فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست
سال چهارم، شماره ۱۳، زمستان ۱۳۸۹

بررسی رسوب شناسی و کانی شناسی نهشته های لس به عنوان مواد اولیه ساخت آجر و سایر فراورده های صنعتی در استان گلستان

منصور خواجه [۱]، حسین طلوعیان [۲]، اراز محمد مفیدی خواجه [۳]، منصور رحمتی [۲]
۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
۲- کارشناس سازمان صنایع و معادن استان گلستان
۳- کارشناس پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
تاریخ دریافت مقاله : ۱۳۸۹/۲/۱ تاریخ تصویب : ۱۳۸۹/۸/۱۱

چکیده

رسوبات لس حدود ۸٪ مساحت استان گلستان را پوشانده اند. این نهشته ها به دلیل جورشدگی مناسب به طور پراکنده جهت تولید آجر استفاده می شوند، لذا به منظور بهینه سازی بهره برداری های فعلی، ضروری است ویژگی های فیزیکی- شیمیایی و کانی شناسی آن به طور علمی مطالعه شده و قابلیت های بالقوه آن جهت توسعه صنایع ساخت آجر و سفال ارزیابی گردد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و عکس های هوایی و بازدیدهای میدانی، نقشه پراکنش رسوبات لس محدوده شرق کردکوی تا کلاله تهیه شد. سپس ۱۴ ترانشه و ۲ چاهک شناسایی شده و تعداد ۵۹ نمونه رسوب برداشت و مورد بررسی های آزمایشگاهی قرار گرفت. نتایج بررسی ها نشان می دهد که قابلیت این رسوبات در تهیه آجر و سفال، از ترانشه ای به ترانشه دیگر و در افق های مختلف تفاوت می کند ولی به طور کلی رسوبات لسی برای تولید آجر مناسب هستند. بویژه به لحاظ مقدار بهینه سیلیس، اکسید آهن، اکسید سدیم و پتاسیم مناسب، مصالح خوبی محسوب می شوند. این نهشته ها، جهت ساخت آجر اندکی کمبود آلومینا دارند که بوسیله افزودن برخی مواد قابل رفع است. وجود پدیده آلووک بویژه در کارگاه های آجر پزی مناطق گرگان تا آزاد شهر، ناشی از درشت دانه بودن ذرات کلسیت در افق های خاصی از این نهشته هاست که باعث ترک خوردگی آجر می شود، لذا لازم است در استفاده از این افق ها دقت لازم صورت گیرد. رسوبات لس به دلیل کمبود آلومینا که خود حاکی از اندک بودن مجموع کانی های رسی این نهشته هاست نمی توانند برای ساخت سفال و سرامیک منابع مناسبی باشند.

واژه های کلیدی: رسوبات لس، آجر، سیلیس، آلومینا، استان گلستان.

مقدمه

رسوبات لس و شبه لس حدود ۱۰درصد از سطح خشکی های جهان را می پوشانند [11]. وسعت رسوبات لس در استان گلستان حدود ۳۲۰۰ کیلومتر مربع است [۱]. یکی از کاربرد های لس صرف نظر از فعالیت های زراعی، استفاده از آن به عنوان ماده اولیه جهت ساخت آجر ماشینی است.

این کاربرد حداقل دراستان گلستان رواج زیادی دارد. رسوبات لس در بین سنگ ها، رس سنگ ها و شیل ها، جهت ساخت آجر از برتری خاصی برخوردارند که دلایل آن عبارتند از:

۱- این رسوبات دیاژنز را تحمل نکرده اند. لذا به صورت رسوبات ناپیوسته و نرم در طبیعت وجود دارد و استخراج آنها کم هزینه است.

۲- بدلیل دانه ریز بودن، اغلب نیازی به آسیاب و مراحل خردایش جهت تهیه خشت را ندارد.

۳- به لحاظ ترکیب کانی شناسی و شیمیایی نیز، اغلب در محدوده مجاز مواد اولیه ساخت آجر قرار می گیرد.

تحقیقات در بسیاری از مناطق ثابت کرده است که این رسوبات، به لحاظ اندازه دانه و ترکیب کانی شناسی و فراوانی کانی های رسی در گستره قابل توجه ای تغییر می کنند. این تغییرات روی کیفیت محصول ساخته شده اثر بسزایی دارد. لذا جهت شناخت مناطق مناسب برای کاربرد های صنعتی، مطالعه این رسوبات از جنبه های رسوب شناسی، کانی شناسی و شیمیایی ضروری است.این تحقیق در این راستا انجام شده است شکل۱ محدوده مورد مطالعه طرح را نشان می دهد. سابقه تهیه سفال و آجر از نهشته های لس به گذشته های دور بر می گردد. استفاده از آجر بصورت انبوه به هزاره سوم قبل از میلاد می رسد . آجر در ساختمان دیوار معروف چین و بسیاری از بناهای باستانی دیگر مشاهده می شود. آجر با کیفیت امروزی برای اولین بار در سال ۱۶۳۳ میلادی در جزیره مانهتن نیویورک ساخته شد [۴]. کشف بقایای انسان های اولیه(Hetao, Dingcun, Dail, Lantian) در دوران پارینه سنگی در نهشته های لس، وجود فرهنگ باستانی چین را در مناطق لسی ثابت می کند. در طول ۳۰۰۰ سال گذشته، سلسله های پادشاهی مختلف در کشور چین در مناطق لسی شکل گرفت زیرا از هزاران سال قبل مردم این مناطق از نهشته های لس برای کشت و صنعت کوزه گری استفاده می کردند [۴].

