $\text{Cl}$  (معادل ۲/۴۲ درصد هالیت) است. با توجه به این آنالیز دیاتومیت بمقان مناسب برای فیلتراسیون، عایق‌های حرارتی و پرکننده نیست. نتایج مطالعات XRD نشان می‌دهد که نمونه حاوی فاز آمورف، فلدسپار (آنورتیت) (۲۶٪)، کوارتز (۸٪)، کریستوبالیت (۲۰٪)، اپال نوع A (۴۰٪) (دیاتومه) و هالیت (۴٪) می‌باشد. این مقدار دیاتومه مطابق با مقدار متوسط بدست آمده از مطالعات اکتشاف کانسار فوق می‌باشد. طبق آزمایشات خواص سنجی رطوبت نمونه برابر ۱/۸۶ درصد، وزن مخصوص ظاهری آن  $(\text{g}/\text{cm}^3)$  ۰/۷۴، وزن مخصوص واقعی  $(\text{g}/\text{cm}^3)$  ۲/۲۱، وزن مخصوص کیک تر  $(\text{g}/\text{cm}^3)$  ۰/۸۶ و نفوذپذیری  $(\mu\text{m}^2)$  ۰/۰۰۱ است. با توجه به این مطالعات دیاتومیت بمقان قابلیت کاربرد در فیلتراسیون را ندارد. اسکراب- طبقه‌بندی، اسید شوئی، کلسیناسیون ساده و ترکیبی از آنها محصول مناسب برای فیلتراسیون را به وجود نیاورد. آزمایش کلسیناسیون گدازشی نشان داد بهترین نتیجه از نظر نفوذپذیری در مقدار کربنات سدیم ۵ درصد، دمای ۹۰۰ درجه و زمان کلسیناسیون ۱ ساعت حاصل شد. طی این عمل نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۴۲ افزایش می‌یابد. این محصول تنها محصول قابل کاربرد جهت فیلتراسیون است. با این وجود مقدار نفوذپذیری حاصل ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از محصولات مشابه موجود در بازار است.

با توجه به این شواهد و قرائن پیشنهاد می‌شود کار تحقیقاتی بیشتر و ساخت پایلوت برای فرآوری این کانسار انجام نگیرد.

## فهرست مطالب

فصل ۱ کلیات .....	۱
۱- مقدمه .....	۱
۲- تاریخچه .....	۲
۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی دیاتومیت .....	۳
۱-۳- مشخصات فیزیکی .....	۳
۲-۳- مشخصات شیمیایی دیاتومیت .....	۵
۳-۳- مشخصات بلورشناسی دیاتومیت .....	۵
۴- زمین شناسی و منشاء .....	۶
۵- انواع کانسارهای دیاتومیت .....	۱۰
۶- روش های عمده اکتشاف دیاتومیت .....	۱۳
۷- روش های عمده استخراج دیاتومیت .....	۱۵
۸- روشهای متداول فرآوری دیاتومیت .....	۱۷
۱-۸- فرآوری طبیعی .....	۱۷
۲-۸- کلسیناسیون .....	۱۸
۳-۸- کلسیناسیون گدازشی .....	۱۹
۹- مصارف عمده دیاتومیت .....	۲۰
۱-۹- فیلتراسیون .....	۲۲
۱-۹-۱- استفاده از دیاتومیت در تصفیه شکر و سایر شیرین کننده ها .....	۲۴
۲-۹-۱- تصفیه روغن ها و چربی های حیوانی و گیاهی .....	۲۵
۳-۹-۱- تصفیه نوشیدنی های الکلی .....	۲۵
۴-۹-۱- تصفیه آب .....	۲۶
۵-۹-۱- روند آتی مصرف دیاتومیت در صنایع فیلتر .....	۲۷
۲-۹- پرکننده: .....	۲۸
۱-۲-۹- دیاتومیت در صنعت رنگ .....	۲۹



۳۰	..... ۲-۲-۹ تولید رنگ و بازار مصرف دیاتومیت
۳۱	..... ۳-۲-۹ استفاده از دیاتومیت در ساخت پلاستیک
۳۲	..... ۴-۲-۹ مصرف دیاتومیت در صنایع کاغذ سازی
۳۲	..... ۵-۲-۹ استفاده از دیاتومیت در تولید لاستیک
۳۳	..... ۶-۲-۹ دیاتومیت در سیمان
۳۳	..... ۷-۲-۹ سایر کاربردهای دیاتومیت بعنوان پرکننده
۳۳	..... ۳-۹ جذب کننده :
۳۴	..... ۴-۹ مصارف دارویی :
۳۴	..... ۵-۹ دیاتومیت در ساخت عایق‌ها
۳۴	..... ۱-۵-۹ عایق‌های حرارتی
۳۵	..... ۲-۵-۹ عایق‌های صوتی
۳۵	..... ۶-۹ دیاتومیت در ساینده‌ها
۳۶	..... ۷-۹ دیاتومیت بعنوان حمل کننده کاتالیزورها
۳۶	..... ۸-۹ استفاده از دیاتومیت در کشاورزی
۳۷	..... ۹-۹ کاربردهای ویژه و جدید برای دیاتومیت
۳۷	..... ۱-۹-۹ دیاتومیت به عنوان یک حشره کش
۳۸	..... ۲-۹-۹ دیاتومیت در فرآیندهای استحصال شیمیایی
۴۰	..... ۱۰-۹ مشخصات فنی و استانداردها برای کاربردهای مختلف
۴۰	..... ۱-۱۰-۹ فیلتراسیون
۴۵	..... ۲-۱۰-۹ پرکننده
۴۹	..... ۳-۱۰-۹ سایر کاربردها
۵۳	..... ۱۱-۹ جایگزین‌ها
۵۳	..... ۱۲-۹ صنایع مصرف کننده دیاتومیت در ایران
۵۴	..... ۱۰- پارامترهای اقتصادی
۵۴	..... ۱-۱۰ ذخایر عمده دیاتومیت در جهان
۵۷	..... ۲-۱۰ ذخایر و پراکندگی دیاتومیت در ایران
۶۰	..... ۳-۱۰ میزان و روند تولید دیاتومیت در جهان
۶۱	..... ۴-۱۰ میزان تولید دیاتومیت و روند آن در ایران
۶۳	..... ۵-۱۰ میزان صادرات دیاتومیت جهان
۶۴	..... ۶-۱۰ میزان واردات دیاتومیت جهان
۶۴	..... ۷-۱۰ میزان واردات دیاتومیت در ایران
۶۵	..... ۸-۱۰ بررسی قیمت‌های جهانی دیاتومیت

- ۹-۱۰- بررسی قیمت‌های داخلی دیاتومیت ..... ۶۵
- ۱۰-۱۰- پیش‌بینی عرضه و تقاضا در آینده (جهان) ..... ۶۶

## فصل ۲ کانسار دیاتومیت ممقان ..... ۶۷

- ۱- موقعیت جغرافیایی کانسار ..... ۶۷
- ۲- راه دسترسی به منطقه ..... ۶۷
- ۳- موقعیت اجتماعی منطقه ..... ۶۷
- ۴- شرایط آب و هوایی ..... ۶۸
- ۵- پیشینه مطالعات اکتشافی ..... ۶۸
- ۶- پیشینه مطالعات خواص سنجی و فرآوری ..... ۶۹
- ۷- پیشینه مطالعات فنی و اقتصادی ..... ۷۰

## فصل ۳: مطالعات آزمایشگاهی ..... ۷۱

- ۱- نمونه‌برداری ..... ۷۱
- ۲- آماده‌سازی نمونه ..... ۷۱
- ۳- تعیین ترکیب شیمیایی نمونه دیاتومیت ممقان ..... ۷۲
- ۴- تعیین ترکیب کانی‌شناسی نمونه دیاتومیت ممقان ..... ۷۴
- ۵- تعیین مقدار عناصر سمی و مضر نمونه دیاتومیت ممقان ..... ۷۷
- ۶- تعیین خصوصیات فیزیکی ..... ۷۷
- ۷- تعیین pH ..... ۷۷
- ۸- مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) ..... ۷۷
- ۹- تعیین نفوذپذیری دیاتومیت ممقان ..... ۸۱

۸۳	۱۰- اسکراب و طبقه‌بندی
۸۷	۱۱- اسید شوئی
۹۱	۱۲- اسکراب- اسید شوئی
۹۱	۱۳- کلسیناسیون
۹۶	۱۴- اسکراب- کلسیناسیون
۹۶	۱۵- لیچینگ-کلسیناسیون
۹۶	۱۶- کلسیناسیون گدازشی
۱۰۱	فصل ۴: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۰۱	۱- نتیجه‌گیری
۱۰۱	۱-۱ مطالعه سوابق موضوع
۱۰۲	۱-۲-۱- پیشینه مطالعات کانسار دیاتومیت ممقان
۱۰۲	۱-۲-۱-۱- پیشینه مطالعات اکتشافی
۱۰۲	۱-۲-۱-۲- پیشینه مطالعات خواص سنجی و فرآوری
۱۰۳	۱-۲-۱-۳- پیشینه مطالعات فنی و اقتصادی
۱۰۳	۱-۳-۱- مطالعات انجام شده در این تحقیق
۱۱۶	مراجع

## فهرست جداول

- جدول (۱-۱): خواص دیاتومه طبیعی و تکلیس شده ..... ۴
- جدول (۲-۱): ترکیب شیمیایی دیاتومیت های مناطق مختلف جهان ..... ۷
- جدول (۳-۱): کاربردهای عمده دیاتومیت در صنایع مختلف ..... ۲۱
- جدول (۴-۱): خواص فیزیکی دیاتومیت های مناسب برای کمک فیلتر ..... ۴۱
- جدول (۵-۱): آنالیز شیمیایی دیاتومیت های مناسب برای کمک فیلتر برحسب درصد ..... ۴۱
- جدول (۶-۱): خواص فیزیکی کمک فیلترهای دیاتومیتی Celatom ..... ۴۲
- جدول (۷-۱): خواص معمول کمک فیلترهای دیاتومیتی Clarcel ..... ۴۳
- جدول (۸-۱): خواص معمول کمک فیلترهای Celite ..... ۴۳
- جدول (۹-۱): خواص معمول کمک فیلترهای Decalite ..... ۴۴
- جدول (۱۰-۱): خواص معمول پرکننده های دیاتومیتی Celatom ..... ۴۵
- جدول (۱۱-۱): خواص فیزیکی معمول پرکننده های دیاتومیتی Diafil ..... ۴۶
- جدول (۱۲-۱): خواص معمول پرکننده های دیاتومیتی Clarcel ..... ۴۶
- جدول (۱۳-۱): مشخصات فنی دیاتومیت مورد مصرف در تولید رنگ طبق استاندارد BS 1795 ..... ۴۷
- جدول (۱۴-۱): خواص مواد معدنی پرکننده- روان کننده مورد استفاده در صنعت رنگ ..... ۴۸
- جدول (۱۵-۱): خواص ویژه مورد نظر در ساخت انواع رنگها و نوع دیاتومیت مناسب ..... ۴۸
- جدول (۱۶-۱): خواص دیاتومیت Celite مصرفی در ساخت لاستیک ..... ۴۹
- جدول (۱۷-۱): خواص معمول دیاتومیت های Celite که به عنوان ساینده به کار می روند ..... ۵۰
- جدول (۱۸-۱): خواص دیاتومیت Celite مناسب برای استفاده در ساخت پلی اتیلن ..... ۵۱
- جدول (۱۹-۱): خواص دیاتومیت های Celite مناسب برای استفاده در کشاورزی ..... ۵۱
- جدول (۲۰-۱): مشخصات معمول دیاتومیت مصرفی در جمع آوری مایعات سمی و نفتی ..... ۵۲
- جدول (۲۱-۱): میزان ذخایر پایه و اقتصادی دیاتومیت جهانی در سال ۲۰۰۸ (میلیون تن) ..... ۵۴
- جدول (۲۲-۱): میزان ذخایر جهانی سال ۲۰۰۱ (میلیون تن) ..... ۵۵
- جدول (۲۳-۱): میزان تولید جهانی دیاتومیت در سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ (هزار تن) ..... ۶۲
- جدول (۲۴-۱): میزان تولید دیاتومیت در ایران طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ ..... ۶۲
- جدول (۲۵-۱): میزان صادرات جهانی دیاتومیت طی سالهای ۱۹۹۷-۲۰۰۱ (هزار تن) ..... ۶۳
- جدول (۲۶-۱): میزان واردات جهانی دیاتومیت طی سالهای ۱۹۹۷-۲۰۰۱ (هزار تن) ..... ۶۴
- جدول (۲۷-۱): مقدار واردات خاکهای سیلیسی از سال ۶۸-۷۸ در ایران ..... ۶۵

- جدول (۱-۳): ترکیب شیمیایی نمونه دیاتومیت ممقان ..... ۷۴
- جدول (۲-۳): ترکیب کانی شناسی نمونه دیاتومیت ممقان ..... ۷۵
- جدول (۳-۳): خصوصیات فیزیکی دیاتومیت ممقان ..... ۷۷
- جدول (۴-۳): نتایج آنالیز ICP دیاتومیت ممقان ..... ۷۸
- جدول (۵-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل دیاتومیت ممقان ..... ۸۳
- جدول (۶-۳): آنالیز شیمیایی فراکسیون‌های اسکراب-تجزیه سرندی ..... ۸۴
- جدول (۷-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۴۵ مش ..... ۸۵
- جدول (۸-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۱۴۰ مش ..... ۸۵
- جدول (۹-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۶۳۵ مش ..... ۸۵
- جدول (۱۰-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل -۶۳۵ مش ..... ۸۶
- جدول (۱۱-۳): داده‌های نفوذپذیری و وزن مخصوص کیک تر محصولات اسکراب دیاتومیت ممقان ..... ۸۶
- جدول (۱۲-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل محصول ۲۳۰- مش نرمه‌گیری شده آزمایش اسکراب شده ..... ۸۷
- جدول (۱۳-۳): آنالیز شیمیایی پسماند لیچینگ اسید دیاتومیت ممقان ..... ۸۸
- جدول (۱۴-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل پسماند اسید سولفوریک ..... ۸۹
- جدول (۱۵-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل پسماند اسید کلریدریک ..... ۸۹
- جدول (۱۶-۳): عوامل و سطوح آن ..... ۹۱
- جدول (۱۷-۳): طرح آزمایش‌ها به همراه نفوذپذیری آنها در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان ..... ۹۴
- جدول (۱۸-۳): جدول ANOVA در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان ..... ۹۴
- جدول (۱۹-۳): عوامل و سطوح آن در کلسیناسیون گدازشی ..... ۹۷
- جدول (۲۰-۳): طرح آزمایش‌ها به همراه نفوذپذیری آنها در کلسیناسیون گدازشی ..... ۹۸
- جدول (۲۱-۳): جدول ANOVA در کلسیناسیون گدازشی ..... ۹۸

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): توزیع جغرافیایی ذخائر شناخته شده جهان ..... ۱۲
- شکل (۲-۱): درصد مصرف دیاتومیت در صنایع مختلف در جهان ..... ۲۰
- شکل (۳-۱): میزان و روند تولید دیاتومیت در جهان ..... ۶۱
- شکل (۴-۱): نمودار تغییرات قیمت دیاتومیت ..... ۶۶
- شکل (۱-۳): نمونه‌ای از لایه دیاتومیت و نمونه‌برداری از آن ..... ۷۲
- شکل (۲-۳): فلوشیت آماده‌سازی نمونه اولیه دیاتومیت ممقان ..... ۷۳
- شکل (۳-۳): نمودار XRD دیاتومیت ممقان ..... ۷۶
- شکل (۴-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۲۰۰) ..... ۷۹
- شکل (۵-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۲۰۰۰) ..... ۷۹
- شکل (۶-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۳۰۰۰) ..... ۸۰
- شکل (۷-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۳۰۰۰) ..... ۸۰
- شکل (۸-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۷۰۰۰) ..... ۸۱
- شکل (۹-۳): تجهیزات مورد استفاده برای آزمایش نفوذپذیری ..... ۸۲
- شکل (۱۰-۳): دستگاه مورد استفاده برای آزمایش اسکراب ..... ۸۴
- شکل (۱۱-۳): تجهیزات مورد استفاده برای آزمایش لیچینگ ..... ۸۸
- شکل (۱۲-۳): نمودار XRD پسماند لیچینگ ..... ۹۰
- شکل (۱۳-۳): کلسیناسیون دیاتومیت در داخل کوره ..... ۹۲
- شکل (۱۴-۳): دیاتومیت کلسینه پس از خروج از کوره ..... ۹۳
- شکل (۱۵-۳): دیاتومیت کلسینه پس از سرد شدن ..... ۹۳
- شکل (۱۶-۳): کیک دیاتومیت کلسینه پس از آزمایش نفوذپذیری ..... ۹۴
- شکل (۱۷-۳): تاثیر دما بر نفوذپذیری در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان ..... ۹۵
- شکل (۱۸-۳): تاثیر زمان بر نفوذپذیری در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان ..... ۹۵
- شکل (۱۹-۳): اندرکنش دما و زمان در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان ..... ۹۶
- شکل (۲۰-۳): تاثیر درصد کربنات سدیم بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی ..... ۹۹
- شکل (۲۱-۳): تاثیر دما بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی ..... ۹۹
- شکل (۲۱-۳): تاثیر زمان بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی ..... ۱۰۰

# فصل ۱

## کلیات

### ۱- مقدمه

دیاتومیت به سنگ‌های رسوبی متشکل از ذرات ریز و بی شکل سیلیس حاصل از تجمع پوسته یا اسکلت‌های فسیل شده جلبک‌ها و گیاهان و جانوران میکروسکوپی و تک سلولی به نام دیاتومه اطلاق می‌شود. از نظر واژه شناسی، دیاتومیت به اسامی دیگری چون *خاک‌های دیاتومیتی*، *کیزلگور*<sup>۱</sup>، *پودر تریپولی*، *تریپولیت* و *خاکهای اینفوزوریا*<sup>۲</sup> تقریباً مترادف است. مولر نیز نوعی خاک دیاتومیتی است که دارای رسهای پلاستیک می‌باشد. واژه *تریپولی* اغلب مترادف با دیاتومیت به کار می‌رود ولی در واقع تریپولی نوعی رسوبات سیلیکاتی بسیار ریز دانه است که به عنوان ساینده کاربرد دارد و منشا بقایای گیاهی را ندارد. در مناطقی در لیبی و الجزایر (در نزدیکی بندر تریپولی) به اشتباه به دیاتومیت تریپولی گفته می‌شود. همچنین به ندرت واژه *میرشام* نیز برای توصیف دیاتومیت استفاده شده که در حقیقت میرشام نوعی رس است که منشا فسیلی دارد [۱،۲].

از نقطه نظر زمین شناسی اقتصادی، واژه دیاتومیت به رسوباتی از تجمع اسکلت سیلیسی دیاتومه‌ها اطلاق می‌شود که ضخامت کافی جهت استفاده داشته باشند و بیشتر در کمربندهای افیولیتی رخنمون دارند. واژه‌های دیگری چون دیاتومیت رس دار، رس دیاتومیت دار و یا خاک دیاتومیتی به تجمع بقایای دیاتومه‌های ناخالص اطلاق می‌شود [۱،۲].

---

<sup>1</sup>-Kieselghur

<sup>2</sup>-Infusorial earth

دیاتومه ها موجودات تک سلولی بسیار ریزی هستند که متعلق به خانواده جلبک‌های دریایی باسیلاریوفیس (طلائی - قهوه ای) هستند. سلولهای زنده دیاتومه ها با پوشش نازک و ژل ماندی که اغلب رنگی قهوه‌ای دارد، پوشیده شده اند. تمرکز بسیار زیاد دیاتومه‌ها در آبهای ساحلی به عنوان یک آلاینده آب عمل می‌کند و در بعضی موارد باعث تولید اسید دامیک می‌شود که اسیدی سمی است و بر سیستم عصبی جانوران اثر سوء داشته و می‌تواند باعث مرگ آنها نیز بشود. رسوبات دیاتومیتی معمولاً ریزدانه بوده و عمدتاً از سیلیس بی شکل اپالی تشکیل شده است. همراه سیلیس معمولاً مقدار کمی مواد آلی، رس و ندرتاً رسوبات آتشفشانی نیز وجود دارد [۲،۱].

## ۲- تاریخچه

اولین کاربرد دیاتومیت به حدود ۲۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد. یونانیان از خاک های دیاتومیتی سبک وزن در ساخت آجرهای ساختمانی و وسایل و ظروف سفالی یا سرامیکی استفاده می کردند. همچنین در قرن ششم میلادی از آجرهای دیاتومیتی در ساخت کلیسای شهر قسطنطنیه استفاده شده است.

با توجه به اینکه مصالح دیاتومیتی در مقابل فرسایش خیلی مقاوم نیستند، از کاربردهای مشابه در نقاط دیگر جهان شواهد زیادی موجود نیست. در اوایل قرن نوزدهم خواص منحصر به فرد دیاتومیت شناسایی و کاربردهایی نیز برای آن معرفی و توسعه داده شد. یکی از مهمترین کاربردهای اولیه دیاتومیت در اواسط دهه ۱۸۶۰ میلادی توسط آلفرد نوبل و در ساخت دینامیت بود. استفاده از دیاتومیت برای جذب نیتروگلیسرین مایع و افزایش ایمنی در حمل و نقل آن بود. از دیگر کاربردهای اولیه دیاتومیت می‌توان به استفاده از آن در ساخت آجرهای نسوز و عایق کوره‌ها اشاره کرد. نخستین تولید اقتصادی دیاتومیت در سال ۱۸۸۴ از ذخایر مریلند آمریکا صورت گرفت. در ابتدا دیاتومیت به عنوان عایق لوله‌ها استفاده می‌شد ولی در سال ۱۸۸۹ برای نخستین بار دیاتومیت به عنوان کمک فیلتر و برای تصفیه شکر خام مورد استفاده قرار گرفت [۲].

در دهه ۱۹۲۰ میلادی با پیشرفت تکنولوژی و تهیه دیاتومیت کلسینه و کلسینه فلاکس (گدازه‌ای) کاربردهای متنوع دیگری نیز برای دیاتومیت به وجود آمد. در این فرایند جهت کلسینه کردن از مواد کمک ذوب نیز استفاده می‌شود. در خلال جنگ جهانی دوم از خاصیت جذب رطوبت دیاتومیت در تولید رنگهای ضد زنگ جهت مصرف در ماشین آلات جنگی استفاده شد. پس از جنگ جهانی دوم، تولید و مصرف دیاتومیت رو به افزایش گذشت و در حال حاضر کشور آمریکا بزرگترین تولید کننده و مصرف کننده دیاتومیت در جهان است [۲].



### ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی دیاتومیت

#### ۳-۱- مشخصات فیزیکی

دیاتومیت طبیعی و خالص به رنگ سفید است ولی وجود ناخالصی‌هایی نظیر مواد آلی، کربنات‌ها، رس‌ها و اکسیدهای آهن و خاکسترهای آتشفشانی ممکن است رنگ آن را تیره و حتی سیاه کند. اسکلت سیلیسی علاوه بر داشتن ۲ تا ۹ درصد آب در شبکه خود، حاوی مقدار کمی آلومینیوم، آهن و فلزات قلیایی خاکی است. این ترکیب به همراه ساختمان ظریف و پیچیده اسکلت و ساختمان منحصر بفرد فیزیکی آن باعث شده است دیاتومیت خواص ویژه‌ای چون وزن مخصوص کم، سطح مخصوص بالا، قدرت جذب فراوان، عایق بودن در برابر حرارت و تخلخل بالا را دارا باشد. به همین خاطر است که در خیلی از موارد هیچ ماده‌ای نمی‌تواند جانشین آن بشود [۲].

دیاتومه‌ها از دو کفه در هم فرو رفته صدف سیلیسی (فراستل) که به اشکال بسیار متنوعی در طبیعت وجود دارند، تشکیل شده‌اند. اساس رده‌بندی دیاتومه‌ها گاهی بر اساس همین اشکال متنوع است. اسکلت و یا صدف سیلیسی دیاتومه‌ها از نظر هندسی متقارن بوده و به شکلهای متفاوتی از قبیل کره‌ای، استوانه‌ای، دیسکی، نردبانی و سوزنی یافت می‌شوند. ابعاد صدفهای دیاتومه‌ها از یک میکرون تا بیش از یک میلی متر متغیر است و به طور متوسط، اندازه آنها در جهت قطر بین ۱۰ تا ۲۰۰ میکرون است.

چگالی ظاهری نمونه‌ی سنگ بر جا خشک شده‌ی دیاتومیت بین ۳۲۰ تا ۶۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب اندازه گیری شده است. ولی نمونه‌های پودر شده و فرآوری شده‌ی آن پس از کلسیناسیون چگالی بین ۸۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب دارند.

ساختمان ویژه دیاتومه‌ها علاوه بر ایجاد خاصیت جذب بالا، به دیاتومیت خاصیت عایق بودن در برابر حرارت را می‌دهد. سختی اسکلت دیاتومه‌ها بین ۴ تا ۵ در مقیاس موس است ولی پس از فرآوری ممکن است به ۵/۵ تا ۶ نیز برسد. تردی و میل طبیعی اسکلت دیاتومه‌ها به شکستن و خرد شدن، احساس کاذبی در مورد سختی سنگ دیاتومیت ایجاد می‌کند. این سختی نسبتاً بالا باعث می‌شود تا دیاتومیت به عنوان یک ساینده متوسط و ظریف در صنایع کاربرد داشته باشد.

دیاتومیت به دلیل وجود ۸۰ تا ۹۰ درصد فضای خالی، قادر است بین ۱/۵ تا ۳ برابر وزن خود آب جذب کند. این فضای خالی هم به دلیل ساختمان متخلخل صدفهای دیاتومه‌ها و هم به دلیل فضای خالی بین صدفها و ناشی از اشکال متنوع آنها است. نمونه‌های سنگ طبیعی و بر جای دیاتومیت دارای ۱۰ تا ۶۵ درصد آب هستند [۲].

نقطه ذوب دیاتومیت به درجه خلوص سنگ بستگی دارد و از ۱۷۵۰-۱۰۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است. فرآوری دیاتومیت باعث بهبود بعضی از خواص فیزیکی دیاتومیت می‌شود. ضریب شکست نور آن نیز بین ۱/۴۱ تا ۱/۴۸ متغیر است.

تکلیس دیاتومیت می‌تواند باعث بهبود خواص آن از قبیل افزایش وزن مخصوص ( از ۲ تا ۲/۳)، سختی ( از ۵/۵ تا ۶)، افزایش اندیس انعکاس ( از ۱/۴ تا ۱/۴۹) و کاهش سطح ویژه شود (جدول (۱-۱)). عمل تکلیس در کوره دوار انجام می‌شود. تکلیس بدون کمک ذوب در دمای ۱۰۹۳-۸۷۰ درجه سیلسیوس و با کمک ذوب کربنات سدیم در دمای ۱۱۴۸ درجه سانتی گراد صورت می‌گیرد. به طور کلی ۳ تا ۷ درصد وزنی بار کوره کمک ذوب افزوده می‌شود. عمل تکلیس باعث سوختن مواد آلی همراه می‌شود و محصول کلسینه ساده، صورتی، سفید و کلسینه مرکب، سفیدرنگ است [۲].

جدول (۱-۱): خواص دیاتومیت طبیعی و تکلیس شده [۲]

ویژگی	طبیعی	کلسیناسیون ساده	کلسیناسیون با کمک ذوب
رنگ	سفید مات	صورتی	سفید
رطوبت	۴ درصد	-	-
وزن مخصوص	۲	۲/۲	۲/۳
pH	۸	۷	۱۰
اندیس انعکاس	۱/۴	۱/۴۶	۱/۴۹
SiO <sub>2</sub>	۸۹/۲۰	۹۲/۸۰	۸۹/۵۰
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	۴/۰۰	۴/۲۰	۴/۱۰
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱/۵۰	۱/۶۰	۱/۵۰
CaO	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۰
MgO	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰
Na <sub>2</sub> O	-	-	۳/۵۰
دیگر اکسیدها	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰

دیاتومیت هدایت حرارتی پائینی دارد که با افزایش ناخالصی و چگالی افزایش می‌یابد. کلسیناسیون باعث افزایش سختی و چگالی دیاتومیت می‌شود. در مواردی که نیاز به سطح مخصوص

کمتری است، کلسیناسیون پودر دیاتومیت سطح مخصوص آن را از ۱۰ تا ۳۰ متر مربع بر گرم به ۰/۵ تا ۵ متر مربع بر گرم کاهش می‌دهد.

وجود مواد غیر دیاتومیتی بر خواص نهایی محصول که شامل pH، درصد مواد محلول، چگالی و ساینده‌گی است تاثیر می‌گذارد. در چنین مواردی ارزش اقتصادی دیاتومیت برای بعضی از کاربردها کاهش می‌یابد. مگر اینکه از روش‌های فرآوری برای حذف ناخالصی‌های مضر استفاده شود.

### ۲-۳- مشخصات شیمیایی دیاتومیت

سیلیس بدنه اصلی ترکیب شیمیایی سنگ دیاتومیت را تشکیل می‌دهد و مقدار سیلیس بسته به کیفیت سنگ از ۸۶ تا ۹۴ درصد متغیر است. سیلیس موجود در اسکلت دیاتومه‌ها بی شکل، آبدار و شبیه به اپال (با فرمول شیمیایی  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ، سیلیس بی شکل و آبدار) است. مقدار آب موجود در ساختمان دیاتومه از ۱/۹ تا ۹/۶ درصد وزنی متغیر است. پس از سیلیس، آلومینیوم و آهن بیشترین سهم را در ترکیب شیمیایی دیاتومیت دارند. وجود آلومینیوم و آهن به دلیل حضور آنها در ترکیب اسکلت دیاتومه‌ها و هم در ترکیب تعدادی از ناخالصی‌های همراه است. معمولاً به همراه سیلیس دیاتومه‌ای مقادیر متغیری از مواد آلی، نمکهای محلول و ذراتی از کانیهای دیگر به طور هم زمان رسوب می‌کنند. ماسه، رس، کربناتها و خاکسترهای آتشفشانی از جمله ناخالصی‌های همراه دیاتومیت محسوب می‌شوند. فلدسپاتها، میکا، آمفیبول، پیروکسن، روتیل و زیرکن ناخالصیهای ثانویه‌ای هستند که پس از هوازدگی و حمل در اطراف ذخایر دیاتومیتی تجمع حاصل می‌کنند. در جدول (۲-۱) ترکیب شیمیایی دیاتومیت‌های مناطق مختلف جهان نشان داده شده است [۲].

از نظر خواص شیمیایی، دیاتومیت تا حد زیادی مشابه سیلیس است. دیاتومیت از نظر شیمیایی خنثی بوده و با اکثر مایعات و محلولها میل ترکیب ندارد.

### ۳-۳- مشخصات بلورشناسی دیاتومیت

اسکلت دیاتومه‌ها از دو کفه درهم فرو رفته صدف سیلیس که به اشکال بسیار متنوعی در طبیعت وجود دارند، تشکیل شده است. از آنجا که دیاتومیت در اصل بازمانده‌های اسکلت سیلیسی دیاتومه‌ها است، از لحاظ بلور شناسی رسوبات دیاتومیتی معمولاً ریزدانه بوده و عمدتاً از سیلیس بی شکل اپالی تشکیل شده است. اسکلت سیلیسی یا فراستل دیاتومه‌ها از نوعی سیلیس بی شکل (آمورف) تشکیل شده است که از نظر ترکیب شیمیایی بسیار شبیه اپال است [۲].

مقدار آب موجود در این ترکیب اکثراً از ۲ تا ۹ درصد متغیر بوده ولی در مواردی تا ۲۰ درصد نیز گزارش شده است. هر چند این نوع از سیلیس به صورت بلورین رشد نمی‌کند ولی

ساختمان آن به شدت منظم است. مولکولهای مجزای سیلیس کروی به صورتهای شش وجهی و یا مکعبی مرتب شده و به یکدیگر می پیوندند. فضای خالی بین این مولکولها را آب پر می کند. اگر چه پوسته سیلیسی دیاتومه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری غیر بلورین به نظر می رسد، ولی مطالعات پراش اشعه ایکس نشان می دهد که دیاتومیت در ناحیه منحنی اصلی کریستوبالیت پیک گسترده‌ای را می سازد و از این جهت به آن میکروآمورف نیز می گویند.

به دلیل ساختمان ظریف اسکلت دیاتومه‌ها، ذخائری که تحت تاثیر دگرگونی و هوازدگی کمتری قرار گرفته باشند از ارزش بیشتری برخوردار هستند. وقتی که نیروی دگرسانی بیش از اندازه باشد، دگرگونی حاصل از حرارت و فشار ایجاد چرت اپالی، کریستوبالیت و مواد مشابه سخت شده دیگری می کند که از ارزش اقتصادی ذخیره می کاهد.

#### ۴- زمین شناسی و منشاء

در خلال میلیونها سال، دیاتومه‌ها توانسته‌اند خود را با شرایط مختلف محیطی وفق دهند و در بیشتر محیطهای مرطوب نظیر محیطهای اقیانوسی، محیطهای رودخانه‌ای و آبهای شیرین، خاکها و رسهای مرطوب، سطح سنگها و گیاهان دریایی یافت می شوند. وجود بعضی از انواع دیاتومه‌ها در محیطهایی نظیر غارها، توده‌های یخ و برف، چشمه‌های آب گرم و حتی سطح بدن موجودات دریایی نظیر نهنگ‌ها نیز گزارش شده است. دیاتومه‌ها در حقیقت از جلبکهای دریایی تک سلولی بوده و تا کنون ۲۵۰۰۰ گونه از آنها شناسایی شده است. تجمع دیاتومه‌های زنده ممکن است به صورت کفهای رنگین کمانی بر روی دریاچه‌ها و یا به صورت لایه نازک و ژلاتینی روی جلبکهای دریایی دیده شوند.

از نظر دیرینه شناسی، قدیمی ترین نوع ذخائر، مربوط به دوره کرتاسه هستند که بین ۶۶ تا ۱۳۸ میلیون سال پیش تشکیل شده اند. ذخائر قدیمی تر احتمالاً به انواع دیگری از سیلیکاتها تبدیل شده‌اند، هر چند شواهدی در دست است که دیاتومه‌ها در دوران ژوراسیک و حتی پالئوزوئیک بالائی نیز وجود داشته‌اند. به طور کلی ذخائر اقتصادی دیاتومیت مربوط به دوران میوسن (۷ تا ۲۶ میلیون سال پیش) و یا عمدتاً جوانتر از ۳۵ میلیون سال پیش هستند. زیرا این ذخائر عموماً دگرگونی زیادی را تحمل نکرده و در نتیجه ساختمان اسکلت دیاتومه‌ها به شکل اولیه خود باقی مانده است. دیاتومیت‌های اقیانوسی معمولاً مربوط به دوره میوسن هستند، در حالی که دیاتومیت‌هایی با منشا دریاچه‌ای مربوط به اواخر پلیوسن و اوایل کواترنر می باشند که به علت خالی ماندن حفره‌های اسکلت دیاتومه‌ها از مواد ثانویه از کیفیت بهتری برخوردارند [۲].

جدول (۱-۲): ترکیب شیمیایی دیاتومیت های مناطق مختلف جهان [۲]

الجزایر Primo Grade	مکزیک Jalisco	اسپانیا Albacete	اورال Kamyshev	ژاپن Nilgata Earth	کنیا Soysambu	آیداهو	نوادا	مریلند Calvert	کالیفرنیا Lompec	نام منطقه درصد عناصر
۵۸/۴۰	۹۱/۲۰	۸۸/۶۰	۷۹/۹۲	۸۶/۰	۸۶/۰	۸۹/۸۲	۸۶/۰۰	۷۹/۵۵	۸۹/۷۰	SiO <sub>2</sub>
۱/۶۶	۳/۲۰	۰/۶۲	۶/۵۸	۵/۸	۳/۰۶	۱/۸۲	۵/۲۷	۱۸/۸۱	۳/۷۲	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۱/۵۵	۰/۷۰	۰/۲۰	۳/۵۶	۱/۶	۱/۸۶	۰/۴۴	۲/۱۲	۲/۶۲	۱/۰۹	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۴۸	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۷۰	۰/۱۰	TiO <sub>2</sub>
۰/۲۰	۰/۰۵	-	-	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۶	-	۰/۱۰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
۱۳/۸۰	۰/۱۹	۳/۰۰	۱/۴۳	۰/۷۰	۱/۸۰	۱/۲۶	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۳۰	CaO
۴/۵۷	۰/۴۲	۰/۸۱	۰/۹۸	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۳۹	۱/۳۰	۰/۵۵	MgO
۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۴۸	۱/۱۹	۱/۰۳	۰/۲۴	۱/۳۰	۰/۳۱	Na <sub>2</sub> O
۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۷۲	۰/۵۳	۰/۹۱	۰/۲۲	۰/۲۹	۱/۳۱	۰/۴۱	K <sub>2</sub> O
۱۷/۴۸x	۳/۶۰	۵/۲۰	۴/۹۱	۴/۴	۶/۰۸	۴/۰۲	۴/۹۰	۵/۸۰	۳/۷۰	LOI
۹۹/۲۲	۹۹/۸۹	۹۹/۳۷	۹۹/۲۳	۱۰۰/۰۵	۱۰۰/۰	۹۹/۳۵	۹۹/۸۲	۹۹/۸۲	۹۹/۹۸	مجموع

x: بعلاوه ۱۳/۹٪ گاز CO<sub>2</sub>

سن رسوبات دیاتومیت در ترکیه که لایه بالایی آن ذغال حرارتی است، میوسن پائین برآورد شده است. ذخائر دیگری نیز که جوانتر هستند در ترکیه یافت شده است. وجود شرایطی نظیر وجود آثار ماهی و ذغال لیگنیت در دیاتومیت‌های ایران حاکی از هم سن بودن آنها با دیاتومیت های ترکیه است. در ایران مهمترین نهشته های دیاتومیتی در ناحیه آذربایجان مشاهده شده است. این حوضه رسوبی در اطراف تبریز، شرق دریاچه ارومیه و بخشی از میانه را شامل می‌شود. سن این رسوبات طبق شواهد موجود، پلیوسن زیرین تخمین زده شده است. قدیمی ترین رسوبات منطقه ممقان در شمال غرب ایران به دوره میوسن منسوب شده است.

