بررسی فرایندهای تولید کننده ذرات سیلت کوارتزی در رسوبات لس استان گلستان

منصور خواجه: دانشگاه آزاد اسلامی- واحد گرگان
سادات فیض نیا: دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
جعفر غیومیان: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

چکیده

موضوع بحث‌انگیز در تئوری‌های تشکیل لس، منشأ دانه‌های کوارتز در اندازه سیلت است که بخش عمده‌ای از نهشته‌های لس را تشکیل می‌دهد. سایش در محیطهای یخچالی و بادی، هوازدگی فیزیکی و شیمیایی، فورآن‌های آتشفشانی و فرایندهای رودخانه‌ای همگی قادرند ذرات سیلت کوارتزی را در حجم زیاد تولید کنند. از سوی دیگر، هنوز بحث‌های زیادی در باره منشأ رسوبات لس مناطق مختلف جهان وجود دارد. بدون شک با بررسی بافت سطح دانه‌های کوارتز می‌توان سهم محیطهای مختلف در ارائه سیلت برای تشکیل این نهشته‌ها را ارزیابی کرد که خود می‌تواند راه گشای مناسبی در کشف منشأ این رسوبات باشد. لذا در این تحقیق، بافت سطح ذرات کوارتز در اندازه‌های ٣٥٠-١٠٥ میکرون و ١٠٥-٧٥ میکرون در هفت نقطه از رخنمون‌های لس استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت و بدین‌وسیله محیطهای اصلی و فرعی تولید سیلت برای این رسوبات ارزیابی گردید. بر اساس نتایج حاصل، بافت سطح دانه از نوع شکستگی‌های صدفی، موازی و نیمه موازی، پله‌ای و برجستگی‌های تیز و زاویه‌دار در اغلب ذرات کوارتز مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، در برخی از دانه‌های کوارتز بافت سطح دانه از نوع حفره‌های انحلالی نامنظم و دانه‌هایی با لبه‌های گرد شده به طور محدود قابل مشاهده است. بر اساس نتایج حاصل فرایندهای یخچالی محیط اصلی تولید ذرات سیلت برای تشکیل نهشته‌های لس گلستان است و محیطهای رودخانه‌ای و هوازدگی شیمیایی اهمیت کمتری در تولید سیلت کوارتزی دارند.

مقدمه

موضوع بحث‌انگیز در تئوری‌های تشکیل لس، منشأ دانه‌های کوارتز در اندازه سیلت است که توده مواد لسی را می‌سازد. چگونگی تولید مقادیر زیاد سیلت برای تشکیل رسوبات لس در طول یک صد سال گذشته همچنان به صورت یک مسئله مهم باقی مانده است[٨]. بیش از یک صد تفسیر از نحوه تشکیل لس همراه با فرایندهای حمل و تجمع مختلف برای این رسوبات عنوان شده است[١٣]. بر اساس بررسی‌های آزمایشگاهی، فرایندهای سایش در محیط بادی، خردشدگی در محیط یخچالی، تبلور نمک و هوازدگی فیزیکی در اثر یخبندان، همگی

واژه‌های کلیدی: رسوبات لس، کوارتز، بافت سطح دانه، شکستگی صدفی، استان گلستان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

می‌توانند ذرات سیلت را از دانه‌های درشت‌تر تولید کنند[۲۰]. فعالیت‌های رودخانه‌ای و بادی، سهم خیلی زیادی در تولید سیلت کوارتزی در دوره‌های کوتاه مدت دارند؛ ولی در دوره‌های زمانی طولانی مکانیسم‌های خردشدگی توسط یخچال‌ها و هوازدگی دوام بیش‌تری دارند و از این رو در فرایند تولید سیلت مؤثرترند[۲۰]. شواهد مستقیم و غیرمستقیم نشان می‌دهد که ذرات سیلت در محیطهای زیادی تولید می‌شود و به هیچ وجه مختص محیطهای یخچالی نیست[۸]. بررسی و تحقیق روی هوازدگی فیزیکی یخبندان و تبلور نمک نشان می‌دهد که این مکانیسم‌ها می‌توانند مقادیر زیادی سیلت کوارتزی را تولید کنند. شبیه سازی‌های آزمایشگاهی نیز این نتایج را تائید می‌کند[۱۹]. بر طبق بررسی‌های آزمایشگاهی میزان تولید سیلت از طریق تبلور نمک و یخبندان بسیار کم‌تر از سیلت تولید شده در محیطهای بادی است[۱۹]. در هنگام بررسی تولید سیلت در آب و هوای سرد، تصور می‌کنیم خرد شدگی با یخچال‌ها فرایند غالب تولید سیلت است که به طور مؤثر می‌تواند کمیت‌های زیادی از دانه‌های ماسه و بزرگ‌تر را به ذرات سیلت تبدیل کند از طرف دیگر برخی اعتقاد دارند فرایندهای یخچالی مکانیسم‌های مؤثری برای تولید سیلت کوارتزی نیستند؛ زیرا اولاً پراکنش مکانی و زمانی یخچال‌ها با حجم سیلت یافت شده مطابقت زیادی ندارد. ثانیاً رسوبات یخچالی قدیمی چندان غنی از سیلت نیستند. بیش‌تر موادی که حمل شده و آن‌ها را به یخچال‌ها نسبت می‌دهیم به نظر می‌رسد مواد هوازده و نهشته‌های رسوبی سطحی باشند که مجدداً حمل شده‌اند[۱۹]. بنا بر این در برخی حالات ممکن است نقش کلیدی فرسایش یخچالی کم‌رنگ شود. مقادیر فراوان سیلت که در خاک‌های نواحی گرمسیری، استوایی و مدیترانه‌ای تثبیت شده است خود حاکی از نقش مهم هوازدگی شیمیایی در تولید سیلت کوارتزی است[۱۹]. برای درک فرایندهای تولید سیلت در رسوبات لس بررسی بافت سطحی ذرات کوارتز با روش SEM می‌تواند راهگشای مناسبی باشد. روش SEM در طول۲۰ سال اخیر به ابزاری قوی برای زمین‌شناسان برای تشخیص بافت‌های کوچک مقیاس در سطح ذرات تبدیل شده است[۱۷]. به طور کلی، تشخیص یک سری علائم در سطح دانه به‌ویژه دانه‌های کوارتز می‌تواند به شناخت منشأ و محیط رسوبی کمک کند[۵]. تجزیه و تحلیل بافت سطح دانه‌های کوارتز با میکروسکوپ الکترونی معیار معتبری است؛ زیرا با این روش می‌توان ذرات سیلت که در محیطهای یخچالی تولید شده‌اند را از ذراتی که تحت تأثیر فرایندهای رسوبی آبی شکل گرفته‌اند تشخیص داد.