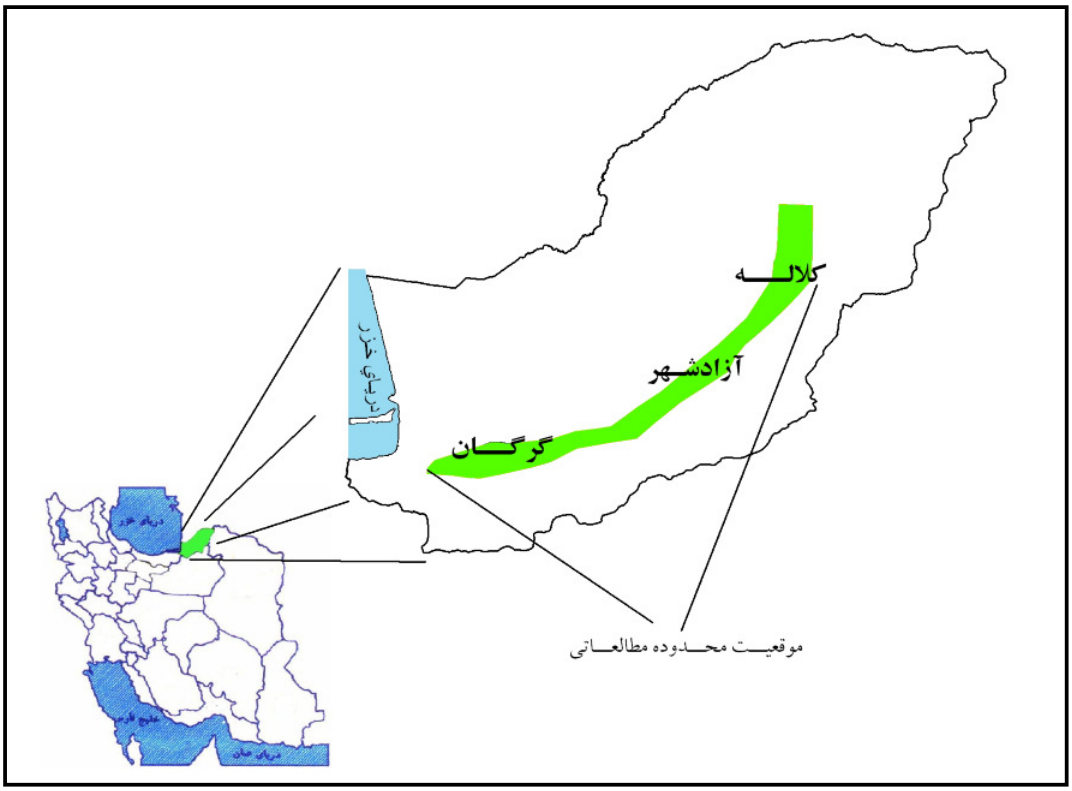
با اینکه لس های محدودی در جنوب شرقی کشور انگلستان وجود دارد، مواد حاصل از فرسایش و نهشته شدن مجدد آن هنوز برای ساخت آجر برداشت می شود [6]. در روسیه رسوبات لس که حاوی دانه های ریز کربنات هستند در صنایع ساخت آجر مورد استفاده قرار می گیرند [9].

در کره جنوبی تا کنون بخش های قابل توجه ای از نهشته های لس برای ساخت آجر مورد بهره برداری قرار گرفته است [8].

در صربستان در ناحیه روما نهشته های لس به همراه افق های خاک قدیمه مدت هاست به عنوان مواد اولیه ساخت آجر بهره برداری می شود [10].

امروزه تحقیقات زیادی برای تولید آجر های سبک صنعتی در دنیا صورت می گیرد. به طوری که علاوه بر مصالح سنتی، مواد باطله را نیز می توان تا حد مشخصی به مواد اولیه اضافه کرد. دمیر در سال ۲۰۰۶ در ترکیه با افزودن ضایعات کارخانجات تولید چای به مواداولیه ساخت آجر نتایج درخشانی را بدست آورد [6].

همچنین افزودن مواد پلیمری موجود در بدنه کامپیوتر و تلویزیون به مصالح اولیه آجر در حد محدود انجام می شود [7].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا نقشه پراکنش رسوبات لس در محدوده کلاله تا غرب گرگان از طریق تفسیر عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و کنترل های زمینی تهیه گردید.

در ۱۴ نقطه از این نهشته ها ۱۴ ترانشه مورد شناسایی قرار گرفته و از هر ترانشه با فاصله قائم ۲ متر، نمونه برداری گردید. ارتفاع هر ترانشه حداقل ۳ و حداکثر ۶ متر اندازه گیری شد. کلیه نمونه ها پس از کنار زدن ۳۰ سانتی متر اولیه برداشت شده است.

مختصات هر ترانشه و موقعیت ارتفاعی بوسیله GPS ثبت گردید. برای هر ترانشه یک کد الفبایی و برای هر نمونه کد ترانشه به همراه یک عدد در نظر گرفته شد(عدد۱ برای کف ترانشه و اعداد بزرگتر مربوط به سطح زمین است).

به طور کلی تعداد ۶۰ نمونه از ترانشه ها در عمق های مختلف نمونه برداری گردید. هر یک از نمونه ها جهت ارسال به آزمایشگاه های مختلف به روش کوارتیل تقسیم و کد گذاری شد. آزمایش XRD جهت تشخیص نوع کانی رسی به تعداد ۲۲ مورد که برای پلاک های خام، حرارتی (تا $550^{\circ c}$)و پلاک اشباع از اتیلن گلیکول انجام شده است. آزمایش XRF جهت معین نمودن اکسیدهای عناصر اصلی به