اسکلت دیاتومه‌ها از دو دیواره سلولی (یا دریچه) در هم فرو رفته سیلیسی به صورت دو کفه یا دو صدف متقارن تشکیل شده است. مجموعه این دو دیواره سلولی درونی و بیرونی و ارتباط میان آنها یک اسکلت سیلیسی که فراستل نامیده می‌شود را تشکیل می‌دهد. دیاتومه زنده، سیلیس موجود در آب را تدریجاً جذب کرده تا بدنه اصلی فراستل را بسازد. فراستل‌ها دارای اشکال بسیار متنوع، پیچیده و در بسیاری از موارد شبیه یک کار هنری با طرحی تحسین برانگیز می‌باشند. برای تکثیر و رشد دیاتومه‌ها در حدی که بتوانند یک ذخیره اقتصادی را تشکیل دهند شرایط زیر ضروری است [۵]:

۱- وجود حوزه‌های رسوبگذاری وسیع و کم عمق (۳۵ متر یا کمتر) به طوری که نور لازم برای عمل فتوسنتز برای دیاتومه‌های زنده در سطح و کف آب مهیا باشد. در مورد رسوبات ضخیم دیاتومیت های دریایی، باید یک حوزه رسوبی که دائماً در حال نشست است وجود داشته باشد تا همیشه عمق لازم برای دیاتومه‌های کف حوزه فراهم آید. قسمت‌های کم عمق دریا‌های آزاد مناسب ترین محیط برای رشد دیاتومه‌ها است.

۲- فراهم بودن مقادیر زیادی سیلیس محلول در آب: وجود سیلیس عاملی است که همچنین نرخ تجمع رسوب گذاری دیاتومه‌ها را نیز کنترل می‌کند. اعتقاد اکثر دانشمندان این است که سیلیس مورد نیاز برای رشد دیاتومه‌ها اکثراً توسط خاکسترهای آتشفشانی تامین می‌شود. به همین علت اکثر دیاتومیت‌های مربوط به دوره‌های میوسن و پلیوسن هستند، چرا که در این دوره‌ها فعالیت‌های آتشفشانی در اوج خود بوده است. از سوی دیگر بیشتر منابع سیلیس در آب محلول نیستند و فقط سیلیس خاکسترهای آتشفشانی نسبتاً به آسانی در آب محلول می‌شود. در اکثر ذخائر مناسب دیاتومیت، ارتباط میان فعالیت‌های آتشفشانی و تشکیل این ذخائر مشهود است. برای ایجاد ذخائر اقتصادی و ضخیم دیاتومیت بایستی به طریقی مقدار سیلیس محلول در محیط به مراتب بیشتر از سیلیس محلول در آب دریاها و یا دریاچه‌های امروزی بوده باشد. به هر حال وجود ذرات خاکستر و

توفهای آتشفشانی به عنوان ناخالصی در اکثر ذخائر دیاتومیت جهان، مبین ارتباط بین رشد و تکثیر دیاتومه‌ها با فعالیت‌های آتشفشانی است. به عنوان مثال در ایالت‌های نوادا، اورگان و آیاداهو در آمریکا و نیز در قسمتهایی از دامنه‌های آتشفشانی سهند در آذربایجان شرقی ذخائر دیاتومیتی همراه با خاکسترهای آتشفشانی دیده می‌شوند.

۳- فراهم بودن خوراک کافی برای دیاتومه‌ها: در اکثر دریاچه‌های غیر سمی فراهم بودن مواد غذایی جهت تکثیر و رشد به مراتب آسانتر از به دست آوردن سیلیس است. وجود آهن و ترکیبات محلول در آب آن عامل اصلی رشد دیاتومه‌ها بعد از وجود سیلیس در محیط است.

۴- عدم حضور ترکیبات سمی و عوامل بازدارنده رشد دیاتومه‌ها در آب: در مناطقی که مقدار تبخیر آب بالا است غلظت نمک‌های محلول در طی سالیان به تدریج افزایش یافته و از رشد دیاتومه‌ها جلوگیری می‌کند.

۵- وجود کمترین مقدار مواد رسوبی تخریبی در محیط: این عامل شرط لازم برای رشد و تکثیر دیاتومه‌ها نیست ولی عامل مهمی برای تشکیل ذخائر با کیفیت مطلوب و ضخامت کافی است. تفاوت فاحش میان نرخ رسوبگذاری دیاتومه‌ها و سایر رسوبات باعث تشکیل ذخائر غنی و اقتصادی دیاتومیت است.

بجز عوامل ذکر شده، عواملی نظیر حرارت، نور و فشار در دامنه مناسب، از عوامل مؤثر دیگر در رشد دیاتومه‌ها و تجمع رسوبات دیاتومیتی است. دیاتومه‌ها به دو صورت تولید مثل کرده و تکثیر می‌شوند. در طریقه اول دیاتومه‌ها تخمک‌های نر و ماده غیر سیلیسی را در آبهای اطراف خود آزاد می‌کنند که این تخمک‌ها پس از لقاح تشکیل یک تخمک لقاح یافته را می‌دهد که این تخمک لقاح یافته پس از جذب سیلیس از محیط فراستل یا اسکلت سیلیسی را تشکیل می‌دهد. در طریقه دوم تولید مثل، هر فراستل که متشکل از دو صدف است دو نیمه شده و هر صدف خود نقش صدف درونی را ایفا کرده و شروع به ساختن قسمت بیرونی می‌کند. این طریقه زنجیره ای باعث تکثیر بسیار سریعتر دیاتومه‌ها شده و مناسب محیط‌های غنی از سیلیس محلول است. نرخ تولید مثل در انواع مختلف دیاتومه‌ها از سه بار در روز تا یک بار در هفته متغیر است. یک دیاتومه ممکن است در مدت ۳۰ روز تعداد ۱۰۰ میلیون دیاتومه جدید تولید کند. در شرایط مناسب محیطی و زمین شناسی رسوبات ضخیمی از دیاتومیت قابل تشکیل است. در ایالت کالیفرنیا آمریکا حجم عظیمی از ذخائر دیاتومیت رسوبگذاری شده است. سرعت رسوبگذاری سالیانه این ذخیره در زمان تشکیل یک میلی متر در سال تخمین زده شده است [۵].

## ۵- انواع کانسارهای دیاتومیت

ذخائر اقتصادی دیاتومیت را می‌توان به دو دسته عمده اقیانوسی- دریایی و دریاچه‌ای (یا آبهای شیرین) تقسیم کرد. همان‌گونه که در بخش قبلی عنوان شد اکثر ذخائری که امروزه معدنکاری در آنها صورت می‌گیرد مربوط به دورانهای میوسن و پلیوسن هستند. در این دورانها به علت فعالیت گسترده آتشفشانها و تعداد بسیار زیاد دیاتومه‌ها شرایط برای تشکیل ذخائر غنی دیاتومیت فراهم بوده است. در بسیاری از سنگ‌های مربوط به این دورانها، بقایای دیاتومه‌ها را می‌توان دید. با این وجود به علت رسوب‌گذاری سایر مواد موجود در آب با نرخی بسیار بیشتر از رسوبگذاری بقایای دیاتومه‌ها، تعداد ذخائر غنی دیاتومیت خیلی زیاد نیست.

هر چند امروزه تعداد دیاتومه‌ها بسیار کمتر از تعداد آنها در زمانهایی است که ذخائر غنی دیاتومیت تشکیل می‌شده است، با این وجود انواع متفاوتی از آنها را هنوز می‌توان در مناطق مختلف مشاهده کرد. در محیط‌های آبی که شرایط اولیه لازم برای تکثیر، رشد و رسوبگذاری دیاتومه‌های فراهم است. انواع و ترکیب دیاتومه‌ها به متغیرهای محیطی نظیر ترکیب شیمیایی آب، pH، وجود و وفور مواد غذایی، تلاطم و درجه سکون آب، درجه حرارت و عمق آب بستگی دارد. به عبارت دیگر هر یک از انواع مختلف دیاتومه‌ها برای شرایط خاص محیطی مناسب هستند.

تغییرات در ترکیب جمعیتی و انواع دیاتومه‌ها که در پاسخ به تغییرات زیست محیطی صورت گرفته است را می‌توان در کانسارهای مختلف و حتی در مناطق مختلف یک کانسار دید. شرایط زیست محیطی و اکولوژی برای دریاچه‌های مختلف متفاوت بوده و بنابراین انواع دیاتومه‌های موجود در آنها نیز ممکن است متفاوت باشند. شناسایی انواع دیاتومه‌ها به همراه بررسی شرایط زیست محیطی حاکم بر این محیط‌های آبی می‌تواند منجر به تعریف مدلهایی برای شناخت و ارزیابی ذخائر اقتصادی دیاتومیت گردد. به علاوه تعیین ارتباط میان انواع دیاتومه‌ها و شرایط حاکم بر رسوبگذاری به شناسایی لایه بندی و ریخت شناسی کانسارهای پیچیده کمک مؤثری می‌کند.

تجمع کافی از بقایای دیاتومه‌ها که منجر به تشکیل یک ذخیره اقتصادی دیاتومیت می‌شود حاکی از وجود یک تعادل پایدار بر شرایط محیطی برای مدت طولانی در زمان تشکیل کانسار است. عامل دیگری که به سالم ماندن این ذخائر تا امروز کمک کرده است، شرایطی است که بعد از رسوب گذاری کافی بر منطقه حاکم شده است که در نهایت به حفظ ذخائر تا زمان حاضر شده است. به عنوان مثال یک پوشش از سنگهای آذرین منشا گرفته از یک فوران آتشفشانی می‌تواند تجمع رسوبات نرم و ظریف دیاتومه‌ها را از گزند تغییرات بعدی محفوظ نگه دارد. علاوه بر یک پوشش مناسب، ذخائر دیاتومیت نباید تحت شرایطی دفن شدن در اعماق زیاد که منجر به دگرگونی سنگ

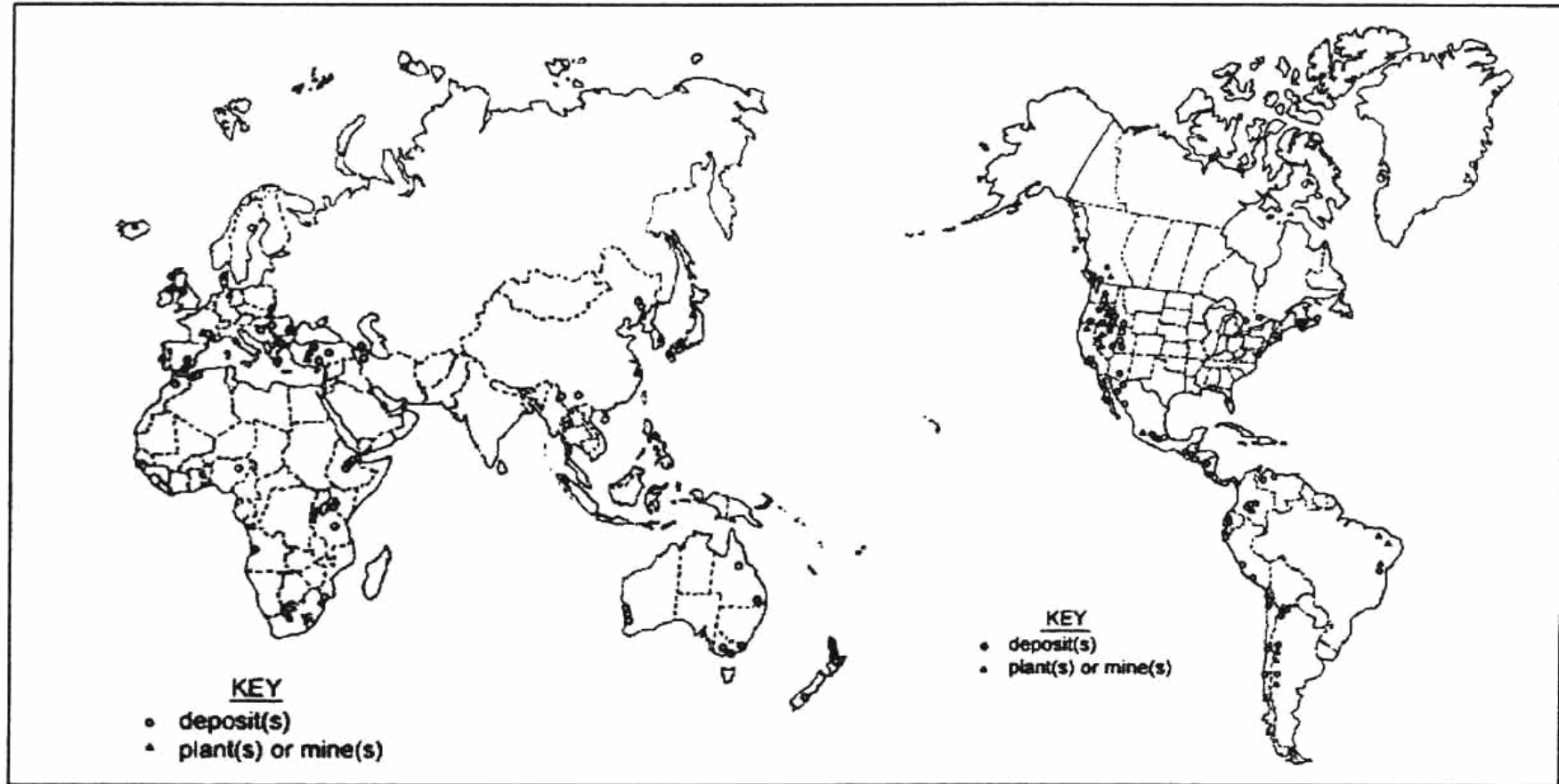


می‌شود، قرار گرفته باشند. شرایطی که می‌تواند دیاتومیت را دگرگون کرده و از ارزش اقتصادی آن بکاهد شامل حرارت، فشار و در معرض آبهای قلیایی قرار گرفتن است. توزیع جغرافیایی ذخائر مهم دیاتومیت که تاکنون شناخته شده‌اند در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۲].

محیط‌های اقیانوسی و یا دریایی که برای تشکیل ذخائر خوب دیاتومیت مناسب هستند عبارتند از: نواحی ساحلی و کم عمق ایزوله که از تلاطم و تداخل سایر رسوبات در امان هستند. این مناطق همچنین گاهی در مجاورت فعالیتهای آتشفشانی قرار گرفته و غنی از سیلیس و دیگر مواد لازم برای تکثیر و رشد دیاتومه‌ها می‌شوند. چنین مناطقی را می‌توان امروزه در سواحل کالیفرنیا، پرو و جنوب غربی آفریقا مشاهده کرد. آبهای این مناطق که از سیلیس و سایر مواد غذایی برای دیاتومه‌ها غنی باشد دارای تا یک میلیون دیاتومه در یک متر مکعب می‌باشند. فراستل‌های این تعداد دیاتومه فقط می‌توانند یک سانتی متر مکعب رسوب دیاتومیت را تشکیل دهند.

ذخائر اقیانوسی متعلق به دوران سوم، معمولاً در طول لبه‌های بالا آمده حواشی اقیانوسها که در ارتباط با خاکسترهای آتشفشانی و رسها هستند، یافت می‌شوند. ذخائر غنی و ضخیم دیاتومیت را که در این گروه قرار می‌گیرند را می‌توان در سازند سانتا باربارا ایالت کالیفرنیا، با جای مکزیک، سواحل کشور پرو و در شمال ژاپن مشاهده کرد. در مناطق مختلف، بسیاری از ذخائر دیاتومیت، به خصوص انواع قدیمتر آن، به علت بالا آمدن سطح کف دریاها امروزه قابل استخراج شده‌اند. در مواردی نیز این تمرکزها دچار اثرات آتشفشانی ثانویه نیز شده‌اند. مثال بارز این نوع ذخائر که به نوار پاسیفیک معروف هستند ذخائر دیاتومیتی است که از سواحل کشور شیلی تا سواحل ژاپن گسترش یافته است.

از دیگر ذخائر اقیانوسی که تمرکز قابل توجهی دارند می‌توان از خاکهای دیاتومیتی (مولر) در کشور دانمارک، رسوبات دیاتومیتی دوران الیگوسن- میوسن در کشور لهستان و سازند مریند در آمریکا و همچنین از رسوبات دوران سوم زمین شناسی در کشورهای اسپانیا، کره جنوبی نیوزیلند و منطقه جاوه اندونزی نام برد. هر چند که قسمت اعظم تولید جهانی دیاتومیت از ذخائر با منشاء اقیانوسی تأمین می‌شود، فعالیت‌های معدنی بر روی ذخائر دریاچه‌ای از نظر تعداد بیشتر هستند. ذخائر اقیانوسی معمولاً بسیار وسیعتر از ذخائر دریاچه‌ای هستند. ذخائر دیاتومیت با منشا دریاچه‌ای در سرتاسر جهان گسترده شده‌اند و مهم‌ترین آنها در کشور آمریکا، فرانسه، اسپانیا، ایرلند، مجارستان، رومانی، استرالیا و آفریقای جنوبی قرار دارند. در قاره آسیا کشور چین دارای تعداد قابل توجهی معادن دیاتومیت است که اکثراً تولید خود را از ذخائر با منشا دریاچه‌ای تأمین می‌کنند [۲].



شکل (۱-۱): توزیع جغرافیایی ذخائر شناخته شده جهان [۲]

بزرگترین ذخائر نوع دریاچه‌ای نیز در کشور چین یافت شده است. دیگر کشورهای مهم آسیا از نظر ذخائر نوع دریاچه‌ای، ژاپن، کره جنوبی و بخش آسیای ترکیه هستند.

## ۶- روش‌های عمده اکتشاف دیاتومیت

اکتشاف و ارزیابی کانسارها نیاز به داشتن آگاهی از علوم زمین شناسی، بررسی‌های فنی و اقتصادی در زمینه‌های معدن و فرآوری و تعیین درجه مرغوبیت کانه برای کاربردهای صنعتی خاص دارد. در جریان این بررسیها عناصر اساسی ارزیابی شامل شناخت ماده معدنی و معدنکاری از نظر تعداد لایه‌ها، ضخامت مفید، پیوستگی لایه‌ها و میزان ذخایر قطعی و احتمالی بررسی می‌گردد. بعلاوه نیاز ماده معدنی به فرآوری باید بررسی گردیده و حتی المقدور روش کار، ماشین آلات مورد نیاز و هزینه‌ها و درکنار مطالعات بازار و فروش ماده معدنی، تامین نیروی انسانی و حمل و نقل مشخص گردند. داشتن اطلاعات و آگاهی اولیه در این زمینه به زمین شناس در طراحی، راهبرد و تعیین و تفسیر نمونه‌های مورد مطالعه کمک بسزایی خواهد کرد.

ذخائر دیاتومیت اقیانوسی و رسوبات دریاچه ای در رخساره‌های خاصی که در سرتاسر جهان کم و بیش یافت می‌شوند، تشکیل شده اند. یک مطالعه اولیه از عکسهای هوایی و تعیین رخساره‌ها در یافتن منطقه هدف می‌تواند مفید باشد. به دنبال تعیین منطقه پناستیل دار و امیدوار کننده، یک برنامه منظم نمونه برداری آغاز می‌شود. یک برنامه معمول اکتشافی شامل مراحل و فازهای مختلف نمونه برداری بوده که در نهایت می‌تواند به شناسایی ذخائر قطعی منجر شود. در ابتدای هر یک از این فازها بر اساس میزان اعتماد و اطمینان به اقتصادی بودن کانسار تصمیم گیری برای ادامه یا توقف اکتشاف صورت می‌گیرد.

شناسایی اولیه ذخائر دیاتومیت معمولاً به دلیل رنگ سفید و گاهی به خاطر درخشندگی آن صورت می‌گیرد. با توجه به وزن مخصوص کم دیاتومیت نسبت به سنگهای همجوار، به نظر می‌رسد که روشهای ژئوفیزیکی نظیر ثقل سنجی می‌تواند در شناسایی ذخائر بسیار مفید باشند. با این وجود تا کنون هیچ ذخیره دیاتومیتی با روشهای ژئوفیزیکی شناسایی نشده است. دلیل این عدم موفقیت می‌تواند این واقعیت باشد که اکثر ذخائر دیاتومیت از آب اشباع شده‌اند. روشهای لرزه نگاری انعکاسی در تشخیص عمق لایه‌های دیاتومیت تشکیل شده در کف دریاچه‌های کم عمق کاربرد دارد. این روش مخصوصاً در مواردی که سنگ بستر لایه دیاتومیت از مواد سختی نظیر بازالت تشکیل شده باشد موفقتر، عمل می‌کند.

تا کنون روشهای ژئوشیمیایی در مراحل پی جوئی و اکتشاف ذخائر دیاتومیت چندان موفق نبوده اند. محلول نبودن سیلیس که قسمت اعظم دیاتومیت را تشکیل می‌دهد می‌تواند دلیل اصلی عدم موفقیت روشهای ژئوشیمیایی باشد. با این وجود عکسبرداری هوایی توسط اشعه مادون قرمز بدلیل خواص حرارتی متفاوت دیاتومیت در شناسایی ذخایر آن موثر بوده است.

در روشهای کلاسیک اکتشافی و در مراحل مقدماتی ابتدا نمونه‌ها بفواصل نسبتاً زیاد برداشت شده و مطالعه آنها به منظور تعیین کیفیت عمومی دیاتومیت، تغییرات کیفی در سطح و همچنین در عمق و در لایه‌های مختلف و برآورد تناژ احتمالی کانسار انجام می‌پذیرد. در خلال مراحل مقدماتی نقاط دارای پتانسیل بیشتر شناسایی شده و الویت بندی می‌شوند. در این مرحله نمونه‌ها از رخنمونها و بیرون زدگی‌ها و یا از ترانشه‌های کم عمقی در لایه‌های نزدیک به سطح زمین برداشت می‌شوند. در پایان این مرحله نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی منطقه با دقت تهیه شده و در کنار نتایج مطالعات انجام گرفته روی نمونه‌ها به عنوان ابزاری برای ادامه کار در مرحله بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در صورتیکه نتایج مطالعات مرحله اکتشاف مقدماتی امیدوار کننده باشد، مرحله بعدی که شامل برداشت تعداد بیشتری نمونه در فواصل نزدیکتر به هم می‌باشد آغاز می‌شود. اگر نمونه برداری از ماده معدنی در سطح امکان پذیر نباشد، ممکن است از روشهای مانند حفرگمانه و یا چاه‌های کوچک اکتشافی استفاده شود. روشهای ژئوفیزیکی هر چند به تنهایی قادر به شناخت لایه‌های دیاتومیتی نیستند با این حال در صورتی که این روشها با اطلاعات جمع آوری شده از منابع دیگری نظیر نمونه برداری سطحی همراه شوند می‌توانند در تعیین دقیقتر منطقه هدف و در شناسایی وضعیت لایه بندی مفید واقع شوند.

روشهای ژئوفیزیکی VLF,EM و لرزه نگاری در شناسایی ستون چینه شناسی و تعیین نواحی و لایه‌هایی با فشردگی و چگالی بیشتر کاربرد دارند.

تعیین فاصله نمونه‌ها در مرحله نهایی به چگونگی پیوستگی لایه‌ها در سطح و عمق تغییرات مشاهده شده بستگی دارد. به منظور جمع‌آوری اطلاعات کافی برای طراحی و برنامه ریزی استخراج معدن نمونه برداری باید حداقل در فواصل ۵۰ تا ۱۰۰ متری صورت بگیرد. در هنگام حفر گمانه‌ها باید دقت کافی اعمال گردد تا حداکثر باز یابی نمونه‌ها حاصل گردد. بنابراین سیستم مغزه گیری با قطر چال ۳۶/۵ میلیمتری (BQ) و یا ۴۷/۵ میلیمتر (NQ) ارجح تر بوده تا مغزه کافی برای مطالعه نمونه‌ها فراهم شود.

در کنار مطالعات اکتشافی ارزیابی یک ذخیره معدنی از اهمیت زیادی برخوردار است که هدف آن دستیابی به تصویر روشنی از کیفیت و چگونگی تغییرات آن در کانسار است. بارزترین خصوصیت کیفی یک کانسار دیاتومیت رنگ آنست. دیاتومیت‌های سفید تر و براق تر بعنوان پرکننده کاربرد دارند. پائین بودن چگالی سنگ بر جا نشان دهنده کم بودن میزان ناخالصی‌هایی نظیر ماسه و رس است. چگالی دیاتومیت‌های همچنین بیانگر نوع و درجه تراکم اسکلت دیاتومه‌هاست. آسیا کردن دیاتومیت‌های بشدت متراکم مشکل بوده و باعث از بین رفتن ساختمان داخلی دیاتومه‌ها می‌شود.

هر چند که اطلاعات مفیدی می‌توان از بررسی نمونه‌ها در محل بدست آورد ولی خصوصیات مهم دیاتومیت که آن را برای یک کاربرد خاص مناسب می‌سازد باید در آزمایشگاه و با انجام آزمایشات استاندارد تعیین گردد. آنالیز شیمیایی دیاتومیت هر چند که مفید است ولی به تنهایی نشان دهنده کیفیت آن برای کاربردهای مختلف نیست. پائین بودن و یا نبود بعضی از عناصر باعث افزایش کیفیت و قیمت آن می‌شود ولی بالا بودن درصد سیلیس موجود به تنهایی کافی نیست. خواصی که در آزمایشگاه اندازه گیری می‌شوند باید طوری انتخاب شوند که نشان‌دهنده مفید بودن کانه برای کاربردهای خاص باشند. این خصوصیات معمولاً شامل ترکیب شیمیایی، بافت و ساخت میکروسکوپی، چگالی در حالت تر و خشک، دانه بندی، درخشندگی، سختی، میزان جذب آب، دبی عبور سیال و شفافیت آن در فیلتراسیون، pH، تخلخل، میزان آهن محلول در اسیدها، درصد کلسیم و سایر مواردی است که در هر کاربرد خاص ممکن است اهمیت یابد [۲].

#### ۷- روش‌های عمده استخراج دیاتومیت

معدنکاری دیاتومیت اغلب به صورت روباز است، زیرا این مواد معدنی در نزدیکی سطح زمین تشکیل می‌شود. در استخراج دیاتومیت انواع اسکرپر، لودر، شاول و دمپر مورد استفاده قرار می‌گیرد. شایان ذکر است در کشورهای چین، فرانسه و شیلی برای معدنکاری دیاتومیت روش‌های زیرزمینی (معمولاً روش اتاق و پایه) به کار می‌رود.

روشهای روباز انتخابی و تا عمق ۱۵ متر، با استخراج لایه‌های چندگانه و مخلوط کردن آنها تسهیل می‌شود. در لایه‌های گسترده و صاف، کانه توسط بولدوزر و اسکرپر شکسته شده ولی در لایه‌های نازک شیب‌دار با لودر یا بیل مکانیکی استخراج می‌شود. استخراج زیرزمینی به ندرت در کانسارهای دریاچه‌ای صورت می‌گیرد و احتمالاً نیاز به سدسازی و زهکشی دارد. در شرایطی که کانه به اندازه کافی خالص باشد، لایروبی کف انجام می‌شود.

قسمت عمده تولید جهانی دیاتومیت از ذخایر استخراج می‌شود که در نزدیکی سطح زمین قرار دارند. با توجه به هزینه نسبتاً کمتر روش روباز به روشهای زیر زمینی تمایل به استفاده از روشهای معدنکاری روباز بسیار بیشتر است. به عنوان مثال تمامی ۱۲ معدن عمده دیاتومیت در کشور آمریکا از روش روباز و یا کواری با احداث پله‌هایی به ارتفاع ۵ تا ۱۵ متر استفاده می‌کنند. روش کواری نوعی روش استخراج مواد معدنی به طریقه روباز است که مناسب ذخایری است که در ارتفاعات واقع شده‌اند.

استخراج زیر زمینی دیاتومیت در آفریقا، آمریکای جنوبی و قسمتهایی از آسیا گزارش شده است. در کشور ایسلند ذخایر دیاتومیت موجود در کف دریاچه میوان به روش درج (استخراج زیر آبی) بهره برداری می‌شود. در این معدن دو غاب دیاتومیتی پس از استخراج بوسیله پمپ کردن به کارخانه فرآوری در ۲ کیلومتری فرستاده می‌شود.

در استخراج دیاتومیت احتیاجی به مواد منفجره نبوده و به دلیل نرمی دیاتومیت ماشین آلاتی نظیر لودرهای معدنی و بلدوزرها به تنهایی قادر به کندن مواد معدنی هستند. بعلاوه به دلیل نرمی سنگ عملاً امکان آتشیاری موثر در دیاتومیت بعلت تخلخل زیاد، وجود رطوبت و همچنین قابلیت جذب آن وجود ندارند. در مواردی که ضخامت لایه‌های دیاتومیت کم باشد از اسکریپر جهت کندن و حمل مواد تا محل تخلیه استفاده می‌شود.

در معادن روباز دیاتومیت در کشور آمریکا و بعضی دیگر از نقاط جهان از روشهای مکانیزه و با استفاده از ماشین آلاتی نظیر شاولهای برقی و کامیونهای معدنی استخراج و حمل مواد معدنی صورت می‌پذیرد. با این وجود در بسیاری از معادن کوچکتر دیاتومیت هنوز روشهای سنتی و دستی معدنکاری رایج است. در معدن دیاتومیت اغلب نیاز به معدنکاری انتخابی بوده تا لایه‌ها و قسمتهای از کیفیت کافی بعنوان کانه قابل فروش برخوردار نیستند. با قسمتهای مرغوبتر تداخل نمایند. سنگجوری دستی در هنگام استخراج در بعضی از معادن کوچک برای جدا کردن لزه‌های دیاتومیت از ناخالصی‌ها کاربرد دارد.

نحوه قرارگیری و ضخامت لایه‌ها، وضعیت توپوگرافی، نحوه توزیع ناخالصی‌ها و ضخامت روباره از عواملی هستند که بر انتخاب روش معدنکاری تاثیر دارند. لایه‌های نسبتاً افقی که ضخامت مواد باطله پوشش دهنده آنها در حدی است که استخراج روباز را غیر اقتصادی می‌سازد به روش زیر زمینی اتاق و پایه استخراج می‌شوند. در این روش حدود ۴۵ درصد از ماده معدنی در مرحله اول بصورت پایه برای نگهداری سقف باقی گذاشته می‌شود. قسمتی از این پایه‌ها در مرحله بعدی و بعد از استخراج اتاق‌ها، به صورت پسر قابل بازیابی می‌باشند.

استخراج زیر زمینی لایه‌های شیب‌داری که به عمق می‌روند مشکل‌تر بوده و ممکن است فقط تا عمق معینی اقتصادی باشد. در مجموع معدنکاری به روش روباز ارجح‌تر بوده مخصوصاً اینکه می‌توان با ایجاد جبهه کارهای مختلف امکان اختلاط مواد معدنی را برای رسیدن به یک محصول متوسط فراهم آورد [۲].

#### ۸- روشهای متداول فرآوری دیاتومیت

معمولاً به همراه سیلیس دیاتومه‌ای مقادیر متغیری از مواد آلی، نمکهای محلول و ذراتی که از کانیهای دیگر به طور هم زمان رسوب می‌کنند. ماسه، رس، کربناتها و خاکسترهای آتشفشانی از جمله ناخالصی‌های همراه دیاتومیت محسوب می‌شوند. فلدسپاتها، میکا، آمفیبول، پیروکسن، روتیل و زیرکن ناخالصی‌های ثانویه ای هستند که پس از هوازدگی و حمل در اطراف ذخائر دیاتومیتی تجمع حاصل می‌کنند. با توجه به قیمت نه چندان بالای دیاتومیت و وجود ذخائر غنی و مرغوب آن در بسیاری از کشورها، معمولاً فرآوری دیاتومیت به منظور حذف ناخالصی‌ها صورت نمی‌گیرد. هر چند ممکن است سایر فرآیندهایی که بر روی سنگ خام صورت می‌گیرد منجر به کاهش بعضی از ناخالصی‌ها نیز گردد. با توجه به چگالی کم دیاتومیت چنانچه نیاز به حذف ناخالصی‌ها باشد، روشهای ساده ثقلی و شستشو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به این مطلب هدف از فرآوری دیاتومیت حذف ناخالصیها، طبقه‌بندی ذرات دیاتومیت و در عین حال به حداقل رساندن شکست ذرات دیاتومه است. فرآوری دیاتومیت جهت کاهش هزینه حمل و نقل به علت وجود درصد بالای آب (تا ۶۵ درصد) در کانسنگ اولیه معمولاً در نزدیکی معدن انجام می‌شود. البته هزینه حمل سوخت و هزینه رسانیدن انرژی به محل باید بعنوان دو عامل متضاد در نظر گرفته شوند.

فرآوری اولیه دیاتومیت‌ها شامل خردایش، پودر کردن خشک کردن و دانه بندی است. اما جهت بهبود خواص فیزیکی دیاتومیت برای کاربردهای خاص نظیر فیلتراسیون و پرکننده‌ها، عملیاتی دیگری نیز روی آنها انجام می‌شود. فرآوری دیاتومیت بر اساس کیفیت محصول نهایی و نوع فرآیند به سه دسته عمده تقسیم بندی می‌شود که در زیر به توصیف آنها پرداخته می‌شود [۲].

#### ۸-۱- فرآوری طبیعی

این فرآیند فرآوری ساده بوده و فقط شامل آسیا کردن، خشک کردن و دانه بندی محصول نهایی می‌شود. در مرحله خردایش از آسیاهای چکشی و یا پین میل (دیسکی) برای خرد کردن سنگ

معدن تا ابعاد زیر ۱/۲۵ سانتیمتر استفاده می‌شود. در این مرحله و سایر مراحل باید سعی شود تا کمترین آسیب به ساختمان اسکلت دیاتومه‌ها وارد شود.

دیاتومیت استخراج شده از معدن می‌تواند تا ۵۰٪ آب داشته باشد و می‌بایست در خشک‌کن‌های گردان یا زیر نور آفتاب رطوبت آن تا حداکثر ۲۰٪ کاهش یابد. استفاده از خشک‌کن‌ها برای کاهش رطوبت ارجح‌تر است. برای این منظور ممکن است مرحله دوم خردایش در داخل آسیای پره‌ای با دمش هوای گرم انجام شود. بدین ترتیب علاوه بر خردایش و تخریب زمینه دیاتومیت‌های به هم چسبیده موجب خشک شدن آن نیز می‌شود. روش دوم استفاده از خشک‌کن‌های دوار است. دمای داخل خشک‌کن‌ها به طور متوسط بین ۳۰۰ تا ۴۳۰ درجه سانتیگراد را است.

پس از این مرحله رطوبت موجود در پودر دیاتومیت به حدود ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. در مرحله دانه بندی و جداسازی، ذرات خشک شده دیاتومیت از یکسری سیکلونها و کلاسیفایرهای هوایی (خشک) عبور می‌کند تا علاوه بر دانه بندی ناخالصی‌های آنها نیز جدا شود. محصول نهایی این فرآیند بسته بندی شده و بر حسب مشخصات آن برای کاربردهای مختلف به بازار عرضه می‌شود [۲].

#### ۸-۲- کلسیناسیون

چنانچه توزیع دانه بندی محصول دیاتومیت وسیع باشد، دانه‌های ریز در بین دانه‌های درشت‌تر قرار گرفته و عبور سیالات به هنگام فیلتراسیون به دشواری صورت می‌گیرد. جهت استفاده از دیاتومیت بعنوان کمک فیلتر که یکی از مهمترین کاربردهای این ماده معدنی است، دیاتومیت فرآوری شده بصورت طبیعی معمولاً قابل استفاده نیست. برای این گونه مصارف باید محدوده توزیع دانه بندی و ابعاد ذرات موجود را کاهش و تنظیم کرد. برای این منظور از حرارت دادن پودر دیاتومیت به میزانی که باعث چسبیده شدن ذرات ریز به یکدیگر بشود استفاده می‌کنند.

این فرآیند که اشتباهاً کلسیناسیون نام گرفته در حقیقت سیتتر کردن (کلوخه سازی) دیاتومیت است. با این وجود چون در متون علمی و در بازار دیاتومیت این فرآیند و محصولات آن به کلسیناسیون و کلسینه شده معروف است در این نوشتار نیز این واژه بکار برده شده است.

حرارت لازم برای سیتتر کردن دیاتومیت بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه است. این حرارت در کوره‌های دوار که با نفت و یا گاز گرم می‌شوند تولید می‌شود. محصول فرآیند کلسیناسیون اغلب به دلیل اکسیداسیون آهن موجود در سنگ خام صورتی رنگ است. کلسیناسیون تا حدودی باعث افزایش سختی دیاتومیت شده و همچنین باعث حذف ناخالصی‌هایی با منشا آلی (ارگانیک) از سنگ می‌شود. چگالی متوسط محصول این فرآیند ۱۲۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.



با تغییر درجه حرارت و زمان حرارت دادن می‌توان محدوده دانه‌بندی محصول نهایی را کنترل کرد. در مرحله دانه بندی که تقریباً مشابه فرآیند طبیعی صورت می‌گیرد ذرات ریزتر که ته ریز سیکلون ها و یا مواد بازیابی شده از مراحل دیگر را نیز شامل می‌شوند به عنوان پرکننده بسته بندی شده و محصول درشت تر و یا سر ریز سیکلون برای استفاده در فیلتراسیون در نظر گرفته می‌شود [۲].

### ۸-۳- کلسیناسیون گدازشی

برای تنظیم بهتر دانه بندی محصول دیاتومیت در مرحله کلسیناسیون، از مواد کمک ذوب استفاده می‌شود. مواد کمک ذوب رایج کربنات سدیم یا بعضی از نمکهای قلیایی نظیر کلرید سدیم هستند. افزودن مواد کمک ذوب علاوه بر بهبود سینتر و افزایش ابعاد متوسط دانه‌ها باعث کاهش هزینه‌های انرژی می‌شود. محصول این فرآیند برای مواردی مثل تصفیه آب که سرعت بیشتر فیلتراسیون مورد نیاز است و شفافیت در مرحله بعدی اهمیت قرار دارد قابل استفاده است. مقدار کربنات سدیم مصرفی در فرآیند کلسیناسیون گدازشی بین ۳ تا ۷ درصد وزنی خوراک اولیه است. حرارت کوره‌ها تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. با تغییر درجه حرارت، مقدار ماده کمک ذوب و زمان حرارت محدوده دانه بندی محصول نهایی قابل کنترل است.

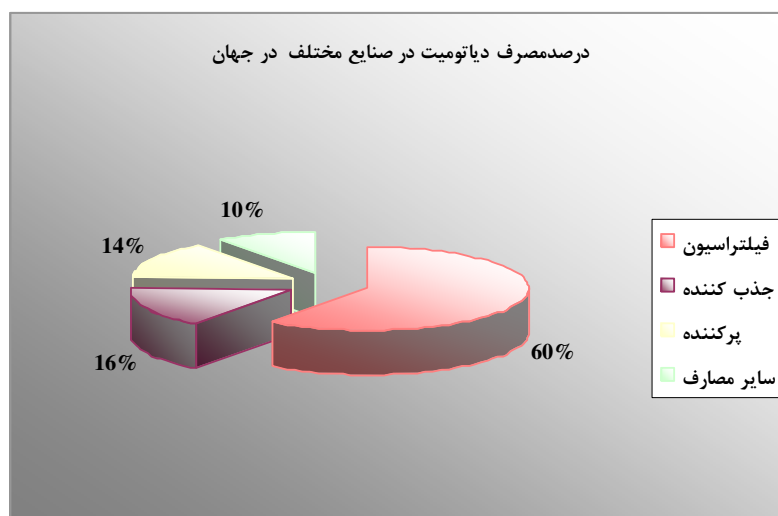
کلسیناسیون گدازشی علاوه بر حذف مواد آلی، وزن مخصوص آن را به ۲/۳، سختی را از ۵-۵/۵ به ۵/۶-۵ و ضریب شکست را از ۱/۴ به ۱/۴۹ افزایش می‌دهد. همچنین این عمل سبب کاهش سطح ویژه دیاتومیت می‌شود. محصول نهایی این فرآیند معمولاً سفید رنگ است. این تغییر رنگ (از صورتی به سفید) به دلیل تبدیل اکسیدهای آهن به ترکیبات پیچیده‌تری نظیر سیلیکات‌های آهن، آلومینیوم و سدیم است

فرآوری دیاتومیت به دلیل مصرف زیاد انرژی و نیاز به خشک کردن نسبت به معدنکاری آن پر هزینه‌تر بوده و در کشور آمریکا به طور متوسط ۶۰ درصد کل هزینه را در بر می‌گیرد. هزینه معدنکاری به طور متوسط ۱۰ درصد هزینه کل و بسته بندی و حمل نیز ۳۰ درصد هزینه باقیمانده را شامل می‌شوند. هزینه انرژی ۳۰ درصد کل هزینه‌های مستقیم فرآوری گزارش شده است. در کلیه مراحل فرآوری بعلت تولید گرد و غبار دیاتومیت و به علت امکان وجود سیلیس متبلور در محیط، مراقبت‌های بهداشتی نظیر استفاده از ماسک برای جلوگیری از ابتلا کارگران به بیماری ریوی الزامی است [۲].