برای رسوب شناسان بررسی بافت سطح دانه در تشخیص محیط رسوبی روش مفیدتری به شمار می‌آید [۱۸]. Pye(۱۹۸۳) با بررسی بافت سطح دانه‌های ماسه کوارتزی تپه‌های ماسه‌ای شمال شرقی استرالیا به این نتیجه رسید که این ذرات تحت شرایط معتدل تا گرمسیری به طور درجا خرد شده‌اند و مقادیر زیادی سیلت تولید کرده‌اند[۱۲]. جورجی[۱] و استوفر[۲] (۱۹۸۰) نیز با بررسی بافت سطحی دانه‌های کوارتز در رسوبات ۳۰۰۰۰ سال گذشته خلیج فارس به وجود سه منشأ برای این ذرات دست یافتند[٦]. مازولا[۳] و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده

۱-Georgiev ۲-Stoffers ۳-Mazzullo

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

از روش SEM، ذرات سیلت کوارتزی لس‌های مالان چین را بررسی کردند. بر اساس نتایج حاصل، دو نوع دانه، شامل دانه‌های شکسته شده با یال‌های زاویه‌دار همراه با شکستگی‌های میکروسکوپی و دانه‌های کریستالین با یال‌های نیمه موازی تا نیمه‌گردشده را تشخیص دادند نتایج شمارش این دانه‌ها نشان می‌دهد که فراوانی نسبی دانه‌های گرد شده و شکسته شده در جهت وزش باد معنی‌دار است[۱۰]. استرند[۱] و همکاران(۲۰۰۳) با بررسی بافت سطح دانه‌های کوارتز در رسوبات شمال شرق استرالیا به توسعه یخچال‌ها در ائوسن میانی تا بالایی پی بردند[۱۶]. مهنی[۲](۱۹۹۸) با استفاده از بافت سطح دانه‌های کوارتز در رسوبات ساحلی در مصب رودخانه اوب در سیبری به این نتیجه رسید که این رسوبات با یخچال تولید و با فرایندهای آبرفتی به مکان فعلی حمل شده‌اند[۹].

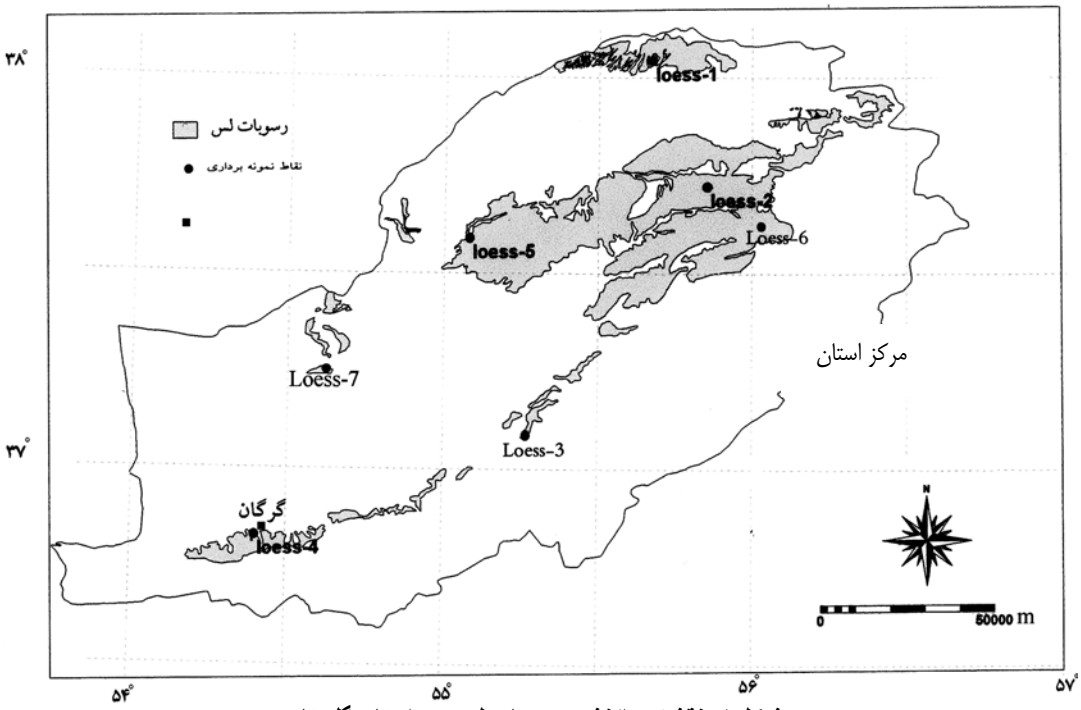
وسعت لس‌های استان گلستان (اعم از لس‌های اولیه[۳]، مجدداً حمل شده[۴] و شبه لس[۵]) به بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد[۳]. پاشایی(۱۳۷۶) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این رسوبات، منشأ اصلی مواد لسی را به نهشته‌های سیلابی و تپه‌های ماسه‌ای واقع در فرورفتگی دریای خزر نسبت می‌دهد[۱]. از سوی دیگر، عندلیبی(۱۳۷۱) بر اساس نوع و مقدار کانی‌های سنگین برای لس‌های شرق و غرب خزر منشأهای متفاوتی را در نظر می‌گیرد[٤]. بنا بر این هنوز بحث‌های زیادی در باره منشأ لس‌های شمال ایران وجود دارد. این مقاله سعی می‌کند با استفاده از بافت سطح ذرات کوارتز دراندازه سیلت، مهمترین فرایندهای تولید سیلت کوارتزی را در لس‌های اولیه استان گلستان معرفی کند که خود می‌تواند بستر مناسبی را برای تشخیص منشأ این رسوبات فراهم کند.