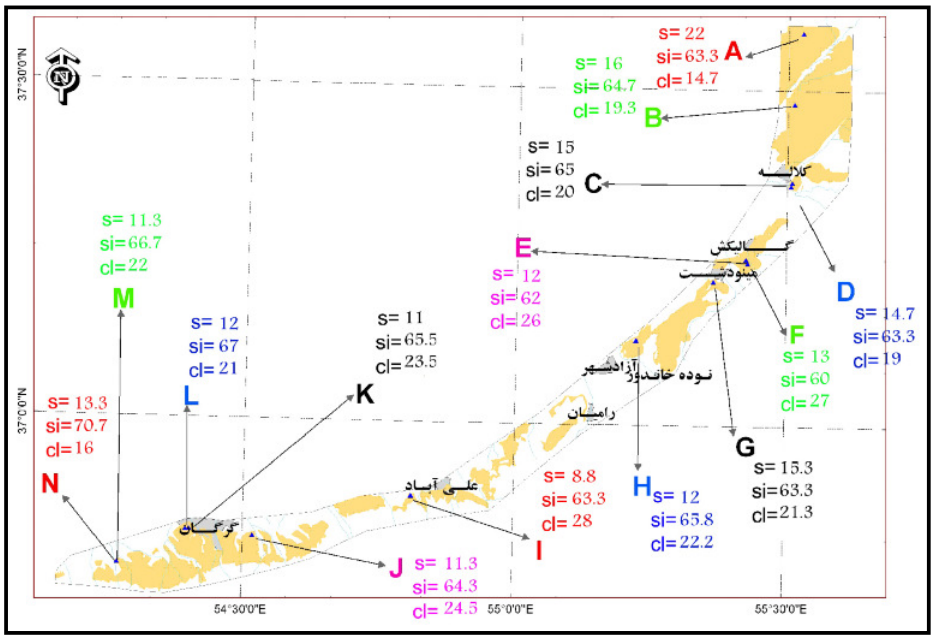
به تعداد ۳۰ نمونه انجام شد. اندازه گیری بافت با استفاده از روش هیدرومتری، درصد سولفات با استفاده از روش تیتراسیون، درصد سیلیس با استفاده از روش ICP و میزان کربنات کلسیم بروش کلسیومتری هر یک به تعداد ۵۹ نمونه انجام گردید. پس از بررسی و تحلیل نتایج و مقایسه آن با مصالح استاندارد تولید آجر، کیفیت نهشته های لس در مناطق مختلف جهت تولید آجر و سفال ارزیابی گردید. و در نهایت جهت تحلیل نتایج بدست آمده و تشخیص تفاوت های مکانی لس های مورد مطالعه، از سیستم اطلاعات جغرافیایی نرم افزار Arc GIS 9.3 استفاده گردید.

نتایج

بر اساس نتایج بدست آمده، رسوبات لس محدوده مورد مطالعه دارای بافت سیلتی با مقداری رس و ماسه می باشد. میزان رس در این نهشته ها حداکثر به ۳۶ درصد و حداکثر ماسه نیز به ۳۴ درصد می رسد.

بیشینه سیلت در رسوبات لس بالغ بر ۸۰ درصد است. به لحاظ بافتی اغلب نمونه ها بافت سیلتی لوم تا سیلتی کلی لوم را نشان می دهند. در محل ترانشه ها هیچگونه لایه بندی در این رسوبات مشاهده نمی شود. شکل۲ میانگین درصد ماسه (S)، سیلت (Si) و رس (Cl) را در بخش های مختلف منطقه را نمایش می دهد.

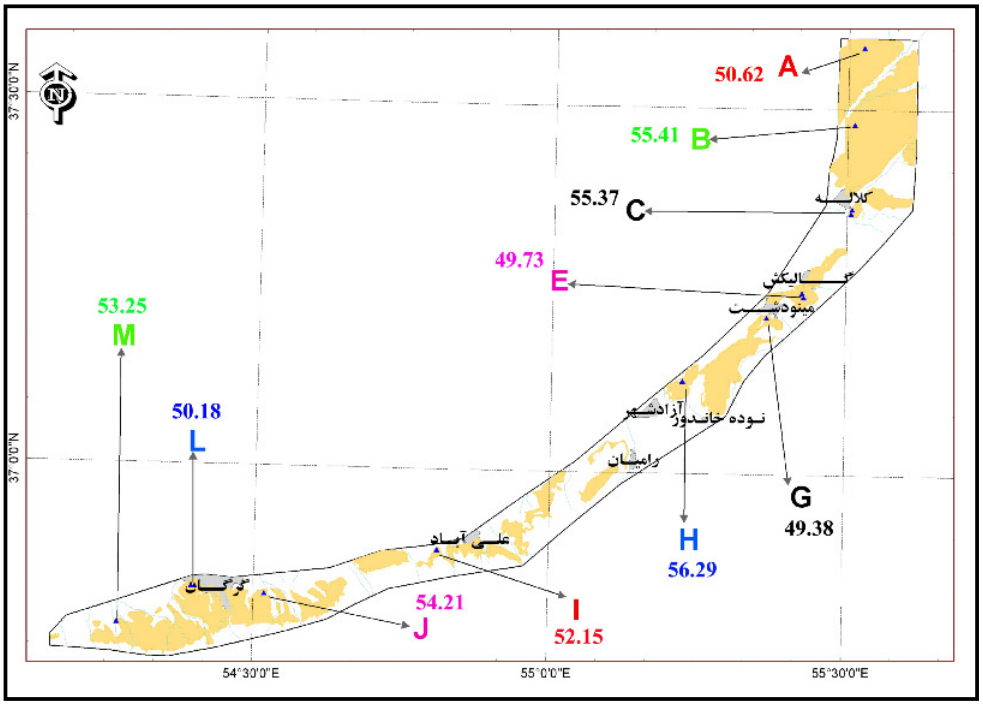
کلسیت یکی از اجزاء اصلی در این رسوبات است که مقدار آن در این نهشته ها تا حدود زیادی درکیفیت مصالح ساخت آجر اثر دارد، به این جهت بررسی میزان کربنات کلسیم برای تمامی نمونه ها (۵۹ نمونه) انجام شده است. بررسی نتایج نشان می دهد که فراوانی کلسیت در گستره نسبتاً وسیعی تغییر می کند به طوری که در برخی از نمونه ها به کمتر از ۳٪ می رسد (نمونه J1). از طرفی در برخی نقاط میزان فراوانی آن بیش از ۱۸٪ است (نمونهJ3)، فراوانی کلسیت در اغلب نقاط بین ۷ تا ۱۴ درصد می باشد (جدول ۱).



شکل ۲- وضعیت بافت نهشته های لس در نقاط مختلف

با این وجود اغلب دانه های کلسیت دراین نهشته ها دارای قطر بزرگتری نسبت به میانگین اندازه دانه ها و حتی در مواردی بزرگترین ذرات رسوب را به لحاظ قطر تشکیل می دهند. کانی ژیپس در نهشته های لس، ثانوی است، به طوری که رسوبات لس اولیه که تحت تغییرات ثانوی مانند هوازدگی و فرایندهای شستشو قرار نگرفته اند تقریباً فاقد ژیپس اند. مقدار سیلیس در لس های مورد بررسی، حداکثر به ۶۷٪ در نمونه J1 و حداقل به ۴۷٪ در نمونه J8 می رسد. میانگین سیلیس در این رسوبات حدود ۵۲/۶۸٪ است. فراوانی سیلیس در بخش های مختلف در شکل ۳ نمایش داده شده است.