## ۹- مصارف عمده دیاتومیت

خواص منحصر به فرد دیاتومیت باعث طیف وسیعی از کاربردها برای آن شده است. کاربردهای دیاتومیت به چند گروه قابل تقسیم بندی است. **جدول (۱-۳)** طبقه‌بندی کاربردهای دیاتومیت و موارد مصرف آن را نشان می‌دهد. میزان مصرف و یا به بیان دقیق‌تر سهم مصرف هر یک از بخش‌های ذکر شده متفاوت است. میزان مصرف دیاتومیت در کشورهای مختلف با توجه به صنایع آنها متفاوت است. علاوه بر آن میزان مصرف دیاتومیت در صنایع در طی سالیان مختلف با تغییرات تکنولوژیکی، ظهور جایگزین‌های مختلف و تغییرات قوانین زیست محیطی تغییر می‌کند. اما با این وجود با توجه به آمارهای ارائه شده به طور متوسط میزان مصرف دیاتومیت در دنیا در بخش‌های مختلف به صورت نمودار شکل (۱-۲) است. همانطور که از این شکل مشخص است مصارف عمده دیاتومیت در صنایع فیلتراسیون، پرکننده، عایق و جذب کننده است که این کاربردها در حدود ۹۰ درصد کل تقاضا را شامل می‌شود. استفاده از دیاتومیت در ساخت فیلترها بیش از ۶۰ درصد کل تولید جهانی را به خود اختصاص داده است و رتبه اول را در مصرف دیاتومیت دارا می‌باشد. جذب کننده‌ها با ۱۶ درصد، پرکننده‌ها با ۱۴ سهم به ترتیب رتبه دوم و سوم را دارا می‌باشند [۱،۲].

آینده بازار دیاتومیت چندان مطمئن نبوده و علت اصلی آن نیز حضور فن‌آوریهای جدید و موادی است که جایگزین مصرف دیاتومیت می‌شوند. احتمال اینکه بخش فیلتر در آینده سهم کمتری از بازار را داشته باشد بعید به نظر نمی‌رسد. مسائل و فاکتورهای اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی در این کاهش نقش دارند. پتانسیل افزایش تقاضا در بازار تولید پلی اتیلن و بیوتکنولوژی می‌تواند کاهش مصرف در بقیه قسمت‌ها را جبران کند و تقاضا را در سطحی ثابت نگه دارد [۱،۲].



شکل (۱-۲): درصد مصرف دیاتومیت در صنایع مختلف در جهان [۵]

جدول (۳-۱): کاربردهای عمده دیاتومیت در صنایع مختلف [۱]

کاربرد	بخش
	<b>فیلتراسیون</b>
آبجو، شراب، آلبیمو، عرقها	نوشیدنیها
چربیها، نفت	روغنها
استخرهای شنا، آب آشامیدنی	آب
مایعات مخصوص خشک شوئی، افزودنیهای $TiO_2$	موادشیمیایی
	مواد دارویی
آنتی بیوتیکها	متالورژی
مایعات خنک کننده	ریز مغذیها در کشاورزی
آمینو اسید، ژلاتین، مخمر	شکرها
	<b>پرکننده ها</b>
رنگها، کبریتها	روکشها
پلی اتیلن	پلاستیکها
تایرها	لاستیک
کاغذ سیگار، کاغذ	کاغذها
بتن، ملاط، پلاسر، آسفالت	ساختمان
پرکننده های دندانپزشکی	دندانپزشکی
	<b>جذب کنندهها</b>
پودرها، کلوخهها	جذب بوی حیوانات
باطله معدن	پسابهای سمی
	حفاری چاههای نفت
	<b>عایقکاری</b>
آجرها و اگرگاتها	حرارتی
	صوتی
	<b>سایندهها</b>
خودروسازی، نقره	جلا دهندهها
	پاک کنندهها
	<b>حاملها</b>
نیکل، وانادیوم، اسید سولفوریک	کاتالیستها
کودها، حشره کشها	مواد شیمیایی کشاورزی
	<b>سایر موارد</b>
داروسازی	استحصال موادشیمیایی
پودهای مایع / خشک ریختی	مواد ضد انعقاد
غذا، خاک	پایدار کنندهها
سیلندرهای گاز استیلن (برای جلوگیری از انفجار)	آماده کنندهها
مواد رشد دانه، کودها	سیلیسی واکنشی
	کشاورزی

## ۹-۱- فیلتراسیون

در یک تعریف ساده فیلتراسیون عبارت است از جداسازی ذرات معلق در سیالات توسط عبور سیال از منافذ ریز که باعث گیر افتادن ذرات در این منافذ و عبور خود سیال از آن بشود. در یک فیلتراسیون معمولی منافذ فیلتر در اثر بدام افتادن ذرات بزرگتر از دهانه پس از مدتی بسته می‌شوند. بنابراین عبور سیال به سختی صورت گرفته و یا به کلی متوقف می‌شود. استفاده از مواد واسطه‌ای که دارای خلل و فرج در ابعاد گوناگون هستند باعث غلبه بر این عیب عمده فیلترهای معمولی می‌شود. به این نوع مواد واسطه، کمک فیلتر گفته می‌شود.

کمک فیلترها مواد ریزدانه‌ای هستند که ذرات معلق موجود در سیالات را قبل از رسیدن به پارچه یا توری اصلی جدا می‌کنند. ابعاد ذرات کمک فیلتر به گونه‌ای است که خود از توری اصلی عبور نکرده و مانند پوششی روی توری اصلی عمل می‌کنند.

بطور کلی یک کمک فیلتر ایده آل دارای خواص اصلی زیر است:

- به بهترین وجه ذرات معلق را جدا می‌کند.
- جریان آسان مایعات را فراهم می‌سازد.
- برای مدت طولانی عمل کرده و نیاز به جایگزینی سریع نداشته باشد.

ساختار ویژه و بی‌اثر بودن دیاتومیت از نظر شیمیایی آن را به صافی مناسبی برای کاربردهای مختلف (استخرهای شنا، تصفیه آب، حلالهای شوینده، آنتی بیوتیک‌ها، مواد دارویی، نوشابه، آب میوه، چربی‌های خام و روغن‌های گیاهی، روغن‌های روان کننده، مواد شیمیایی آلی و غیرآلی، الکلهای و...) کرده است. اندازه و شکل ذرات دیاتومیت شرایط مناسبی برای نفوذپذیری و عبور سریع مایعات را در خود فراهم کرده است. ساختار دیاتومیت از طبقاتی تشکیل شده که ۸۵-۹۰٪ آن فضای خالی بوده و میلیاردها ذره در یکدیگر تداخل پیدا کرده است. این ساختار شبکه‌ای را ایجاد می‌کند که قادر است ذرات زائد را به دام بیاورد.

کمک فیلترها به دو طریق بکار برده می‌شوند:

**طریقه اول:** کمک فیلتر بصورت یک لایه نازک روی توری اصلی قرار می‌گیرد. بدین طریق از بسته شدن منافذ توری اصلی توسط ذرات معلق در مایعات جلوگیری می‌کند.

**طریقه دوم:** در این روش کمک فیلترها به تدریج به داخل سیال تحت فیلتراسیون تزریق می‌شود. ذرات معلق موجود در سیالات را قبل از رسیدن به پارچه یا توری اصلی توسط کمک فیلترها جذب می‌شود. این عمل باعث می‌شود که همیشه یک سطح نازک ولی تمیز از کمک فیلترها در مراحل اولیه

عبور سیال از فیلتر اصلی وجود داشته باشد و عملاً عبور سیال با گذشت زمان دچار مشکل خاصی نشود.

دیاتومیت دارای خواص لازم بعنوان کمک فیلتر مناسب بوده و در هر دو طریقه فوق قابل استفاده می‌باشد و اگر دارای کیفیت لازم برای استفاده در این کاربرد خاص باشد بالاترین قیمت را نیز دارد.

استفاده از روکش اولیه روی فیلتر اصلی در تصفیه نوشیدنی‌ها، روغن و گریس رایج است. در تصفیه آب به ندرت از این روش استفاده می‌شود. مقدار دیاتومیت مصرفی برای ایجاد روکش اولیه بین  $0.075-0.15$  کیلوگرم بر متر مربع سطح فیلتر است. این مقدار دیاتومیت لایه‌ای به ضخامت حدود  $2/5$  میلی متر ایجاد می‌کند. در مواردی که نیاز به ایجاد روکش ضخیم‌تر (معمولاً در تصفیه آب میوه‌های صنعتی و نظایر آن کاربرد دارد) باشد مقدار دیاتومیت مصرفی تا یک کیلوگرم بر مترمربع از سطح فیلتر نیز ممکن است افزایش یابد.

دیاتومیت استفاده شده بعنوان کمک فیلتر که به همراه سیال در حال تصفیه افزوده می‌شوند (خوراک همراه) معمولاً از نظر عیار تفاوتی با دیاتومیت استفاده شده برای روکش اولیه ندارد. در بیشتر موارد مقدار دیاتومیتهی که به عنوان خوراک همراه استفاده می‌شود در حدود  $0.1$  درصد وزنی سیال تصفیه شونده می‌باشد. کاربردهائی نیز وجود دارد که مقدار دیاتومیت مصرفی بسیار کمتر و یا خیلی بیشتر از این مقدار متوسط است. بعنوان مثال مقدار دیاتومیت استفاده شده در تصفیه آبهای همراه نفت در حدود  $0.03$  درصد است در حالی که این مقدار برای تصفیه آنزیمها یا لاکهای الکلی و سایر مایعات سنگین به  $3$  درصد نیز می‌رسد.

به منظور دستیابی به بهترین وضعیت نفوذ در کیک فیلتر، توزیع مناسب دانه بندی و وضعیت شکل دانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار هستند. این عوامل باعث می‌شود که دانه‌ها خیلی در هم نرفته و حدود  $90-85$  درصد کیک به صورت فضای خالی بماند. دانه بندی مناسب علاوه بر گیر انداختن ناخالصی‌ها، درصد بالایی از کانالهای عبوری را برای حرکت آسان سیال باز نگه می‌دارد. مقدار سطح آزاد موجود در کیک فیلتر نیز عامل مهم دیگری است. زیرا نیروی کشش سطحی بین دانه‌ها باعث ایجاد مقاومت در برابر جریان آزاد سیال می‌شود. دانه‌های بسیار ریز باعث کاهش جریان و دانه‌های درشت هم از کیفیت فیلتراسیون و شفافیت مایع عبوری می‌کاهد. بنابراین توزیع دانه‌ها باید در محدوده کوچکی باشد [۱].

### ۹-۱-۱- استفاده از دیاتومیت در تصفیه شکر و سایر شیرین کننده‌ها

تصفیه شکر اولین کاربرد دیاتومیت بعنوان کمک فیلتر بود و نخستین بار در سال ۱۸۹۹ مایع شکر خام بوسیله دیاتومیت خالص سازی شد. هر چند که صنعت تولید شکر یک مصرف کننده عمده دیاتومیت باقیمانده است ولی تولید مایعات شیرین کننده بزرگترین بازار مصرف دیاتومیت در آمریکا و یکی از مهمترین موارد مصرف در سرتاسر جهان است. فیلترهای دیاتومیته عمدتاً در مرحله جداسازی ملاس از شکر مایع کاربرد دارند. در تصفیه شکر حرارت مایع بالا برده می‌شود تا جریان سیال آسانتر صورت بگیرد. به دلیل طیف وسیع دانه بندی ذرات ناخالصی در مایع شکر، بدون استفاده از کمک فیلترها، منافذ اصلی به سرعت گرفته شده و عملاً جریان سیال متوقف می‌شود.

سالیانه در جهان حدود ۱۲۰ میلیون تن شکر تولید می‌شود. آمار مصرف شکر در سالهای گذشته بیانگر رشدی پایدار از سال ۱۹۸۰ به بعد است. هر چند که مصرف شکر در کشورهای غربی و توسعه یافته به دلیل جایگزینی دیگر شیرین کننده‌ها و آگاهی عمومی نسبت به مضرات مصرف زیاد آن، کاهش یافته است ولی در کشورهای در حال توسعه مصرف شکر افزایش داشته است.

از اواخر دهه ۸۰ میلادی کاربرد نوع خاصی از شیرین کننده‌ها در کشورهای صنعتی رشد چشمگیری را آغاز کرد. این شیرین کننده‌ها در نوشابه‌های غیر الکلی رژیمی کاربرد دارند. بازار این نوع شیرین کننده‌ها تحت تسلط اسپارتم است که دوپست برابر از شکر شیرین‌تر است ولی فقط ۰/۵ درصد کالری ایجاد می‌کند. مصرف اسپارتم در آمریکا سالیانه در حدود ۱۰ درصد رشد را نشان می‌دهد.

یک کارخانه تولید و تصفیه شکر در انگلستان گزارش کرده است که برای تصفیه یک تن شکر در حدود ۱/۱ کیلوگرم دیاتومیت مصرف کرده است. با این نرخ مصرف، تقاضای جهانی برای دیاتومیت در این کاربرد سالیانه حدود ۱۲۵ هزار تن برآورد می‌شود. البته این برآورد با تقریب زیادی همراه است چرا که بسیاری از تولید کنندگان از روشهای دیگری برای فیلتر کردن محصولات خود استفاده می‌کنند.

بازار دیاتومیت عمدتاً بستگی به تولید و مصرف شیرین کننده‌هایی دارد که به صورت مایع مصرف و یا عرضه می‌شوند. این گونه شیرین کننده‌ها اختصاصاً در فرآوری مواد غذایی و همچنین نوشیدنی‌های غیر الکلی کاربرد دارند. برآورد شده است که در حدود ۳۵ درصد از شکر عرضه شده در آمریکا بصورت مایع بوده است. افزایش تقاضا برای دیاتومیت در این کاربرد خاص محتمل نیست چرا که با افزایش آگاهی مردم نسبت به مضرات مصرف زیاد شکر، تولید جایگزین‌های شکر رو به افزایش است [۱].

### ۹-۱-۲- تصفیه روغن‌ها و چربیهای حیوانی و گیاهی

چربیهای خام و روغنهای گیاهی و انواع دیگر روغن‌ها که مجموعاً روغنهای گلیسیریدی نامیده می‌شود، بدون تصفیه و فرآوری قابل مصرف نیستند. این چربیها قبل از تصفیه دارای رنگدانه، دانه‌های گیاهی، اسیدهای چرب آزاد و سایر ناخالصی‌ها هستند. ناخالصی‌های موجود در چربیها طی چند مرحله جدا سازی می‌شوند. در مرحله جداسازی صمغ‌ها، فسفولیپیدها، فلزات سنگین و بعضی از رنگدانه‌ها گرفته می‌شوند. اسیدهای چرب آزاد در مرحله خنثی سازی و به همراه ناخالصی‌های دیگری نظیر مواد نامحلول در آب و بعضی از رنگدانه‌ها گرفته می‌شوند. در مرحله رنگبری تمامی رنگدانه‌های باقیمانده، مواد اکسیده و اثرات فلزات را جدا می‌کند و مرحله بوزدائی اسیدهای چرب و سایر مواد آروماتیک را جدا می‌کند.

بطور کلی برای تصفیه روغن‌ها از مواد قلیایی قوی و مواد شیمیایی دیگر برای رسوب دادن ناخالصی‌ها استفاده می‌شود. این رسوبات در مرحله بعدی توسط کمک فیلترها و جذب کننده‌هایی نظیر کربن فعال، دیاتومیت و خاکهای فولر جدا شده تا مزه و رنگ موجود در روغن گرفته شود. بعد از عملیات فیلتر روغن باقیمانده در کیک فیلتر به کمک هوای فشرده یا محلولهای شوینده از کیک جدا می‌شود. تولید روغن و چربیها در سال ۱۹۹۸ در حدود ۹۰ میلیون تن بوده است. سازمان خواربار جهانی سالانه رشدی در حدود ۴ درصد را برای انواع روغنهای خوراکی پیش بینی کرده است [۱].

### ۹-۱-۳- تصفیه نوشیدنی‌های الکلی

تصفیه مشروبات الکلی و آبجو به منظور جداکردن ذرات ریز نظیر مخمر یا پروتئین‌های راسب از محلول، یک مرحله ضروری برای حفظ شفافیت و طعم آنهاست. استفاده از دیاتومیت در تصفیه آبجو یکی از اصیل ترین کاربردهای آن در صنعت فیلتراسیون است. استفاده از دیاتومیت معمولاً بعنوان خوراک همراه به محلول در حال تصفیه افزوده می‌شود و ذرات به ریزی تا ۰/۵ میکرون را جدا می‌کند. ذرات مخمر معلق در مایع دارای ابعادی در حدود ۱۰-۴ میکرون هستند و وجود ذرات ریزتر نیز تاثیر زیادی بر شفافیت محصول ندارد. میزان مصرف دیاتومیت در این زمینه بین ۰/۲ تا ۱/۲ گرم بر لیتر متغیر است، ولی بطور متوسط در حدود یک گرم بر لیتر است. عیار دیاتومیت مصرفی به نوع و کیفیت محصول نهایی فیلتر شده بستگی دارد. با توجه به تولید سالانه آبجو در جهان مقدار مصرف دیاتومیت در این کاربرد آن در حدود ۱۲۰ هزار تن در سال برآورد شده است. میزان مصرف دیاتومیت در تصفیه سایر نوشیدنی‌ها به مراتب کمتر بوده و سالانه در حدود ۷۵ هزار تن برآورد شده است.

استفاده از انواع دیگر فیلترها (غیر دیاتومیتی) در تصفیه نوشیدنی‌ها هنوز اقتصادی تر از نوع دیاتومیتی نیست. با این وجود کاربرد نوع جدیدی از فیلترها که به فیلترغشایی (ممبران) معروفند در سالهای اخیر رو به افزایش بوده است. این نوع فیلترها قادر به کاهش کف کنندگی آبجو تصفیه شده هستند. از سوی دیگر یکی از مشکلات موجود در دور ریزی دیاتومیت مصرف شده است که این امر روز به روز پر هزینه تر می‌گردد. یک کارخانه تولید آبجو به طور متوسط سالیانه ۱۰ تن دیاتومیت دور می‌ریزد که یافتن محل تخلیه مناسب می‌تواند تبدیل به مشکلی عمده بشود. اینگونه مشکلات در مواردی باعث شده است تا تولید کنندگان به دنبال استفاده از روشهای جایگزین بجای فیلترهای دیاتومیتی باشند [۱].

#### ۹-۱-۴- تصفیه آب

تصفیه و خالص‌سازی آب یک بازار رو به رشد برای مواد مورد استفاده در فیلترها می‌باشد، هر چند که استفاده از دیاتومیت در این زمینه محدود است. استفاده از ماسه‌های سیلیسی ارزانترین و رایج‌ترین روش برای فیلتراسیون آب است. ابعاد و شکل دانه‌ها، مقاومت و عدم میل به ترکیب شیمیایی از جمله خواصی است که مواد استفاده شده در ساخت فیلترها باید دارا باشند. ماسه‌های سیلیسی دارای این خواص بوده و انواع مرغوب آن قادر به جداسازی ذراتی با ابعاد ۲۰-۱۰ میکرون هستند. این در حالی است که فیلترهای دیاتومیتی قادر به جداسازی ذراتی به ریزی یک میکرون هستند. بنابراین دیاتومیت کاربرد وسیعتری در صنایعی دارد که جداسازی ذرات بسیار ریز دارای اهمیت بیشتری نسبت به تصفیه آب دارد.

بازار مصرف دیاتومیت در تصفیه آب در کشورهای توسعه یافته نظیر آمریکا و استرالیا رشد بهتری داشته است. اصلی‌ترین کاربرد دیاتومیت در این زمینه تصفیه آب استخرهای شنا و تصفیه آب در صنایع می‌باشد. در حدود ۴۵ درصد از استخرهای شنا در آمریکا از فیلترهای دیاتومیتی استفاده می‌کنند و ۵۰ درصد استخرها نیز از فیلترهای ماسه‌های سیلیسی و ۵ درصد مابقی نیز از فیلترهایی با منشا ییاف مصنوعی استفاده کرده‌اند. یک استخر بطور متوسط سالیانه بین ۳۵ تا ۴۵ کیلوگرم دیاتومیت مصرف می‌کند. کل دیاتومیت مصرف شده در تصفیه آب در آمریکا سالیانه در حدود ۱۲۰ هزار تن گزارش شده است. دیاتومیت به مقدار محدودی نیز در تصفیه آبهای زائد و فاضلاب استفاده شده است. یکی از زمینه‌های رو به رشد مصرف دیاتومیت در تصفیه آب دریا قبل از تزریق آن به داخل چاههای نفت به منظور بهبود بازیافت نفت است.

دیاتومیت در تصفیه محلولهای شیمیایی مورد استفاده در ساخت داروها کاربرد دارد. استفاده از دیاتومیت در این صنعت در سالهای اخیر رو به کاهش بوده چرا که دستیابی به خلوص فوق العاده



زیاد که معمولاً در داروسازی مورد نیاز است، بوسیله فیلترهای دیاتومیته عملاً امکان پذیر نیست. از سوی دیگر ناخالصی‌های فلزی موجود در خود دیاتومیت عاملی بازدارنده در استفاده از آن در این صنعت است. به عنوان مثال درصد مجاز آلومینیوم در داروهای تزریقی برابر ۵۰ ppb است. لذا در مواردی آلومینیوم موجود در دیاتومیت قبل از استفاده باید جداسازی شود. به همین خاطر است بسیاری از تولید کنندگان استفاده از فیلترهایی با منشا سلولزی را ترجیح می‌دهند.

کاربرد فیلترهای دیاتومیته یکپارچه در بیوتکنولوژی به ویژه در تولید سلولهای نظیر ایترفرون که توسط مهندسی ژنتیک تولید می‌شوند رشد داشته است. در اینگونه فیلترها دیاتومیت با سلولز ترکیب می‌شود تا یک فیلتر یکپارچه (بدون پوشش اولیه دیاتومیته) را بدهد. یک نمونه بارز از این فیلترها در حدود ۲ کیلوگرم دیاتومیت مصرف می‌کند. یک کارخانه تصفیه که از این فیلترها استفاده می‌کند در سال حدود ۳ تن دیاتومیت مصرف می‌کند [۱].

#### ۹-۱-۵- روند آبی مصرف دیاتومیت در صنایع فیلتر

با توجه به اینکه بیش از نیمی از دیاتومیت تولیدی در صنایع فیلتر و وابسته به آن مصرف شده است، آینده مصرف دیاتومیت به شدت به تحولات آبی در این صنایع بستگی دارد. جایگزینی روشهای دیگر فیلتراسیون نظیر فیلترهای غشائی در آینده خطری است که بازار مصرف دیاتومیت را در این زمینه تهدید می‌کند. این جایگزینی با توجه به قوانین جدید در مورد دور ریزی باطله‌ها و شدت عمل بیشتر دولتها و توجه آنها به مسائل حفظ محیط زیست ممکن است در آینده سرعت بیشتری بگیرد. ولی از نقطه نظر اقتصادی هنوز فیلترهای دیاتومیته بهترین گزینه هستند.

وجود مشکلاتی در مورد دور ریزی دیاتومیت پس از مصرف و همچنین مصرف حجم قابل توجهی دیاتومیت در اکثر کاربردهای فیلتراسیون باعث شده است تحقیقاتی در زمینه روشهای جایگزین فاقد مشکلات فیلترهای دیاتومیته صورت گیرد. سیستم‌های غشائی یکی از روشهایی است که در آینده امکان جایگزینی آن با فیلترهای دیاتومیته وجود دارد. اما استفاده از این روش هنوز گرانقیمت است. از سوی دیگر فیلترهای متکی بر استفاده از دیاتومیت قبلاً در بسیاری از کارخانه‌ها نصب شده‌اند و کارفرمایان خیلی مایل به سرمایه‌گذاری جدید نیستند. مقایسه اقتصادی این دو روش مخصوصاً در صنایع تولید نوشیدنی ملموس تر است. محصولات این کارخانه‌ها قیمت خیلی زیادی ندارند و نیز در مقیاس نسبتاً زیاد تولید می‌شوند. یک سیستم فیلتر دیاتومیته با سرمایه اولیه‌ای در حدود نصف سرمایه اولیه لازم برای یک سیستم غشائی قابل راه اندازی است. از نظر هزینه‌های عملیاتی نیز هزینه‌های یک سیستم دیاتومیته یک سوم هزینه‌های یک سیستم غشائی است. در کشورهای فرانسه و انگلستان در صنایعی که محصولات تولیدی آنها نوشیدنی‌های گران قیمت تری

هستند و درجه خلوص از اهمیت بیشتری برخوردار است فیلترهای غشایی به تدریج جایگزین فیلترهای دیاتومیته شده‌اند.

فیلترهای دیاتومیته برای مایعات ژلاتینی و یا با ویسکوزیته بالا نظیر روغن‌ها بسیار مناسبتر هستند. در حال حاضر صنایع فیلتراسیون تحقیقات در جهت استفاده از مزایای هر دو روش و ترکیب آنها را آغاز کرده‌اند. یک شرکت آمریکایی بنام کیونو فیلترهای جدیدی به بازار عرضه کرده که کمک فیلتر دیاتومیت را با فیلترهای سلولزی ترکیب می‌کند. این فیلتر جدید که زتاپلاس نام دارد بر اساس خواص الکتروسیستیکی جهت جذب ذرات معلق کار می‌کند. اینگونه فیلترها جدا سازی مؤثری دارند و در عین حال به حجم زیاد مواد اولیه نظیر دیاتومیت نیاز ندارند. به عقیده تولید کنندگان زتاپلاس، فیلترهای دیاتومیته از چنان جایگاه قوی در صنعت برخوردارند که جایگزینی آنها با روشهای دیگر به آسانی صورت نخواهد گرفت. ترکیب دیاتومیت با فیلترهای مصنوعی دیگر باعث می‌شود که حتی کاربردهای جدیدی برای دیاتومیت نیز ایجاد شود. تحقیقاتی نیز در جهت امکان بازیافت کیک فیلترهای دیاتومیته برای استفاده دوباره در جریان است. این فرآیند در کشور آلمان و در مقیاس نیمه صنعتی آغاز شده است. بازیافت دیاتومیت معمولاً باعث کاهش کیفیت آن نسبت به ماده اولیه قبل از مصرف می‌شود. در صورت موفقیت روشهای بازیافت تقاضا برای دیاتومیت کاهش قابل توجهی خواهد یافت [۱].

#### ۹-۲- پرکننده:

خواصی مانند درخشندگی دیاتومیت تا ۹۰٪، ضریب انعکاس ۱/۴۲ تا ۱/۴۹، چگالی کم، خنثی بودن و دیرگدازی متوسط (دامنه حرارتی نرم شدن °C ۱۶۰۰-۱۴۰۰) ضریب جذب بالا و غیره باعث شده است تا از آن به عنوان پرکننده در صنایع رنگ سازی، لاستیک سازی، کاغذ سازی، پلاستیک سازی، دندانپزشکی، مواد شیمیایی و دارویی استفاده کنند. همچنین به عنوان عامل ضد انسداد، ورقه‌های مجاور را از یکدیگر جدا نگه داشته و مانع از جوش سرد می‌شود (فیلم‌های پلی اتیلن). ذرات ریز و بی شکل دیاتومیت در رنگ، سطح زبری را ایجاد کرده و سبب افزایش چسبندگی و طول عمر می‌شود. در تولید کاغذهای مخصوص، دیاتومیت تشکیل ورقه کاغذ را تسهیل می‌کند. ماده معدنی دیاتومیت در بسیاری از محصولات به عنوان پر کننده، روان کننده یا منبسط کننده و یا رنگدانه کاربرد دارند.

صنایع رنگ، کاغذ، پلاستیک و لاستیک صنایع عمده‌ای هستند که از مواد معدنی برای خواص ذکر شده استفاده می‌نمایند. نقش یک پرکننده ممکن است نقشی فعال باشد بدین معنی که وجود آن در ترکیب محصول، خاصیت ویژه‌ای به محصول می‌دهد که برای آن کاربرد خاص ضروری

است. با این وجود مواردی نیز وجود دارد که ماده پرکننده نقشی غیر فعال دارد و فقط به منظور افزایش حجم و کاهش هزینه‌ها به ترکیب افزوده می‌شود.

خواص ویژه دیاتومیت باعث شده است که این ماده معدنی بعنوان یک پرکننده فعال در طیف نسبتاً وسیعی از صنایع کاربرد داشته باشد. به دلیل خاصیت ویژه ساختار داخلی ذرات دیاتومیت از آن می‌توان بعنوان یک افزودنی که خاصیت پخش‌شوندگی رنگ را افزایش می‌دهد استفاده کرد. همچنین این ساختار ویژه، دیاتومیت را بعنوان یک افزودنی ضد انعقاد، برای تولید ورقه‌های شفاف پلی اتیلنی مناسب کرده است [۱].

### ۹-۲-۱- دیاتومیت در صنعت رنگ

مهمترین کاربرد دیاتومیت بعنوان یک پرکننده در تولید رنگ است که در حدود ۳۰ درصد تقاضا برای دیاتومیت را بعنوان پرکننده شامل می‌شود. این مقدار در سال ۱۹۹۳ در حدود ۱۰۰ هزار تن در سال بوده است. با این وجود دیاتومیت در مقایسه با سایر مواد معدنی پرکننده نظیر تالک، کربنات کلسیم، کائولن و باریت از اهمیت کمتری برخوردار است. بازار مصرف دیاتومیت در رنگ‌سازی رو به کاهش است و علت اصلی آن اجتناب سازندگان از خطرات بالقوه سیلیس بلورین و قیمت نسبتاً بالای دیاتومیت نسبت به سایر پرکننده‌هاست. پرکننده‌ها به منظور افزایش حجم رنگ و کاهش نیاز به افزودن حجم رنگدانه‌ها که اغلب گران قیمت هستند مصرف می‌شوند. با این وجود یک پرکننده مناسب خواصی نظیر افزایش شفافیت، عدم پوسته پوسته شدن و پخش پذیری آسان را نیز می‌تواند به رنگ بدهد. دیاتومیت عمدتاً بخاطر خاصیت پخش پذیری و صاف کردن سطح بیرونی رنگ کاربرد دارد. این خاصیت دیاتومیت در مقایسه با سایر مواد معدنی منحصر بفرد است و از تمامی آنها موثرتر عمل می‌کند. دیاتومیت همچنین بافت رنگ را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که باعث کاهش انعکاس نور شده و حالت آینه‌ای شدن را از سطح رنگ می‌زداید. دیاتومیت نسبت به سایر مواد معدنی پرکننده از درجه انعکاس کمتری برخوردار است. از آنجائیکه تولید کنندگان رنگ مواد اولیه را بر حسب وزن خریداری می‌کنند ولی محصول نهایی را بر حسب حجم به فروش می‌رسانند، وزن مخصوص کم دیاتومیت و افزایش قابل توجهی که به حجم محصول می‌دهد دیگر خاصیت مثبت دیاتومیت در صنایع رنگ است.

فواید دیگر استفاده از دیاتومیت خاصیت مات‌کنندگی (کاهش خاصیت براقی)، سهولت خیس‌کنندگی، سهولت زدودن لکه و افزایش مقاومت رنگ در مقابل خراشیدگی است. دانه بندی و شکل ذرات دیاتومیت باعث افزایش قدرت چسبندگی رنگ شده و زمان آزاد شدن حلالها را نیز کاهش می‌دهد. اشکال نامنظم دیاتومهای تشکیل دهنده دیاتومیت خاصیت ویژه‌ای از نظر انعکاس نور

به رنگ می‌دهد که مخصوصاً برای رنگهای ترافیک و انعکاس بهتر آنها در شب مناسب است. مهمترین کاربرد دیاتومیت در رنگسازی، ساخت رنگهای امولسیون است. انتخاب نوع مناسب دیاتومیت برای افزایش کارایی آن و خاصیت ویژه‌ای که از آن انتظار می‌رود از اهمیت بالایی برخوردار است. یک‌دست بودن رنگ و یکنواختی براقیت و شفافیت آن مبنایی برای انتخاب نوع مناسب دیاتومیت است. برای رنگهای مورد استفاده برای پوشش دیوارهای داخلی ساختمان، نوع کلسینه شده گدازشی (Hegma2) مناسب‌ترین است. برای رنگهای نیمه شفاف لعابی نوع دیاتومیت کلسینه شده گدازشی بسیار ریز دانه (Hegma4) مناسب‌تر است. چهار عامل شکل ذرات، خاصیت جذب حلال رنگ (روغن)، ساختمان داخلی ذرات و ابعاد ذرات از پارامترهای اصلی موثر بر شفافیت و براق بودن هستند. ساختمان ویژه دیاتومیت باعث جذب روغن رنگ در داخل خود ذرات و همچنین در فضای خالی بین ذرات می‌شود. وقتی که ساختار داخلی دیاتومها در اثر سایش و مالش شکسته می‌شود خاصیت جذب روغن ذرات نیز تغییر کرده و تابعی از سطح بیرونی آنها می‌شود. در پاره‌ای از موارد استفاده از دیاتومیت همراه با سایر پرکننده‌ها باعث افزایش کارایی آن می‌شود. در ساخت رنگهای لعابی نیمه شفاف ترکیب تالک و دیاتومیت انعطاف بیشتری به رنگ داده و میزان مصرف رنگدانه را نیز کاهش می‌دهد. در رنگهای لعابی معمولی افزایش ۱۰ پوند دیاتومیت از نوع کلسینه گدازشی ریز دانه در هر ۳۰۰ لیتر رنگ باعث کاهش شفافیت از ۳۰ به ۱۵ می‌شود [۱].

#### ۹-۲-۲- تولید رنگ و بازار مصرف دیاتومیت

در حدود یک چهارم از تولید ۲۵ میلیون تنی رنگ در سال ۱۹۹۴ در آمریکای شمالی صورت گرفته است. اروپای غربی نیز تقریباً یک چهارم تولید را داشته و سهم اروپای شرقی و کشورهای شوروی سابق جمعاً ۱۵ درصد بوده و ژاپن نیز ۹ درصد تولید جهانی رنگ را به خود اختصاص داده است و بر اساس پیش بینی واحد اطلاعات اقتصادی (EIU) در دهه ۹۰ میلادی تقاضا برای رنگ سالیانه ۳ درصد رشد داشته است.

کاربرد اصلی دیاتومیت در رنگ بعنوان ماده پخش پذیر عمدتاً در رنگها امولسیون است. بنابراین بازار مصرف به میزان قابل توجهی به ترجیح مصرف کننده بستگی دارد. روند مصرف نیز به همین دلیل به شدت منطقه‌ای بوده و بر اساس موقعیت جغرافیایی متغیر است. رنگهای نیمه شفاف برای پوشش دیواره‌های صاف در کشورهای دانمارک، آلمان و آمریکا متقاضیان بیشتری دارد و به نظر می‌رسد که این کشورها مصرف کنندگان اصلی دیاتومیت در ساخت رنگ باشند.

دیاتومیت به همراه سایر پرکننده‌ها که به مراتب از دیاتومیت ارزانتر هستند نیز کاربرد دارد. به علت قیمت نسبتاً بالای دیاتومیت، سازندگان رنگ تمایل به کاهش مصرف آن دارند. حداقل مصرف دیاتومیت در حدود ۲ الی ۳ درصد کل حجم رنگ است که در حدود ۰/۱۶ کیلوگرم بر هر گالن رنگ می‌شود. پیش بینی می‌شود که سالیانه حدود ۱۲۰ هزار تن دیاتومیت در صنعت رنگ مصرف می‌شود که سه چهارم آن در کشور آمریکا می‌باشد. به دلیل افزایش نگرانی نسبت به کاربرد سیلیس بلورین در رنگ و همچنین قیمت نسبی بالای دیاتومیت امکان رشد قابل توجهی در این کاربرد خاص دیاتومیت دور از انتظار است [۱].

### ۹-۲-۳- استفاده از دیاتومیت در ساخت پلاستیک

استفاده از دیاتومیت بعنوان یک پرکننده ضد انعقاد در ورقه‌های شفاف (فیلم) پلی اتیلن دومین کاربرد مهم آن بعد از پرکننده رنگ است.

نقش ماده ضد انعقاد (یا چسبندگی)، کاهش چسبندگی یا جمع شدگی فیلم پلی اتیلن به سطح تماس در زمان تشکیل فیلم است. افزودن ۰/۰۵ تا ۰/۵ درصد دیاتومیت به ترکیب پلی اتیلن از شکنندگی آن جلوگیری کرده و خاصیت ضد انعقاد آنرا افزایش می‌دهد. مقادیر کم دیاتومیت همچنین در تعدادی از کاربردهای خاص نظیر ترموپلاستیک‌ها استفاده می‌شود.

مجموع مصرف پلی اتیلن در اروپای غربی، آمریکای شمالی و ژاپن در سال ۱۹۹۳ در حدود ۱۱ میلیون تن بوده است. فروش فیلم‌های پلی اتیلن در اوایل دهه ۹۰ میلادی رشدی معادل ۵ درصد را در سال نشان داده است. ظرفیت تولید جهانی پلی اتیلن‌های سبک در سال ۱۹۹۴ برابر ۴۸ میلیون تن با رشد سالیانه ۳ الی ۵ درصد برآورد شده است.

استفاده از دیاتومیت در پلی اتیلن‌ها عمدتاً در آمریکا متمرکز شده است. در اروپا انواع دیگر سیلیکات‌ها استفاده شده‌اند که دلیلی اصلی آن عدم عرضه دیاتومیت با عیار مناسب و به اندازه کافی است. بازار مصرف دیاتومیت در فیلم‌های پلی اتیلنی در اروپای غربی و کشورهای آسیای شرقی پتانسیل رشد داشته و آینده آن امیدوار کننده است.