روش تحقیق

ابتدا با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش گرگان، گنبد و کورخود(تهیه شده در سازمان زمین‌شناسی کشور) و تصاویر ماهواره‌ای + ETM، نقشه پراکنش رسوبات لس در استان گلستان تهیه شد. (شکل۱). سپس ٦ نقطه از بیرون زدگی‌های لس اولیه، شامل آجی‌سو(Loess-1)، قرناوه،(Loess-2)، قوری‌چای رامیان(Loess-3) هزارپیچ(Loess-4)، آق‌بند(Loess-5) و یل‌چشمه(Loess-6) به دلیل وجود لس‌های اولیه و ترانشه‌های جدید برای نمونه‌برداری و بررسی ذرات انتخاب گردیدند. این نقاط پراکنش نسبتاً یک‌نواختی در محدوده رخنمون رسوبات لس دارند و به لحاظ ویژگی‌های بافتی، فرایندهای حمل ثانوی را نیز تحمل نکرده‌اند. برای به حداقل رساندن اثر فرایندهای هوازدگی و دخالت‌های انسانی و کاهش اثر هوازدگی در محیطهای آب و هوایی مختلف، نمونه‌ها از عمق٤ متری تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین برای مقایسه اثر محیطهای ثانوی یک نمونه از لس‌های مجدداً حمل شده اطراف دریاچه اینچه (Loess-7) نیز انتخاب و بررسی شد.

۱- Strand ۲-Mahaney ۳-Typical Loess ٤- Reworked Loess ٥- Loess-Like

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۱- نقشه پراکنش رسوبات لس در استان گلستان

در آزمایشگاه ابتدا با روش کوارتیل، مقدار ۲۵ گرم از هر نمونه تهیه شد و برای از بین بردن ذرات آهکی به مدت ٤٨ ساعت در معرض اسید کلریدریک ۱ نرمال قرار گرفت. سپس برای از بین بردن مواد آلی، با آب اکسیژنه ۲۰% شست وشو داده شد. در نهایت رسوبات باقی‌مانده به روش دانه‌سنجی مرطوب با غربال‌های شماره ٦٠، ١٤٠و٤٠٠ به دو گروه ۳۵۰-۱۰۵ میکرون و ۱۰۵- ۳۷ میکرون تقسیم گردید. ذرات بزرگتر از ۱۰۵ میکرون با بینوکولر با بزرگ‌نمایی مناسب و ذرات کوچک‌تر از ۱۰۵ میکرون با روش SEM[1] بررسی شد و بر اساس روش پیشنهادی تاکر[۱۸] ۳۰ دانه کوارتز برای هر ایستگاه برای بررسی مد نظر قرار گرفت. در این بررسی، بافت سطحی دانه‌های کوارتز، میزان گردشدگی، نوع و میزان کانی‌های ثانوی بررسی و از نمونه‌های شاخص عکس‌برداری شد و فراوانی نسبی انواع بافت سطح دانه در کوارتزهای لس‌های گلستان تعیین گردسد. آن گاه، نتایج با الگوهای بافت سطح دانه Higgs[۷] که برای محیطهای مختلف رسوبی ارائه شده است مقایسه شد. بدین ترتیب، محیط غالب تولید سیلت برای تشکیل این نهشته‌ها برآورد گردید(شکل۲).

نتایج

نتایج بررسی بافت سطحی ذرات کوارتز در اندازه **۱۰۵** تا **۳۵۰** میکرون به این شرح است:

در بسیاری از دانه‌های کوارتز بافت سطحی از نوع شیارهای موازی و نسبتاً عمیق(شکل ۳- الف) و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