بررسی XRD این رسوبات در حالت های مختلف (پلاک نمونه خام، پلاک حرارت داده شده در ۵۵۰ درجه سانتی گراد و تهیه پراش XRD برای پلاک اشباع با اتیلین گلیکول) انجام گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، ترکیب کانی شناسی رسوبات مورد بررسی اغلب به ترتیب فراوانی شامل: کوارتز، کلسیت، فلدسپات (آلبیت)، موسکویت و ژیپس می باشد. نوع و فراوانی کانی های رسی نیز به ترتیب فراوانی شامل کائولینیت، ایلیت، کلریت و مونت موریلینیت (در برخی نمونه ها) است. جدول ۲ خلاصه نتایج بدست آمده از این بخش را نمایش می دهد.از آنجا که در بیشتر منابع برای معرفی ترکیب شیمیایی مناسب برای ساخت آجر دامنه تغییرات اکسید های عناصر اصلی عنوان می شود لذا جهت مقایسه ترکیب اکسید های عناصر اصلی در رسوبات لس ۲۸ نمونه از ترانشه های مختلف جمع آوری و به روش XRF نیز مورد مطالعه قرار گرفت تا بتوان کیفیت رسوبات لس را به عنوان مصالح آجر و سایر فرآورده ها به شیوه کمی ارزیابی نمود. بر این اساس نتایج آزمایشات در جدول ۲ خلاصه شده است.



شکل ۳- میزان سیلیس نهشته های لس در نقاط مختلف (بر اساس نتایج XRF)

جدول ۱- فراوانی کلسیت در رسوبات لس مناطق مورد مطالعه (بر اساس روش کلسیومتری)

ردیف	کد نمونه	درصد کلسیت	ردیف	کد نمونه	درصد کلسیت	ردیف	کد نمونه	درصد کلسیت
۱	A1	۱۰/۲۷	۲۲	G3	۱۵/۲۷	۴۳	J4	۱۰/۵۰
۲	A2	۱۱/۳۳	۲۳	H1	۱۲/۱۰	۴۴	J5	۱۲/۹۰
۳	A3	۱۲/۲۲	۲۴	H2	۱۳/۴۷	۴۵	J6	۱۲/۴۰
۴	B1	۹/۸۰	۲۵	H3	۱۱/۱۵	۴۶	J7	۱۲/۵۰
۵	B2	۱۰/۱۰	۲۶	H4	۱۱/۸۰	۴۷	J8	۱۶/۷۰
۶	B3	۱۰/۹۰	۲۷	H5	۱۱/۴۰	۴۸	K1	۸/۴۸
۷	C1	۱۱/۹۹	۲۸	H6	۱۱/۴۰	۴۹	K2	۵/۹۰
۸	C2	۱۳/۰۵	۲۹	H7	۱۱/۷۰	۵۰	K3	۱۵/۵۰
۹	D1	۱۰/۸۵	۳۰	H8	۸/۹۰	۵۱	K4	۱۰/۵۰
۱۰	D2	۱۲/۷۴	۳۱	H9	۸/۵۰	۵۲	L1	۱۱/۹۵
۱۱	D3	۱۱/۴۳	۳۲	I1	۱۳/۰۴	۵۳	L2	۱۳/۳۰
۱۲	D4	۱۲/۰۱	۳۳	I2	۱۳/۱۷	۵۴	M1	۷/۳۷
۱۳	D5	۱۱/۸۰	۳۴	I3	۱۳/۸۷	۵۵	M2	۱۰/۶۴
۱۴	D6	۱۲/۹۷	۳۵	I4	۱۱/۴۰	۵۶	M3	۱۰/۹۰
۱۵	E1	۱۳/۳۴	۳۶	I5	۱۰/۳۰	۵۷	N1	۸/۷۲
۱۶	E2	۱۲/۲۵	۳۷	I6	۱۳/۸۳	۵۸	N2	۱۲/۰۲
۱۷	E3	۱۱/۶۰	۳۸	I7	۲۰/۵۰	۵۹	N3	۱۲/۵۰
۱۸	F1	۱۴/۲۸	۳۹	I8	۷/۹۰			
۱۹	F2	۱۱/۵۰	۴۰	J1	۲/۰۵			
۲۰	G1	۱۲/۶۶	۴۱	J2	۲/۵۶			
۲۱	G2	۱۱/۶۰	۴۲	J3	۱۸/۴۰			

جدول ۲- ترکیب کانی شناسی و نوع کانی های رسی

ردیف	کد نمونه	کانی های اصلی	کانی های فرعی
۱	A1	کوارتز، کلسیت، فلدسپات (آلبیت)	کائولینیت، موسکویت – ایلیت
۲	G1	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت – ایلیت ، فلدسپات (آلبیت)
۳	B1	کوارتز، کلسیت	کلریت، ژیپس، موسکویت- ایلیت ، آلبیت
۴	B3	کوارتز، کلسیت	کلریت، موسکویت- ایلیت،آلبیت، مونت موریلوینیت
۵	C1	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت، مونت موریلوینیت
۶	E1	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت، مونت موریلوینیت
۷	E3	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت، مونت موریلوینیت
۸	A3	کوارتز، ژیپس، فلدسپات (آلبیت)	کائولینیت، موسکویت – ایلیت
۹	G3	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت، مونت موریلوینیت
۱۰	H2	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت
۱۱	H5	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت
۱۲	H8	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت
۱۳	I2	کوارتز، کلسیت	کائولینیت، موسکویت- ایلیت، آلبیت، مونت موریلوینیت
۱۴	I5	کوارتز، کلسیت	موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت، آلبیت
۱۵	I8	کوارتز، کلسیت	موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت، آلبیت
۱۶	J2	کوارتز	آلبیت، کلسیت موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت
۱۷	J5	کوارتز، کلسیت	آلبیت، موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت
۱۸	J8	کوارتز، کلسیت	موسکویت- ایلیت، آلبیت، کلریت، مونت موریلونیت
۱۹	K2	کوارتز، کلسیت	موسکویت- ایلیت، آلبیت، کلریت، مونت موریلونیت
۲۰	K4	کوارتز، کلسیت، آلبیت	موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت
۲۱	M1	کوارتز، کلسیت، آلبیت	موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت
۲۲	M3	کوارتز، کلسیت	آلبیت، ارتوز، موسکویت- ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت

جدول ۳- فراوانی اکسیدهای عناصر اصلی در رسوبات لس بر اساس نتایج XRD در مناطق مختلف (مقادیر بر حسب درصد)

کد نمونه	P_2O_5	MnO	TiO_2	MgO	K_2O	Na_2O	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	L.O.I	SO_3
A_1	۰/۱۲۱	۰/۰۸۹	۰/۵۲۶	۳/۲۶	۲/۰۸	۰/۹۷	۱۰/۹۶	۵/۲۲	۷/۶۱	۵۷/۳۸	۱۱/۱۷	۰/۱۲۵
A_3	۰/۱۰۵	۰/۰۸۲	۰/۴۹۰	۲/۹۳	۱/۹۲	۰/۹۴	۱۲/۲۲	۵/۱۸	۶/۷۳	۵۳/۲۲	۱۳/۵۴	۲/۴۵۵
B_1	۰/۱۰۱	۰/۰۹۱	۰/۵۱۹	۲/۹۹	۱/۹۹	۱/۰۵	۱۰/۹۲	۵/۸۱	۷/۳۵	۵۴/۰۵	۱۳/۷۶	۰/۹۱۸
B_3	۰/۱۱۴	۰/۰۸۷	۰/۵۳۶	۳/۳۶	۲/۰۷	۰/۹۶	۱۲/۷۴	۵/۲۳	۷/۳۹	۵۴/۷۵	۱۱/۸۲	۰/۵۱۵
C_1	۰/۱۳۴	۰/۰۹۳	۰/۵۳۳	۳/۰۷	۲/۰۶	۱/۰۲	۱۳/۵۴	۵/۹۱	۷/۶۷	۵۱/۰۹	۱۴/۵۴	۰/۰۲۰
C_2	۰/۱۰۹	۰/۰۸۵	۰/۵۴۷	۳/۲۱	۲/۱۰	۱/۱۰	۱۳/۴۶	۵/۲۷	۸/۵۰	۵۲/۶۰	۱۲/۶۷	۰/۰۴۸
E_1	۰/۱۱۵	۰/۰۹۰	۰/۵۳۵	۲/۹۵	۲/۱۰	۰/۸۵	۱۱/۷۷	۵/۴۴	۷/۳۴	۵۶/۵۱	۱۲/۰۸	۰/۰۳۰
E_3	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲	۰/۵۴۴	۲/۹۰	۲/۰۶	۰/۶۲	۱۳/۷۸	۵/۵۴	۷/۴۶	۵۳/۳۰	۱۳/۴۰	۰/۰۱۵
F_1	۰/۱۲۸	۰/۰۹۳	۰/۵۶۰	۳/۱۶	۲/۰۴	۰/۷۴	۱۴/۱۸	۵/۵۹	۷/۹۰	۵۱/۵۹	۱۳/۸۶	۰/۰۰۸
F_2	۰/۰۹۷	۰/۰۸۸	۰/۵۴۲	۲/۷۲	۱/۹۸	۰/۷۰	۱۴/۴۱	۵/۴۷	۷/۴۸	۵۲/۴۷	۱۳/۸۰	۰/۰۲۸
G_1	۰/۱۳۳	۰/۰۹۰	۰/۵۴۳	۲/۷۸	۲/۰۹	۰/۷۴	۱۲/۴۰	۵/۵۹	۷/۴۴	۵۴/۷۲	۱۳/۳۲	۰/۰۱۵
G_3	۰/۰۶۷	۰/۰۹۱	۰/۵۳۴	۲/۳۲	۱/۹۸	۰/۴۴	۱۴/۵۱	۵/۵۸	۷/۰۲	۵۲/۸۰	۱۴/۲۲	۰/۰۵۳
H_2	۰/۰۹۳	۰/۰۸۹	۰/۵۴۸	۳/۱۷	۲/۰۸	۰/۷۶	۱۳/۸۵	۵/۳۵	۷/۴۳	۵۲/۲۶	۱۴/۰۵	۰/۰۱۵
H_5	۰/۰۸۸	۰/۰۹۴	۰/۵۶۷	۳/۲۹	۲/۱۳	۰/۸۸	۱۲/۸۹	۵/۶۶	۷/۹۹	۵۲/۷۵	۱۲/۶۲	۰/۵۸۵
H_8	۰/۱۰۲	۰/۰۹۰	۰/۵۳۵	۲/۸۸	۲/۲۰	۰/۸۷	۱۰/۶۰	۵/۴۵	۸/۰۹	۵۸/۰۲	۱۰/۷۲	۰/۰۱۰
I_2	۰/۱۱۸	۰/۰۹۱	۰/۵۲۷	۲/۸۷	۲/۰۳	۰/۶۲	۱۳/۵۸	۵/۶۲	۷/۱۷	۵۳/۴۴	۱۳/۶۷	۰/۰۳۸
I_8	۰/۱۲۸	۰/۱۰۴	۰/۶۲۰	۲/۶۳	۲/۱۴	۰/۴۹	۷/۵۱	۶/۶۵	۹/۱۵	۵۹/۴۴	۱۱/۷۹	۰/۰۱۳
J_1	۰/۰۵۰	۰/۱۰۶	۰/۷۱۰	۲/۸۹	۲/۲۸	۱/۰۳	۲/۲۵	۶/۶۱	۱۰/۰۸	۶۷/۵۳	۱۰/۹۱	۶/۲۴
J_4	۰/۱۳۰	۰/۱۰۵	۰/۵۵۷	۳/۲۸	۲/۱۳	۰/۸۲	۱۱/۵۶	۶/۰۶	۸/۱۱	۵۴/۴۳	۶/۲۴	۰/۰۰۸
J_8	۰/۰۷۲	۰/۰۸۶	۰/۵۴۸	۲/۷۵	۲/۰۴	۰/۶۵	۱۷/۶۳	۵/۳۹	۷/۷۵	۴۷/۰۶	۱۲/۴۷	۰/۰۱۸
K_2	۰/۰۸۶	۰/۱۳۳	۰/۵۷۳	۲/۸۱	۲/۴۱	۱/۱۲	۵/۷۵	۶/۹۲	۸/۴۱	۶۳/۴۴	۱۵/۵۷	۰/۰۱۳
K_4	۰/۱۱۳	۰/۰۹۰	۰/۵۲۳	۳/۰۲	۲/۲۲	۱/۲۰	۱۱/۰۶	۵/۸۲	۷/۷۲	۵۵/۶۶	۸/۲۰	۰/۱۷۸
L_1	۰/۱۱۸	۰/۰۹۲	۰/۵۵۲	۳/۱۳	۲/۰۸	۰/۶۶	۱۳/۲۲	۵/۷۱	۷/۲۹	۵۳/۳۲	۱۱/۹۶	۰/۰۰۳
L_2	۰/۱۱۸	۰/۰۸۹	۰/۵۲۸	۲/۹۸	۱/۹۸	۰/۵۱	۱۴/۶۷	۵/۵۷	۷/۰۹	۵۱/۴۲	۱۳/۶۷	۰/۰۰۵
M_1	۰/۱۳۱	۰/۱۰۸	۰/۵۷۷	۳/۱۱	۲/۴۰	۱/۱۱	۷/۸۹	۶/۳۸	۸/۷۹	۵۹/۵۵	۱۴/۹۱	۰/۰۰۳
M_2	۰/۱۳۰	۰/۰۹۳	۰/۵۵۸	۳/۱۳	۲/۱۶	۰/۸۸	۱۰/۷۹	۵/۶۸	۸/۰۰	۵۶/۳۸	۹/۷۸	۰/۰۳۰
M_3	۰/۱۲۵	۰/۰۹۶	۰/۵۵۴	۲/۹۰	۲/۰۵	۰/۶۵	۱۴/۲۳	۵/۷۴	۷/۷۰	۵۱	۱۴/۴۵	۰/۰۰۸
B_2	۰/۱۲۲	۰/۰۸۳	۰/۵۲۱	۲/۸۶	۲/۰۳	۰/۸۲	۱۰/۷۴	۵/۲۲	۷/۱۱	۵۸/۳۳	۱۱/۵۷	۰/۲۲۸