با توجه به میزان مصرف دیاتومیت در تولید فیلم‌های پلی اتیلنی که بطور متوسط ۰/۱ درصد است، مصرف آن در آمریکا با در نظر گرفتن تولید سالیانه اینگونه فیلمها در حدود ۴۵-۴۰ هزار تن در سال برآورد می‌شود. با توجه به رشد سالیانه ۷-۵ درصدی، در اوایل قرن بیست و یکم پیش بینی می‌شود که کل مصرف جهانی دیاتومیت در این کاربرد خالص بالغ بر ۱۰۰ هزار تن در سال باشد [۱].

### ۹-۲-۴- مصرف دیاتومیت در صنایع کاغذ سازی

صنایع تولید کاغذ یک کاربرد فرعی برای دیاتومیت بعنوان پرکننده است. دیاتومیت در کاغذهای مخصوص و بعنوان ماده‌ای ضد جمع‌شدگی و کنترل‌کننده چروک‌شدگی کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعنوان یک پرکننده، دیاتومیت خاصیت ماتی به کاغذ می‌دهد و باعث جذب بهتر رنگدانه‌های بکار رفته در ساخت کاغذ می‌شود. در تولید مقوا، بخصوص نوع پوشش دار آن، اصطکاک در مرحله ساخت به کمک دیاتومیت کاهش داده می‌شود و جذب آب براحتی صورت می‌گیرد. دیاتومیت همچنین باعث می‌شود که کاغذ یکدست تر و یکنواخت تر به نظر برسد.

از دیرباز استفاده از دیاتومیت در صنایع تولید کاغذ به منظور کنترل قیر کاغذ بوده است. قیر کاغذ نوعی رزین است که در چوب وجود دارد و در فرآیند تولید پالپ کاملاً حذف نمی‌شود. در مرحله تولید کاغذ، ذرات ریز قیر بهم چسبیده و مشکلاتی برای کاغذ و محصول نهایی بوجود می‌آورد. قیر را می‌توان به وسیله افزودن محلولهای شیمیایی رسوب دهنده و یا بوسیله جذب توسط مواد معدنی از پالپ جدا کرد. دیاتومیت دارای خواص لازم برای کنترل قیر است، ولی تالک در این مورد بهتر عمل کرده و در عین حال ارزانتر است. بنابراین تقریباً در همه جای دنیا تالک در کاغذ سازی بطور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی دیگر از کاربردهای دیاتومیت در بازیافت کاغذهای باطله است. کاغذهای باطله دارای آلودگی‌های نظیر مرکب و چسب هستند که باید در مرحله مرکب زدائی جدا شوند تا کاغذ دوباره قابل استفاده بشود. دیاتومیت با خاصیت جذب بالای خود در این کاربرد خاص بهتر از تالک عمل می‌کند. پیش بینی می‌شود که این کاربرد دیاتومیت با توجه به افزایش تمایل کشورها به بازیافت کاغذهای باطله در آینده زمینه رشد زیادی را داشته باشد.

کائولن و کربنات کلسیم مواد معدنی اصلی بعنوان پرکننده در صنعت کاغذسازی هستند. مصرف سالیانه مواد معدنی در کاغذ سازی در آمریکای شمالی و اروپای غربی بالغ بر ۱۴ میلیون تن است. برآورد می‌شود که مصرف دیاتومیت در کاغذ سازی در آمریکای شمالی در حدود ۱۰ هزار تن در سال باشد و این مقدار در اروپای غربی برابر ۲۵۰۰ تن و در بقیه کشورها برابر ۱۰۰۰ تن در سال باشد. به نظر می‌رسد که تقاضا در آمریکای شمالی به سمت استفاده از دیاتومیت در جذب مرکب کاغذهای باطله سوق داده شود [۱].

### ۹-۲-۵- استفاده از دیاتومیت در تولید لاستیک

در انواع لاستیک‌ها به ویژه انواع ارزان قیمت آن که مقدار قابل توجهی روغن در ترکیب آنها وجود دارد، دیاتومیت بعنوان یک پرکننده کاربرد دارد. افزودن دیاتومیت باعث جذب روغن شده و

مخلوط سریعتر آماده می‌شود. مقدار معمول در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد وزنی است. افزودن دیاتومیت به لاستیک باعث حفظ نرمی و انعطاف لاستیک شده و مقاومت کششی و سایشی آن را نیز افزایش می‌دهد. دیاتومیت همچنین در ساخت فوم های لاستیکی کاربرد دارد [۱].

#### ۹-۲-۶- دیاتومیت در سیمان

افزودن خاکهای دیاتومیتی مولر به سیمان باعث افزایش مقاومت آن نسبت به آب دریا می‌شود. خاکهای مولر در تولید سیمانهای مخصوص که در ساخت سکویهای نفتی دریایی کاربرد دارند، استفاده می‌شود. میزان مصرف مولر در تولید سیمان قابل توجه نبوده و این بازار سالیانه فقط در حدود ۵۰۰۰ تن مواد دیاتومیتی مصرف می‌کند. دیاتومیت همچنین ممکن است بعنوان یک جذب کننده به سیمان افزوده شود تا آب اضافی موجود در مخلوط را جذب کند. این عمل باعث افزایش مقاومت سیمان شده و در عین حال سطح بیرونی صافتری را ایجاد می‌کند [۱].

#### ۹-۲-۷- سایر کاربردهای دیاتومیت بعنوان پرکننده

- بعضی دیگر از کاربردهای فرعی دیاتومیت بعنوان یک پر کننده به صورت زیر می‌باشد [۱].
- پرکننده در تولید آب میوه به منظور گرفتن سریعتر و افزایش مقدار آب میوه.
  - پرکننده در انواع خاصی از مواد پرکننده در دندان سازی.
  - در ساخت کبریت بعنوان کنترل کننده شعله. دیاتومیت باعث جذب مواد آتش زا در ساختار خود شده و از ایجاد شعله اضافی و کنترل نشده جلوگیری می‌کند. مقدار مصرف آن در حدود ۳ الی ۶ درصد وزنی ترکیب است.
  - به صورت مخلوط با آب در پرکردن سیلندرهای گاز استیلن.
  - پرکننده‌های دیاتومیتی در ساخت آسفالت به منظور افزایش ویسکوزیته، بالا بردن نقطه ذوب و افزایش مقاومت مکانیکی و مقاومت در برابر هوازدگی کاربرد دارند.

#### ۹-۳- جذب کننده :

کاربردهای دیاتومیت بعنوان یک جذب کننده را می‌توان به دو دسته صنعتی و خانگی تقسیم کرد. در کاربردهای صنعتی از دیاتومیت در جمع آوری مواد نفتی و یا سمی و سایر مایعات ریخته شده در محلهایی نظیر تعمیر گاهها، کارگاهها و یا کارخانه‌های رنگسازی و کلیه مکانهایی که پخش شدن مواد نفتی امکان آتش سوزی را افزایش می‌دهد، استفاده می‌شود. در کاربردهای خانگی دیاتومیت در ساخت جاذب فضولات حیوانات خانگی نظیر گربه و سگ مورد استفاده قرار گرفته

است. موادی که در ساخت این وسایل بکار می‌روند باید قدرت جذب بالایی داشته و ضمن جذب فضولات، بو و امکان رشد باکتری را نیز کاهش دهند. بازار تولید جاذب فضولات حیوانات خانگی توسط مواد معدنی دیگر گرفته شده و بیش از ۹۰ درصد تولید کنندگان اروپایی از مواد ارزانه‌تری نظیر خاکهای فولر (نوعی سنگین)، سیپولیت و سدیم بنتونیت استفاده می‌کنند.

بازار مصرف برای مواد معدنی مورد استفاده در ساخت این گونه جاذب‌ها رو به رشد بوده و فقط در اروپای غربی در حدود یک میلیون تن مواد معدنی مختلف مصرف شده است. مصرف این مواد معدنی در حدود ۲۰۰ کیلوگرم در سال به ازای هر حیوان خانگی است. با این وجود بازار مصرف دیاتومیت در مقایسه با سایر جذب کننده‌ها نظیر بنتونیت و دیگر انواع رسها بسیار اندک است و در حدود ۳۰ هزار تن در سال برآورد می‌شود [۱].

#### ۹-۴- مصارف دارویی :

دیاتومیت در صنایع دارویی به عنوان دی اکسید سیلیسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. دیاتومیت مورد استفاده اغلب از نوع کلسینه خالص است و در پزشکی هائموپاتی (Homoepathic) (نوعی دارو درمانی) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پودر دیاتومیت عملاً در آب، اسید و ئیدروکسیدهای قلیایی، غیر محلول است. این ماده بدون آن که به صورت ژل در آید ۴ برابر وزن خود آب جذب می‌کند. از این ماده برای تهیه ژل سیلیسی و سیلیس آب دار کلوئیدی استفاده می‌شود. از دی اکسید سیلیسیم به علت خاصیت جذب آب به عنوان خشک کننده، ضد گلوله شدن و بهم چسبیدن در صنایع دارویی استفاده می‌شود [۱].

#### ۹-۵- دیاتومیت در ساخت عایق‌ها

##### ۹-۵-۱- عایق‌های حرارتی

ساختمان به شدت متخلخل دیاتومیت از آن ماده‌ای عایق در مقابل حرارت ساخته است. خاکهای دیاتومیته مولر که در کشور دانمارک یافت می‌شود برای این کاربرد بسیار مناسب هستند. آن خاکها در حدود ۳۰ درصد رس در ترکیب خود دارند که بعنوان چسب عمل می‌کند. مولر در ساخت آجرها و مصالح نسوز بدون نیاز به افزودن رس و یا سایر چسباننده‌ها کاربرد وسیع دارد. کاربردهای اصلی عایق‌های ساخته شده از مولر به عنوان نسوز در صنایعی است که حرارت عملیاتی بین ۶۵۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است. مولر بعنوان پر کننده در محفظه بین دو جداره داخلی و



بیرونی کوره استفاده می‌شود. مولر به همراه آزبست و بتونیت در ساخت آجرها و لوله‌های نسوز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آجرهای نسوز ساخته شده از دیاتومیت در کوره‌های مورد استفاده قرار می‌گیرند که تغییرات حرارت شدید نیست. اینگونه آجرها نباید در معرض مستقیم آتش قرار گیرند ولی به دلیل مقاومت فشاری بالای آنها مناسب برای استفاده در کف کوره هستند.

برای ساخت سیمان‌های عایق و نسوز، دیاتومیت کلسینه شده را به مخلوط پرتلند و یا کلسیم-آلومینا به نسبت ۴:۱ می‌افزایند. این سیمانها در ساخت در، کف و یا دیواره کوره‌ها کاربرد دارند [۱].

#### ۹-۵-۲- عایق‌های صوتی

بطور کلی مواد عایق‌های حرارتی عایق‌های خوبی در مقابل صوت نیز هستند. مواد متخلخل نظیر دیاتومیت عایق‌های موثری در برابر صوت هستند و باعث جذب امواج صوتی در فضای خالی موجود می‌شوند. نحوه ساخت و فرآیند تولید عایق‌های صوتی معمولاً مهمتر از نوع مواد بکار رفته است.

میزان مصرف دیاتومیت در ساخت عایق‌های حرارتی و صوتی در کشور آمریکا در حدود ۴ درصد کل تقاضا و برابر ۲۴ هزار تن در سال ۱۹۹۳ بوده است.

این میزان مصرف در سال ۱۹۹۹ به ۲ درصد کل تقاضا کاهش یافته و به حدود ۱۵ هزار تن رسیده است. پیش بینی می‌شود که کل دیاتومیت مصرفی در جهان برای این کاربرد خاص در حدود ۲۰۰ الی ۲۵۰ هزار تن در سال باشد.

بزرگترین بازار مصرف برای این منظور اروپای غربی است که عمدتاً مواد اولیه برای ساخت عایق‌ها را از کشور دانمارک وارد می‌کند. بیش از نیمی از تولید خاکهای دیاتومیتی دانمارک در صنایع تولید عایق‌ها و نسوزهای دیاتومیتی مصرف می‌شود [۱].

#### ۹-۶- دیاتومیت در ساینده‌ها

دیاتومیت بعنوان یک ساینده متوسط و پولیش دهنده در بعضی از صنایع کاربرد دارد. ساختمان ترد و نازک دیاتومها تحت فشار شکننده هستند و نمی‌توان از آنها بعنوان یک ساینده قوی استفاده کرد. با این وجود در مواردی ویژه که نیاز به کنترل دقیقتر عمل پولیش سطح وجود دارد از آن می‌توان استفاده کرد. از دیاتومیت می‌توان بعنوان پولیش دهنده نهایی در ساخت جواهرات و نظایر آن استفاده کرد [۱].

### ۷-۹- دیاتومیت بعنوان حمل کننده کاتالیزورها

دیاتومیت بعنوان حمل کننده کاتالیزورها در بسیاری از فرآیندهای صنعتی کاربرد دارد. دیاتومیت کاتالیزور مایع را جذب می‌کند و مخلوط بدست آمده را می‌توان به صورت کلوخه درآورد و در فرآیند وارد کرد. حمل کننده کاتالیزورهای دیاتومیته دارای برتری‌های زیر هستند:

- سطح مخصوص کنترل شده
- عدم میل به ترکیب شیمیایی
- تخلخل زیاد
- مقاومت گرمایی تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد
- مقاومت مکانیکی بالا

عملیات استحصال هیدروژن و تولید اسید سولفوریک از جمله فرآیندهای صنعتی هستند که از دیاتومیت بعنوان حمل کننده کاتالیزورهای استفاده می‌کنند [۱].

### ۸-۹- استفاده از دیاتومیت در کشاورزی

مواد معدنی مختلف بعنوان حمل کننده و رقیق کننده سموم کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سموم کشاورزی باید براحتی قابل پخش بوده و همچنین تمرکز آن در حد لازم باشد تا اثرات سوء بر محصول کشاورزی نداشته باشند. به منظور سهولت در انبار کردن و حمل مواد شیمیایی سمی این مواد باید ابتدا با یک حمل کننده مخلوط شوند.

ماده حمل کننده باید خاصیت جذب کنندگی بالا داشته و بتواند براحتی در مایعات پخش شود تا بتوان آن را اسپری نمود. ماده حمل کننده همچنین باید از نظر شیمیائی خنثی بوده و اثر سوء بر ترکیب شیمیایی سم نداشته باشد. این مواد نباید ساینده بوده و به راحتی پودر شوند. مناسب ترین مواد معدنی برای استفاده در سموم کشاورزی و بعنوان حمل کننده خاکهای فولر، تالک، کائولن، دیاتومیت، پرلیت، ژیپس و سپولیت هستند. دیاتومیت و پرلیت از نظر خنثی بودن مناسب ترین مواد معدنی هستند. سازندگان سموم کشاورزی تمایل چندانی به استفاده از پرلیت به دلیل سایندهی بیشتر آن نسبت به دیاتومیت ندارند. در ساخت پودرهای شیمیایی که بعنوان سم کشاورزی کاربرد دارند ممکن است بین ۵ تا ۶۰ درصد دیاتومیت مصرف شود که مقدار رایج و متوسط در حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد است. علیرغم مفید بودن نقش دیاتومیت، این کاربرد بازار مهمی برای این ماده معدنی نیست و پیش بینی می‌شود که در آینده نیز رو به کاهش بگذارد. پودرهای شیمیایی فقط در مواردی که باد شدت نداشته باشد قابل استفاده هستند به همین دلیل آنها هرگز در اروپا مورد توجه قرار نگرفته‌اند و

در کشورهای دیگر نیز تمایل چندانی به استفاده از آنها وجود ندارد. بیشتر سموم امروزه در آب محلول شده و سپس استفاده می‌شوند.

علاوه بر سموم کشاورزی، دیاتومیت در تولید کودهای شیمیایی نیز کاربرد دارد. مواد معدنی مختلفی ممکن است بعنوان رقیق کننده و پر کننده در کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند. مواد پر کننده باید از نظر شیمیایی خنثی بوده و از سائیدگی کمی برخوردار باشند و در عین حال وزن مخصوص مناسبی نیز داشته باشند. شایع‌ترین مواد معدنی بعنوان پر کننده و یا حمل کننده در تولید کودهای شیمیایی دیاتومیت، خاک فولر، کائولن، تالک، ژیپس، آهک، پرلیت، پیروفیلیت و سپیولیت هستند. در میان این مواد معدنی، دیاتومیت از نظر شیمیایی خنثی‌ترین ماده معدنی است.

رایج‌ترین کاربرد دیاتومیت در کشاورزی استفاده از آن در ساخت کودهای نیترات آمونیم و اوره است. این مواد در آب محلول بوده و اگر حتی مقدار کمی آب هم وجود داشته مواد حالت چسبندگی پیدا می‌کند. دیاتومیت، پرلیت و کائولن معمولاً بعنوان افزودنی ضد چسبندگی و به میزان ۲ الی ۳ درصد وزنی به مخلوط اضافه می‌شوند. مجموع مقدار دیاتومیت مصرف شده در کشاورزی گزارش نشده است ولی به نظر می‌رسد که بیش از ۱۰ هزار تن در سال نباشد.

دیاتومیت بعنوان ماده‌ای ضد چسبندگی در تولید خوراک دام نیز کاربرد دارد. مقدار مصرف شده در این کاربرد خیلی کم است. پودر یا دانه‌های سنگ آهک معمولاً ماده معدنی رایج هستند. یک کمپانی دانمارکی، به نام دامولین سالیانه مقادیری مولر دانه‌ای جهت استفاده در خوراک دام صادر می‌کند [۱].

## ۹-۹- کاربردهای ویژه و جدید برای دیاتومیت

علاوه بر کاربردهای مرسوم دیاتومیت، تحقیقات در زمینه یافتن کاربردهای جدید برای این ماده معدنی با خواص ویژه ادامه دارد.

### ۹-۹-۱- دیاتومیت به عنوان یک حشره کش

خواص دیاتومیت در نابودی حشرات سالهاست که شناخته شده است. استفاده از دیاتومیت برای این منظور خاص بدلیل معرفی و توسعه حشره کش‌های شیمیایی مؤثر نظیر متیل بروماید محدود مانده است. امروزه ثابت شده است که متیل بروماید از ترکیباتی است که اثرات مخربی بر لایه اوزن داشته‌اند. کشورهای نظیر آمریکا و کانادا موافقت نموده‌اند که تولید آنرا بجز در موارد خواص متوقف کنند. نیاز برای یافتن یک جایگزین مؤثر در عین حال با صرفه باعث شده است تا استفاده از نوعی از خاکهای دیاتومیته تقویت شده (EDE) مطرح باشد.

دیاتومیت برای کشتن حشرات در محللهایی نظیر انبار غلات و غیره قابل استفاده است. مکانیسم فرآیند به اینصورت است که ذرات دیاتومیت به پوشش واکسی بدن حشرات چسبیده و به تدریج مایع بدن حشره را جذب کرده تا باعث مرگ حشره بشود. استفاده از دیاتومیت در کشتن حشرات اغلب همراه با افزایش دمای محیط صورت می‌گیرد. افزایش حرارت باعث تسریع و افزایش راندمان فرایند می‌شود. با این وجود نیاز به افزایش حرارت هزینه‌ها را افزایش داده و در مواردی نیز باعث ایجاد خسارت به تأسیسات و مواد انبار شده می‌شود.

کانادا از کشورهایی است که از متیل بروماید به مقدار زیادی در انبار کشتی‌ها و قطارهای مخصوص جابجایی محصولات کشاورزی استفاده می‌نماید. بیشتر تحقیقات به منظور یافتن روش جایگزین برای کنترل حشرات نیز در این کشور صورت گرفته است. یکی از این مطالعات که هم در مقیاس آزمایشگاهی و هم در مقیاس واقعی صورت گرفت نشان داد که استفاده از ۳ گرم بر متر مربع خاک دیاتومیته EDE و افزایش حرارت تا ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه تمامی حشرات مورد مطالعه پس از یک هفته کشته شدند. افزایش حرارت به تنهایی (بدون استفاده از EDE) در یک آزمایش دیگر نشان داد که حدود ۲۵ درصد حشرات زنده مانده‌اند.

در آزمایش دیگری که روی انواع دیگری از حشرات صورت گرفت نشان داد که تمامی حشراتی که در تماس با EDE قرار گرفته بودند پس از ۳ الی ۲۲ ساعت کشته شدند دمای محیط در این آزمایش ۴۱ درجه سانتیگراد بود. تمامی این آزمایشات ثابت کرده است که استفاده از دیاتومیت همراه با افزایش حرارت توانسته به طور موفقیت آمیزی حشرات موذی را از بین ببرد. به نظر می‌رسد که با افزایش نگرانی عمومی نسبت به کاربرد وسیع حشره کش‌های شیمیایی و اثرات مخرب آن بر محیط زیست، کاربردهای جدید برای دیاتومیت و بازار مصرف جدید در این زمینه دور از انتظار نیست [۱].

### ۹-۹-۲- دیاتومیت در فرآیندهای استحصال شیمیایی

دیاتومیت کاربردهای جدیدی به منظور جداسازی مؤثر مایع از مایع در صنایع شیمیایی، داروسازی و بیوتکنولوژی پیدا کرده است. روشهای متداول برای جدایش مایع از مایع زمان بر بوده و تنها در مقیاس بزرگ و حجم قابل توجهی از مایع قابل اجرا هستند. با پیشرفت صنایع داروسازی و تلاش برای دستیابی به فن آوریهای جدید در ساخت داروهای ویژه و در شرایط خاص نیاز به یافتن روشهایی که بتواند جدایش مؤثری در مقیاس کوچک را فراهم کند، بیش از پیش احساس می‌شود.

هدف اصلی در جدایش مایع از مایع، جدایش مخلوطی از دو یا چند ترکیب شیمیایی است که به صورت محلول در همدیگر ادغام شده‌اند. در روشهای معمول، ابتدا مخلوط دو مایع در محلولی

حل می‌شود که منجر به تغییر pH یکی از مایعات بشود. تغییرات فاحش pH بین دو محلول باعث می‌شود که یکی از ترکیبات در حد واسط آب و محلول شیمیایی قرار گرفته و تشکیل دو لایه قابل جدایش را بدهد. در مرحله بعد با دقت باید لایه زیرین را جدا کرده (تخلیه از زیر) و بدین ترتیب دو مخلوط اولیه را از هم جدا کرد.

تکنولوژی جدید از نوعی دیاتومیت فرآوری شده استفاده می‌کند که توسط شرکت IST در ولز ابداع شده است. این تفکیک بر اساس خاصیت جذب انتخابی توسط دیاتومیت بنا شده است. در این روش ابتدا دانه‌های دیاتومیت در داخل یک ستون قرار می‌گیرند که در انتهای آن سوراخی برای عبور مایع تعبیه شده است. سپس یک اسید رقیق شده به دانه‌های دیاتومیت افزوده می‌شود و بدین ترتیب سطح دانه‌ها توسط یک لایه نازک پوشش داده می‌شود که باعث می‌شود تا آنها از نظر الکتروستاتیکی جذب مایعی با بار مثبت نظیر آب بشود. در مرحله بعدی مخلوط دو ترکیب شیمیایی که بصورت مایع هستند از ستون حاوی دانه‌های دیاتومیت عبور داده می‌شوند. البته مخلوط قبل از عبور توسط افزودن محلولهای شیمیایی به گونه‌ای آماده‌سازی می‌شود تا یکی از مایعات دارای بار الکتروستاتیکی شود. در حین عبور مخلوط یکی از مایعات بسته به نوع بار به وجود آمده به دانه‌های دیاتومیت چسبیده و جذب آن می‌شوند و مایع دیگر از دانه‌ها عبور کرده و از انتهای لوله تخلیه می‌شود. در مرحله نهایی با بیرون آوردن دانه‌های دیاتومیت مایع دیگر نیز قابل حصول است. از آنجا که در این روش یکی از مایعات به نوعی تبدیل به جامد شده است این تکنیک جدایش فازی جامد (SPE) نام گرفته است.

این روش با تمام فوایدی که از نظر سهولت و کامل بودن نتیجه نهایی دارد فقط برای مقیاس کوچک اقتصادی می‌باشد. دیاتومیت استفاده شده در این روش باید خلوص بسیار بالا داشته و از نظر دانه‌بندی نیز یکنواخت باشد. این روش جدید محققین را قادر ساخته تا بتوانند محلولهایی در حد ۵ میلی متر که قبلاً با تکنیک‌های رایج قابل جدایش نبودند را نیز به طور مؤثر جدا سازی نمایند. روش SPE محدودیت‌های کمتری نسبت به روشهای متداول داشته و بر روی دامنه وسیع تری از مخلوطها قابل اجرا است. این روش باعث شده تا دیاتومیت ارزش افزوده خوبی داشته باشد به طوری که یک لوله حاوی یک گرم دیاتومیت در حدود ۱ پوند فروخته می‌شود.

کاربردهای پزشکی و بیولوژیکی روش SPE فراوان هستند و پتانسیل استفاده از این روش در علوم دیگر نظیر علوم هسته‌ای نیز وجود دارد. در یک کاربرد دیگر SPE برای جدایش پروتئین از ادرار در انجام آزمایشات پزشکی مورد استفاده قرار گرفته است.

هر چند که این روش و تحقیقات مشابه هنوز در مرحله آزمایشگاهی و یا در مقیاس بسیار کوچک بصورت صنعتی اجرا می‌شوند ولی پیش بینی بازارهای مصرف در مقیاس قابل توجه در آینده دور از انتظار نیست [۱].

### ۹-۱۰-۱- مشخصات فنی و استانداردها برای کاربردهای مختلف

موفقیت در بازار دیاتومیت بستگی به توانایی تولید کننده در ارائه محصولی دارد که بتواند اعتماد مشتری را جلب کرده و نیازهای او را برآورده سازد. کیفیت محصول تولیدی و نوع آن بر حسب سفارش مشتری و برای حل مشکل خاصی تعیین می‌شود. امروزه انواع مختلف دیاتومیت‌های تجاری با درصد خلوص و خصوصیات متفاوت در بازار و برای کاربردهای مختلف وجود دارد. ویژگی انواع دیاتومیت‌ها به نوع، ابعاد، ساختمان و شکل دیاتومه‌های تشکیل دهنده آن بستگی داشته و در مراحل مختلف معدنکاری و فرآوری باید به گونه‌ای عمل شود که حتی المقدور شکل و ساختمان داخلی اسکلت دیاتومه‌ها حفظ شود.

فاکتورهایی که بر خواص نهایی دیاتومیت فرآوری شده تاثیر می‌گذارد پیچیده و به هم وابسته هستند. این فاکتورها شامل ترکیب اولیه، طبیعت سنگ خام و چگونگی فرآیند فرآوری تا رسیدن به محصول نهایی می‌باشند. کنترل فرآیند فرآوری بوسیله انجام نمونه‌گیری مرحله‌ای از بار در گردش و همچنین محصول نهایی و انجام آزمایشهای مربوطه بر روی نمونه‌ها امکان‌پذیر است. خصوصیات محصول فرآوری را می‌توان با تغییر متغیرهای نظیر دما، مقدار مواد افزودنی، نرمه‌گیری و اختلاط خوراکی ورودی تنظیم کرد [۱].

### ۹-۱۰-۱-۱- فیلتراسیون

انواع دیاتومیت‌ها تولیدی مناسب برای فیلتراسیون متنوع بوده بطوریکه یک کمپانی به تنهایی ۱۲ محصول متفاوت برای این کاربرد خاص به بازار عرضه می‌کند. خصوصیات ویژه‌ای که بر این کاربرد دیاتومیت تاثیر می‌گذارد شامل ساختار، ترکیب، شکل، اسکلت دیاتومه‌ها، چگالی و ناخالصی‌های محصول هستند. علاوه بر اینها فضای بین ذرات و همچنین نحوه قرار گیری حفرات و حجره‌ها داخل ساختمان اسکلت دیاتومه‌ها بر کیفیت و راندمان فیلتر در حذف ناخالصی‌ها تاثیر بسزایی دارد.

بعنوان یک کمک فیلتر وقتی دیاتومیت از انواع مختلف دیاتومه‌ها تشکیل شده باشد از نظر شفافیت و کیفیت، نتیجه بهتری از فیلتراسیون بدست می‌آید. در مقابل دیاتومیتی که فقط از یک نوع

دیاتومه تشکیل شده باشد برای مواردی که به سرعت بیشتری ودبی بالاتری در عبور سیال نیاز است مناسب تر است.

معمولاً دیاتومیتی که برای تصفیه مواد غذایی نظیر روغن و نوشیدنی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد باید چگالی کمی داشته و ناخالصیهای قابل حل آن بسیار کم باشد. خصوصیات مناسب برای دیاتومیت مورد استفاده بعنوان کمک فیلتر در جدول (۴-۱) تا جدول (۱۰-۱) آورده شده است [۱].

جدول (۴-۱): خواص فیزیکی دیاتومیت‌های مناسب برای کمک فیلتر [۱]

مشخصات دیاتومیت	طبیعی	کلسینه شده	کلسینه شده گدازه‌ای
رنگ	تقریباً سفید	صورتی	سفید
رطوبت آزاد (%)	۴	-	-
PH	۸	۷	۱۰
اندیس انکسار	۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۴۶

جدول (۵-۱): آنالیز شیمیایی دیاتومیت‌های مناسب برای کمک فیلتر برحسب درصد [۱]

ترکیب	طبیعی	کلسینه شده	کلسینه شده گدازه‌ای
SiO <sub>2</sub>	۸۹/۲	۹۲/۸	۸۹/۵
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴	۴/۲	۱/۴
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱/۵	۱/۶	۱/۵
CaO	۰/۵	۰/۶	۰/۶
MgO	۰/۳	۰/۳	۰/۳
Na <sub>2</sub> O	-	-	۳/۵
اکسیدهای دیگر	۰/۵	۰/۵	۰/۵
L.O.I	۴	-	-

جدول (۱-۶): خواص فیزیکی کمک فیلترهای دیاتومیته Celatom [۱]

دسته بندی تولیدات		نفوذپذیری (داریسی)	اندازه میانه (میکرون)	اندازه ذرات قابل حذف (میکرون)	درخشندگی G.E.	چگالی کیک مرطوب (lb/ft)	مصارف عمومی
Filter natural polish	FN-1	۰/۰۴	۱۳	۰/۱	۸۰	۲۴	تصفیه مشروبات الکلی، ژلاتین چربی‌ها، روغن‌ها، شکر
	FN-2	۰/۰۶	۱۶	۰/۴	۷۷	۲۱	
	FN-5	۰/۰۱	۹	<۰/۱	۸۰	۲۷	
	FN-6	۰/۰۲	۱۲	۰/۱	۸۰	۲۶	
Filter calcined polish	EP-2	۰/۰۸	۱۳	۰/۱	۶۲	۲۵	تصفیه مشروبات الکلی، ژلاتین، الکل، محصولات نفتی، پکتها، سرکه اسید فسفریک، اسید سیتریک، روغن‌های روان کننده، آنزیم‌ها، افزودنی‌ها، شکرهای مایع، چربی‌ها
	EP-3	۰/۲	۱۴	۰/۳	۶۴	۲۵	
	EP-4	۰/۲۲	۱۶	۰/۵	۶۶	۲۳	
	EP-6	۰/۳۴	۱۵	۰/۴	۶۶	۲۵	
Filter flux slow	FW-6	۰/۴۸	۱۸	۰/۵	۶۸	۲۱	مانند موارد فوق به علاوه: آنتی بیوتیک‌ها مواد دارویی، حلالها، مواد خشکشویی، مولاسها، نشاسته، محلولهای سوز آور
	FW-10	۰/۷۵	۲۰	۰/۵	۷۰	۲۰	
	FW-12	۰/۸	۲۴	۰/۷	۷۵	۱۹	
	FW-14	۱/۲	۲۸	۰/۷۵	۷۸	۱۹	
Filter flux medium	FW-18	۱/۵	۳۱	۰/۸	۸۰	۱۹	شکر مایع، سرکه، آب، موم‌ها، عرق‌ها، اسید سیتریک، روغن‌ها، روغن کاج، روغن سوخت، آبمیوه
	FW-20	۲/۱۰	۳۳	۰/۹	۸۰	۱۹	
	FW-S	۲/۱۵	۳۳	۰/۹	۸۰	۱۹	
	FW-10	۳/۲	۴۰	۱	۸۰	۱۹	
Filter flux fast	FW-50	۳/۵	۴۲	۱/۱	۸۰	۱۹	شکرهای ذرت، شربت‌ها، تصفیه مشروبات الکلی، آبمیوه‌ها، لعاب‌ها، گلوتن ذرت، آنتی بیوتیک‌های آب رزین‌ها، مواد شیمیایی، اسیدها، آنزیم‌ها روغن کاج، روغن جلا
	FW-60	۵	۴۸	۱/۲	۸۰	۱۹	
	FW-70	۸	۶۰	۱/۴	۷۵	۱۹	
	FW-80	۱۰	۷۷	۱/۶	۷۵	۱۹	



جدول (۷-۱): خواص معمول کمک فیلترهای دیاتومیتی Clarcel [۱]

خواص	DIF/BO	BR/3	CBR	CBL/3	CBL	۱۸
نفوذپذیری (دارسی)	۱/۱	۰/۳	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۳
چگالی کیک (g/cm <sup>3</sup> )	<۰/۳۸	<۰/۴	<۰/۴	<۰/۳۸	<۰/۳۸	--
درصد باقیمانده روی ۵۰ میکرون	<۱۵	<۱۸	<۱۵	<۸	<۱۵	۰/۱
درصد باقیمانده روی ۵۰۰ میکرون	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰/۱
درصد باقیمانده روی ۱۰۰۰ میکرون	۰	۰	۰	۰	۰	۰
pH	۱۰	۵-۷/۵	۵-۷/۵	۵-۷/۵	۱۰	۴-۶
رطوبت	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۵
LOI(%)	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۶

جدول (۸-۱): خواص معمول کمک فیلترهای Celite [۱]

نوع	چگالی تر (Lb/ft <sup>3</sup> )	درصد باقیمانده مش ۱۵۰	pH	اندازه متوسط (µm)	نفوذپذیری (دارسی)	کاربرد اصلی
<b>طبیعی</b>						
Celite 500	۱۶	۲	۷	۱/۵	۱/۰۶	روغن نباتی
<b>کلسینه شده</b>						
Celite 505	۲۳	۲	۷	۲/۵	۰/۱۶	تهیه مشروبات الکلی
سوپر استاندارد- سل	۱۸	۴	۷	۳/۵	۰/۲۸	
Celite 512	۱۹	۷	۷	۵	۰/۵۳	
<b>کلسینه گدازشی</b>						
سوپر های فلو- سل	۱۸	۶	۱۰	۷	۱/۲	محلولهای خشکشوئی مواد شیمیائی
Celite 501	۱۸	۸	۱۰	۹/۱	۱/۴	شکر، آب انگور
Celite 502	۱۸	۹	۱۰	۱۰	۲	آب صنعتی و آشامیدنی
Celite 503	۱۹	۱۰	۱۰	۱۳	۳/۱	پسابهای صنعتی
Celite 54	۱۹	۱۲	۱۰	۱۷	۴/۸	استخرهای شنا
Celite 580	۲۱	۳۰	۱۰	۱۷	۴/۸	شکر ذرت
Celite 560	۲۰	۱۰	۱۰	۲۲	۳۰	اسید فسفریک

جدول (۹-۱): خواص معمول کمک فیلترهای Decalite [۱]

رنگ	درصد LOI	جذب آب	چگالی	pH	درصد باقیمانده روی ۱۵۰ مش	چگالی کیک مرطوب (kg/m <sup>3</sup> )	سرعت جریان نسبی	نوع
کلسینه								
صورتی	۰/۵	۱۹۰	۲/۲۵	۷	-	-	۱۰۰	۲۱۵
صورتی	۰/۵	۱۹۰	۲/۲۵	۷	۱	۳۵۲	۱۲۰	Superspeed
صورتی	۰/۲	۱۹۰	۲/۲۵	۷	-	-	۱۴۵	UF
صورتی	۰/۴	۲۲۰	۲/۲۵	۷	۴	۳۶۸	۲۰۰	Speedflow
صورتی	۰/۴	۲۲۰	۲/۲۵	۷	۴	۳۶۸	۳۲۵	۲۳۱
فلاکس کلسینه								
سفید	۰/۲	۲۴۰	۲/۳۵	۱۰	۵	۳۴۴	۳۵۰	Special Speed flow
سفید	۰/۲	۲۴۰	۲/۳۵	۱۰	۵	۳۳۸	۷۰۰	Speed Plus
سفید	۰/۲	۲۴۰	۲/۳۵	۱۰	۸	۳۵۲	۱۰۳۰	Speed dex
سفید	۰/۲	۲۴۰	۲/۳۵	۱۰	۱۲	۳۶۸	۱۸۰۰	۴۲۰۰
سفید	۰/۲	۲۴۰	۲/۳۵	۱۰	۱۳	۳۶۸	۱۹۲۵	۴۵۰۰
سفید	۰/۱	۲۳۰	۲/۳۵	۱۰	۲۰	۳۸۴	۲۰۵۰	۵۰۰۰
سفید	۰/۱	۲۳۰	۲/۳۵	۱۰	۳۵	۳۸۴	۲۵۰۰	۶۰۰۰

۹-۱۰-۲- پرکننده

ساختار و ابعاد ذره، براقیت و سفید بودن، pH، اندیس دیرگدازی و پایداری شیمیایی از مهمترین خصوصیات هستند که دیاتومیت مورد مصرف به عنوان پرکننده باید داشته باشد. بیشتر این عوامل به طبیعت و منشاء دیاتومه‌های تشکیل دهنده مربوط بوده و بوسیله اختلاط انواع دیاتومیت‌ها با منشاء متفاوت می‌توان این خواص را کنترل کرد. عواملی نظیر ابعاد ذره را می‌توان بوسیله آسیا کردن و یا سبتر کردن کنترل و تنظیم کرد. جدول (۱-۱۰) تا جدول (۱-۱۲) خواص بعضی از دیاتومیت‌های تجاری و کاربردهای معمول آنها را به عنوان پرکننده نشان می‌دهد [۱].