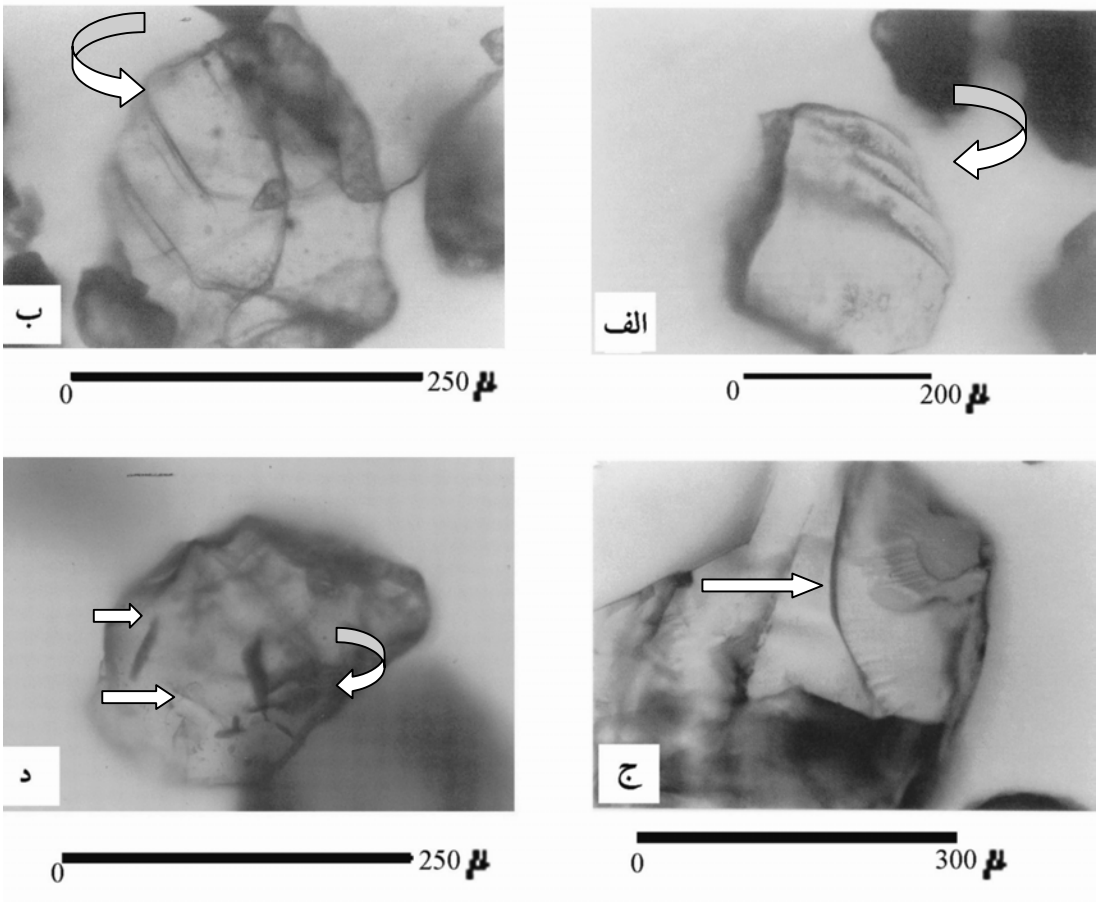
- ● بیش از ۷۵٪
- • ۷۵٪ - ۲۵٪
- ○ ۲۵٪ - ۵٪
- □ کمتر از ۵٪

	سنگ های آذرین	محیط های آبی: محیط های رودخانه ای: انرژی کم	محیط های رودخانه ای: انرژی متوسط	محیط های رودخانه ای: انرژی زیاد	محیط های رودخانه ای: سیلابی	محیط های دلتایی: نیمه مردابی	محیط های دلتایی: مردابی	محیط های دلتایی: کانال: بطرف خشکی	کانال: حد واسط	کانال: بطرف دریا	محیط دریایی: بین جزر و مدی	محیط دریایی: زیر جزر و مدی	محیط بادی: ساحلی	محیط بادی: صحرایی	محیط یخچالی	محیط های پدولوژیکی: انحلال سیلیس: معتدل	انحلال سیلیس: گرمسیری	رسوب سیلیس: معتدل	رسوب سیلیس: گرمسیری	محیط های دیاژنتیکی
حفره های نامنظم کوچک		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
حفره های نامنظم متوسط		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
حفره های نامنظم بزرگ		●	●	●	●	●	●	●	●	●						●	●	●	●	●
شکستگی های صدفی کوچک	●				•						○		○		●					
شکستگی های صدفی متوسط	●				•						○		○	○	●					
شکستگی های صدفی بزرگ	●				•								○	○	●					
پله های صاف و مستقیم	●				•						○		○		●					
پله های کمانی	●				•						○		○		●					
شکستگی های مسطح	•														●					
شیارهای موازی															•					
سائیدگی های فلس مانند															•					
ذرات به هم چسبیده	●												•	•	●					
کناره های مائدری													•	○	○					
خراش های موازی		○	○	•	•	○	○	○	○	•	●	•	•		●					
خراش های کمانی		○	○	•	•	○	○	○	○	•	●	•	•		•					
حفره های V شکل		○	○	•	•	○	○	○	○	•	●	•	•							
لبه های زاویه دار	●	•	•	•	●	•	•	•	•	•	○	○	○	○	●					
لبه های گرد شده		•	•	•	○	•	•	•	•	•	●	●	●	●						
برجستگی کم	●				•						○		○		●					
برجستگی متوسط		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
برجستگی زیاد		•	•	•	•	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
حفره های انحلالی جهت دار										•	○	•				•	●			
الگو های انحلالی انستوموسینگ										○		○		○		○	•			•
حفره های انحلالی														○			●			•
حفره های انحلالی به شکل کروس														○			●			•
بافت پوسته ای														○		○	●			
گلوله های سیلیسی		•	•					•	○		○							●	●	●
گل های سیلیسی						•												○	•	
پوسته های سیلیسی		•	•				•	○										●	●	●
کریستال هایی با رشد ثانویه		○				•	○	•	○									•	•	•

شکل ۲- فراوانی انواع بافت سطح ذرات در دانه‌های کوارتز در محیط‌های مختلف رسوبی
(Higgs، ۱۹۷۹ به نقل از Tucker، ۱۹۸۹)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

شکستگی‌های پله‌ای(شکل۳- ب) مشاهده می‌شود. شکستگی صدفی نیز در سطح بسیاری از دانه‌های کوارتز قابل رؤیت است(شکل۳-ج) در سطح برخی ازدانه‌های کوارتز علائم هلالی و ضربه‌ای خاص محیط‌های بادی دیده می‌شود شکل(۳- د).