بحث

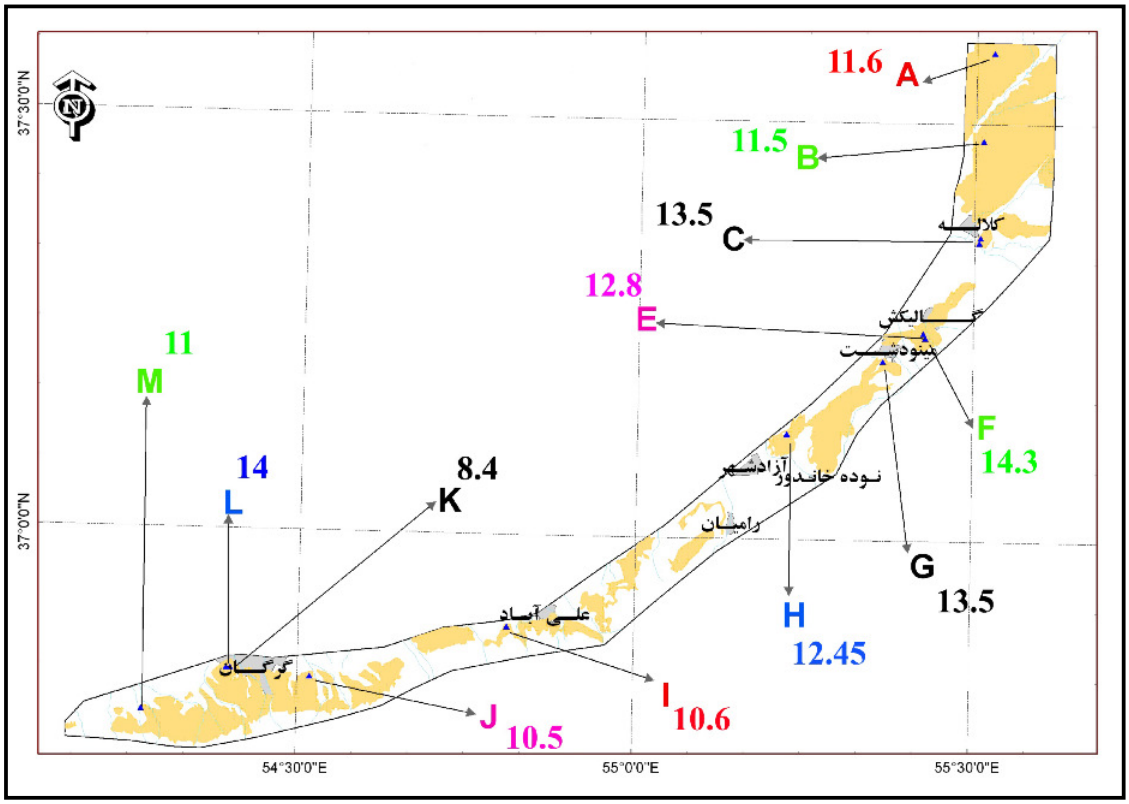
میزان سیلیس دراین نهشته ها به طور میانگین ۵۲/۶۸٪ می باشد. این مقدار برای ساخت آجر مرغوب کاملاً مناسب است. به عبارت دیگر در هیچ لازم به ذکر است افزایش بیش از حد سیلیس باعث کاهش نیروی چسبندگی در خشت خام، افزایش دمای پخت و بالا رفتن میزان فاز شیشه آجر می گردد که خود باعث ازدیاد ترک خوردگی و شکستن در هنگام حمل و نقل می شود.

به طور کلی میزان سیلیس نهشته های لس بیش از ۵۰ درصد است و بندرت در برخی نقاط (مانند نمونه های فوق) به صورت موضعی افزایش می یابد. این افزایش نسبی نیز اغلب به دلیل کاهش اجزاء دیگر است. گستره استاندارد سیلیس ۴۰ تا ۶۰ درصد است. میزان سیلیس در لس های مناطق شرق کلاله در حد ۲ الی ۳ درصد بیش از لس های منطقه گرگان و نواحی غرب آن است. شکل۳ میزان تغییرات سیلیس در نهشته های لس را در بخش های مختلف محدوده مورد مطالعه نشان می دهد. کلسیت یکی از اجزاء اصلی در رسوبات لس می باشد که مقدار آن در این نهشته ها تا حدود زیادی درکیفیت مصالح ساخت آجر اثر دارد. در محدوده مورد بررسی، فراوانی کلسیت تغییرات زیادی دارد و فراوانی آن از کمتر از ۳٪ تا بیش از ۱۸٪ تفاوت دارد نتایج نشان می دهد که اغلب ذرات کلسیت موجود در این رسوبات، ثانوی است و مقدار آنها در افق ها و مناطق خاص افزایش می یابد.