جدول (۱-۱۰): خواص معمول پرکننده های دیاتومیتی Celatom [۱]

نوع	میانگین دانه بندی (μ)	ریزی هگمان	رنگ	درخشش (G.E)	درصد رطوبت	جذب روغن	چگالی خشک	کاربرد عمومی
<b>پرکننده طبیعی ریز</b>								
MN-2	۱۵	۰	سفید مایل به زرد	۸۲	۴/۵	۱۷۰	۱۲	پشتیبانی کاتالیست، جلا
MN-3	۱۵	۱	سفید مایل به زرد	۸۰	۳	۱۸۰	۱۳	دهنده‌ها، کمک‌های
MN-4	۸	۳	سفید مایل به زرد	۸۲	۳	۲۰۰	۱۰	لاستیکی، کاغذی ویژه،
MN-5	۵/۵	۵۰/۵	سفید مایل به زرد	۸۵	۳	۱۹۰	۱۰	محصولات جلد نازک
<b>پرکننده‌های فلاکس ریز</b>								
اولترا بلوک	۷	۵/۵	سفید	۹۰	۰	۱۲۰	۱۰	چسب‌ها، پلاستیک‌ها،
سلا برای	۸	۴/۵	سفید	۹۰	۰	۱۲۰	۱۰	رنگ‌های پایه حلال یا آب،
MW-۲۵	۹	۴	سفید	۹۰	۰	۱۲۰	۱۰	روغن‌های جلا،
بسیار تخت	۱۱	۲/۵	سفید	۹۰	۰	۱۳۰	۱۱	رنگ‌های ترافیکی،
MW-۲۷	۱۳	۱	سفید	۹۰	۰	۱۳۵	۱۲	درزگیرها،
MW-۳۱	۱۴	۰	سفید	۸۹	۰	۱۴۵	۱۳	جلادهنده‌ها
MW-۳۲	۱۵	۰	سفید	۸۹	۰	۱۵۰		

جدول (۱۱-۱): خواص فیزیکی معمول پر کننده های دیاتومیته **Diafil** [۱]

B	A	مشخصات
۰/۳۶-۱/۱۲	۱	سیلیس بلورین (کوارتز و کریستوبالیت)
۷/۶	۸-۸/۵	pH
۱۱۲-۱۱۶	۱۱۲-۱۱۶	درصد جذب روغن
-----	۸۲-۸۷	انعکاس (فیلتر سبز)
۸۰-۸۸	-----	درخشش خشک (فیلتر سبز)
۲/۲	۲/۲	وزن مخصوص
-----	۱/۴۲	ضریب انعکاس
-----	۱۸/۳۳	وزن بر حسب گالن جامد آمریکا
-----	۰/۰۵۵	مقدار بالک (gal/lb)
۱۵۰	-----	درصد جذب آب
۸/۵-۹	-----	چگالی ظاهری (lb/ft <sup>۳</sup> )
۱۹-۲۲	-----	چگالی تر (lb/ft <sup>۳</sup> )
۲۶-۲۸	-----	سطح مخصوص (m <sup>۲</sup> /g)
۴/۵	-----	درصد رطوبت

جدول (۱۲-۱): خواص معمول پر کننده های دیاتومیته **Clarcel** [۱]

Clarcel SAB <sup>۲</sup>	Clarcel FD <sup>۱</sup>	خواص
۸۷	>۸۶	سفیدی
۰/۰۲	<۰/۵	باقیمانده روی سرنده ۵۰ میکرون
۰	۰	باقیمانده روی سرنده ۵۰۰ میکرون
۰	۰	باقیمانده روی سرنده ۱۰۰۰ میکرون
۱۰	۱۰	pH
<۱	<۱	درصد رطوبت
<۱	<۱	LOI(%)
>۱۰۰	>۱۰۰	جذب روغن

۱- مناسب جهت رنگها، ورقهای صافی، قاج کشها ولاستومرها

۲- مناسب جهت عوامل ضد انعقاد در پلی اتیلن

جدول (۱۳-۱) استاندارد BS ۱۷۹۵ در مورد خواص لازم برای دیاتومیت مورد مصرف در ساخت رنگ را ارائه داده است. همچنین جدول (۱۴-۱) خواص عمده و اصلی مواد معدنی پرکننده، روان کننده مورد استفاده در صنعت رنگ را نشان می دهد. در جدول (۱۵-۱) خواص ویژه مورد نظر در ساخت انواع رنگها و نوع دیاتومیت مناسب ذکر شده است [۱].

جدول (۱۳-۱): مشخصات فنی دیاتومیت مورد مصرف در تولید رنگ طبق استاندارد BS 1795 [۱]

شماره ۱۴		شماره ۱۵		روان کننده
خواص شیمیایی				
۷۰-۸۰		۸۰		درصد $SiO_2$
۱۲		۲		درصد مواد فرار
۱۵		۱		درصد کاهش حرارت
۱		۱		درصد مواد محلول در آب
۶/۵-۱۰		۶/۵-۱۰		pH محلول آب
توزیع اندازه بندی				
a	b	c	d	درجه
۱۵	۵	۱	۱	درصد حداکثر باقیمانده بر روی الک ۴۵ میکرون
۷۰	۷۵	۸۰	۹۰	۲۰ میکرون (حداقل %)
۱۰	۲۰	۳۰	۵۰	۱۰ میکرون (حداقل %)
	۱۰	۳۰		درصد عبوری ۵ میکرون (حداقل %)

جدول (۱-۱۴): خواص مواد معدنی پرکننده- روان کننده مورد استفاده در صنعت رنگ [۱]

کانی	خصوصیات شکل	اندازه دانه بندی (μ)	درصد درخشش	درصد جذب روغن	وزن مخصوص	ضریب انکسار
کائولن	ورقه ای	۰/۲-۰	۸۰-۹۳	۲۵-۵۸	۲/۶۰	۱/۵۶
کلسیت	لوزی	۵-۴۴	۹۳-۹۵	۶-۱۵	۲/۷۰	۱/۶۰
تالک	مختلف <sup>۲</sup>	۲/۵-۱۳	۹۰-۹۵	۲۹-۷۲	۲/۸۵	۱/۵۹
آزبست	رشته ای	----	۸۵	۴۰-۹۰	۲/۵۰	۱/۵۰
باریت	نا منظم	۱-۱۲	----	۵-۱۳	۴/۴۴	۱/۶۴
میکا	ورقه ای	۴۴-۱۲۰	----	۴۸	۲/۷۰	۱/۵۹
آتاپولزیت	سوزنی	۰-۱	----	۸۰-۱۹۰	۲/۴۰	----
دیاتومیت	بی شکل	۴-۸	----	۱۳۰-۱۷۰	۲/۲۰	۱/۴۵
سیلیس	نامنظم	۱-۵	۸۵-۹۱	۲۲-۳۲	۲/۶۰	۱/۵۵
ولاستونیت	سوزنی	۳-۸	۸۴-۹۳	۲۶	۲/۹۰	۱/۶۳

جدول (۱-۱۵): خواص ویژه مورد نظر در ساخت انواع رنگها و نوع دیاتومیت مناسب [۱]

نوع دیاتومیت و دانه بندی (میکرون)				
نوع روکش پرداخت	ریزی Hegman	طبیعی	فلاکس - کلسینه	خواص مفید
رنگهای بنایی	۰/۱	۷/۷	۱۶	تخت بودن و یکنواختی رنگ و درخشش
رنگهای ترافیک	۰/۱	۷/۷	۷/۶-۱۶	مقاومت در برابر سایش
رنگهای مرغوب	۱-۳	۳-۷/۷	۷/۶	چسبندگی خوب به روکش چسبندگی به ماسه
رنگهای دیوار تخت	۱-۲	۳	۷/۶	کارآیی بالا و ثابت
رنگهای بیرون خانه	۱-۲	۳	۷/۶	کارآیی ثابت، خواص کاربردی خوب
رنگهای نگهدارنده	۱-۲	۳	۷/۶	کارآیی ثابت، خواص کاربردی خوب
لعابهای پوست تخم مرغی	۳-۵	----	۶/۸	کنترل میزان روغن
لعاب نیمه روغنی	۳-۵	----	۶/۸	کارآیی بالا و ثابت
پرداختهای صنعتی	۵-۷	----	۵/۵	نسبت اختلاط رنگدانه را پایین نگه میدارد
لاکها و روغنهای جلدی تخت	۵-۷	----	۵/۵	کارآیی ثابت

در جدول (۱۷-۱) مشخصات یک نوع دیاتومیت که بعنوان افزودنی در ساخت لاستیک کاربرد دارد آمده است.

جدول (۱۶-۱): خواص دیاتومیت Celite مصرفی در ساخت لاستیک [۱]

Celite ۲۷۰	مشخصات
۸/۶	وزن حجمی (lb/ft <sup>۳</sup> )
۲۸	چگالی تر (lb/ft <sup>۳</sup> )
۰/۵	درصد میزان رطوبت
۰	درصد باقیمانده روی ۱۵۰ مش
۰/۷	درصد باقیمانده روی ۳۲۵ مش
۱۵۰	درصد جذب روغن
صورتی	رنگ
۷	pH
۳۰۰۰۰	مقاومت
۱/۴۵	ضریب انعکاس
۴-۶	سطح مخصوص (m <sup>2</sup> /g)
۵/۱	اندازه متوسط ذرات (میکرون)

#### ۹-۱۰-۳- سایر کاربردها

دیاتومیت بعنوان یک ساینده ملایم در صنایع مختلف کاربرد دارد. ساختار دیاتومیت به گونه‌ای است که از آن می‌توان بعنوان یک جلا دهنده برای پرداخت نهایی سطوح فلزی استفاده کرد. دیاتومیت طبیعی در جلا دادن سطوح نقره و دیاتومیت فرآوری شده توسط فرآیند کلسیناسیون در ساخت پولیش دهنده اتومبیل کاربرد دارند. در مواردی که نیاز به سایندگی بیشتر (نظیر جلای اتومبیل) است از دیاتومیت درشت دانه تر استفاده می‌شود. جدول (۱۷-۱) مشخصات فنی دیاتومیت مورد استفاده در ساینده‌ها را نشان می‌دهد [۱].

جدول (۱-۱۷): خواص معمول دیاتومیتهای Celite که به عنوان ساینده به کار می روند [۱]

Snow Floss جلای نقره	Super Floss جلای اتومبیل	Celite HSC رنگ و جلای ترکیبی	مشخصات
۷/۵	۸/۷	۹	کاهش وزن حجمی (lb/ft <sup>۳</sup> )
۲۴	۲۴	۱۹	چگالی تر (lb/ft <sup>۳</sup> )
۶	۰/۵	۰/۵	درصد میزان رطوبت
۰	۰	۶	درصد عبور کرده از مش ۱۵۰
----	۰/۱	۱۸۵	درصد عبور کرده از مش ۳۲۵
۱۷۵	۱۰۵	۱۸۵	درصد جذب روغن
آبی	سفید	سفید	رنگ
۷	۹/۴	۹/۵	pH
۳۰۰۰	----	----	مقاومت
۱/۴۳	۱/۴۷	۱/۴۷	ضریب انکسار
۱۰-۲۰	۰/۷-۳/۵	۰/۷-۳/۵	سطح مخصوص (m <sup>۲</sup> /g)

سایر کاربردهای دیاتومیت نیز معمولاً بر اساس یک خاصیت کلیدی آن بنا شده است. به عنوان مثال خاصیت جذب سطحی بالای دیاتومیت باعث شده تا از آن بعنوان جذب کننده استفاده شود. استاندارد ملی بریتانیا BS ۱۷۹۵ میزان جذب روغن را در دیاتومیت حدود ۰/۶ الی یک گرم بر گرم ماده مصرفی پیشنهاد می کند.

جدول (۱۸-۱) تا جدول (۲۰-۱) به ترتیب مشخصات فنی دیاتومیتهای مناسب برای استفاده

در ساخت پلی اتیلن، صنایع کشاورزی و جمع آوری مایعات سمی و نفتی را نشان می دهند.



جدول (۱-۱۸): خواص دیاتومیت Celite مناسب برای استفاده در ساخت پلی اتیلن [۱]

Celite White Mist	خواص
۷/۵	کاهش وزن حجمی
۲۳	چگالی تر
۰/۵	درصد رطوبت
۰	درصد عبور کرده از ۱۵۰ مش
۰/۰۵	درصد عبور کرده از ۳۲۵ مش
۱۶۰	جذب روغن
سفید	رنگ
۱۰	pH
۶۵۰۰	مقاومت
۱/۴۷	ضریب انکسار
۰/۷-۳/۵	سطح مخصوص
۳/۵	میانگین اندازه بندی (میکرو)

جدول (۱-۱۹): خواص دیاتومیت های Celite مناسب برای استفاده در کشاورزی [۱]

Celite ۳۲۹	Celite ۲۰۰۰	مشخصات
روکش کود	حاملهای حشره کش	
۷	۸	کاهش وزن حجمی (lb/ft <sup>۳</sup> )
۱۷	۲۴	چگالی تر (lb/ft <sup>۳</sup> )
۶	۶	درصد میزان رطوبت
۰/۵	ناچیز	درصد عبور کرده از مش ۱۵۰
۵	۰/۵	درصد عبور کرده از مش ۳۲۵
۲۱۰	۱۷۵	درصد جذب روغن
نخودی	نخودی	رنگ
۷	۷	pH
۴۰۰۰	۳۰۰۰	مقاومت
۱۰۴۳	۱۰۴۳	ضریب انکسار
۱۰-۲۰	۱۰-۲۰	سطح مخصوص (m <sup>۲</sup> /g)

جدول (۱-۲۰): مشخصات معمول دیاتومیت مصرفی در جمع آوری مایعات سمی و نفتی [۱]

نوع ۱	نوع ۲	مشخصات
خواص فیزیکی		
<۱۶۰	---	چگالی کلی (g/l)
۱/۵	۰/۲	LOI(%)
۵	۷	pH
۲۶۰	---	چگالی تر (g/l)
۳۵	---	سرعت جریان (ml)
<۴۰	---	درصد ذرات درشت
---	۱۵۰	جذب آب (lb/۱۰۰lb)
---	۱۳۰	جذب روغن
---	۲۵	چگالی ظاهری خشک (lb/ft <sup>۳</sup> )
---	۱۸۵	مقاومت در برابر خرد شدن (lb/in <sup>۲</sup> )
درصد ترکیب شیمیایی		
۸۵/۵	۹۰	SiO <sub>2</sub>
۸	۲/۳	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۱/۵	۶/۵	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰/۵	۰/۲	CaO
ناچیز	۰/۳	MgO
ناچیز	---	K <sub>2</sub> O
ناچیز	---	Na <sub>2</sub> O
---	۰/۳	سایر اکسیدها

## ۹-۱۱- جایگزین‌ها

- جذب کننده‌ها و و غذای حیوانات: رسها (آتاپولگیت، بتونیت، سپیولیت)، ژیپس، زئولیت.
  - ساینده‌ها: کائولن تکلیس شده، سیلیس سنتز شده، بوکسیت و آلومینا، سنباده کروندم، الماس، فلدسپار، گارنت، اکسید آهن (منیتیت)، نفلین سینیت، الیوین، پرلیت، پومیس، ماسه سیلیسی، استارولیت، تریپلی، کاربید کلسیم، ایلمنیت.
  - حمل کننده: آتاپولگیت، بتونیت، کائولن، پیت، پومیس، پیروفیلیت، سپیولیت، تالک، ورمیکولیت، زئولیت
  - فیلتراسیون: آنتراسیت، کربن فعال شده، آزبست، سلولز، گارنت، منیتیت، پرلیت، پومیس، ماسه سیلیسی، ژل سیلیسی، ایلمنیت، سیستم های فیلتراسیون غیر کانی مانند هوامکش و فیلتر جریان متقاطع
  - پرکننده: تری هیدرات آلومینیم، باریت، کربنات کلسیم، فلدسپار، کائولن، میکا، نفلین سینیت، پرلیت، تالک، سیلیس میکروکریستالین، سیلیس خاکی و سنتز شده، ولاستونیت
  - عایق‌های حرارتی و صوتی: آجرهای رسی، الیاف معدنی، پرلیت منبسط شده، ورمیکولیت
- ورقه شده [۱]

## ۹-۱۲- صنایع مصرف کننده دیاتومیت در ایران

مصارف فیلتراسیون عمدتاً در صنایع قند و شکر، کارخانجات نوشابه سازی، روغن کشی، تصفیه آب استخرها و کارخانجات آبمیوه گیری است. مصارف پر کننده‌ها نیز بیشتر در صنایع رنگ، چینی سازی، کبریت سازی و صنایع کاغذ و مقوا می‌باشد.

مصرف کنندگان دیاتومیت در ایران آن را تحت نامهایی نظیر: خاک فسیل، دیکالیت، رادیولیت ۷۰۰، پودر ریخته گری، کیزلگور، تریپولیت، سلایت، سلاتوم، میکروسیل و سوپرسل می‌شناسند. در ایران مصرف عمده دیاتومیت مربوط به صنایع فیلتراسیون و پر کننده‌ها می‌باشد.

اطلاعات مستند مربوط به میزان مصرف دیاتومیت بطور مشخص در دسترس نیست. علل این امر عدم ثبت اطلاعات مربوط به واردات دیاتومیت بطور جداگانه است. زیرا واردات این ماده همراه با دیگر مواد سیلیسی تحت عنوان خاکهای سیلیسی به ثبت رسیده است. از طرف دیگر مصرف کنندگان عمده خود اقدام به ثبت سفارش و واردات می‌کنند و به سختی اطلاعات خود را بروز می‌دهند.

مصرف کنندگان عمده دیاتومیت در ایران کارخانجات تولید قند و شکر کشور، شرکتهای نوشابه سازی مانند ساسان و زمزم، گروه صنعتی بهشهر، کارخانجات روغن کشی، کارخانجات صنایع رنگ و کبریت سازی می باشند.

مصرف کارخانجات نوشابه سازی حدود ۶۸۰ تن در سال و مصرف کارخانجات قند و شکر حدود ۱۲۰ تن در سال برآورد شده است. همچنین مصرف کارخانجات روغن کشی حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ تن در سال می باشد. از میزان مصرف دیاتومیت در سایر واحدهای ذکر شده اطلاعات مستندی بدست نیامد ولی می توان اینگونه برآورد نمود که میزان مصرف کشور حدود ۵۰۰۰ تن در سال است [۵].

## ۱۰- پارامترهای اقتصادی

### ۱۰-۱- ذخایر عمده دیاتومیت در جهان

میزان ذخیره پایه دیاتومیت بسیار بزرگ می باشد ولیکن مقدار عددی آن مشخص نیست. ذخایر اقتصادی دیاتومیت در طی این دوره (۱۹۹۵ - ۲۰۰۸) از ۸۰۰ میلیون تن در سال ۱۹۹۵ به ۹۲۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است. کشورهای چین، آمریکا، پرو و جمهوری چک بیشترین میزان ذخایر دیاتومیت معلوم دنیا را بخود اختصاص داده اند. **جدول (۱-۲۱)** میزان ذخایر کشورهای مهم و **جدول (۱-۲۲)** میزان ذخایر را به تفکیک قاره ها نشان می دهد. توزیع و پراکندگی این ذخایر به تفصیل در زیر آمده است [۴].

**جدول (۱-۲۱): میزان ذخایر پایه و اقتصادی دیاتومیت جهانی در سال ۲۰۰۸ (میلیون تن) [۴]**

کشور	ذخایر اقتصادی	ذخایر پایه
آمریکا	۲۵۰	۵۰۰
چین	۱۱۰	۴۱۰
پرو	۲	۵
جمهوری چک	۴/۵	۴/۸
سایر کشورها	۵۵۰	زیاد
جهان	۹۲۰۰۰۰	زیاد

جدول (۱-۲۲): میزان ذخایر جهانی سال ۲۰۰۱ (میلیون تن) [۴]

ذخایر پایه	ذخایر اقتصادی	قاره
۱۲۰۰	۴۰۰	اروپا
۶۰۰	۳۰۰	آمریکای شمالی
۴۰۰	۴۰	آسیا
۱۳۰	۴۰	آمریکای جنوبی
۵۰	۱۰	آفریقا
۲۰	۱۰	اقیانوسیه
۲۲۰۰	۸۰۰	جمع

اروپا: قاره اروپا دارای نیمی از ذخائر دیاتومیت جهان است. در سال ۱۹۸۶، اداره معادن آمریکا مجموع ذخائر پایه اروپا را بالغ بر ۱۲۰۰ میلیون تن گزارش نموده که از این مقدار ۴۰۰ میلیون تن اقتصادی می‌باشد. اروپایی غربی حدود ۷۰ درصد این ذخائر را دارا می‌باشد.

ذخائر غنی از مولر (ترکیبی از دیاتومیت و رسهای غیر متبلور) در کشور دانمارک وجود دارد. دو تولید کننده اصلی، به غیر از شرکتهای اسکامولی و دامولین، ذخائر خود را ۱۲ و ۶ میلیون تن گزارش کرده‌اند. مجموع ذخائر دیاتومیت کشور فرانسه در حدود ۲ میلیون تن برآورد شده است. کشور ایسلند دارای ذخائری بالغ بر ۱/۸ میلیون تن در دریاچه میوان است. در مناطقی از آلمان نیز ذخائر اقتصادی دیاتومیت یافت شده است. ذخائر غنی از دیاتومیت در منطقه آینه‌ریا در کشور پرتغال وجود دارد که مجموع آن بالغ بر ۱۰۰ میلیون تن برآورد شده است. ذخائر قطعی این منطقه بین ۲ تا ۳ میلیون تن اندازه گیری شده است. همچنین در کشور اسپانیا و در مناطق آلبامیت و آلمریا ذخائر خوبی از دیاتومیت وجود دارد که مجموع ذخائر آلباسیت معادل ۵۰ میلیون تن برآورد شده است. ذخائر پایه منطقه آلمریا برابر ۵ میلیون تن گزارش شده است.

ذخائر دیاتومیت ترکیه، بلغارستان، رومانی، کشورهای سابق شوروی، چک و اسلواکی مجموعاً صدها میلیون تن می‌باشند.

**آمریکای شمالی:** مجموع ذخائر قطعی کشور آمریکا ۲۵۰ میلیون تن و ذخائر پایه (ذخائر قطعی و اثبات شده و غیر اقتصادی) برابر ۵۰۰ میلیون تن برآورد شده است. مهمترین تمرکزها با عیار بالا در

منطقه لومپوک ایالت کالیفرنیا یافت شده است. این ذخائر از نوع اقیانوسی بوده و مربوط به دوران میوسن - پلیوسن می باشند. سایر ذخائر دیاتومیت در آمریکا دارای منشا آبهای شیرین هستند. کشور مکزیک ذخائر نسبتاً زیادی از دیاتومیت دارد. مجموع ذخائر منطقه زاگوآلکودتورس حدود ۶ میلیون تن برآورد شده است برای ۳۰۰ سال آینده امکان استخراج با سطح تولید فعلی را فراهم می کند.

در سال ۱۹۸۶ کشف یک ذخیره ۳/۲ میلیون تنی از منطقه توکسپان کشور مکزیک گزارش شده است. صدها تمرکز دیاتومیت در کشور کانادا شناسایی شده است. ولی اکثر آنها غیر اقتصادی بوده اند. کشور کاستاریکا نیز دارای تعدادی از نهشته های دیاتومیتی است. بهترین ذخائر از منطقه لوما کوماستروبا مجموع ۵/۸ میلیون تن و کاناس دولیس با مجموع ۲/۳۴ میلیون تن گزارش شده است. **آمریکای جنوبی:** تمرکزهای از دیاتومیت در مناطقی از کشور آرژانتین یافت شده است. در ایالت کاتیوا در آرژانتین دیاتومیت های سفید رنگ و ریز دانه با مجموع ذخیره بالغ بر ۲ میلیون تن یافت می شود. اکتشافات انجام شده در سالهای اخیر در منطقه کاتامارسی وجود ذخیره ای بالغ بر ۲/۵ میلیون تن و با کیفیت خوب را اثبات کرده است. ذخائر قطعی یافت شده در کشور برزیل در سال ۱۹۹۰ بالغ بر ۳/۵ میلیون تن برآورد شده است. بیش از ۴۰ درصد از این ذخائر قطعی، در منطقه باهیا و ۳۰ درصد نیز در منطقه ریوگراندر قرار گرفته اند. مجموع ذخائر استنباطی در کشور شیلی بالغ بر ۱۰ میلیون تن برآورد شده است.

در سال ۱۹۷۵ ذخیره ای بالغ بر ۶۷ میلیون تن دیاتومیت در منطقه اینکا کشور پرو کشف شد که بعداً استخراج آن غیر اقتصادی عنوان شد. اکتشافاتی که در سال ۱۹۹۳ صورت گرفته مجموع ذخائر کشف شده در مناطق مختلف کشور پرو را بالغ بر ۱۰۰ میلیون تن نشان داده است. **آسیا:** وجود ذخائر عظیم دیاتومیت از کشور چین گزارش شده است. مجموع ذخائر موجود در منطقه هایکانگ در سواحل جنوبی کشور چین بالغ بر ۳۰۰ میلیون تن و ذخائری بالغ بر ۱۹۰ میلیون تن در قسمتهای مرکزی و جنوب غربی کشور چین گزارش شده است.

اداره معادن و زمین شناسی کشور فیلیپین مجموع ذخائر این کشور بالغ بر ۳/۹ میلیون تن برآورد کرده است. اطلاعات موجود در مورد سایر کشورها بسیار اندک و غیر قابل اعتماد است ولی به نظر می رسد که با وجود تولید سالانه ۷۵۰۰۰ تن در کشور کره جنوبی و ۲۵۰۰۰۰ تن از کشور ژاپن، ذخائر قابل توجهی از دیاتومیت در این کشورها وجود دارد.

**آفریقا:** ذخائر دیاتومیت در تعدادی از کشورهای آفریقائی شامل الجزایر، اتیوپی، کنیا، مراکش، موزامبیک، آفریقایی جنوبی و زیمبابوه یافت شده است. منابع دیاتومیت در منطقه سویسامبو در کشور کنیا در حدود ۱/۵ میلیون تن گزارش شده است. که از این مقدار ۰/۳ میلیون تن آن مناسب برای

ساخت فیلترها می‌باشد. ذخائر وسیعی از دیاتومیت در کشور موزامبیک وجود دارد که منطقه ای به وسعت ۳/۶ کیلومتر در ۴۵۰ متر و با عمق تا ۹ متر را در بر گرفته است. گزارش می‌شود که کشور زیمبابوه ذخائر غنی از دیاتومیت با مجموع تا ۱۰ میلیون تن دیاتومیت را دارا می‌باشد.

**اقیانوسیه:** ذخائر دیاتومیت استرالیا بالغ بر ۱۰ میلیون تن گزارش شده است. ذخائر منطقه بارابا در ایالت نیوساوت ولز در سال ۱۹۸۳ معادل ۹۱۰ هزار تن ذکر شده است و شرکت مالینا در معادن خود در منطقه باجینگارا در غرب استرالیا ذخائر قطعی خود را بالغ بر ۸۹ هزار تن گزارش کرده است [۱].

### ۱-۲- ذخایر و پراکندگی دیاتومیت در ایران

در ایران مهمترین نهشته‌های دیاتومیتی در ناحیه آذربایجان مشاهده شده است. این حوضه رسوبی در اطراف تبریز، شرق دریاچه ارومیه و بخشی از میانه را شامل می‌شود. سن این رسوبات طبق شواهد موجود، پلیوسن زیرین تخمین زده شده است. در شرق تبریز در گردنه *آق یوقوش* و دره *خلعت پوشان* رسوبات پونسین از توفهای ماسه‌ای، دیاتومیت و پومیس تشکیل شده‌اند. لایه‌های دیاتومیت در این ناحیه از ضخامت قابل توجهی برخوردار هستند بخصوص در شمال جاده تبریز تهران و شمال گردنه *آق یوقوش* که ضخامت آن به ۳۰ متر بالغ می‌گردد. لایه‌های دیاتومیت اغلب دارای فسیل ماهی بوده و در بین لایه‌ها، لایه‌های دیاتومیتی که از خلوص بیشتری برخوردارند با رنگ سفیدتری مشخص می‌گردند که ضخامت برخی از این لایه‌ها به ۱۴۰ سانتی متر می‌رسد [۶،۹].

نهشته‌های دیاتومیتی در *اتل گلی* و *امامیه* نیز مشاهده می‌گردند و به طرف شرق (به طرف جاده اهر) در صد پوسته سیلیسی دیاتومه در این سنگها کاهش یافته و ردیف رسوبی به تناوب از توف و مارن و توف ماسه‌ای سبز کم‌رنگ به همراه لایه‌های از پومیس تشکیل شده است. در شرق *روستای کرگه* این رسوبات مستقیماً روی مارنهای گچ دار الوان (احتمالاً میوسن) قرار گرفته است. به طرف خسرو شهر، اسکو و آذر شهر که در غرب کوهستان سهند قرار گرفته‌اند یک بیرون زدگی از رسوبات پونسین مشاهده می‌کنیم بطوری که در کنار *جاده خسرو شهر* به تبریز این رسوبات شامل کنگلومرا، توفهای سبز کم‌رنگ عموماً ماسه‌ای است و بر روی مارنهای گچ دار و ماسه‌های الوان میوسن قرار می‌گیرند [۶،۹].

در بخش *اسکو* رسوبات بیشتر ماسه سنگ، مارن، پومیس، توف ماسه‌ای و کنگلومرا است. قسمت پائین این تشکیلات در این ناحیه بیشتر ماسه‌های دانه ریز است که بصورت ماسه‌های ساحلی به نظر می‌رسد و از تجمع عناصر ولکانیکی تشکیل شده‌اند. بطرف مرکز *سهند* در این ناحیه مقدار

پومیس و ایگنمبریت افزایش پیدا می‌کند بطوری که در دره *کندوان* ضخامت پومیس به قدری زیاد می‌شود که منازل این روستا در داخل پومیسها حفر و مسکونی گردیده است [۶،۹].

از خسرو شهر تا آذر شهر به غیر از شرق آبادی ممقان کم و بیش همین رسوبات تکرار می‌گردد. در شرق آبادی ممقان رسوبات دریاچه‌ای از توف، پومیس، دیاتومیت و کنگلومرا تشکیل شده است. رنگ این سنگها سفید و سبز کم‌رنگ است. شیب آنها کم بوده و تقریباً افقی به نظر می‌رسد. در ناحیه ممقان هر چند درصد پوسته سیلیسی دیاتومه‌ها در سنگهای دیاتومه‌دار (دیاتومیت) متفاوت است ولی روی هم رفته از ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد.

لایه‌های خالص تری در بین این رسوبات مشاهده می‌گردد که ضخامت آنها از یک متر تا ۴ متر متغیر است. در کوه *شرشرگونی* واقع در شمال جاده ممقان به آنچه که ضخامت دیاتومیت سفید رنگ که از سبکی و درصد پوسته سیلیسی بالائی برخوردار است تا ۹ متر می‌رسد که با پومیس متناوباً در سه افق قرار گرفته است. با در نظر گرفتن سه افق پومیس که در بین دیاتومیتها قرار دارد ضخامت کلی این رسوبات در این ناحیه به ۱۴ متر می‌رسد. این رسوبات از پایین به بالا شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و رسهای ماسه‌ای دیاتومیت دار است. لایه‌های دیاتومیت در این ناحیه در سه افق مختلف تکرار می‌گردد. افق اول ۲/۸ متر و افق دوم ۳/۱ متر و افق سوم ۲/۳ متر ضخامت دارد. بین این سه افق پومیس و قطعات انفجاری قرار گرفته که به ترتیب ۳ متر و ۲/۶ متر ضخامت دارند [۶،۹].

قسمت بالایی این لایه‌ها کنگلومرایی به ضخامت چند متر قرار گرفته است. در این ناحیه نیز همانند اسکو به طرف مرکز سهند ضخامت پومیس افزایش می‌یابد. در جنوب جاده *شرشرگونی* یک لایه نسبتاً مسطح افقی از دیاتومیت که گسترش قابل توجهی دارد حدود ۴ متر ضخامت داشته و به وسیله خاک سطحی به ضخامت ۱ متر پوشیده شده است [۶،۹].

قسمت زیرین آن نیز مانند سایر مناطق از پومیس و توف تشکیل شده است. آقای پدرامی سن آنها را جوانتر از میوسن دانسته و با تشکیلات آبشرون پلیوستوسن مقایسه نموده‌اند. آقای یوری سلپوراستوف ضمن اینکه دیاتومه‌های موجود در نمونه‌های اطراف تبریز را با دیاتومیتهای تشکیلات آبشرون و آقچاگیل مشابه نمی‌داند. ایشان برای اظهار نظر قطعی در مورد سن آنها مطالعات تکمیلی را ضروری می‌دانند [۶،۹].

با در نظر گرفتن کلیه این مطالعات و وجود شواهدی همچون آثار ماهی، استخوان فسیل شده مهره‌داران و مقایسه آنها به نهشته‌های مراغه، سن و زمان تشکیل این رسوبات را می‌توان به قدیمتر از آقچاگیل و به احتمال زیاد به پونسین نسبت داد که در یک حوضه رسوبی کم عمق با آب لب شور (دریاچه لب شور) تشکیل شده‌اند. جهت شناسایی مقدماتی مناطق دیاتومیت دار مخصوصاً



مناطق که از نظر این ماده معدنی پر عیار و همچنین از استخراج کمتر با مشکلات مواجه بوده چندین ناحیه انتخاب و از آثار معدنی مختلف نمونه‌گیری و مطالعه انجام شده است [۶،۹].

تنها معدن تولید کننده دیاتومیت در ایران که در حال حاضر بطور فعال کار می‌کند معدن دیاتومیت کامل آباد در ۱۵ کیلومتری شرق مراغه در استان آذربایجان شرقی است. ذخیره این معدن ۲۴۳۰۰۰ تن بر آورد گردیده است که توسط شرکت منطقه ای معادن آذربایجان بهره برداری می‌شود. مهمترین معدن غیر فعال در ایران معدن ممقان می‌باشد [۶،۹].

ذخائر و پتانسیلهای عمده دیاتومیت ایران به شرح زیر می‌باشند:

#### آثار خلعت پوشان و روستای کرگه:

این آثار از ۵ کیلومتری تبریز شروع شده و تا روستای کرگه ادامه می‌یابد با آنکه آثار دیاتومیت در چندین رخنمون از نظر ظاهری جالب توجه می‌باشد ولی به علت نزدیکی به محدود شهری امکان عملیات اکتشافی و استخراج تا اندازه ای مشکل به نظر می‌رسد.

#### آثار معدنی ائل گلی و شهرک پرواز:

این سنگها در اطراف ائل گلی رخنمون دارند. دیاتومیت‌های ائل گلی در شهرک پرواز در مطالعات مقدماتی هر چند پر عیار و از نظر ذخیره نسبتاً خوب به نظر می‌رسد ولی به دلیل قرار گرفتن در محدوده شهر و کارخانجات، عملیات استخراجی آن با مشکلات متعددی روبرو خواهد بود. در اطراف ائل گلی نواحی دیاتومیت دار زیر شهر کهایی که در حال احداث هستند قرار گرفته است. ضمناً در مسیر جاده کمربندی که از اطراف لاله می‌گذرد و لایه‌های پر عیار توسط جاده قطع می‌گردد و یکی از لایه‌ها که خلوص بیشتری دارد حدود ۱ متر ضخامت دارد.

#### کانسار دیاتومیت ممقان:

کانسار دیاتومیت ممقان در ۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهر تبریز در مسیر جاده تبریز به آذر شهر و در جنوب و جنوب غرب قله سهند در اطراف کوه شرشرگونی واقع است. عملیات طرح اکتشاف تفصیلی کانسار دیاتومیت ممقان از اواخر سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۶۷ طول کشید. وسعت عملیات ۳۵ کیلومترمربع تحت پوشش نقشه زمین شناسی این ۵۰۰۰: ۱ و ناحیه کوچتری به وسعت ۲ کیلومتر مربع تحت پوشش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ بود. کلاً ۹ افق دیاتومیتی تشخیص داده شد که عیار هر کدام بطور جانبی تغییر می‌کند. این منطقه بوسیله رسوبات اواخر دوران سنوزوئیک پوشیده شده است. در اواخر دوران سنوزوئیک زمین شناسی دریاچه کم عمقی کوههای سهند را احاطه کرده و آنرا به صورت جزیره و یا شبه جزیره درآورده است. پس از آغاز فعالیت‌های آتشفشانی کوههای سهند و نهشت رسوبات خاکسترهای آتشفشان و سایر مواد آذرین بیرونی و ورود

چشمه‌های سیلیس به حوزه دریاچه ای دامنه‌های آن، شرایط لازم برای رشد و تکثیر دیاتومه‌ها فراهم شد.

از هر دیاتومه در مدت ۳۰ روز نزدیک به یکصد هزار دیاتومه تولید می‌شود. احتمالاً در یکی از فازهای آتشفشانی مواد خروجی و یا گازهای سمی وارد محیط زیست دیاتومه‌ها شده و مرگ دسته جمعی آنها را سبب شده است. پوسته سیلیسی این دیاتومه‌ها پس از مرگ ته نشست کرده و در اثر دیازنز لجن‌های دیاتومه ذخائر لایه ای شکل دیاتومیت را بوجود آورده است. وجود لایه‌های متناوب در منطقه (۹ لایه) نشانگر تکرار این فرآیند در زمانهای مختلف است و ضخامت نسبتاً کم آنها گسترش کم دیاتومه‌ها را نشان می‌دهد.

متلاطم بودن محیط رسوبی سبب اختلاط و پرشدگی شدید حفره‌ها و حجرات دیاتومه‌ها با توفها و ماسه‌های در بر گیرنده آنها شده است. در نتیجه لایه‌ها کوتاه و اکثراً عدسی شکل با ضخامت شدیداً متغیر و مخلوط با ذرات گل و توف می‌باشد. بین هر دو لایه دیاتومیت دار رسوبات دریاچه‌ای شامل توف، پومیس، ماسه بادی و کنگلومرا قرار دارد. رنگ آنها از سفید تا سبز کمرنگ است. قدیمی ترین رسوبات مربوط به رسوبات دوره میوسن است.

این رسوبات تناوبی از مارن و سیلت سبز رنگ و ندرتاً ماسه دانه ریز قهوه ای رنگ هستند. بخاطر کمی مقاومت در مقابل فرسایش معمولاً این رسوبات مناطق کم ارتفاع و رستها را می‌سازند و اهالی از این سیلت سبز رنگ برای کشاورزی و اصلاح خاک استفاده می‌کنند. لایه‌های دیاتومیت دار اکثراً افقی است.