شکل۳. مجموعه تصاویر حاصل از بررسی دانه‌ها با بینوکولر(دانه‌های ۳۵۰-۱۰۵ میکرون).
الف- شیارهای موازی در سطح کوارتز(Loess-3) ب- شکستگی شاخص پله‌ای در سطح کوارتز)(Loess-2)
ج- شکستگی صدفی شاخص در سطح کوارتز(Loess-6) د- کوارتز با علائم هلالی و ضربه‌ای ناشی از برخورد در محیط بادی(Loess-4)

ذرات کوارتز با اندازه ۱۰۵-۳۷ میکرون اغلب تیز و زاویه دار هستند(شکل۴- الف). با وجود این برخی از ذرات گردشدگی خوبی دارند این نوع از دانه‌ها تنها به صورت محدود در لس‌های هزار پیچ و رامیان مشاهده شده است(شکل۴- ب). در لس‌های مجدداً حمل شده اطراف دریاچه شور اینچه که در آن کفه‌های استراکود خزر(جنس سیپریدس) قابل رؤیت است(شکل۴- ج) بافت‌های حفره‌ای که خاص محیط‌های ثانوی است و در لس‌های اولیه کم‌تر دیده می‌شود و شکستگی‌های پله‌ای مشاهده می‌شود شکل(۴- د). علاوه بر آن شکستگی صدفی کوچک مقیاس در بسیاری از دانه‌های کوارتز قابل رؤیت است(شکل۴- و)، که در بزرگ‌نمایی‌های

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بیش‌تر خراش‌های ریز موازی نیز در سطح آن‌ها مشهود است(شکل۴- ز). علاوه بر این، بلورهای نوظهور کوارتز را می‌توان به‌صورت اشکال منشوری ایدئومورف در لس‌های آجی‌سو و قرناوه مشاهده کرد(شکل٤- ح).