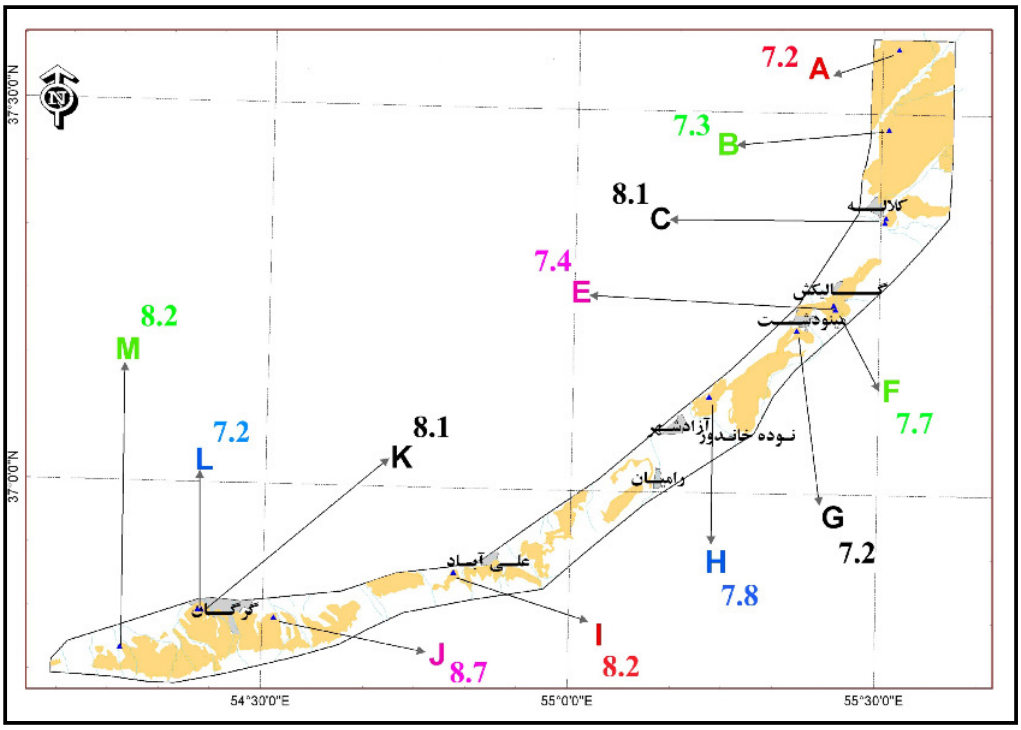
با این وجود، اغلب دانه های کلسیت موجود در این نهشته ها دارای قطر بزرگتری نسبت به میانگین اندازه نقطه ای از اراضی لسی به لحاظ میزان سیلیس محدودیتی وجود ندارد. فقط در نمونه های K_4، K_2 و J_1 مقدار سیلیس کمی بیش از حد مجاز است. دانه ها و حتی در مواردی بزرگترین ذرات رسوب را به لحاظ قطر تشکیل می دهند. تقریباً تمام مقدار اکسید کلسیم در کانی کلسیت متمرکز است. به عبارت دیگر مصالحی که دارای کلسیت زیاد باشند در طی مراحل تجزیه، اکسید کلسیم بیشتری را نمایش می دهند. حد مجاز این ماده در مصالح استاندارد حداکثر ۱۷ درصد است و مقدار بیش از حد آن باعث بروز پدیده آلووک در آجر می گردد. البته باید در نظر داشت که، افزایش میزان کلسیت تنها عامل ایجاد پدیده آلووک نیست بلکه اندازه دانه های کلسیت نیز از عوامل مؤثر آن بشمار می رود. حتی اگر میزان کربنات کلسیم در رسوبات لس کمتر از گستره تعریف شده باشد ولی اندازه دانه های آن درشت باشد، ممکن است پدیده آلووک بروز کند که خود می تواند ناشی از فرایندهای شستشو و تجمع دانه های کلسیت در افق های خاصی باشد.

میزان تغییرات اکسید آلومینیوم از روند خاصی پیروی نمی کند. میانگین آلومینا در این رسوبات ۷/۸۰٪ می باشد. مقدار آلومینا وابسته به مقدار کانی های رسی نهشته های لس است. گستره استاندارد تغییرات آلومینا برای مصالح اولیه آجر ۹ الی ۲۱ درصد است. به نظر می رسد رسوبات لس به عنوان منابع اولیه ساخت آجر کمی کمبود آلومینا دارند. شکل ۵ وضعیت میزان آلومینا در بخش های مختلف نهشته های لس را نمایش می دهد. حداقل مقدار

آلومینای مورد نیاز در صنایع ساخت سرامیک و سفال بیش از ۲۰ درصد است. بنابراین رسوبات لس جهت تهیه سرامیک و سفال به دلیل کمبود شدید آلومینا مواد اولیه مناسبی محسوب نمی شوند. کمبود آلومینا جهت ساخت آجر بوسیله افزودن برخی مواد قابل رفع است. برای تولید محصول مرغوب با کمترین ضایعات، حداقل ۱۰٪ آلومینا مورد نیاز است. لذا جهت افزایش این ماده باید اندکی به مواد اولیه پودر کائولن یا رسوبات غنی از کانی های رسی افزوده شود.