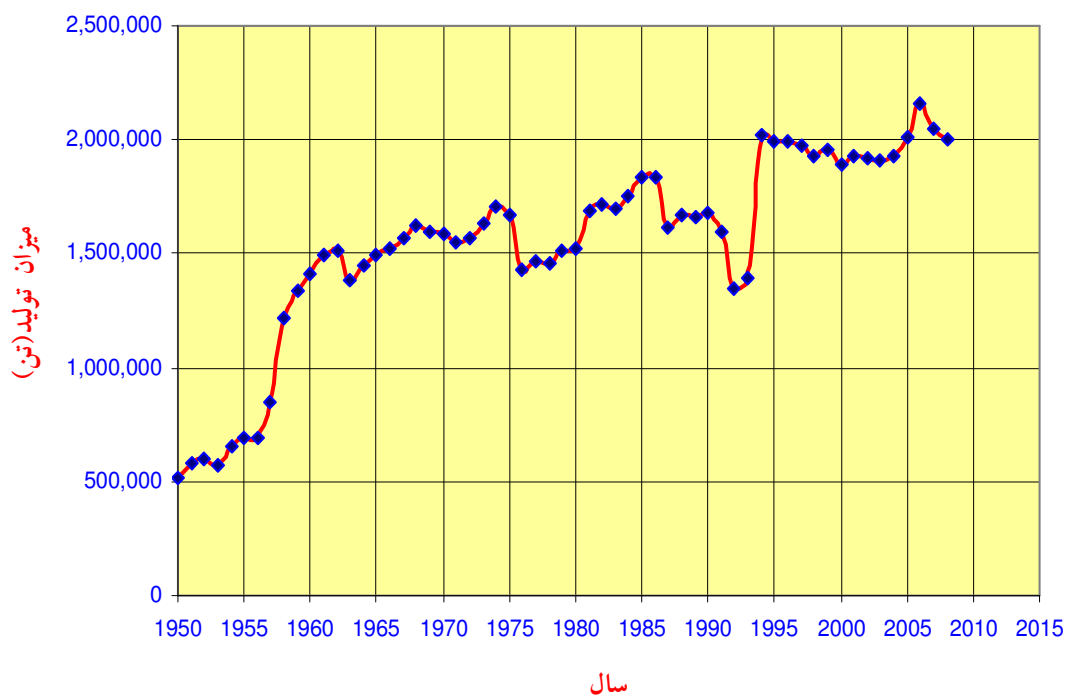
از نظر تکتونیکی بخاطر جوان بودن رسوبات پیچیدگی خاصی به چشم نمی‌خورد و گسله بزرگ و فعالی در منطقه وجود ندارد. تنها چند گسله با جهت شمال غرب - جنوب شرق طبقات زمین شناسی را با زاویه شیب قائم بریده است. گسله موسوم به FI درست از خط الراس تپه شماره یک گذشته و افقهای دیاتومیت دار را ۳۸ متر در جهت قائم جابجا نموده است. کلاً منطقه دارای ۹ افق دیاتومیت دار می‌باشد که به ترتیب قدیم به جدید A-J نامگذاری شده است. افقهای دیاتومیت دار به صورت لایه‌های سفید رنگ در منطقه تظاهر پیدا کرده است. این لایه‌ها عمدتاً عدسی شکل بوده و در روی زمین در طول‌های محدودی تغییر می‌کنند [۶،۹].

### ۱۰-۳- میزان و روند تولید دیاتومیت در جهان

ارزیابی روند تولید در صنعت دیاتومیت به دلیل عدم در دسترس بودن اطلاعات کافی مشکل است. تولید گزارش شده برای بسیاری از کشورها بخصوص در مورد کشورهای مثل چین و یا

کشورهای عضو بلوک شرق سابق فقط بر اساس تخمین است. در مورد بعضی از کشورها نیز نظیر فرانسه تخمین‌های ارائه شده بیشتر از مجموع تولیدات گزارش شده توسط تولید کنندگان است. دلیل این تفاوت می‌تواند در اختلاف بین تولید خام گزارش شده و تولید به صورت خشک شده و قابل عرضه به بازار باشد.

میانگین تولید جهانی در نمودار شکل (۱-۳) به تصویر کشیده شده است. همانطور که از این نمودار مشخص است پس از یک جهش در تولید جهانی در سال ۱۹۹۴ طی سالیان اخیر تولید جهانی از ثبات نسبی برخوردار بوده است [۴].



شکل (۱-۳): میزان و روند تولید دیاتومیت در جهان [۴]

بخش اعظم دیاتومیت تولیدی جهان توسط کشورهای آمریکا، چین، دانمارک، ژاپن، کشورهای مشترک‌المنافع و فرانسه تولید می‌شود. میزان تولید این کشورها در جدول (۱-۲۳) آمده است.

#### ۱۰-۴- میزان تولید دیاتومیت و روند آن در ایران

تنها معدن تولید کننده دیاتومیت در ایران که در حال حاضر به طور فعال کار می‌کند، معدن دیاتومیت کامل آباد در ۱۵ کیلومتری شرق مراغه در استان آذربایجان شرقی با ذخیره ۲۴۳۰۰۰ تن است. این معدن توسط شرکت منطقه ای معادن آذربایجان بهره برداری می‌شود. طبق پیگیری‌های به عمل آمده به دلیل کیفیت پایین محصولات تولیدی و دست نیافتن به استانداردهای لازم تولید

دیاتومیت در ایران محدود بوده است. جدول (۲۴-۱) میزان تولید دیاتومیت در طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. ایران با این میزان تولید در حال حاضر مقام ۲۰ جهان (۰/۴۵ درصد تولید جهان) را به خود اختصاص داده است [۵].

جدول (۲۳-۱): میزان تولید جهانی دیاتومیت در سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ (هزار تن) [۴]

کشور	سال	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸
آمریکا		۵۹۹	۶۲۰	۶۵۳	۷۹۹	۶۸۷	۶۵۳
چین		۳۸۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۴۰
دانمارک		۲۳۲	۲۳۳	۲۳۴	۲۳۵	۲۳۰	۲۲۰
ژاپن		۱۱۲	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰
کشورهای مشترک‌المنافع		۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۷۶
فرانسه		۸۰	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۱
ایران		۱۰	۸	۸	۹	۹	۹
سایر کشورها		۴۷۷	۴۳۹	۴۴۰	۴۷۲	۴۷۹	۴۲۱
جهان		۱۹۷۰	۱۹۷۰	۲۰۳۰	۲۲۲۰	۲۱۰۰	۲۰۰۰

جدول (۲۴-۱): میزان تولید دیاتومیت در ایران طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ [۵]

سال	میزان تولید (تن)	سال	میزان تولید (تن)
۱۳۶۹	۲۱۵۲	۱۳۷۹	۵۲۰۰
۱۳۷۰	۹۰	۱۳۸۰	۱۰۰۰۰
۱۳۷۱	-	۱۳۸۱	---
۱۳۷۲	-	۱۳۸۲	---
۱۳۷۳	-	۱۳۸۳	۱۰۰۰۰
۱۳۷۴	۱۰۰۰	۱۳۸۴	۸۰۰۰
۱۳۷۵	۲۰۰۰	۱۳۸۵	۸۰۰۰
۱۳۷۶	۶۰۰	۱۳۸۶	۹۰۰۰
۱۳۷۷	۶۰۰	۱۳۸۷	۹۰۰۰
۱۳۷۸	۴۲۵۰	۱۳۸۸	---

### ۱۰-۵- میزان صادرات دیاتومیت جهان

بخش اعظم صادرات جهانی دیاتومیت توسط کشورهای آمریکا، چین، دانمارک، فرانسه و ایسلند صورت می پذیرد. جدول (۱-۲۵) میزان صادرات جهانی دیاتومیت را طی سالهای ۱۹۹۷- نشان می دهد.

آمریکا با میانگین صادرات حدود ۱۳۸ هزار تن در سال و با نرخ رشدی معادل ۱/۶ درصد در دوره پنج ساله در مقام اول صادرات قرار دارد. صادرات این کشور از ۱۴۱ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۴۸ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است. پس از آن چین در رده دوم قرار دارد. صادرات این کشور با متوسط نرخ رشد ۹/۳ درصد کاهش یافته است.

مقصد اصلی دیاتومیت صادر شده کشورهای آلمان، فرانسه و بریتانیا هستند. آلمان در سال ۱۹۹۳ بیش از ۴۵ هزار تن دیاتومیت وارد کرد که از این مقدار ۱۸ هزار تن آن از دانمارک، ۱۱ هزار تن از فرانسه و بیش از ۹ هزار تن آن از آمریکا بود. فرانسه در عین حال که خود تولید کننده عمده ای است، در تجارت نیز نقش مهمی دارد. فرانسه در سال ۱۹۹۳ بیش از ۲۱ هزار تن دیاتومیت وارد کرده است. بریتانیا در حدود ۱۲ هزارتن دیاتومیت وارد کرده است که بیشتر آن از دانمارک و از نوع مولر بوده است. جزئیات بیشتر در مورد چگونگی تجارت دیاتومیت و کشورهای صادر کننده در ادامه آماده است [۵].

جدول (۱-۲۵): میزان صادرات جهانی دیاتومیت طی سالهای ۲۰۰۱-۱۹۹۷ (هزار تن) [۴]

سال	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱
کشور					
امریکا	۱۴۱/۰	۱۳۸/۷	۱۲۳/۹	۱۳۱/۸	۱۴۸/۰
چین	۱۳۸/۳	۱۲۵/۵	۷۳/۰	۷۴/۲	۸۳/۴
دانمارک	۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۹۰	۹۰
فرانسه	۳۱/۶	۳۱/۴	۳۰/۰	۳۵/۶	۲۸/۱
ایسلند	۲۹/۹	۲۵/۴	۲۸/۵	۱۱/۴	۴/۳
سایر کشورها	۶۶/۳	۵۲/۵	۴۶/۵	۷۳/۱	۵۹/۷
جهان	۵۰۷/۱	۴۷۳/۶	۳۸۱/۹	۴۱۶/۰	۴۱۳/۵

## ۱۰-۶- میزان واردات دیاتومیت جهان

واردات دیاتومیت همراه با دیگر مواد سیلیسی تحت عنوان خاک های سیلیسی به ثبت رسیده است. بخش اعظم واردات جهانی دیاتومیت توسط کشورهای آلمان، انگلستان، کانادا و اتریش و هلند صورت می پذیرد. **جدول (۱-۲۶)** میزان واردات جهانی دیاتومیت در سالهای ۱۹۹۷-۲۰۰۱ نشان می دهد [۱].

همان گونه که آمار نشان می دهد قاره اروپا بازار اصلی واردات دیاتومیت به حساب می آید. کشور آلمان با میانگین واردات سالانه ای حدود ۴۶ هزار تن تقریباً ۱۵ درصد واردات جهانی را داراست و پس از آن کشور انگلستان با میانگین واردات ۲۲ هزار تن در سال قرار دارد. کشورهای کانادا و اتریش و هلند از واردکنندگان عمده بعدی به شمار می روند [۱].

**جدول (۱-۲۶): میزان واردات جهانی دیاتومیت طی سالهای ۱۹۹۷-۲۰۰۱ (هزار تن) [۱]**

سال کشور	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱
آلمان	۴۶/۵	۵۲/۱	۵۰/۸	۴۵/۵	۳۵/۳
انگلستان	۲۰/۶	۴۲/۳	۳۰/۹	۳۵/۶	۳۳/۵
کانادا	۲۵	۲۳	۲۲/۱	۲۰/۳	۱۹/۹
اتریش	۱۹/۲	۱۶/۹	۲۰/۴	۲۲/۹	۲۱/۴
هلند	۲۲/۴	۱۰/۹	۱۸/۸	۲۰/۶	۱۱/۸
سایر کشورها	۱۸۵/۷	۱۷۹/۶	۲۱۴/۷	۱۸۲/۱	۱۳۰/۱
جمع جهان	۳۱۹/۴	۳۲۴/۸	۳۵۷/۷	۳۲۷	۲۵۲

## ۱۰-۷- میزان واردات دیاتومیت در ایران

واردات دیاتومیت همراه با دیگر مواد سیلیسی تحت عنوان خاکهای سیلیسی به ثبت رسیده است. **جدول (۱-۲۷)** میزان واردات دیاتومیت در ایران طی سالهای ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۸ را نشان می دهد [۵].

جدول (۱-۲۷): مقدار واردات خاکهای سیلیسی از سال ۶۸-۷۸ در ایران [۵]

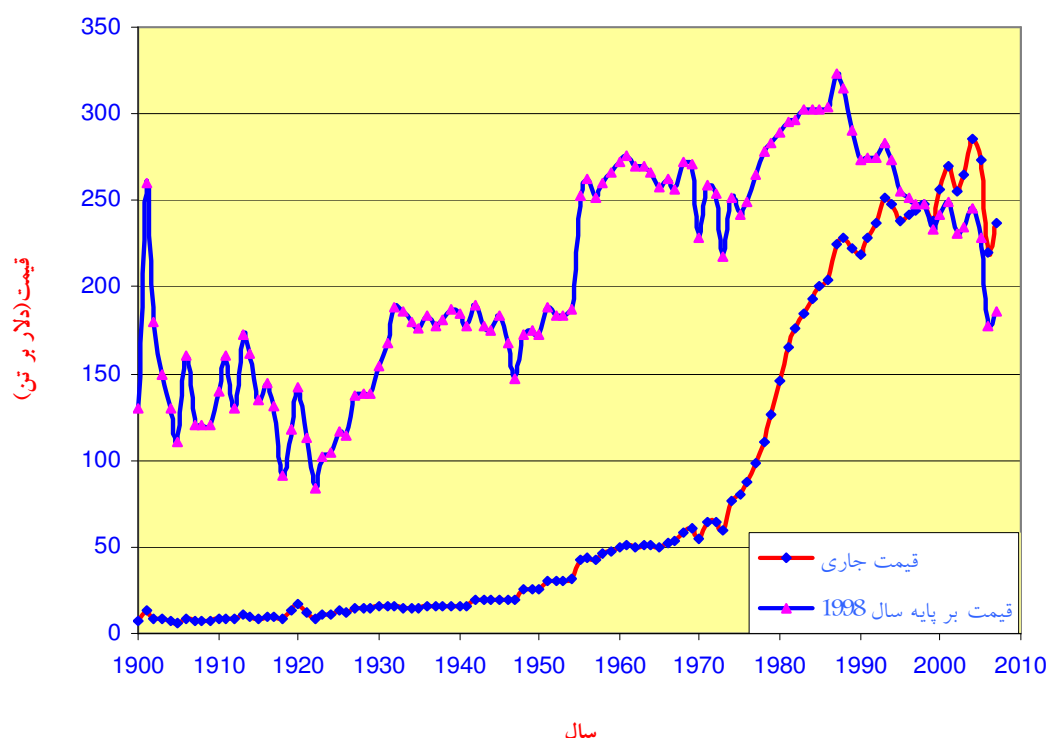
وزن (تن)	سال	وزن (تن)		سال
		تکلیس نشده	تکلیس شده	
۲۶۶	۱۳۷۵	۱۷۹	۱۷۹	۱۳۶۸
۲۳۱	۱۳۷۶	۱۷۵	۳۰۶	۱۳۶۹
۲۶۹	۱۳۷۷	۸۷	۴۹۷	۱۳۷۰
۳۸۲	۱۳۷۸	۲۳۳	۳۷۰	۱۳۷۱
		۲۹۳	۱۰۳	۱۳۷۲
		۱۱۶	۴۳۷	۱۳۷۳
		۱۱۱	۶۵	۱۳۷۴

#### ۱۰-۸- بررسی قیمت‌های جهانی دیاتومیت

قیمت دیاتومیت با توجه به نوع آن (طبیعی، کلسینه، کلسینه گدازشی) دانه‌بندی، نفوذپذیری و سایر مشخصات متفاوت است. در مورد قیمت واقعی دیاتومیت فروخته شده اطلاعات کافی وجود ندارد. خیلی از تولید کنندگان مایل به ارائه جزئیات در مورد قیمت واقعی فروش خود نیستند و به همین دلیل قیمت‌های منتشر شده متوسط گیری شده و با تخمین همراه هستند. شکل (۱-۴) قیمت متوسط دیاتومیت در آمریکا را بر اساس قیمت جاری و قیمت پایه ۱۹۹۸ نشان می‌دهد [۴].

#### ۱۰-۹- بررسی قیمت‌های داخلی دیاتومیت

با توجه به کیفیت دیاتومیت قیمت آن نیز متفاوت است. برای مثال دیاتومیت تولیدی معدن کامل آباد تنی ۱۳۰۰۰۰ ریال در محل معدن به فروش رسیده است (سال ۷۹) که این قیمت برای انواع دیاتومیت مرغوب خارجی مسلماً بیشتر است. برای مثال قیمت دیاتومیت ژاپنی هر کیلو تا ۱۷۰۰۰ ریال و نوع آمریکایی آن تا کیلویی ۲۲۰۰۰ ریال نیز می‌رسد (تابستان ۸۰). از طرف دیگر به دلیل شرایط ناپایدار اقتصادی این قیمت‌ها شدیداً در نوسان می‌باشند به گونه‌ای که نمی‌توان روندی را برای آن مشخص کرد.



شکل (۱-۴): نمودار تغییرات قیمت دیاتومیت [۴]

### ۱۰-۱۰- پیش بینی عرضه و تقاضا در آینده (جهان)

تقاضای جهانی برای دیاتومیت در طول ۱۵ سال گذشته ثابت باقی مانده است، که علت آن را افزایش مواد جایگزین دانسته اند. صنعت دیاتومیت پیشینه ای پایدار و متعادل دارد. روشهای تولید دیاتومیت ساده بوده و سطح تولید معمولاً در حد تقاضا نگهداشته شده که این خود نشان دهنده تعادل عرضه بازار است. رشد در بازار نیز در طول دهه گذشته ثابت بوده است. قیمتها وقتی به قیمت پایه تبدیل شوند رشد کمی را نشان می دهند.

اما در مورد تقاضای دیاتومیت در آینده روند مثبتی پیش بینی نمی شود. زیرا آینده بازار دیاتومیت چندان مطمئن نبوده و علت اصلی آن نیز حضور فن آوریهای جدید و موادی است که جایگزین دیاتومیت در کاربردها مختلف (حدود ۹۰ درصد کل تقاضا) شده است.

۶۰ درصد دیاتومیت تولیدی در جهان در صنایع فیلتراسیون مصرف می شود. احتمال کاهش سهم فیلتراسیون در آینده بعید به نظر نمی رسد. مسائل و فاکتورهای اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی در این کاهش نقش دارند. ولی امید می رود پتانسیل افزایش تقاضا در بازار تولید اتیلن و بیوتکنولوژی بتواند کاهش مصرف در بقیه قسمتها را جبران کند و تقاضا را در سطحی ثابت نگهدارد [۱].



# فصل ۲

## کانسار دیاتومیت ممقان

### ۱- موقعیت جغرافیایی کانسار

کانسار ممقان در استان آذربایجان شرقی و ۶۵ کیلومتری جنوب غرب تبریز و ۵ کیلومتری شرق ممقان در طول ۵'، ۴۶° الی ۵۷'، ۴۵° و عرض ۵۷'، ۴۵° الی ۵۲'، ۳۷° در چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰۰ ارومیه قرار دارد. بلندترین نقطه منطقه ۱۶۷۵ متر و پائین‌ترین نقطه آن ۱۵۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد [۷].

### ۲- راه دسترسی به منطقه

جاده تبریز-مراغه-کردستان در ۶ کیلومتری غرب منطقه و ایستگاه خسروشهر در مسیر راه‌آهن تبریز-تهران در ۱۶ کیلومتری شمال غرب منطقه واقع شده است. کانسار با یک جاده کامیون رو به طول ۴ کیلومتر با ممقان در ارتباط بوده و جاده‌های جیپ‌رو نیز جهت ارتباط چاه‌های اکتشافی حفر شده در محدوده کانسار وجود دارد [۷].

### ۳- موقعیت اجتماعی منطقه

نزدیکترین آبادی به کانسار بخش ممقان است که در ۵ کیلومتری غرب منطقه قرار دارد. شغل عمده مردم دامداری و کشاورزی است و از مشهورترین کارهای صنعتی و تجاری مردم نخودپزی است که ماده اولیه آن از سایر شهرها خریداری می‌شود. از آبادی‌های دیگر مجاور منطقه آذرشهر بوده که در ۸ کیلومتری جنوب غرب منطقه قرار دارد. با توجه به تراکم جمعیت در منطقه تامین نیروی انسانی جهت کارهای معدنی در حد ایده‌آل است [۷].

#### ۴- شرایط آب و هوایی

منطقه به علت اینکه در دامنه غربی کوه سهند و در بخش شمالی کوه عریان آذرشهر واقع است، دارای آب و هوای معتدل و خشک در تابستان و سرد و مرطوب در زمستان می باشد. میزان بارندگی سالیانه طبق آمار موجود در اداره هواشناسی تبریز از سال ۱۳۵۷ الی ۱۳۶۷ بطور متوسط ۲۲۴ میلیمتر بوده است.

از نظر آب های سطحی رودخانه دائمی در منطقه وجود ندارد، فقط چند ماهی از سال به طور موقت در رودخانه سنقر چای که از ارتفاعات قنشار داغی سرچشمه می گیرد آب جریان دارد. از دیگر رودخانه های موقت گنبرچای است که از ۱۱ کیلومتری جنوب منطقه و از نزدیکی آذر شهر می گذرد. این رودخانه از ارتفاعات قرمش داغ و میدان داغ مربوط به کوه سهند سرچشمه گرفته و چند ماهی از سال در آن آب جریان دارد [۷].

#### ۵- پیشینه مطالعات اکتشافی

مطالعات اکتشافات مقدماتی کانسار ممقان در سال ۱۳۶۴ توسط مهندس ارژنگ بهروزی به سرپرستی دکتر جمشید افتخار نژاد انجام شد. پیرو این مطالعات اکتشافات تفصیلی آن در سال ۱۳۶۸ توسط سازمان زمین شناسی انجام گرفت. در این پروژه ناحیه ای به وسعت ۳۵ کیلومتر مربع تحت پوشش نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰۰ و به وسعت ۲ کیلومترمربع تحت پوشش نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰ قرار گرفت. مطالعات نشان داد که محیط رسوبگذاری دیاتومه ها خیلی نا آرام بوده و لذا لایه های دیاتومیت و رسوبات همراه آنها همه بصورت عدسی تشکیل شده اند و لایه های رسوبی ممتد با خصوصیات محیط رسوب گذاری آرام در این منطقه به چشم نمی خورد. مطالعات میکروسکوپی نیز درستی این مطلب را تأیید می کند، زیرا اکثر دانه های دیاتومیت بعلت جابجائی در اثر جریانات آب شکسته شده و اغلب با ناخالصیهای رس و توف مخلوط شده اند. کلا ۹ افق (A-J) تشخیص داده شده که در هر کدام از آنها نیز عیار دیاتومه ها در عرض و طول آن تغییر می کند. هر کدام از افق ها که عیار آنها بیش از ۱۰ درصد دیاتومیت بوده تحت عنوان یک عدسی یا بلوک مورد مطالعه و تعیین ذخیره قرار گرفته است. از بین افق های شناسایی شده تنها افق های A, B, C, D, E از جهت دارا بودن دیاتومیت مناسب تشخیص داده شدند. ذکر این نکته ضروری است که افق های دیاتومیتی از نظر ترکیب یکنواخت نبوده و دیاتومیت در داخل آنها بصورت عدسی های کوچکتری تشکیل گردیده و بقیه قسمت لایه از توف و رس های سفید رنگ تشکیل یافته است که کاملاً مشابه دیاتومیت بوده و ممکن است به اشتباه دیاتومیت تلقی شود [۷].

ذخیره قطعی این کانسار مطابق با نقشه ۱/۱۰۰۰ با عیار بیش از ۱۰ درصد دیاتومیت ۵۹۸ هزار تن تخمین زده شده است. عیار متوسط آن نیز ۳۹/۶ درصد تعیین شده است. همچنین میانگین نسبت باطله برداری به ماده معدنی در بهترین قسمت انتخاب شده کانسار ۲۱ به ۱ مترمکعب است. این مقدار معادل ۷۰ تن باطله برداری به ازای یک تن دیاتومیت می باشد. ضخامت متوسط عدسی های دیاتومیتهی نیز در افق های مختلف از ۰/۴۳ تا ۱/۳۷ متر متغیر است [۷].

## ۶- پیشینه مطالعات خواص سنجی و فرآوری

مطالعات سیستماتیک خواص سنجی دیاتومیت ممقان اولین بار توسط موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی طی پروژه اکتشافات مقدماتی دیاتومیت های آذربایجان در سال ۱۳۶۶ انجام شد. طی این مطالعات ترکیب شیمیایی، کانی شناسی و دانه بندی دیاتومیت ممقان تعیین شد. همچنین مطالعات DTA بر روی نمونه انجام و ساختار دیاتومه ها از نظر شکل، مقدار شکستگی و پرشدگی شکافها و حجرات صدفها توسط SEM مورد مطالعه قرار گرفت. طبق نتایج این مطالعات دیاتومیت ممقان مرغوب شناخته شده و انجام اکتشافات تفصیلی توصیه شد [۶].

مطالعات خواص سنجی و فرآوری دیاتومیت های آذربایجان شامل دیاتومیت ممقان توسط کارشناسان MTA ترکیه نیز در سال ۱۳۶۶ انجام شده است. در این آزمایشات ترکیب شیمیایی، خواص فیزیکی دیاتومیت شامل وزن مخصوص، وزن مخصوص تر، سفیدی و pH دیاتومیت ممقان تعیین شده است. علاوه بر آن قابلیت فیلتراسیون نمونه ها نیز تعیین و تاثیر کلسیناسیون بر روی آن نیز بررسی شد. البته برای بررسی قابلیت فیلتراسیون از روش غیر استاندارد استفاده شده است و امکان ارزیابی آن با استانداردهای موجود وجود ندارد. اما طبق نتایج این تحقیق کلسیناسیون ساده و گدازشی موجب افزایش قابلیت فیلترپذیری ۲۰ تا ۵۰ برابر نمونه اولیه می شود [۸].

مطالعه بعدی بر روی خواص سنجی و فرآوری دیاتومیت ممقان طی دو پروژه جداگانه توسط دانشکده شیمی و دانشکده معدن دانشگاه امیرکبیر (۱۳۶۸) انجام شده است. در پروژه اول که توسط دانشکده شیمی انجام شده است ترکیب شیمیایی دیاتومیت ممقان تعیین شده و امکان تغلیظ آن به روش فلوتاسیون و اسکراب و دانه بندی بررسی شده است. طبق نتایج این پروژه هیچ یک از روش های به کار رفته چندان در تغلیظ دیاتومیت موفق نبوده اند. بیشتر عملیات این تحقیق بر روی کلسیناسیون متمرکز بوده است که طی آن تاثیر کلسیناسیون ساده و گدازشی نیز بر روی قابلیت

فیلتراسیون دیاتومیت بررسی شده است. طبق نتایج این تحقیق کلسیناسیون ساده و گدازشی موجب افزایش قابلیت فیلترپذیری تا ۲۰ برابر نمونه اولیه شده است [۱۰].

در پروژه دوم که توسط دانشکده معدن انجام شده است عمده فعالیت بر امکان تغلیظ دیاتومیت به روش‌های مختلف متمرکز بوده است. در هیچ یک از روش‌های به کار رفته در این تحقیق نیز موفقیت چشمگیری گزارش نشده است [۵].

#### ۷- پیشنهاد مطالعات فنی و اقتصادی

مطالعات فنی و اقتصادی کانسار فوق توسط موسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی انجام شده است ولی متأسفانه گزارش آن در وزارت خانه موجود نبوده و در حال پیگیری جهت گرفتن آن از موسسه هستیم.

# فصل ۳

## مطالعات آزمایشگاهی

### ۱- نمونه برداری

نمونه برداری از کانسار دیاتومیت توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی مرکز تبریز که آشنایی کامل با کانسار و منطقه داشتند انجام شده است. در حین انجام نمونه برداری کارشناس گروه فرآوری نیز آنها را همراهی کرده است. برای این منظور از سینه کار استخراجی کانسار که در آن افق‌های مختلف قابل مشاهده بودند چهار نمونه از چهار افق دیاتومیت دار آن به طور انتخابی برداشته شد. **شکل (۱-۳)** نمونه‌ای از عدسی‌های موجود در کانسار که نمونه برداری از آنها انجام شده است را نشان می‌دهد.

### ۲- آماده سازی نمونه

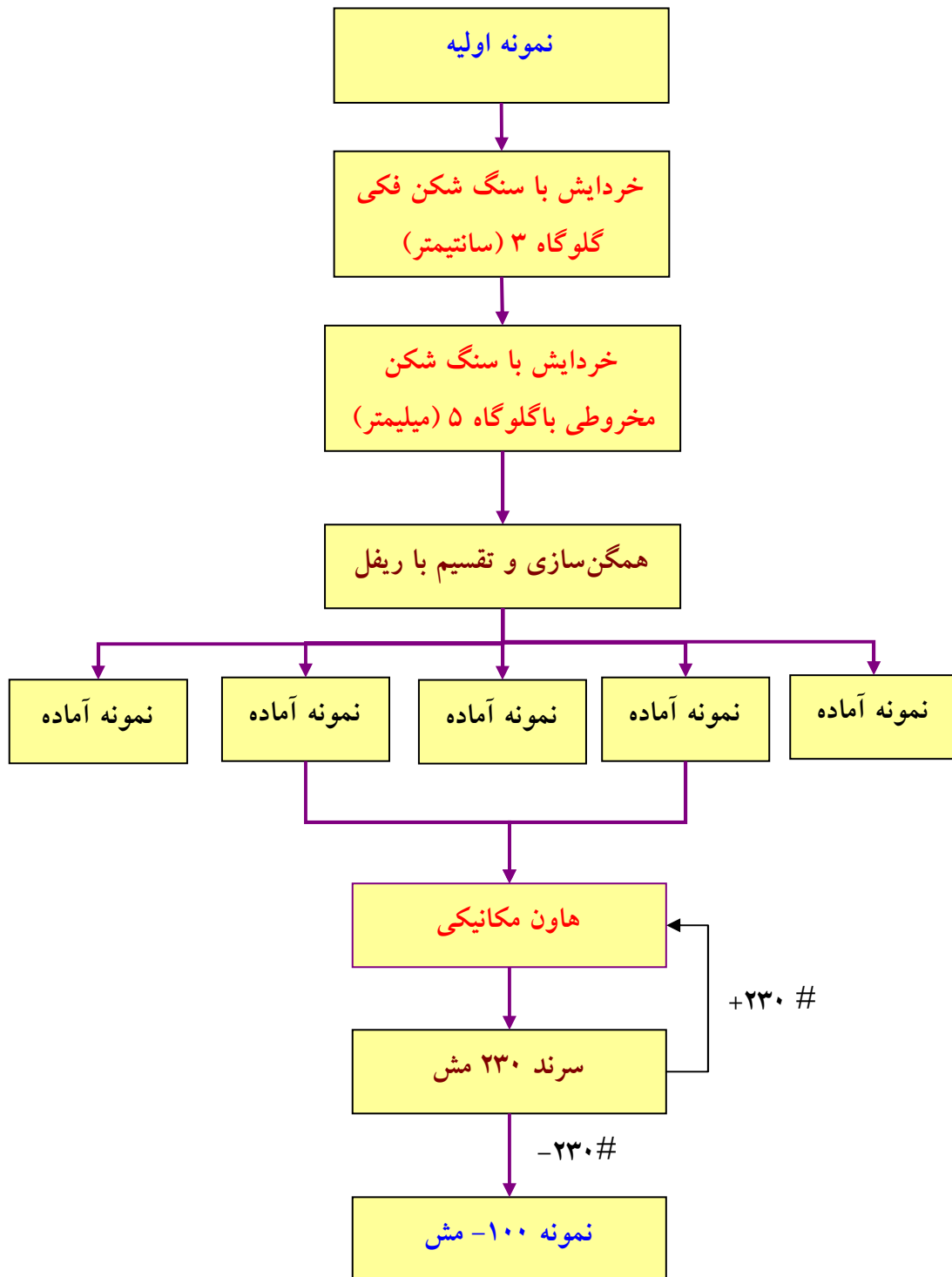
چهار نمونه برداشت شده از افق‌ها و لایه‌های مختلف کانسار دیاتومیت بمقان باهم مخلوط شده و جهت همگن سازی و نمونه برداری برای شناسایی نمونه و آزمایش‌های نفوذپذیری به شرح فلوشیت **شکل (۲-۳)** آماده سازی گردید.



شکل (۳-۱): نمونه‌ای از لایه دیاتومیت و نمونه‌برداری از آن

### ۳- تعیین ترکیب شیمیایی نمونه دیاتومیت ممقان

برای تعیین ترکیب شیمیایی نمونه از دو روش XRD و آنالیز تر استفاده شد که نتیجه آن در جدول (۳-۱) خلاصه شده است. ضمناً آنالیز شیمیایی تحقیقات پیشین که بر روی این نمونه انجام شده نیز در این جدول آورده شده است. ستون آخر این جدول متوسط اکسید عناصر موجود در این کانسار را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در متوسط گیری به علت تفاوت زیاد آنالیز موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی از آن استفاده نشد. طبق این آزمایش‌ها کانسار دیاتومیت ممقان حاوی ۸۱ درصد  $\text{SiO}_2$ ، ۵ درصد  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، ۱/۷۸ درصد  $\text{CaO}$ ، ۱/۵۸ درصد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و ۱/۴۷ درصد  $\text{Cl}$  (معادل ۲/۴ درصد هالیت) است. با توجه به این آنالیز دیاتومیت ممقان برای فیلتراسیون (باید  $\text{SiO}_2$  بیشتر از ۸۵ درصد و  $\text{CaO}$  کمتر از یک درصد و مواد محلول کمتر از ۰/۰۵ درصد باشد) مناسب نیست. علاوه بر این وجود سدیم و کلر در نمونه نشان از حضور کلرید سدیم در نمونه دارد. مطالعات XRD نیز وجود هالیت را به اثبات رسانده است. همچنین مقدار آهن در نمونه نیز قابل توجه است که موجب تغییر رنگ دیاتومیت در موقع کلسیناسیون خواهد شد.



شکل (۲-۳): فلوشیت آماده سازی نمونه اولیه دیاتومیت ممقان

جدول (۳-۱): ترکیب شیمیایی نمونه دیاتومیت ممقان

اکسید عناصر (%)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	متوسط
Na <sub>2</sub> O	۱/۷۷			۱/۹۲	۱/۲۶	۱/۷	۱/۶۳
MgO	۰/۴۷		۰/۸	۰/۸۸	۰/۷۲	۰/۷	۰/۷۸
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱/۶۲	۴/۳۵	۵/۸۵	۴/۸۴	۴/۷۰	۵/۳	۵/۰۵
SiO <sub>2</sub>	۸۲/۱۲	۸۱/۸۵	۸۱/۹۳	۸۰/۲۶	۸۲/۰۴		۸۱/۵۲
SO <sub>3</sub>	n.a				۰/۴۶	۰/۱۷	۰/۳۲
Cl					۱/۴۷		
K <sub>2</sub> O	۰/۴۳			۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۸	۰/۷۹
CaO	۰/۷۲		۲/۹۴	۱/۲۲	۱/۵۴	۱/۴	۱/۷۸
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۲۵	۱/۲۵	۱/۷۶	۱/۶۲	۱/۴۴	۱/۵	۱/۵۸
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				۰/۱۲		۰/۱	۰/۱۱
MnO						۰/۰۴	۰/۰۴
TiO <sub>2</sub>	۰/۱۶					۰/۲۴	۰/۲
L.O.I	۱۲/۳۴		۴/۲۵	۷/۶۵	۵/۵۶		۵/۸۲

توضیح:

- ۱- آنالیز موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی [۶]
- ۲- آنالیز MTA ترکیه [۸]
- ۳- آنالیز دانشکده شیمی دانشگاه امیرکبیر [۱۰]
- ۴- تحقیق حاضر آنالیز تر
- ۵- تحقیق حاضر XRF
- ۶- تحقیق حاضر ICP

#### ۴- تعیین ترکیب کانی شناسی نمونه دیاتومیت ممقان

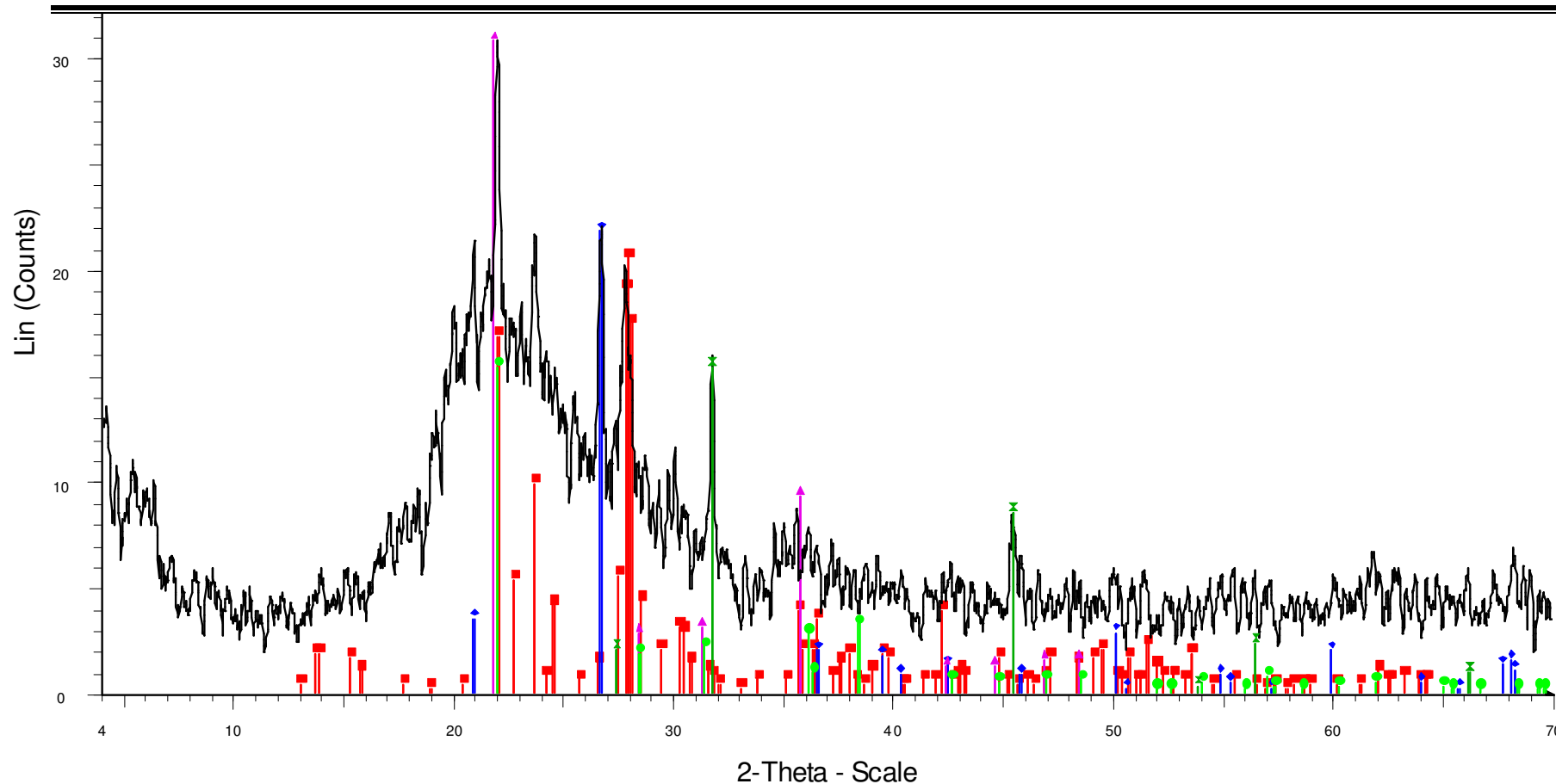
جهت تعیین کانی‌های موجود در کانسنگ دیاتومیت ممقان از روش XRD استفاده شد. نتیجه این مطالعه در نمودار شکل (۳-۳) نشان داده شده است. طبق این نمودار بخش اعظم نمونه فاز آمورف بوده است و فازهای قابل شناسایی شامل فلدسپات (آنورتیت)، کوارتز، کریستوبالیت، اپال و



هالیت می‌باشد. نتیجه این مطالعه و آزمایش‌های دیگری که انجام شده نیز در جدول (۲-۳) درج شده است. سیلیس دیاتومیت از نوع اپال نوع A است. اپال نوع A از جنس کریستوبالیت نوع  $\alpha$  بوده که  $d = 4/05$  انگسترم است. با توجه به نتایج XRD نمونه دیاتومیت ممقان حاوی حدود ۴۰ درصد دیاتومیت است. این مقدار مطابق با مقدار متوسط بدست آمده از مطالعات اکتشاف کانسار فوق می‌باشد.