بحث و نتیجه گیری

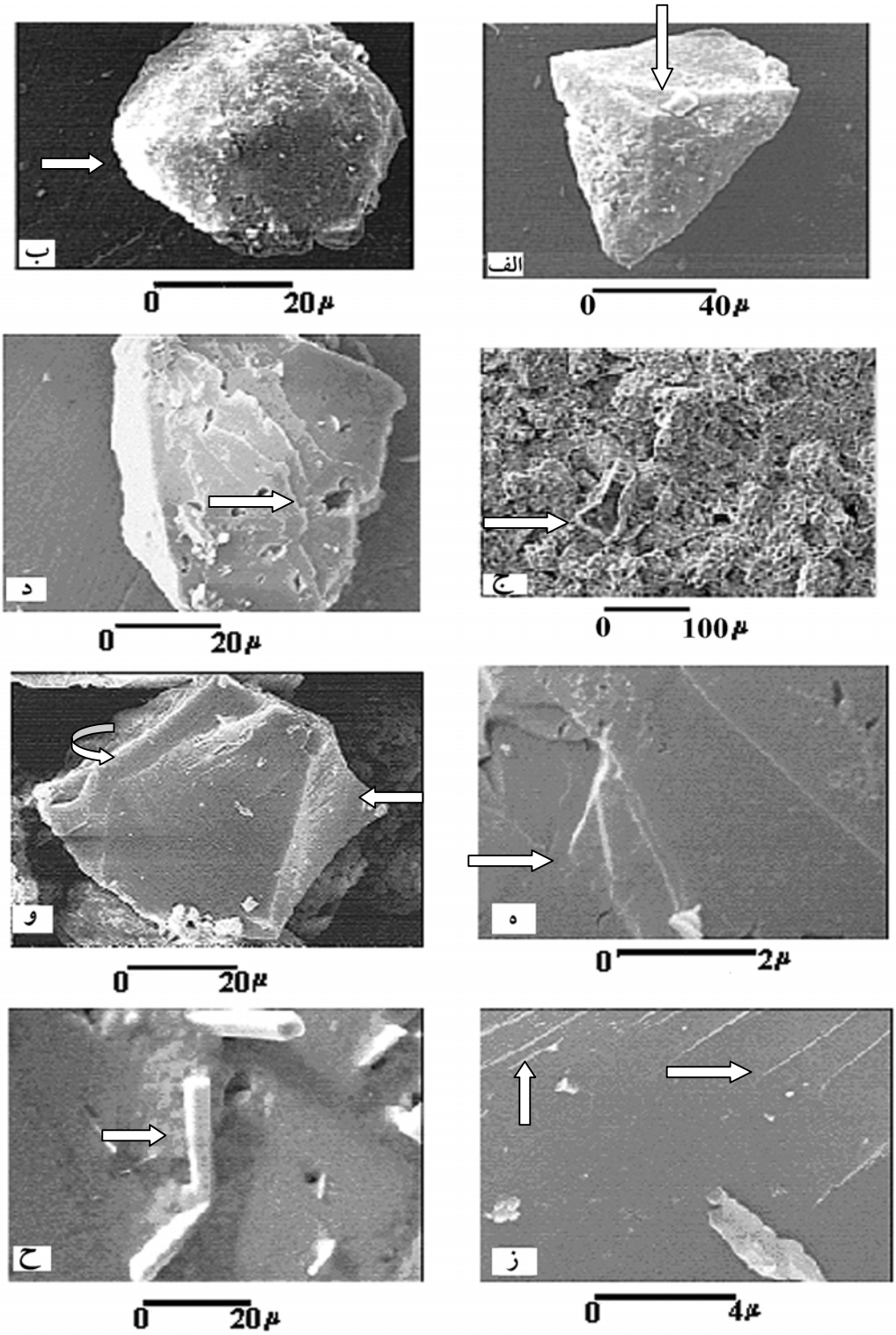
اولین رویداد مهم در تشکیل رسوبات لس، تولید ذرات سیلت کوارتزی است. در بین مکانیسم‌های تولید سیلت، خردشدگی توسط یخچال‌ها و فرایندهای هوازدگی فیزیکی به ویژه در مناطق سرد و در عرض‌های جغرافیایی بالا اهمیت بیش‌تری دارد[۱۴]. بر اساس نتایج حاصل، مجموعه بافت‌های سطحی در دانه‌های کوارتز ۳۵۰-۱۰۵ میکرون شامل شکستگی‌های صدفی، پله‌ای، موازی و لبه‌های زاویه‌دار نقش مهم فرایندهای یخچالی در تولید ذرات سیلت کوارتزی اولیه را آشکار می‌کند. به طوری که قریب به ۷۴% ذرات، بافت‌های سطحی خاص محیطهای یخچالی را نشان می‌دهند. با وجود این در بین دانه‌های بررسی شده در زیر بینوکولر در ایستگاه‌های رامیان و هزار پیچ گرگان ماسه‌های کوارتزی گرد شده با آثار انحلالی مربوط به محیطهای پدولوژیک و محیطهای رودخانه‌ای با فراوانی۵% مشاهده می‌شود(شکل٤- ث). نتایج بررسی دانه‌های کوارتز در اندازه ۱۰۵ -۳۷ میکرون با میکروسکوپ الکترونی(SEM) نیز با تغییرات جزئی تقریباً همان نتایج را نشان می‌دهد. در این دسته از دانه‌ها خراش‌های موازی(با فراوانی۹%) و شکستگی‌های موازی(با فراوانی۱۰%) نیز علاوه بر بافت‌های سطحی یاد شده مشاهده می‌شود. این نوع بافت‌ها به دلیل مقیاس کوچک‌تر اغلب در زیر بینوکولر قابل مشاهده نیستند. بر اساس نتایج مجموعه بافت‌های شکستگی صدفی(فراوانی۳۰%)، موازی(فراوانی۱۰%)، پله‌ای(فراوانی۱۶%)، خراش‌های موازی(فراوانی۹%) و لبه‌های زاویه‌دار(فراوانی۱۰%) همگی بر وجود یک محیط غالب یخچالی دلالت می‌کنند[۹]. هر چند ذرات سیلت، با سایر فرایندهای طبیعی مانند فورآن‌های آتشفشانی، فرایندهای رودخانه‌ای و هوازدگی تولید می‌شود[۸]،[۱۹]، مع‌الوصف در لس‌های گلستان بافت‌های سطح دانه مربوط به این محیطها کم‌تر قابل رؤیت است. برخورد دانه به دانه در محیطهای آبی باعث ایجاد اشکال V شکل، حفره‌های نامنظم، شکستگی‌های بزرگ و بافت‌هایی مانند حفره‌های انحلالی و کانالی و رشد ثانویه بلورها می‌شود[۱۶]. تنها در ۵% دانه‌های تحت بررسی حفره‌های انحلالی قابل رؤیت است. و به دلیل محدودیت این نوع بافت‌ها محیطهای رودخانه‌ای و هوازدگی شیمیایی نمی تواند برای تولید ذرات سیلت لس‌های گلستان منشأ مهمی به حساب آید.(شکل٤- د) که حفره‌های نامنظم انحلالی را نشان می‌دهد مربوط به لس‌های مجدداً حمل شده اطراف دریاچه اینچه(Loess-7) است که بر اساس شواهد موجود، فرایند حمل ثانوی را پشت سر گذاشته است. وجود کفه‌های استراکود(جنس سیپرید) در این رسوبات مشهود است (شکل ٤-ج). بنا بر این نمی‌تواند در گروه لس‌های اولیه قرار گیرد. از سوی دیگر بر اساس نتایج بررسی‌های پیشین، این رسوبات دارای مقدار زیادی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

ماسه با گردشدگی خوب هستند که نشان‌دهنده حمل ثانوی این نهشته‌ها به همراه رسوبات سایر منابع است[۲]. تفاوت‌های کانی‌شناسی لس‌های مناطق مختلف جهان منعکس کننده طبیعت فرایندهای سطحی و وجود فرایندهایی است که می‌تواند باعث مخلوط شدن رسوبات با منابع مختلف شود[۱۳]. برای پی بردن به فرایندهای مهم تولید سیلت در نهشته‌های لس فقط باید بافت سطح ذرات کوارتز لس‌های اولیه مد نظر قرار گیرد؛ زیرا بررسی بافت سطح ذرات کوارتز شبه لس و لس‌هایی که فرایند حمل ثانوی را پشت سر گذاشته‌اند محیطهایی را نشان می‌دهند که نقشی در تولید سیلت نداشته‌اند[۱۱]. از سوی دیگر، در رسوبات لس با آثار حمل ثانوی نیز می‌توان اثر بافت‌های سطحی محیطهای یخچالی را ردیابی کرد، شکستگی‌های پله‌ای و شیارهای موازی در بسیاری از دانه‌های کوارتز این نهشته‌ها هنوز قابل رؤیت است شکل(۴- ه). ذرات سیلتی که در محیطهای پدولوژیکی تولید می‌شوند به دلیل تحمل فرایند هوازدگی شیمیایی اغلب دارای بافت‌های سطحی حفره‌ای، انحلالی و پوسته‌ای هستند. این نوع بافت‌های سطحی به صورت محدود تنها در لس‌های هزارپیچ و رامیان قابل مشاهده است. این بافت‌ها در سطح دانه‌های کوارتز لس‌های شرق استان مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر، بخش کمی از ذرات سیلت کوارتزی لس‌های گرگان و رامیان با فرایندهای پدولوژیک و رسوبات دشت‌های سیلابی تحت سلطه هوازدگی شیمیایی تولید شده است. آن‌چه مسلم است بافت‌های سطح دانه از نوع شکستگی‌های صدفی بزرگ و متوسط، پله‌های کمانی و شکستگی‌های مسطح و به ویژه خراش‌های موازی و لبه‌های تیز و زاویه دار خاص محیطهای یخچالی است[۷]،[۱۵]،[۱۹] که در سطح اغلب دانه‌های کوارتز لس‌های گلستان مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، محیطهای یخچالی و فرایندهای خردکننده یخچال‌ها مهم‌ترین فرایند تولید سیلت در نهشته‌های لس استان گلستان هستند و سایر فرایندهای تولید کننده سیلت، مانند هوازدگی و فرایندهای رودخانه‌ای و پدولوژیک نقش کم‌تری در تولید سیلت ایفا کرده‌اند. شکل‌های ٥ و ٦ فراوانی نسبی بافت‌های سطحی را به طور تقریبی برای دانه‌های کوارتز رسوبات لس استان گلستان در اندازه‌های مختلف نشان می‌دهند.