جدول (۲-۳): ترکیب کانی شناسی نمونه دیاتومیت ممقان

ردیف	کانی	ترکیب شیمیایی
موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی [۶]		
۱	فاز آمورف	
۲	کوارتز	SiO <sub>2</sub>
۳	کریستوبالیت	SiO <sub>2</sub>
۴	هالیت	NaCl
۵	میکا	
دانشکده شیمی دانشگاه امیرکبیر [۱۰]		
۱	فاز آمورف	
۲	کوارتز	SiO <sub>2</sub>
۳	فلدسپار (آلیت)	(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
۴	هالیت	NaCl
۵	مسکویت	
۶	کائولینیت	
تحقیق حاضر (درصد کانیها نیمه کمی)		
	فاز آمورف (غیر اپال)	
	فلدسپار (آنورتیت) (۲۶٪)	(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
	کوارتز (۸٪)	SiO <sub>2</sub>
	کریستوبالیت (۲۰٪)	SiO <sub>2</sub>
	اپال (۴۰٪)	SiO <sub>2</sub> .nH <sub>2</sub> O
	هالیت (۴٪)	NaCl



File: 88-725.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00  
 Operations: Smooth 0.150 | Import

■ S-Q 26.8 % - 20-0528 (C) - Anorthite, sodian, ordered -  $(Ca,Na)(Al,Si)_2Si_2O_8$  - Y: 66.67 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.17800 - b 12.87000 - c 14.18700 - alpha 93.500 - beta 115.900 - gamma  
◆ S-Q 8.3 % - 46-1045 (\*) - Quartz, syn -  $SiO_2$  - Y: 70.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154  
▲ S-Q 40.2 % - 38-0448 (Q) - Opal -  $SiO_2 \cdot xH_2O$  - Y: 100.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - I/Ic PDF 1.-  
● S-Q 20.1 % - 04-0379 (D) - Cristobalite -  $SiO_2$  - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Tetragonal - a 4.97300 - b 4.97300 - c 6.95000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P41212 (9  
✕ S-Q 4.6 % - 05-0628 (\*) - Halite, syn - NaCl - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - a 5.64020 - b 5.64020 - c 5.64020 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centred - Fm3m (225) -

شکل (۳-۳): نمودار XRD دیاتومیت ممقان

### ۵- تعیین مقدار عناصر سمی و مضر نمونه دیاتومیت ممقان

برای تعیین عناصر سمی و مضر از روش ICP استفاده شده است. نتیجه این آنالیز در **جدول (۳-۴)** درج شده است. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد عیار بالای سرب (۱۷/۹ ppm) در نمونه دیاتومیت ممقان است که کاربرد آن به عنوان کمک فیلتر را با مشکل مواجه خواهد کرد.

### ۶- تعیین خصوصیات فیزیکی

خواص ظاهری مهم دیاتومیت وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص واقعی، وزن مخصوص کیک تر و رطوبت است. طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده خصوصیات فیزیکی نمونه دیاتومیت ممقان به شرح **جدول (۳-۳)** می‌باشد.

**جدول (۳-۳): خصوصیات فیزیکی دیاتومیت ممقان**

مقدار	خصوصیت	مقدار	خصوصیت
۰/۸۶	وزن مخصوص کیک تر ( $\text{g/cm}^3$ )	۰/۷۴	وزن مخصوص ظاهری ( $\text{g/cm}^3$ )
۱/۸۶	رطوبت نمونه (%)	۲/۲۱	وزن مخصوص واقعی ( $\text{g/cm}^3$ )

### ۷- تعیین pH

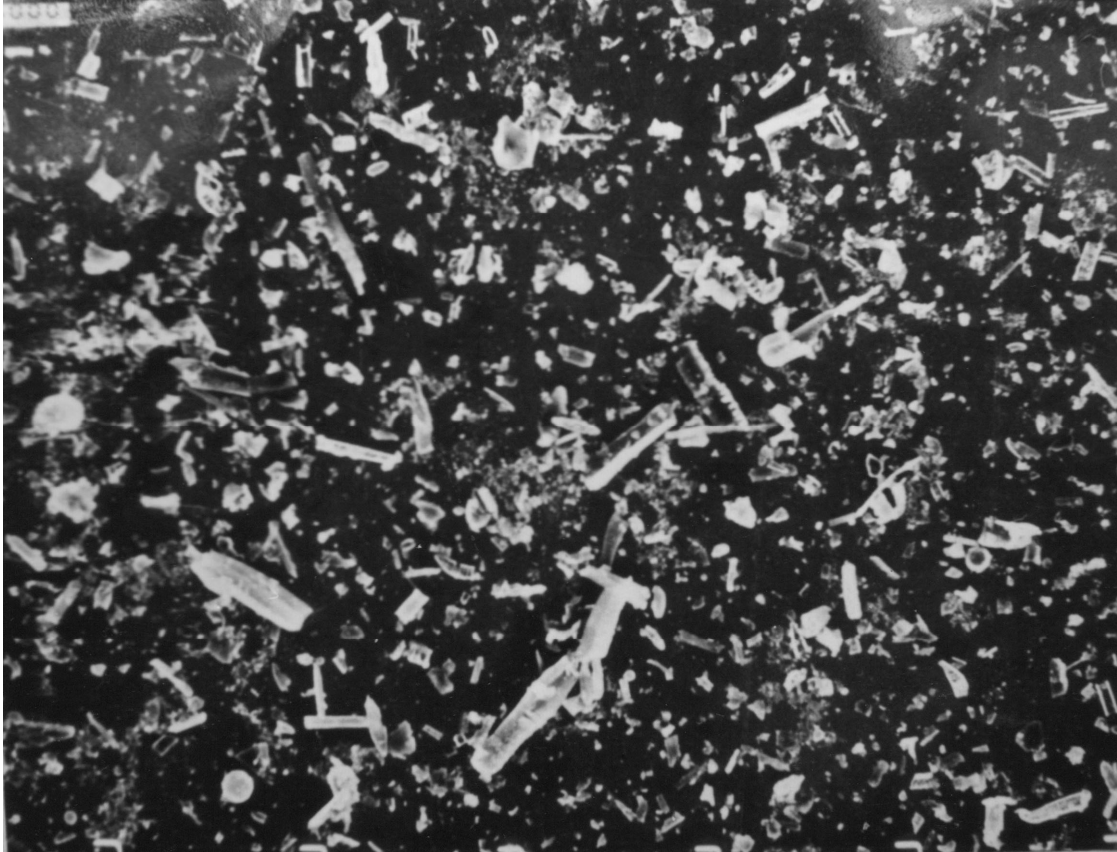
برای تعیین pH مقدار ۴۰ گرم نمونه در ۱۶۰ میلی‌لیتر آب دی‌ایوناز به صورت دوغاب در آمده و با دستگاه pH متر مترام (Metrohm) اندازه‌گیری شده است. طبق این اندازه‌گیری pH نمونه دیاتومیت ممقان ۷/۴۹ است.

### ۸- مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM)

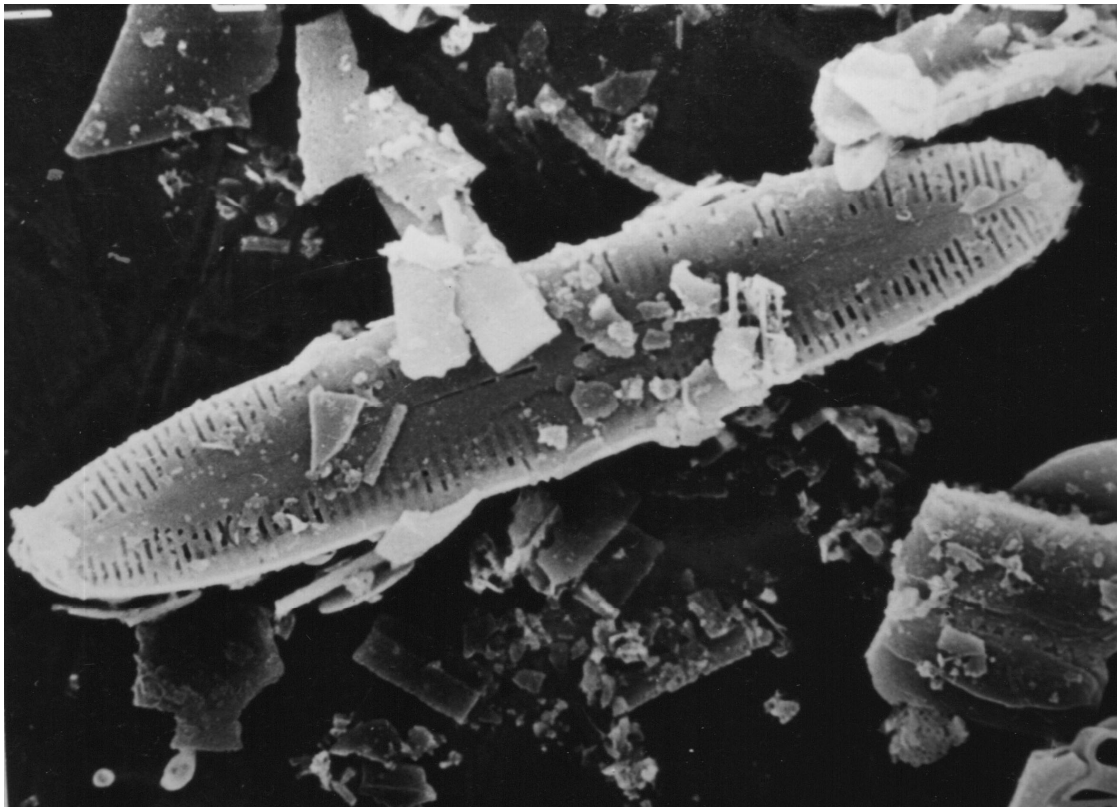
مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) دیاتومیت ممقان توسط موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی (۱۳۶۳) انجام گرفته است. عکس‌های **شکل (۳-۴)** تا **شکل (۳-۸)** تصاویر انواع مختلف دیاتومه‌های موجود در کانسار را نشان می‌دهد. طبق اظهار نظر این موسسه تنها قسمتی از شکاف و حجرات دیاتومه‌ها با مواد ثانویه پر شده است و این از دیدگاه کاربرد آن برای فیلتراسیون از اهمیت به خصوص برخوردار است. اما آنچه که از این تصاویر مشخص است بیشتر پوسته‌های دیاتومه خرد شده‌اند که نشان دهنده محیط ناآرام تشکیل این کانسار می‌باشد.

جدول (۳-۴): نتایج آنالیز ICP دیاتومیت ممقان

عیار (ppm)	عناصر و اکسید عناصر	عیار (ppm)	عناصر و اکسید عناصر
۱/۷	%Na <sub>2</sub> O	<۰/۱	Ag
۵/۴	Nb	۵/۳	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<۰/۵	Nd	<۱	As
۱۴/۹	Ni	۲۰/۱	B
۱۹۴/۶	P	۴۱۷/۸	Ba
۱۷/۹	Pb	۰/۶	Be
۸۵/۱	Rb	۰/۹	Bi
۵۹۸/۳	S	۱/۴	%CaO
۲/۳	Sb	<۰/۱	Cd
۳/۳	Sc	۲۸/۳	Ce
۰/۰۷	Se	۵/۰	Co
۱/۸	Sm	۴۵/۸	Cr
۶/۵	Sn	۱/۱	Cs
۲۳۲/۶	Sr	۳۱/۶	Cu
<۰/۱	Ta	<۰/۵	Dy
<۰/۰۳	Te	۰/۴	Eu
۷/۰	Th	۱/۵	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۹۶۲/۹	Ti	۲/۸	Ga
<۰/۶	Tl	۰/۴	Ge
۳/۶	U	۷/۳	Hf
۱۲۶/۰	V	<۰/۰۵	Hg
۵/۵	W	۰/۸	%K <sub>2</sub> O
۴/۴	Y	۱۵/۲	La
۰/۸	Yb	۵/۳	Li
۳۵/۷	Zn	۰/۷	%MgO
۲۱۲/۲	Zr	۳۱۶/۴	Mn
		۱/۷	Mo



شکل (۴-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۲۰۰۰) [۶]

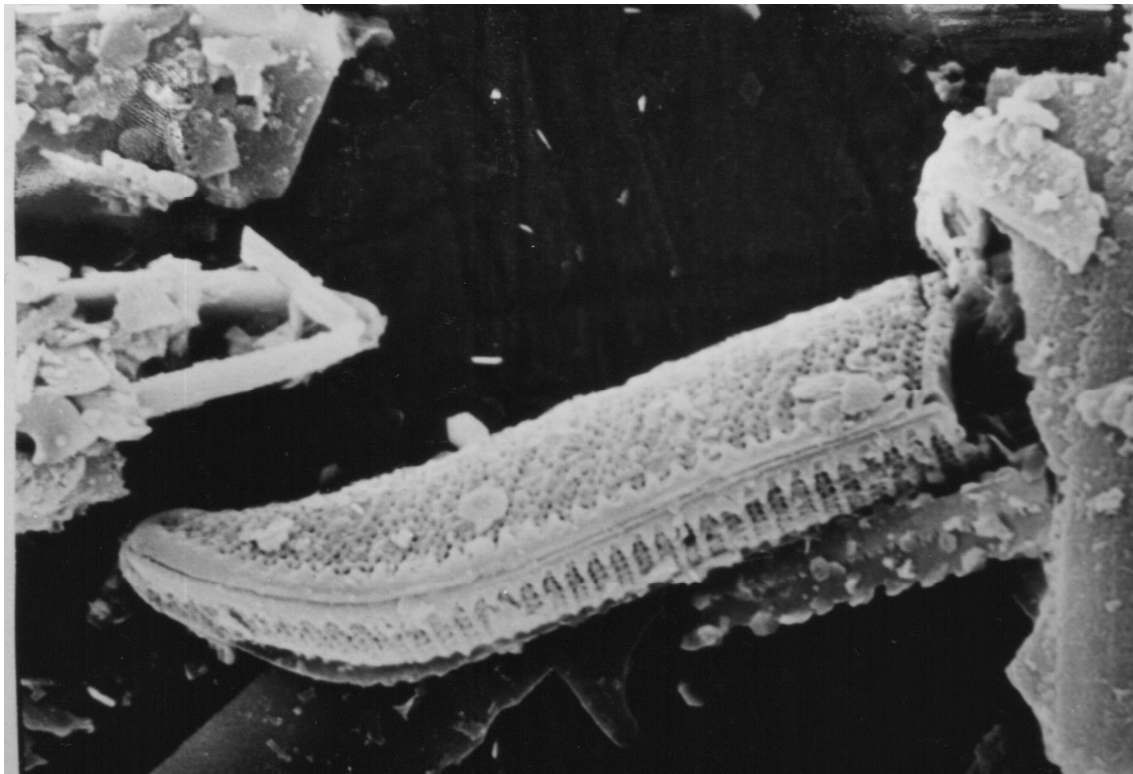


شکل (۵-۳): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۲۰۰۰۰) [۶]

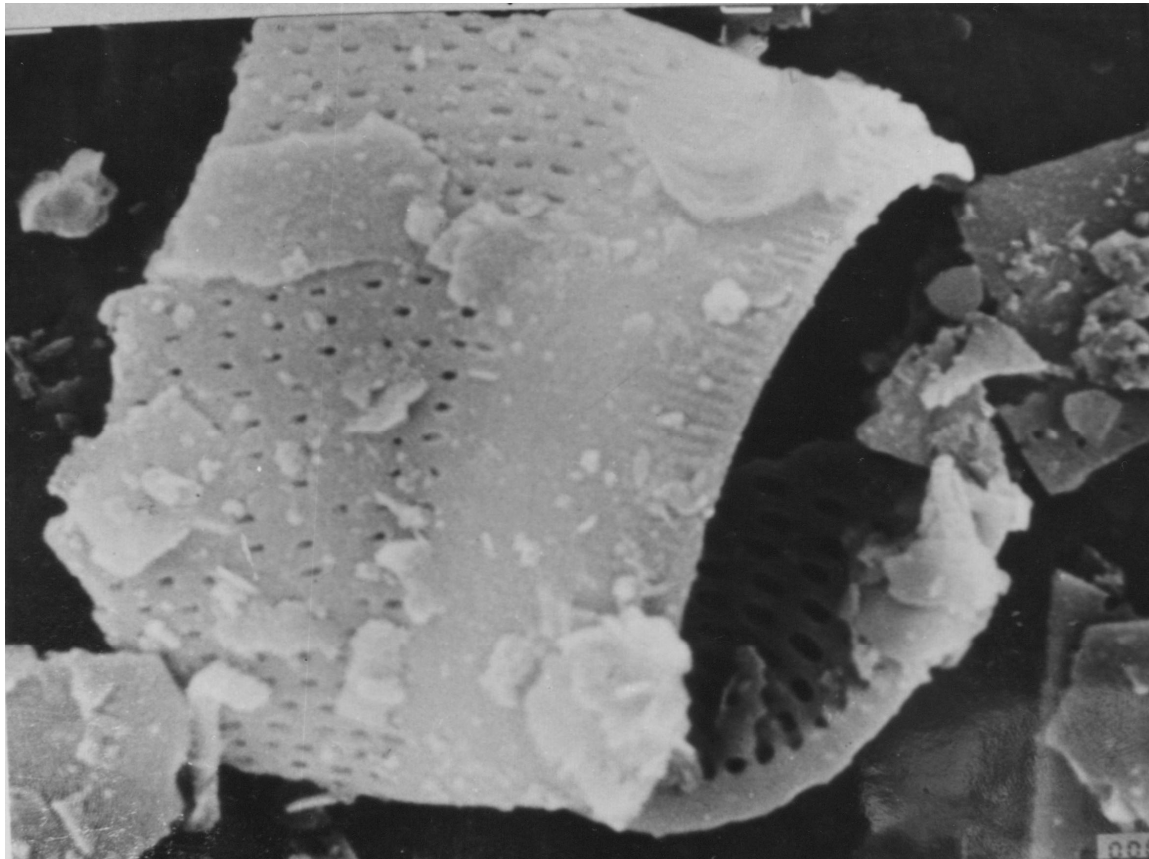




شکل (۳-۶): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۳۰۰۰) [۶]



شکل (۳-۷): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۳۰۰۰) [۶]



شکل (۳-۸): تصویر SEM دیاتومیت ممقان (X ۷۰۰۰) [۶]

### ۹- تعیین نفوذپذیری دیاتومیت ممقان

برای تعیین نفوذپذیری از روش استاندارد سازمان زمین شناسی بریتانیا استفاده شده است. برای این منظور حدود ۱۰ گرم نمونه با دانه بندی ۲۳۰-مش (۶۳ میکرون) را در آب به صورت دوغاب در آورده و در داخل قیف بوختر حاوی کاغذ فیلتر ریخته و به ارلن خلاء وصل می شود. سپس تحت خلاء مشخص نمونه آب گیری شده تا به صورت یک بستر هموار درآید. پس از آن مقدار آب در قیف بوختر ریخته و دستگاه فیلتر خلاء را روشن کرده و حجم آب فیلتر شده طی زمان ثبت می شود. پس از اتمام فیلتراسیون ضخامت کیک و قطر بستر اندازه گیری شده و نفوذپذیری طبق رابطه زیر محاسبه می شود [۳]:

$$Permeability(\mu m^2) = \frac{\mu UL}{\Delta P} \times 10^{12}$$

در این رابطه  $\mu$  ویسکوزیته آب در دمای ۲۰ درجه سلسیوس برابر با  $0.010019$  (kg.s/m)، U، سرعت ظاهری (m/s)، L ضخامت کیک (m) و  $\Delta P$  افت فشار (Pa) است. وزن مخصوص کیک تر و تخلخل کل نیز از روابط زیر بدست می آید:



$$d_w = \frac{W}{V}$$

$$TVV = \left(1 - \frac{d_w}{d_d}\right) \times 100$$

در روابط بالا  $d_w$  وزن مخصوص کیک تر،  $W$  وزن خشک نمونه،  $V$  حجم کیک تر،  $d_d$  وزن مخصوص خشک نمونه و  $TVV$  درصد حجم تخلخل کل است [۳].

شکل (۹-۳) دستگاه و چیدمان انجام آزمایش فیلترپذیری را نشان می‌دهد. نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده نیز در جدول (۵-۳) آمده است.



شکل (۹-۳): تجهیزات مورد استفاده برای آزمایش نفوذپذیری



جدول (۳-۵): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل دیاتومیت ممقان

اطلاعات اولیه					
0.061	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.000055	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.004	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000021	سرعت ظاهری	0.00292	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
61.27	درصد تخلخل	0.86	دانسیته کیک تر	0.001	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

### ۱۰- اسکراب و طبقه‌بندی

به علت اختلاف در خصوصیات شکست دیاتومیت و گانگ همراه آن یکی از روش‌های موثر برای جدایش ناخالصی‌ها خردایش انتخابی و طبقه‌بندی است. دیاتومیت بسیار شکننده است و در اثر خردایش و اسکراب به فراکسیون‌های ریز منتقل می‌شود. از طرف دیگر در صورت وجود رس می‌توان از این روش برای حذف آن اقدام کرد. رس‌ها در روش‌های دانه‌بندی به وسیله آب دیرتر از دیاتومیت ته نشین می‌شوند و از همین روش می‌توان نسبت به جداسازی آن اقدام کرد.

جهت انجام آزمایش اسکراب ۵۰۰ گرم نمونه با دانه‌بندی زیر ۷ مش (۲/۸ میلیمتر) را در درصد جامد ۴۰ درصد به مدت ۱۵ دقیقه اسکراب نموده سپس توسط سرندهای ۴۵ مش، ۱۴۰ مش، ۶۳۵ مش تجزیه سرندهای گردید. فراکسیون‌های مختلف آنالیز شده و تحت آزمایش نفوذپذیری قرار گرفتند. شکل (۳-۱۰) نمایی از دستگاه مورد استفاده برای انجام آزمایش اسکراب را نشان می‌دهد. نتایج این آزمایش نیز در جدول (۳-۶) و جدول (۳-۱۱) درج شده است.

طبق آنالیز شیمیایی عیار SiO<sub>2</sub>، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> توزیع مجدد یافته‌اند. افزایش عیار Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و کاهش عیار SiO<sub>2</sub> در فراکسیون ۶۳۵- نشان دهنده انتقال کانیهای رسی و آهن‌دار به این فراکسیون است. همچنین افزایش عیار SiO<sub>2</sub> در فراکسیون ۱۴۰+ مش حاکی از تجمع کوارتز و کریستوبالیت در این فراکسیون است. علاوه بر این کاهش عیار Na<sub>2</sub>O در تمام فراکسیون‌ها نشان دهنده حذف کلرید سدیم است.



شکل (۳-۱۰): دستگاه مورد استفاده برای آزمایش اسکراب

جدول (۳-۶): آنالیز شیمیایی فراکسیون‌های اسکراب-تجزیه سرنده

اکسید عناصر (%)	+۴۵ مش	+۱۴۰ مش	+۶۳۵ مش	-۶۳۵ مش
SiO <sub>2</sub>	80.76	84.17	80.11	78.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.70	4.79	7.63	7.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.16	0.95	1.36	1.62
MgO	n.d	2.18	0.43	0.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	n.d	n.d	n.d	n.d
MnO	n.d	n.d	n.d	n.d
SO <sub>3</sub>	-----	-----	-----	-----
Na <sub>2</sub> O	0.48	0.54	0.91	0.61
K <sub>2</sub> O	0.51	0.41	0.74	0.75
L.O.I	5.40	4.85	5.09	5.80

جدول (۷-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۴۵ مش

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.00022	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.003	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000079	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
49.77	درصد تخلخل	1.05	دانسیته کیک تر	0.003	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

جدول (۸-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۱۴۰

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
928	زمان فیلتراسیون (S)	0.0000200	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.003	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000069	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
50.07	درصد تخلخل	1.05	دانسیته کیک تر	0.002	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

جدول (۹-۳): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل +۶۳۵

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
328	زمان فیلتراسیون (S)	0.000260	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.0035	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000254	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
57.64	درصد تخلخل	0.89	دانسیته کیک تر	0.01	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

جدول (۳-۱۰): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل ۶۳۵-

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.000130	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.004	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000046	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
62.55	درصد تخلخل	0.79	دانسیته کیک تر	0.002	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

جدول (۳-۱۱): داده‌های نفوذپذیری و وزن مخصوص کیک تر محصولات اسکراب دیاتومیت مقان

محصول	وزن باقیمانده (گرم)	درصد وزنی باقیمانده	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )	وزن مخصوص کیک تر
خوراک		۱۰۰	۰/۰۰۱	۰/۸۴
۴۵+ مش	۱۰۵/۰۱	۲۵/۷۹	۰/۰۰۳	۱/۰۵
۱۴۰+ مش	۳۲/۹۰	۸/۰۸	۰/۰۰۲	۱/۰۵
۶۳۵+ مش	۶۰/۵۰	۱۴/۸۶	۰/۰۱	۰/۸۹
۶۳۵- مش	۲۰۸/۷۰	۵۱/۲۶	۰/۰۰۲	۰/۷۹

مطابق جدول (۳-۱۱) نفوذپذیری پس از اسکراب در تمام فراکسیون‌ها افزایش یافته است. علت این پدیده ممکن است در اثر نمک‌های محلول در آب باشد. علاوه بر این نفوذپذیری در فراکسیون ۶۳۵+ مش ۱۰ برابر افزایش یافته است. با این همه هیچ کدام از فراکسیون‌ها به علت نداشتن نفوذپذیری لازم ( $>0/03$ ) قابلیت کاربرد به عنوان کمک فیلتر را ندارند.

در آزمایش دیگر محصول اسکراب با سرند ۲۳۰ مش سرند شده و فراکسیون زیر ۲۳۰ مش در داخل یک بشر نرمة‌گیری گردید. این عمل ۵ بار تکرار شد محصول نرمة‌گیری شده تحت آزمایش نفوذپذیری قرار گرفت. نتیجه آن در جدول آمده است. طبق این آزمایش با حذف نرمة نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۷ میکرون مربع افزایش یافته است (جدول (۳-۱۲)).

جدول (۳-۱۲): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل محصول ۲۳۰-  
مش نرمه‌گیری شده آزمایش اسکراب شده

اطلاعات اولیه					
0.061	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.000195	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.009	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000070	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
83.53	درصد تخلخل	0.35	دانسیته کیک تر	0.007	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

#### ۱۱- اسید شوئی

در بسیاری از موارد با حذف کانیهای محلول در اسید مثل کربنات‌ها و رس‌های موجود در شبکه دیاتومه‌ها و همچنین گانگ‌های بیرون از آن می‌توان نفوذپذیری دیاتومیت را افزایش داد. در این تحقیق برای این منظور از اسید سولفوریک و اسید کلریدریک استفاده شده است. جهت انجام آزمایش مقدار ۵۰ گرم نمونه در ۳۰۰ سی سی اسید ۶ مولار در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۶ ساعت لیچ شده است. شکل (۳-۱۱) نمایی از تجهیزات به کار رفته را نشان می‌دهد.

آنالیز شیمیایی پسماند لیچینگ دیاتومیت ممقان مطابق جدول (۳-۱۳) نشان می‌دهد که عیار  $Al_2O_3$ ،  $Fe_2O_3$  و  $Na_2O$  پس از لیچینگ کاهش یافته است که نشان از انحلال کانی‌های آهن‌دار، کانی‌های رسی و هالیت دارد.

نتایج آزمایش نفوذپذیری مطابق جدول (۳-۱۴) و جدول (۳-۱۵) نشان می‌دهد که نفوذپذیری در اثر لیچینگ چندان بهبود نمی‌یابد. در اثر لیچینگ نفوذپذیری تنها دو برابر شده است. شکل (۳-۱۲) نمودار XRD پسماند لیچینگ را نشان می‌دهد. تنها تغییر در فاز پسماند لیچینگ حذف هالیت در دو روش لیچینگ و ایجاد یک فاز جدید ژپس در لیچینگ اسید سولفوریک است. نتایج لیچینگ نشان می‌دهد علت نفوذپذیری کم دیاتومیت ممقان به علت پر شدن شکاف و حجره‌های دیاتومه‌ها توسط مواد محلول در اسید نیست.





شکل (۳-۱۱): تجهیزات مورد استفاده برای آزمایش لیچینگ

جدول (۳-۱۳): آنالیز شیمیایی پسماند لیچینگ اسید دیاتومیت مقان

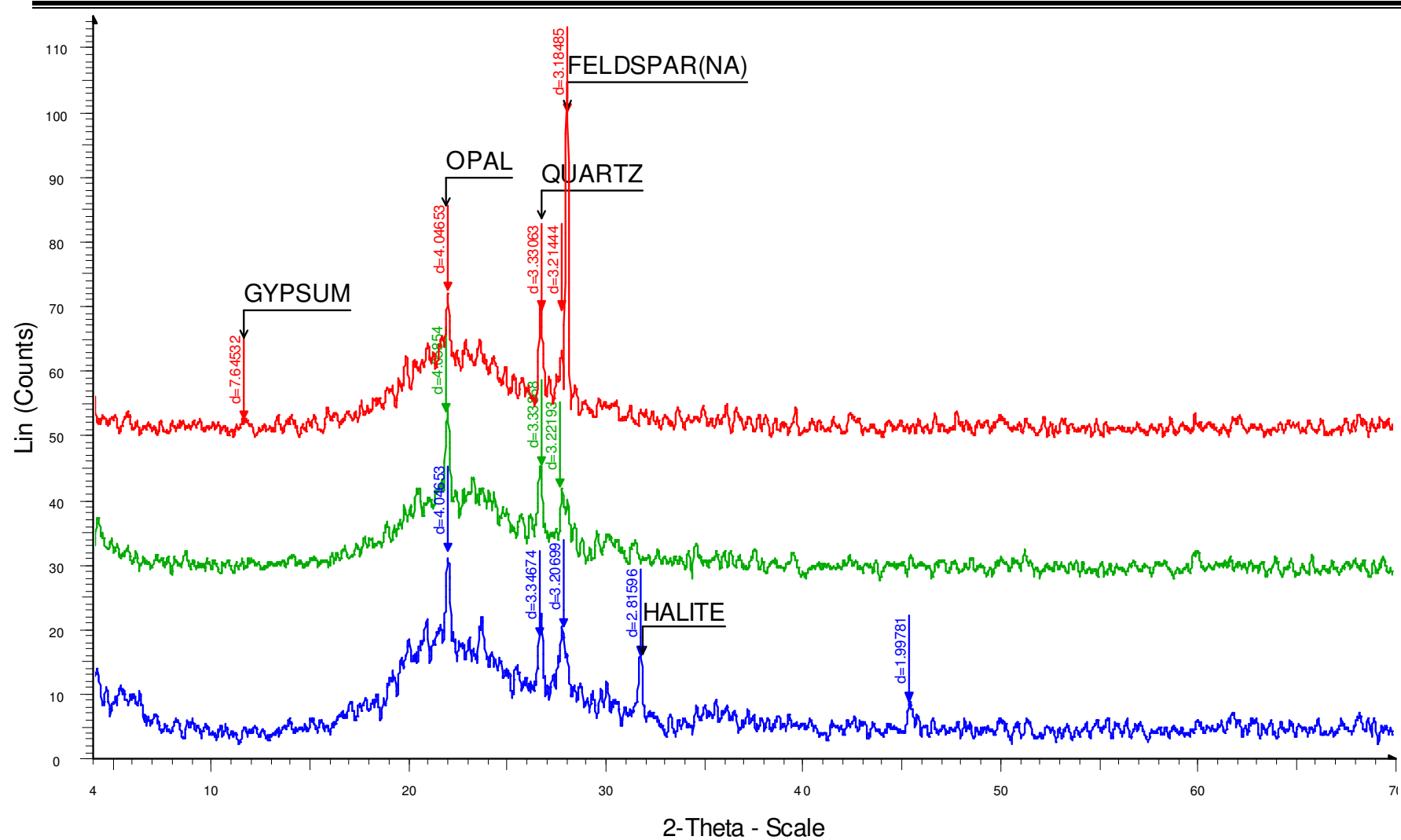
اسید کلریدریک	اسید سولفوریک	اکسید عناصر (%)
83.55	83.60	SiO <sub>2</sub>
4.76	4.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.34	0.41	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0.86	1.44	MgO
n.d	n.d	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
n.d	n.d	MnO
-----	-----	SO <sub>3</sub>
0.64	0.61	Na <sub>2</sub> O
0.68	0.65	K <sub>2</sub> O
4.99	5.19	L.O.I

جدول (۳-۱۴): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل پسماند اسید سولفوریک

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.00013	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.003	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000046	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
63.17	درصد تخلخل	0.77	دانسیته کیک تر	0.002	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )

جدول (۳-۱۵): داده‌های نفوذپذیری، وزن مخصوص کیک تر و درصد حجم تخلخل کل پسماند اسید کلریدریک

اطلاعات اولیه					
0.063	قطر فیلتر (m)	10000	فشار تحت خلاء (Pa)	0.001002	ویسکوزیته (kg.s/m)
اطلاعات اندازه گیری شده					
900	زمان فیلتراسیون (S)	0.00013	حجم فیلتراب (m <sup>3</sup> )	0.003	ضخامت کیک (m)
نتایج محاسباتی					
90131.2	افت فشار (Pa)	0.000046	سرعت ظاهری	0.003116	مساحت سطح مقطع (m <sup>2</sup> )
62.33	درصد تخلخل	0.79	دانسیته کیک تر	0.002	نفوذپذیری (m <sup>2</sup> )



■ File: 88-1471.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0  
 Operations: Y Scale Add 8 | Y Scale Add 18 | Smooth 0.150 | Import

■ File: 88-1472.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 24 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0  
 Operations: Y Scale Add 8 | Y Scale Add 40 | Smooth 0.150 | Import

■ File: 88-725.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.0  
 Operations: Y Scale Add -18 | YScale Add 18 | Smooth 0.150 | Import

شکل (۳-۱۲): نمودار XRD پسماند لیچینگ: آبی (نمونه اولیه)، سبز (اسید کلریدریک)، قرمز (اسید سولفوریک)



### ۱۲- اسکراب- اسید شوئی

در این آزمایش محصول فراکسیون ۲۳۰- مش اسکراب در غلظت اسید ۶ مولار، دمای ۹۰ درجه سانتیگراد، نسبت جامد به محلول ۱ به ۱۰ و زمان ۶ ساعت تحت لیچینگ اسید سولفوریک قرار گرفت که طی آن نفوذپذیری از  $(\mu\text{m}^2)$  ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۳ افزایش یافت.

### ۱۳- کلسیناسیون

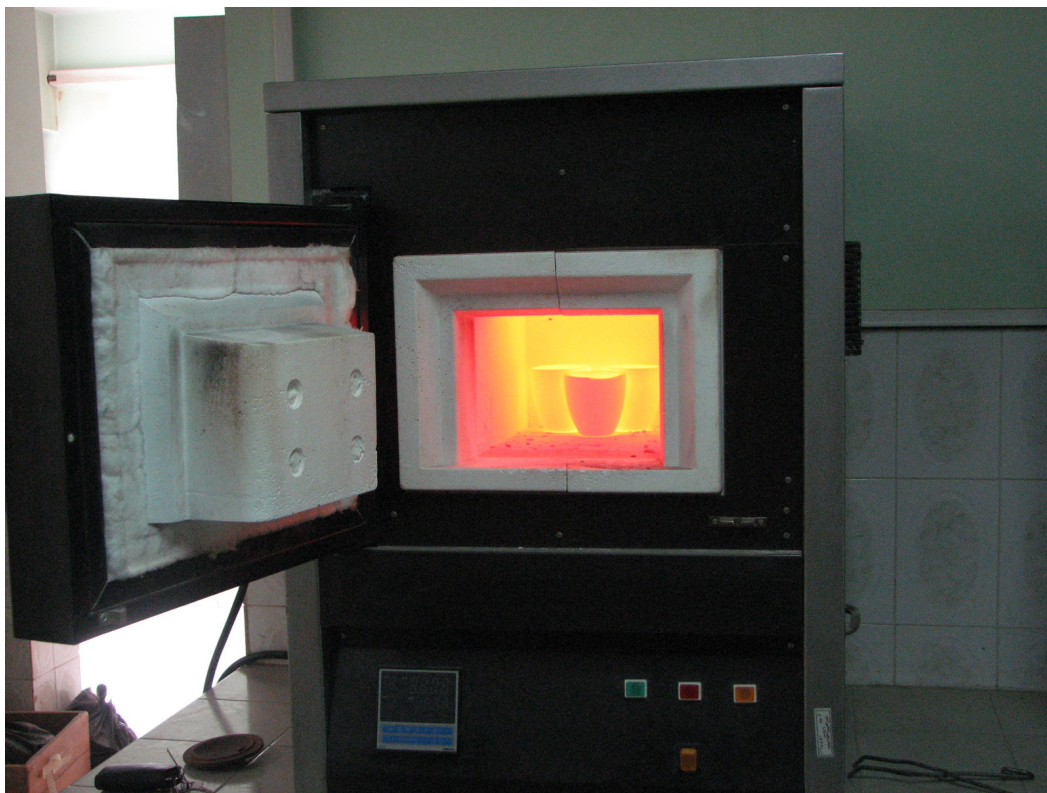
کلسیناسیون همانطور که قبلا نیز اشاره شد موجب تبلور مجدد و تغییر اندازه دیاتومیت می شود که نتیجه آن بهبود نفوذپذیری دیاتومیت است. کلسیناسیون به دو روش ساده و گدازشی انجام می شود. تاثیر هر دو روش بر نفوذپذیری دیاتومیت ممقان در این تحقیق بررسی شده است. برای انجام آزمایش کلسیناسیون ابتدا کوره در دمای مورد نظر تنظیم می شود. سپس ۲۵ گرم نمونه با دانه بندی ۲۳۰- مش (۶۳- میکرون) در داخل بوته آلومینای وزن شده و جهت جلوگیری از شوک حرارتی به مدت ۱۰ دقیقه در دمای حدود ۳۰۰ درجه سانتیگراد گرم می شود. پس از آن بوته حاوی نمونه به داخل کوره انتقال یافته و به مدت مشخص کلسینه می شود. پس از اتمام کلسیناسیون محصول آن در داخل دسیکاتور حاوی سیلیکا ژل خنک می شود. پس از آن نمونه تحت آزمایش نفوذپذیری قرار می گیرد. تصاویر شکل (۱۳-۳) تا شکل (۱۶-۳) مراحل انجام کار را نشان می دهد. برای بررسی تاثیر عوامل موثر بر کلسیناسیون دیاتومیت ممقان از روش طراحی آماری آزمایشات استفاده شده است. عوامل موثر بر کلسیناسیون دما و زمان کلسیناسیون است. عوامل و سطوح آنها برای انجام آزمایش های کلسیناسیون به شرح جدول (۱۶-۳) انتخاب شدند.

جدول (۱۶-۳): عوامل و سطوح آن

سطوح عوامل	سطح اول	سطح دوم
دما(درجه سانتیگراد)	۹۰۰	۱۱۰۰
زمان(ساعت)	۱	۱/۵

با توجه به تعداد عوامل و سطوح آنها ۴ آزمایش می بایست انجام شود. اما جهت محاسبه خطا آزمایشات یک بار تکرار شدند. این آزمایشات طبق طرح آزمایش بطور تصادفی انجام شدند.

جدول (۱۷-۳) طرح آزمایش‌ها را به همراه نفوذپذیری حاصل از آنها را نشان می‌دهد. جدول (۱۸-۳) جدول ANOVA را نشان می‌دهد. طبق این جدول هر دو عامل و اندرکنش‌های آنها معنی‌دار هستند. تاثیر عوامل به ترتیب اهمیت دما، اندرکنش دما و زمان و زمان می‌باشند. شکل (۱۷-۳) نمودار تاثیر دما بر روی نفوذپذیری را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است افزایش دما از ۹۰۰ به ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد موجب افزایش نفوذپذیری از ۳/۲۴ به ۹/۷۸ می‌شود. شکل (۱۸-۳) نیز تاثیر زمان را بر نفوذپذیری را نشان می‌دهد افزایش زمان از ۱ ساعت به ۱/۵ ساعت باعث کاهش نفوذپذیری از ۶/۶۷ به ۶/۳۵ می‌شود. شکل (۱۹-۳) تاثیر اندرکنش دما و زمان را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است نفوذپذیری در دمای پائین با افزایش زمان افزایش می‌یابد اما در دمای بالا افزایش زمان موجب کاهش نفوذپذیری می‌شود. با توجه به این آزمایش‌ها شرایط بهینه، دما ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد و زمان یک ساعت است. در این شرایط نفوذپذیری ۱۰/۵۷ خواهد بود. ذکر این نکته نیز ضروری است رنگ نمونه دیاتومیت ممقان پس از کلسیناسیون به رنگ آجری تغییر می‌کند که به علت وجود آهن در نمونه است.



شکل (۱۳-۳): کلسیناسیون دیاتومیت در داخل کوره





شکل (۳-۱۴): دیاتومیت کلسینه پس از خروج از کوره



شکل (۳-۱۵): دیاتومیت کلسینه پس از سرد شدن





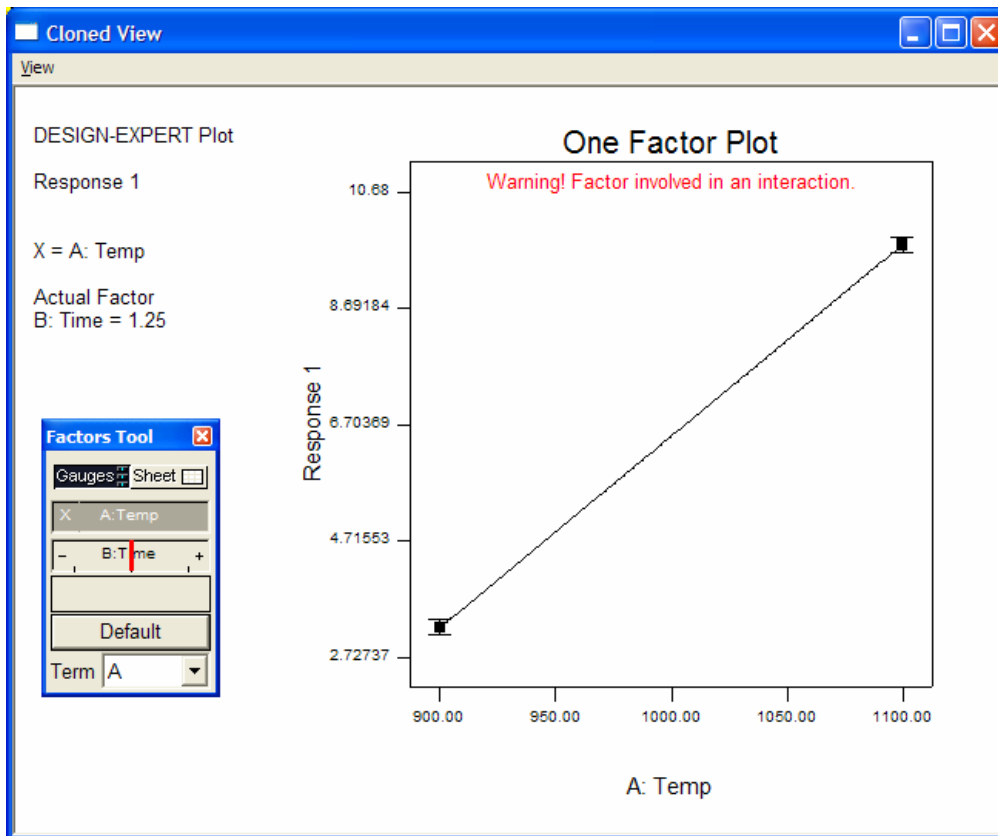
شکل (۱۶-۳): کیک دیاتومیت کلسینه پس از آزمایش نفوذپذیری

جدول (۱۷-۳): طرح آزمایش‌ها به همراه نفوذپذیری آنها در کلسیناسیون ساده دیاتومیت بمقان

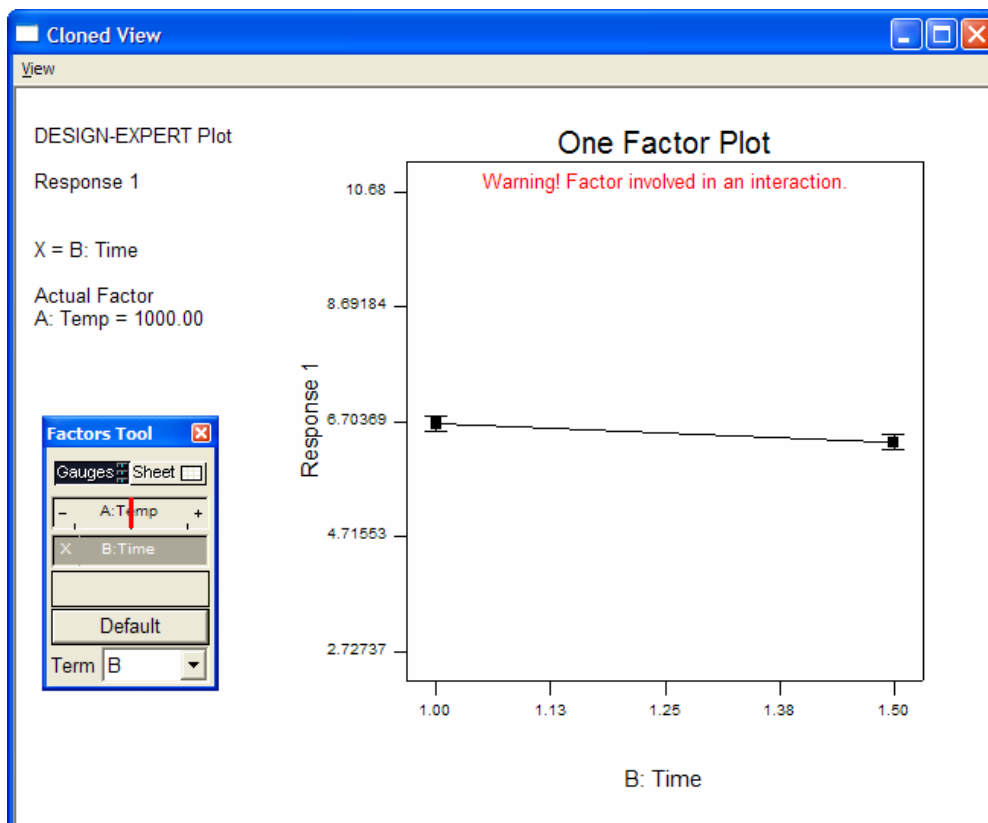
آزمایش	ترتیب آزمایش	دما (درجه سانتیگراد)	زمان (ساعت)	نفوذپذیری ( $1000 \cdot \mu\text{m}^2$ )
1	3	900	1	2.73
2	4	900	1	2.82
3	5	900	1.5	3.81
4	8	900	1.5	3.6
5	2	1100	1	10.47
6	6	1100	1	10.68
7	7	1100	1.5	8.88
8	1	1100	1.5	9.10

جدول (۱۸-۳): جدول ANOVA در کلسیناسیون ساده دیاتومیت بمقان

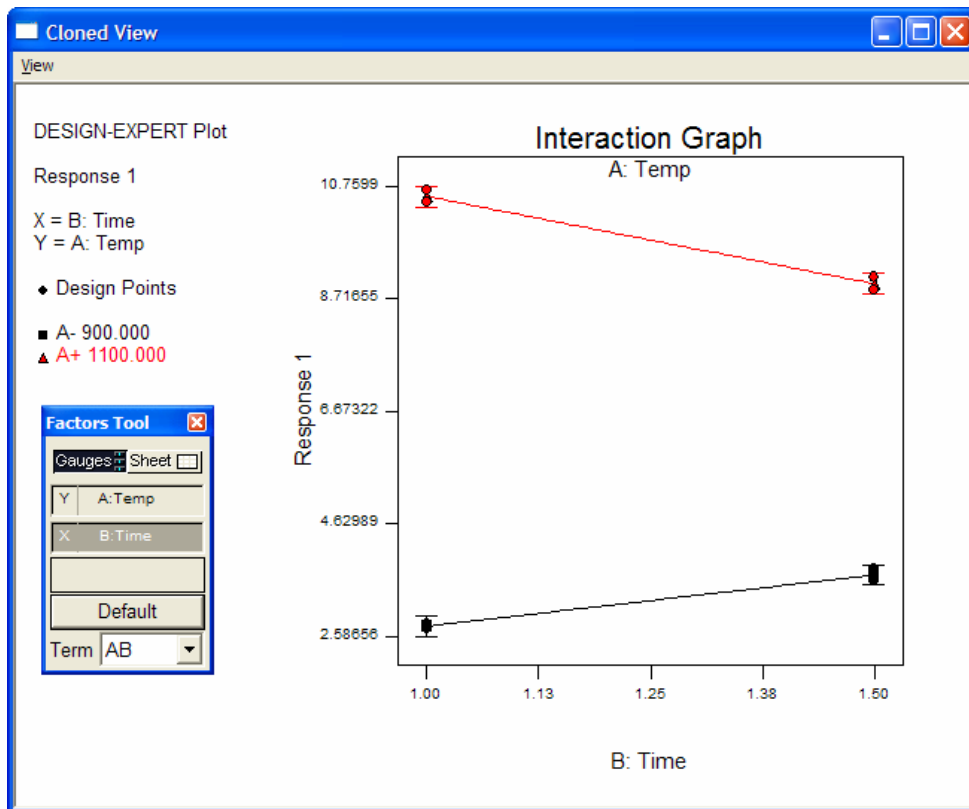
منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	نسبت F	مقدار P
مدل	88.99	3	29.66	1632.61	< 0.0001
دما	85.62	1	85.62	4712.43	< 0.0001
زمان	0.21	1	0.21	11.76	0.0266
اندرکنش	3.16	1	3.16	173.64	0.0002
خطا خالص	0.073	4	0.018		
کل	89.07	7			



شکل (۳-۱۷): تاثیر دما بر نفوذپذیری در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان



شکل (۳-۱۸): تاثیر زمان بر نفوذپذیری در کلسیناسیون ساده دیاتومیت ممقان



شکل (۳-۱۹): اندرکنش دما و زمان در کلسیناسیون ساده دیاتومیت بمقان

#### ۱۴- اسکراب - کلسیناسیون

در این آزمایش محصول فراکسیون ۲۳۰- مش اسکراب شده در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت تحت کلسیناسیون قرار گرفت که در نتیجه آن نفوذپذیری از  $(\mu\text{m}^2)$  ۰/۰۰۱ به ۰/۰۱ افزایش یافت.

#### ۱۵- لیچینگ-کلسیناسیون

در این آزمایش محصول لیچینگ اسید در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت تحت کلسیناسیون قرار گرفت که در نتیجه آن نفوذپذیری از  $(\mu\text{m}^2)$  ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۳ افزایش یافت. همچنین رنگ پخت نیز از قهوه‌ای به سفید تغییر کرد.

#### ۱۶- کلسیناسیون گدازشی

برای انجام آزمایش کلسیناسیون گدازشی حدود ۲۵ گرم نمونه با دانه‌بندی ۲۳۰- مش (۶۳- میکرون) با درصد مشخصی از کربنات سدیم و رطوبت ۱۵ درصد به خوبی مخلوط می‌شود. سپس نمونه در داخل بوته آلومینای جهت جلوگیری از شوک حرارتی به مدت ۱۰ دقیقه در دمای حدود

۳۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود. پس از آن بوته حاوی نمونه به داخل کوره انتقال یافته و به مدت مشخص کلسینه می‌شود. پس از اتمام کلسیناسیون محصول آن در داخل دسیکاتور حاوی سیلیکا ژل خنک می‌شود. پس از آن نمونه تحت آزمایش نفوذپذیری قرار می‌گیرد.

برای بررسی تاثیر عوامل موثر بر کلسیناسیون دیاتومیت ممقان از روش طراحی آماری آزمایشات به روش تاگوچی استفاده شده است. عوامل موثر بر کلسیناسیون دما و زمان کلسیناسیون است. عوامل و سطوح آنها برای انجام آزمایش‌های کلسیناسیون به شرح جدول (۱۹-۳) انتخاب شدند.

جدول (۱۹-۳): عوامل و سطوح آن در کلسیناسیون گدازشی

سطوح عوامل	سطوح اول	سطوح دوم	سطوح سوم
درصد کربنات سدیم	۳	۵	۸
زمان (ساعت)	۰/۵	۱	۱/۵
دما (درجه سانتیگراد)	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰

با توجه به تعداد عوامل و سطوح آنها آرایه متعامد L9 برای این منظور مناسب است. این طرح شامل ۹ آزمایش است. این آزمایشات طبق طرح آزمایش بطور تصادفی انجام شدند. جدول (۲۰-۳) طرح آزمایش‌ها به همراه نفوذپذیری حاصل از آنها را نشان می‌دهد. جدول (۲۱-۳) ANOVA را نشان می‌دهد. طبق این جدول هر دو عامل و اندرکنش‌های آنها معنی‌دار هستند. تاثیر عوامل به ترتیب اهمیت دما، اندرکنش دما و زمان می‌باشند.

شکل (۲۰-۳) نمودار تاثیر درصد کربنات سدیم بر نفوذپذیری را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است با افزایش درصد کربنات سدیم تا ۵ درصد نفوذپذیری افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد.

شکل (۲۱-۳) نمودار تاثیر دما بر روی نفوذپذیری را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است با افزایش دما از ۸۰۰ به ۹۰۰ درجه سانتیگراد نفوذپذیری افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. شکل (۲۲-۳) نیز تاثیر زمان بر نفوذپذیری را نشان می‌دهد. افزایش زمان تا ۱ ساعت موجب افزایش نفوذپذیری و پس از آن باعث کاهش آن می‌شود.

با توجه به این آزمایش‌ها شرایط بهینه: درصد کربنات سدیم، ۵ درصد؛ دما، ۹۰۰ درجه سانتیگراد و زمان، یک ساعت بدست آمد. در این شرایط نفوذپذیری  $41/68 \mu\text{m}^2$  میلی معادل  $0/042$

$\mu\text{m}^2$  خواهد بود. ذکر این نکته نیز ضروری است رنگ نمونه دیاتومیت ممقان پس از کلسیناسیون گدازشی به رنگ کرم می‌باشد.

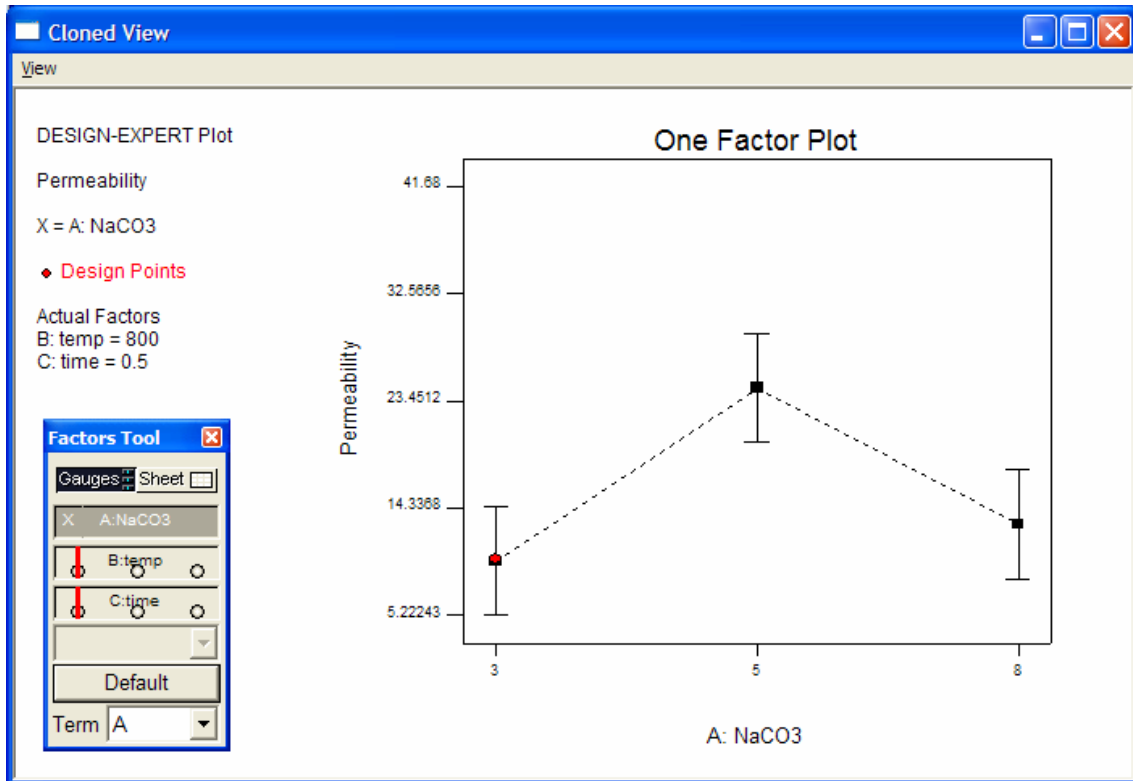
جدول (۳-۲۰): طرح آزمایش‌ها به همراه نفوذپذیری آنها در کلسیناسیون گدازشی

آزمایش	ترتیب آزمایش	درصد کربنات سدیم	دما (درجه سانتیگراد)	زمان (ساعت)	نفوذپذیری ( $1000 \cdot \mu\text{m}^2$ )
1	9	3	800	0.5	10
2	7	5	900	1	41.68
3	1	8	1000	1.5	14.88
4	2	3	900	1.5	21.12
5	5	5	1000	0.5	25.69
6	8	8	800	1	22
7	3	3	1000	1	17.13
8	6	5	800	1.5	25
9	4	8	900	0.5	20.77

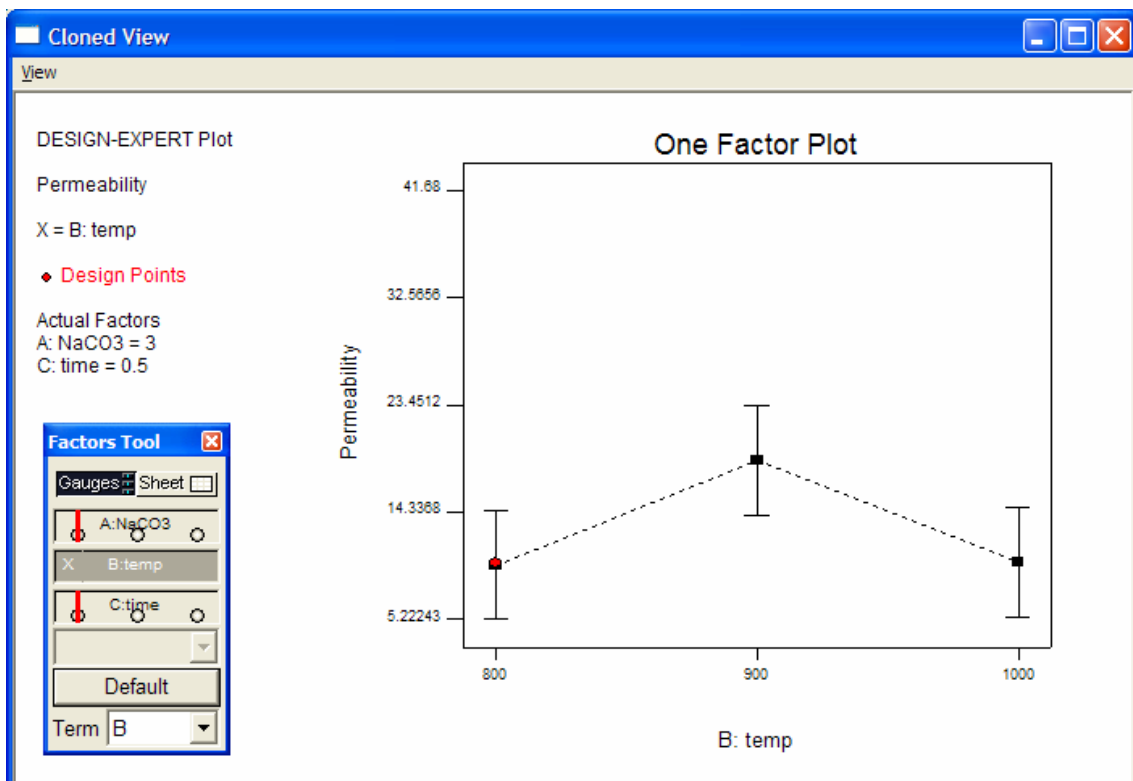
جدول (۳-۲۱): جدول ANOVA در کلسیناسیون گدازشی

منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	نسبت F	مقدار P
مدل	624.68	6	104.11	35.10	0.0280
درصد کربنات سدیم	360.05	2	180.02	60.70	0.0162
دما	152.86	2	76.43	25.77	0.0374
زمان	111.77	2	55.89	18.84	0.0504
باقیمانده	5.93	2	2.97		
کل	630.61	8			

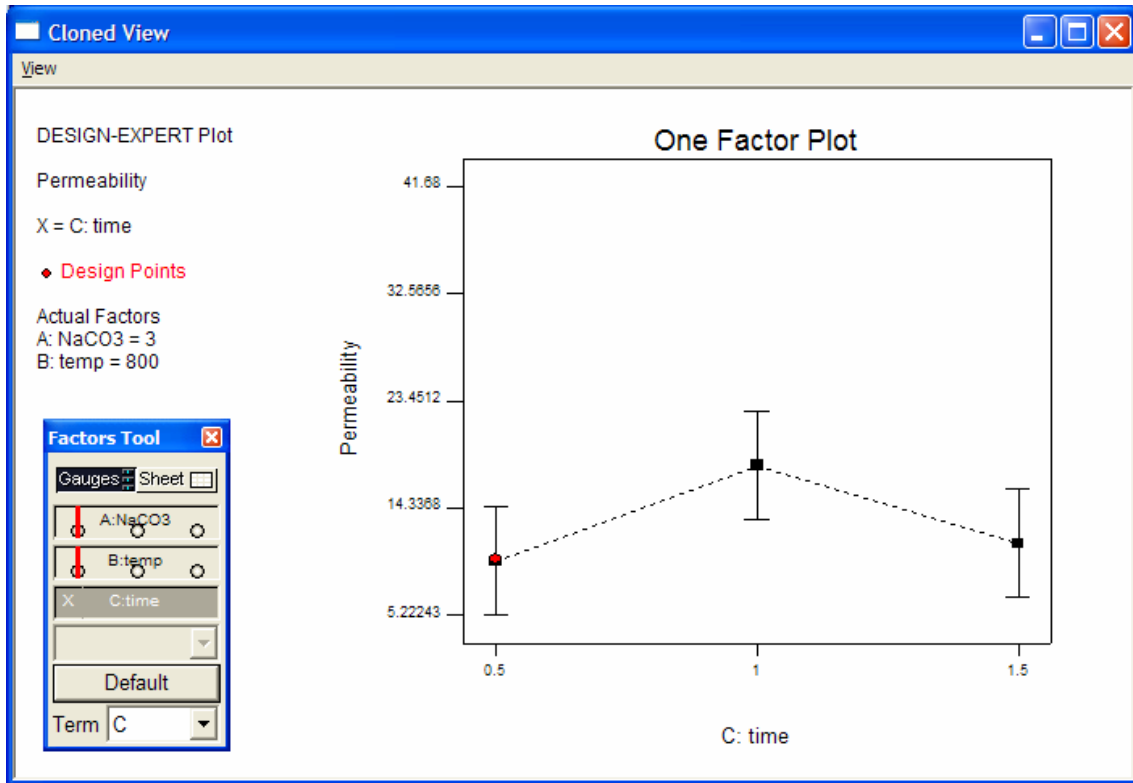




شکل (۲۰-۳): تاثیر درصد کربنات سدیم بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی



شکل (۲۱-۳): تاثیر دما بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی



شکل (۳-۲۲): تاثیر زمان بر نفوذپذیری در کلسیناسیون گدازشی

# فصل ۴

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱- نتیجه‌گیری

۱-۱- مطالعه سوابق موضوع

طبق مطالعات انجام شده، برای کاربردهای مختلف دیاتومیت باید دارای مشخصات زیر باشد.

• آجرهای عایق و پودرهای جاذب:  $\text{SiO}_2 < 80-70$  درصد؛  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (بصورت رس)  $< 10$  درصد [۳]

• فیلتراسیون:  $\text{SiO}_2 < 85$  درصد؛  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 1/5$  درصد؛  $\text{CaO} > 1$  درصد؛ نفوذپذیری  $< 0.3/0$  ( $\mu\text{m}^2$ )؛ چگالی کیک تر  $< 0.50-0.35$  ( $\text{g/cm}^3$ ) [۳]

• پرکننده برای پلاستیک و رنگ:  $\text{SiO}_2 < 85$  درصد (طبق BS بیش از ۷۰ درصد)؛  $\text{Fe}_2\text{O}_3 =$  کم (تاثیر سوء بر رنگ پخت)؛ سفیدی و درخشندگی  $< 70$  درصد؛ جذب روغن  $g / 100 g$  ۶۰-۱۰۰؛ دانه‌بندی: ۲۰-۲ میکرون [۳]

## ۱-۲-۱ - پیشینه مطالعات کانسار دیاتومیت ممقان

## ۱-۲-۱-۱ - پیشینه مطالعات اکتشافی

مطالعات انجام شده نشان داد که محیط رسوبگذاری دیاتومه‌ها خیلی نا آرام بوده و لذا لایه‌های دیاتومیت و رسوبات همراه آنها همه بصورت عدسی تشکیل شده‌اند و لایه‌های رسوبی ممتد با خصوصیات محیط رسوب‌گذاری آرام در این منطقه به چشم نمی‌خورد. مطالعات میکروسکوپی نیز درستی این مطلب را تأیید می‌کند، زیرا اکثر دانه‌های دیاتومیت بعلت جابجائی در اثر جریان‌ات آب شکسته شده و اغلب با ناخالصیهای رس و توف مخلوط شده‌اند. به طور کلی ۹ افق (A-J) تشخیص داده شده که در هر کدام از آنها نیز عیار دیاتومیت در عرض و طول آن تغییر می‌کند. هر کدام از افق‌ها که عیار آنها بیش از ۱۰ درصد دیاتومیت بوده تحت عنوان یک عدسی یا بلوک مورد مطالعه و تعیین ذخیره قرار گرفته است. از بین افق‌های شناسایی شده تنها افق‌های A, B, C, D, E از جهت دارا بودن دیاتومیت مناسب تشخیص داده شدند. ذکر این نکته ضروری است که افق‌های دیاتومیتی از نظر ترکیب یکنواخت نبوده و دیاتومیت در داخل آنها بصورت عدسی‌های کوچکتری تشکیل گردیده و بقیه قسمت لایه از توف و رس‌های سفید رنگ تشکیل یافته است که کاملاً مشابه دیاتومیت بوده و ممکن است به اشتباه دیاتومیت تلقی شود.

ذخیره قطعی این کانسار با عیار بیش از ۱۰ درصد دیاتومیت ۵۹۸ هزار تن تخمین زده شده است. عیار متوسط آن نیز ۳۹/۶ درصد تعیین شده است. همچنین میانگین نسبت باطله‌برداری به ماده معدنی در بهترین قسمت انتخاب شده کانسار ۲۱ به ۱ مترمکعب است. این مقدار معادل ۷۰ تن باطله‌برداری به ازای یک تن دیاتومیت می‌باشد. ضخامت متوسط عدسی‌های دیاتومیتی نیز در افق‌های مختلف از ۰/۴۳ تا ۱/۳۷ متر متغیر است.

## ۱-۲-۱-۲ - پیشینه مطالعات خواص سنجی و فرآوری

مطالعات سیستماتیک خواص سنجی دیاتومیت ممقان توسط موسسه تحقیقات سرامیک، نسوز و مواد خام غیر فلزی چکسلواکی در سال ۱۳۶۶ انجام شد. طی این مطالعات ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی و دانه‌بندی دیاتومیت ممقان تعیین شد. همچنین مطالعات DTA بر روی نمونه انجام و ساختار دیاتومه‌ها از نظر شکل، مقدار شکستگی و پرتشدگی شکافها و حجرات صدف‌ها توسط SEM مورد مطالعه قرار گرفته است. طبق نتایج این مطالعات دیاتومیت ممقان مرغوب شناخته شده و انجام اکتشافات تفصیلی توصیه شده است.

مطالعات خواص سنجی و فرآوری دیاتومیت‌های آذربایجان شامل دیاتومیت ممقان توسط کارشناسان MTA ترکیه نیز در سال ۱۳۶۶ انجام شده است. در این آزمایشات ترکیب شیمیایی، خواص فیزیکی دیاتومیت شامل وزن مخصوص، وزن مخصوص تر، سفیدی و pH دیاتومیت ممقان تعیین شده است. علاوه بر آن قابلیت فیلتراسیون نمونه‌ها نیز تعیین و تاثیر کلسیناسیون بر روی آن نیز بررسی شده است. البته برای بررسی قابلیت فیلتراسیون از روش غیر استاندارد استفاده شده است و امکان ارزیابی آن با استانداردهای موجود وجود ندارد. اما طبق نتایج این تحقیق کلسیناسیون ساده و گدازشی موجب افزایش قابلیت فیلترپذیری ۲۰ تا ۵۰ برابر نمونه اولیه می‌شود.

مطالعه بعدی بر روی خواص سنجی و فرآوری دیاتومیت ممقان طی دو پروژه جداگانه توسط دانشکده شیمی و دانشکده معدن دانشگاه امیرکبیر (۱۳۶۸) انجام شده است. در پروژه اول که توسط دانشکده شیمی انجام شده است ترکیب شیمیایی دیاتومیت ممقان تعیین شده و امکان تغلیظ آن به روش فلوتاسیون و اسکراب و دانه‌بندی بررسی شده است. طبق نتایج این پروژه هیچ یک از روش‌های به کار رفته چندان در تغلیظ دیاتومیت موفق نبوده‌اند. بیشتر عملیات این تحقیق بر روی کلسیناسیون متمرکز بوده است که طی آن تاثیر کلسیناسیون ساده و گدازشی نیز بر روی قابلیت فیلتراسیون دیاتومیت بررسی شده است. طبق نتایج این تحقیق کلسیناسیون ساده و گدازشی موجب افزایش قابلیت فیلترپذیری تا ۲۰ برابر نمونه اولیه شده است.

در پروژه دوم که توسط دانشکده معدن انجام شده است عمده فعالیت بر امکان تغلیظ دیاتومیت به روش‌های مختلف متمرکز بوده است. در هیچ یک از روش‌های به کار رفته در این تحقیق نیز موفقیت چشمگیری گزارش نشده است.

### ۱-۲-۳- پیشینه مطالعات فنی و اقتصادی

مطالعات فنی و اقتصادی کانسار فوق توسط موسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی انجام شده است ولی متأسفانه گزارش آن در وزارت خانه موجود نبوده و دسترسی به آن از طریق موسسه نیز میسر نشد.

### ۱-۳- مطالعات انجام شده در این تحقیق

۱- طبق این آزمایش‌ها کانسار دیاتومیت ممقان حاوی ۸۱ درصد  $\text{SiO}_2$ ، ۵ درصد  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، ۱/۷۸ درصد  $\text{CaO}$ ، ۱/۵۸ درصد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و ۱/۴۷ درصد  $\text{Cl}$  (معادل ۲/۴۲ درصد هالیت) است. با توجه به این آنالیز دیاتومیت ممقان مناسب برای فیلتراسیون، عایق‌های حرارتی و پرکننده نیست.

۲- نتایج مطالعات XRD نشان می‌دهد که نمونه حاوی فاز آمورف، فلدسپار (آنورتیت) (۲۶٪)، کوارتز (۸٪)، کریستوبالیت (۲۰٪)، اپال نوع A (۴۰٪) و هالیت (۴٪) می‌باشد. سیلیس موجود در دیاتومیت از نوع اپال نوع A است. بنابراین با توجه به نتایج XRD نمونه دیاتومیت بمقان حاوی حدود ۴۰ درصد دیاتومیت است. این مقدار مطابق با مقدار متوسط بدست آمده از مطالعات اکتشاف کانسار فوق می‌باشد.

۳- طبق آزمایشات خواص سنجی رطوبت نمونه برابر ۸۶٪ / اوزن مخصوص ظاهری برابر  $(g/cm^3)$  ۰/۷۴، وزن مخصوص واقعی برابر  $(g/cm^3)$  ۲/۲۱، وزن مخصوص کیک تر مساوی  $(g/cm^3)$  ۰/۸۶ و نفوذپذیری آن مساوی  $(\mu m^2)$  ۰/۰۰۱ است. با توجه به این مطالعات دیاتومیت بمقان قابلیت کاربرد در فیلتراسیون را ندارد.

۴- اسکراب با حل بعضی از نمک‌های محلول باعث افزایش فیلترپذیری تمام فراکسیون‌ها شده است. اما با این وجود هیچ یک از فراکسیون‌ها قابل کاربرد در فیلتراسیون نیست.

۵- آزمایش اسکراب نشان داد که فراکسیون ۲۳۰- مش نرمه‌گیری شده موجب افزایش نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۷ می‌شود.

۶- اسید شوئی نمونه دیاتومیت بمقان تاثیر چندانی بر نفوذپذیری نداشته است. طی این آزمایش تنها آهن و مقداری از  $Al_2O_3$  حذف شده است که در نتیجه آن رنگ پخت از قهوه‌ای به کرم تغییر کرده است.

۷- مطالعات کلسیناسیون ساده نشان داد بهترین نتیجه در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد و زمان یک ساعت حاصل شد که طی آن نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۱۱  $(\mu m^2)$  افزایش یافته است. اما با این وجود هنوز هم قابلیت کاربرد در فیلتراسیون را ندارد.

۸- آزمایش کلسیناسیون بر روی نمونه ۲۳۰- اسکراب نشان داد که طی آن نفوذپذیری از ۰/۰۰۳ به ۰/۰۱ افزایش یافته است.

۹- آزمایش لیچینگ-کلسیناسیون نشان داد نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۳ افزایش یافت.

۱۰- آزمایش کلسیناسیون گدازشی نشان داد بهترین نتیجه در درصد کربنات سدیم ۵ درصد، دمای ۹۰۰ درجه و زمان کلسیناسیون ۱ ساعت حاصل شد. طی این عمل نفوذپذیری از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۴۲ افزایش می‌یابد. این محصول تنها محصول قابل کاربرد جهت فیلتراسیون است. با این وجود مقدار نفوذپذیری حاصل ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از محصولات مشابه موجود در بازار است.

## ۲- پیشنهادات

این کانسار به علت میزان کم ذخیره، کم بودن ضخامت لایه‌ها، عدم ممتدد بودن افق‌ها و میان‌لایه‌های زیاد در بین افق‌ها، کم بودن عیار دیاتومیت و نسبت باطله برداری بالا (۷۰ به ۱) دارای مشکلات فراوانی در استخراج خواهد بود. استخراج روباز این کانسار به علت نسبت باطله‌برداری زیاد اقتصادی نیست. برای استخراج زیرزمینی نیز به علت ضخامت کم و عدم ممتدد بودن لایه روش خاصی را نمی‌توان پیشنهاد کرد. از آن گذشته طبق نتایج آزمایشات انجام گرفته مشخص شده است که بخش اعظم نمونه‌های دیاتومیت ممقان توف و پامیس سفید رنگ است و عیار دیاتومیت در آنها به طور تقریبی کمتر از ۵۰ درصد است. همچنین نفوذپذیری دیاتومیت خام این منطقه پائین بوده و قابلیت استفاده در فیلتراسیون را ندارد. علاوه بر این روش اسکراب - طبقه بندی و اسید شوئی و کلسیناسیون و ترکیبی از آنها محصولی با مشخصات مورد نیاز برای فیلتراسیون را تولید نکرد. تنها بوسیله کلسیناسیون گدازشی محصول قابل کاربرد جهت فیلتراسیون تولید گردید. با این وجود مقدار نفوذپذیری حاصل ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از محصولات مشابه موجود در بازار است.

با توجه به این شواهد و قرائن پیشنهاد می‌شود کار تحقیقاتی بیشتر و ساخت پایلوت برای

فرآوری این کانسار انجام نگیرد.

## مراجع:

- [1] Roskill Information service Ltd., 1994, The Economics Of Diatomite.  
[2] Breeste, R. O. Y., 2003, Diatomite, in Industrial Minerals & Rocks, SME, pp 397-411.  
[3] Inglethorpe, S.D., 1993, Industrial Minerals Laboratory Manual, Diatomite, British Geological Survey.  
[4] <http://mineral.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diatomite,2009>.  
[5] www.ngdir.ir.

[۶] بهروزی، ارژنگ، ۱۳۶۴، گزارش مقدماتی اکتشاف دیاتومیت در آذربایجان، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

[۷] توکلی اسکویی، حسن، ۱۳۶۸، گزارش اکتشاف تفصیلی دیاتومیت ممقان، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، مرکز تبریز

[۸] صمیمی نمین، منصور و امینی فضل، عباس، ۱۳۶۶، گزارش بازدید از معادن و کارخانه فرآوری دیاتومیت و آشنایی با سیستم مطالعه کیفی در کشور جمهوری ترکیه، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، مرکز تبریز.

[۹] حلمی، فریده، ۱۳۸۰، ویژگی‌هایی از دیاتومیت و موقعیت آن در ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

[۱۰] دانشکده شیمی دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۶۸، طرح مطالعاتی و تحقیقاتی تولید دیاتومیت ارجاعی از وزارت معادن و فلزات.

[۱۱] علوی خوشحال، سید مهدی، ۱۳۷۵، بررسی و مطالعه فرآوری دیاتومیت ممقان-تبریز، دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.