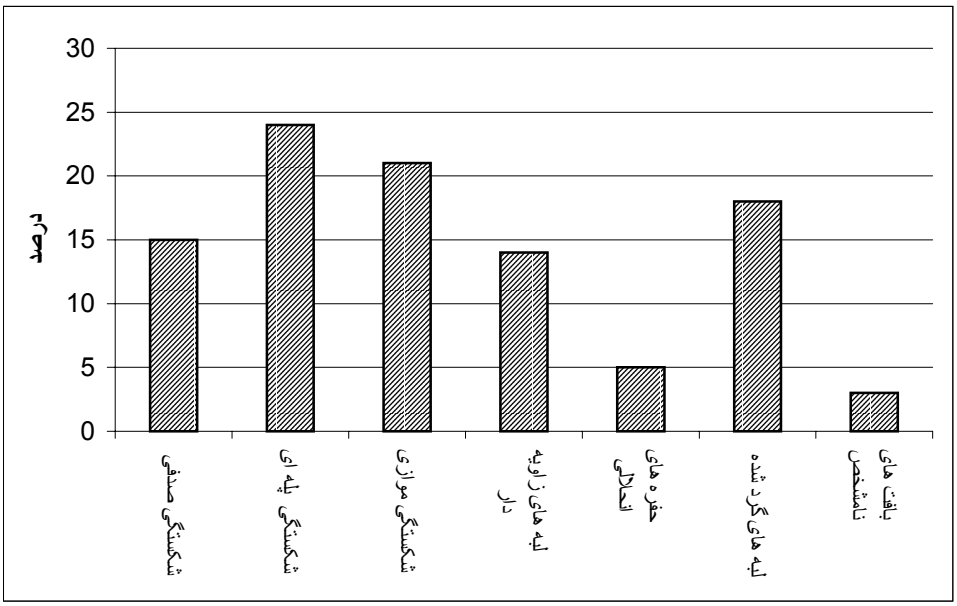
اگر چه محیطهای یخچالی را باید محیط غالب تولید سیلت برای لس‌های گلستان در نظر بگیریم با وجود این برای پی بردن به نوع سنگ منشأ، محل برداشت و نرخ تجمع این رسوبات در دوره‌های زمانی مختلف نیاز به تحقیقات بیش‌تری کاملاً محسوس است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

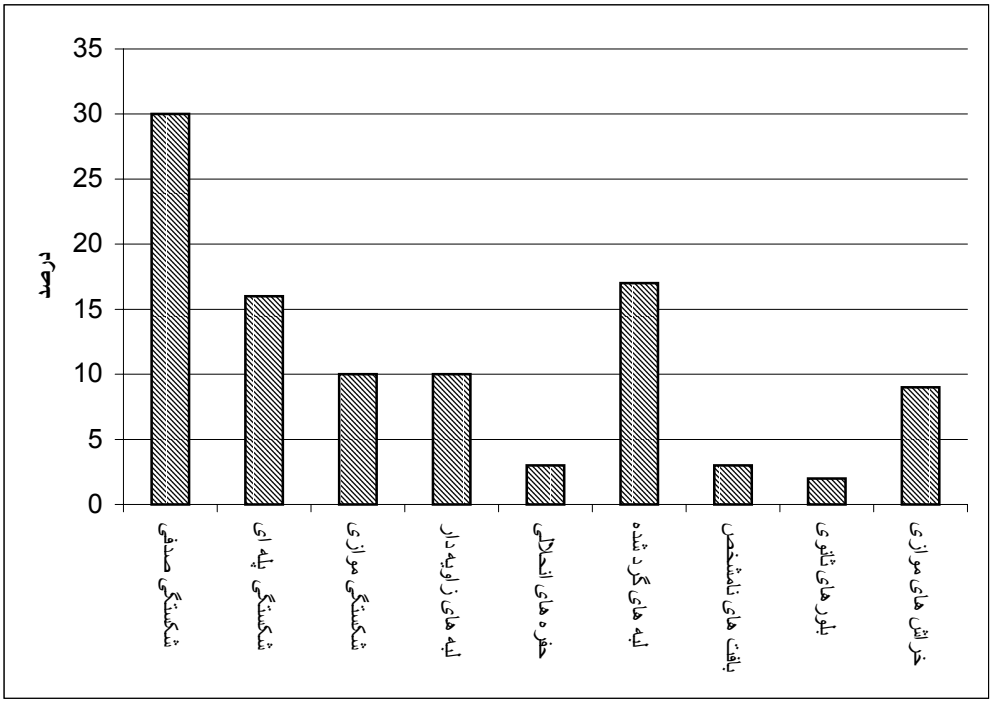


شکل ٤- مجموعه تصاویر حاصل از بررسی SEM(ذرات ۱۰۵ – ۷۵ میکرون). الف- کوارتز با لبه‌های زاویه دار و شکستگی صدفی(Loess-1) ب- دانه کوارتز که تا حدودی گرد شده است(Loess-4). ج- تصویری از لس‌های مجدداً حمل شده اطراف دریاچه اینچه کفه استراکود جنس سیپریدس با فلش مشخص شده است(Loess-6). د- کوارتز با شکستگی‌های پله‌ای و حفره‌های انحلالی مربوط به لس‌های مجدداً حمل شده(Loess-7) ه- نمونه د با بزرگنمایی بیش‌تر. و- کوارتز با شکستگی شاخص صدفی (Loess-4) ز- نمونه و با بزرگ‌نمایی بیش‌تر شکستگی صدفی قابل مشاهده است. ح- بلورهای شاخص کوارتز ثانوی(Loess-1).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل ۵- درصد فراوانی نسبی انواع بافت سطحی در دانه‌های کوارتز ۳۵۰-۱۰۵ میکرون در رسوبات لس گلستان



شکل ٦- درصد فراوانی نسبی انواع بافت سطحی در دانه‌های کوارتز ۱۰۵-۷۵ میکرون در رسوبات لس گلستان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منابع

۱. پاشایی،ع. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و چگونگی خاستگاه رسوب‌های لسی در منطقه گرگان و دشت،فصل‌نامه علمی-پژوهشی علوم زمین. شماره ۲۴-۲۳(۱۳۷۶) صفحه ۷۸-۶۷.

۲. خواجه، م. بررسی رسوب شناسی،محیط رسوبی و رسوب زایی نهشته‌های کواترنر حوضه گرگانرود. رساله دکتری زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات(۱۳۸۱) ۲۵۰ صفحه.

۳. خواجه، م.، غیومیان، ج.، فیض نیا، س. بررسی تغییرات جانبی اندازه ذرات و کانی شناسی به منظور تعیین برای بادهای غالب در تشکیل رسوبات لس استان گلستان. نشریه بیابان، جلد ۹، شماره ۲(۱۳۸۳) صفحه ۳۰۶-۲۹۳.

۴. عندلیبی،م. ج. مشخصات،منشأ و طبقه بندی لس‌های کواترنر پسین در حوضه خزر ایران، رساله کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال(۱۳۷۱)۱۵۰ صفحه.

۵. گرانمایه،الف؛ موسوی‌حرمی، ر.؛ کاربرد بافت سطح دانه‌های کوارتز و گارنت در تفسیر محیط رسوبی: مثالی از رسوبات پرمین استرالیای جنوبی. فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین. شماره ۱۲(۱۳۷۳) صفحه ۴۳-۳۶.

6. V.M. Georgiev, and P. Stoffers, Surface textures of quartz grain from late Pleistocene to Holocene sediments of the Persian Gulf/Gulf of Oman An application of the scanning electron microscope, Marine Geology, vol. 36, Issues 1-2(1980) 85-96.

7. R. Higss, Quartz grain surface features of Mesozoic-cenozoic sands from the Labrador and Western Greenland Continental Margins., J.Sedim.Petrol.vol.49(1979) 599-610

8. M. Iriondo, The origin of silt particles in the loess question. Quaternary International, vol. 62, Issue 1(1999) 3-9.

9. W.C. Mahaney, Scanning electron microscopy of Pleistocene sands from Yamal and Taz Peninsulas, Ob River Estuary northwestern Sibria. Quaternary International Journal, vol. 45-46(1998) 49-58.

10. Mazzullo, A. Alexander, T. Tieh, and D. Menglin, The effects of wind transport on the shapes of quartz silt grains. Journal of Sedimentary Petrology,vol. 62 (1992) 961-971.

11. E. Nemecz, M. Pecsi, Z. Hartyani, The origin of the silt size quartz grains and minerals in loess. Quaternary international Journal, vol. 68-71(2000) 199-208.

12. K. Pye, Formation of quartz silt during humid tropical weathering of dune sands. Sedimentary Geology, vol. 34, Issue 4(1983) 267-282.

13. K. Pye,The nature, origin and accumulation of loess Quaternary Science Reviews, vol. 14 (1995) 653-667.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

14. I. Smalley, Possible formation mechanisms for the modal coarse-silt quartz particles in loess deposits., Quaternary International, vol.7-8 (1990) 23-27.
15. I.J. Smalley, Making the material: the formation of silt- size primary mineral particles for loess deposits.Quaternary Science Review,vol.14 (1995) 645-651.
16. K. Strand, P. Sandra, and J. Nasi, Implications of quartz grain microtextures for onest Eocene/Oligocene glaciation in Prydz Bay, ODP site 1166, Antarctica. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol.198, Issues 1-2 (2003)101-111.
17. P.W. Trimby, and D. Prior, Microstructural imaging techniques: a comparison between light and scanning electron microscopy.Tectonophysics, vol.303, Issues 1-4(1999) 71-81.
18. R.M.E. Tucker, Techniques in Sedimentology.Blackwell Scientific Publications (1989) 252-258.
19. J. Wright, Making loess-sized quartz silt: data from laboratory simulations and implication for sediment transport pathaway and the formation of desert loess deposits associated with the Sahara. Quaternary International Journal, vol. 76-77 (2001) 7-19.
20. J. Wright, B. Smith, and B. Whalley, Mechanisms of loess-sized quartz silt production and their relative effectiveness: laboratory simulations. Geomorphology,vol.23, Issue1 (1998) 15-34.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]