شکل ۴- درصد فراوانی اکسید کلسیم نهشته های لس در نقاط مختلف (بر اساس نتایج XRF)



شکل ۵- درصد فراوانی اکسید آلومینیوم نهشته های لس در نقاط مختلف (بر اساس نتایج XRF)

به عبارت دیگر رسوبات لس از این نظر به تنهایی نمی توانند نیاز مصالح استاندارد اولیه ساخت آجر را فراهم کنند. با این وجود ترانشه های J ، K ، I و M وضعیت بهتری را از نظر مقدار آلومینا نشان می دهند. گاز SO_3 در اثر حرارت و تجزیه سولفات کلسیم بوجود می آید که خود می تواند باعث تورم سطح خارجی آجر تولید شده گردد [۴]. میزان SO_3 در برخی از نمونه ها به طوراغراق آمیز زیاد است. (نمونه های J1 و A3). افزایش سولفات کلسیم به صورت ظهور کانی ژیپس و انیدریت در نهشته های لس اولیه غیر عادی است. زیرا خرده های ژیپس در زمره اجزاء ناپایدار محسوب شده و فراوانی آن در بین رسوبات نشانه نزدیکی به منشاء است. به عبارت دیگر این اجزاء در بین رسوباتی فراوان است که مسافت حمل ناچیزی دارند. در حالی که بر اساس بررسی های قبلی، منشاء لس های گلستان بسیار دورتر است [۳]. به طور کلی ترانشه های A و D به لحاظ فزونی کانی های ژیپس و انیدریت برای تولید آجر وضعیت مناسبی ندارند و در گروه لس های اولیه قرار نمی گیرند. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود اغلب رسوبات لس از نظر فراوانی SO_3 در حد بهینه ای قرار دارند. L.O.I میزان مواد فرار برای تولید آجر نباید بیش از ۱۶٪ باشد. در حین حرارت این مواد به صورت ترکیبات گازی فرار از مواد اولیه در حین پخت خارج می شود. اگر میزان مواد فرار زیاد باشد و یا قبل از تشکیل فاز مایع

خارج نشود باعث ایجاد تورم در سطوح خارجی آجر می شود که خود بی نظمی سطوح هندسی آجر را به همراه دارد [۴]. بر اساس نتایج حاصله، تمام نمونه های تحت بررسی دارای مواد فرار کمتر از حد مجاز می باشند. میزان متوسط مواد فرار در نهشته های لس استان ۱۲/۵درصد است. بر این اساس حتی می توان برای افزایش تخلخل و کاهش وزن محصول تا حدودی به مواد اولیه لس مواد تخلخل زا مانند خاک اره، فوم پلی استایرن اضافه نمود. تحقیقات نشان می دهد که افزودن ۱۰درصد وزنی خاک اره به مواد اولیه ساخت آجر چگالی محصول به ۱/۲۵ گرم بر سانتی متر مکعب و مقاومت فشاری به ۱۰۹ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می رسد که برای استفاده به عنوان آجر باربر معمولی مناسب است [۵].

مجموع اکسید سدیم و پتاسیم در نهشته های لس جهت ساخت آجر مقدار بهینه ای است. متوسط این مقدار ۲/۸درصد است. این مقدار برای کاهش دمای درهم جوشی کاملاً مناسب است. حداکثر مجاز مجموع اکسید سدیم و پتاسیم ۴درصد است [۴].

نتیجه گیری

رسوبات لس وسعت زیادی در استان گلستان دارند (بیش از ۳۲۰۰ کیلومتر مربع). نتایج نشان می دهد که ترکیب کانی شناسی و شیمیایی این رسوبات می تواند برای تولید آجر بکار رود. از طرف دیگر کیفیت این منابع در گستره نسبتاً محدودی در مناطق مورد مطالعه تغییر می کند. میزان سیلیس دراین نهشته ها به طور میانگین ۵۲/۶۸ درصد می باشد. این مقدار برای ساخت آجر مرغوب کاملاً مناسب است.

به عبارت دیگر در هیچ نقطه ای از اراضی لسی به لحاظ میزان سیلیس محدودیتی وجود ندارد. وجود پدیده آلووک که می تواند باعث ترک خوردگی و افت کیفیت آجر گردد بویژه در کارگاه های آجر پزی مناطق گرگان تا آزاد شهر یکی از مشکلات زمان پخت محسوب می شود. وجود این پدیده به دلیل فراوانی ذرات کلسیت نبوده بلکه بیشتر به دلیل درشت بودن دانه های کلسیت ثانویه است برای رفع این مشکل می توان چند راه حل ارائه کرد: اولاً: می توان بوسیله غربال کردن، بخش قابل توجه ای از این ذرات را از مصالح جدا نمود که شدت آلووک را کاهش خواهد داد. ثانیاً: می توان با مطالعه و آزمایش های ساده، افق های سرشار از ندول های کربنات را شناسایی و از بکار بردن آنها خود داری کرد. طبیعی است این بخش ها را باید به عنوان باطله معدن و یا مصالح مازاد لحاظ نمود. ثالثاً: راه سوم خردایش بیشتر این مواد بوسیله آسیاب های صنعتی است تا طی این فرایند ذرات کلسیت درشت براحتی خرد شوند و درمرحله پخت با سیلیس ترکیب شده و در نهایت سیلیکات های کلسیم را بوجود آورند. (شکل ۴ میزان پراکنش اکسید کلسیم در نهشته های لس را نشان می دهد). به طور کلی استفاده از لس ها به عنوان مصالح ساخت آجر محدودیت چندانی را در بر ندارد. از طرف دیگر ذخیره بسیار فراوان و سهولت برداشت باعث شده سرمایه گذاری های زیادی برای تولید آجر در سطح استان صورت گیرد. بر اساس نتایج حاصل، لس های مناطق غرب استان به دلیل داشتن مقدار رس بیشتر، از به طور کلی استفاده از لس ها به عنوان مصالح ساخت آجر محدودیت چندانی را در بر ندارد.

از طرف دیگر ذخیره بسیار فراوان و سهولت برداشت باعث شده سرمایه گذاری های زیادی برای تولید آجر در سطح استان صورت گیرد. بر اساس نتایج حاصل، لس های مناطق غرب استان به دلیل داشتن مقدار رس بیشتر، از برتری نسبی در مقایسه با لس های مناطق شرق استان بر خوردارند.

منابع

۱- خواجه ، م ، (۱۳۸۱) ، بررسی رسوب شناسی ، محیط رسوبی و رسوب زایی نهشته های کواترنر حوضه گرگانرود، رساله دکتری زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ص ۲۰۷ تا ۲۳۵.

۲- خواجه ، م ، فیض نیا ، س ، غیومیان ، ج ،(۱۳۸۳) ، بررسی تغییرات جانبی اندازه ذرات و کانی شناسی به منظور تعیین جهت بادهای غالب در تشکیل رسوبات لس استان گلستان ، نشریه بیابان ، جلد نهم، شماره ۲ ، ص ۳۰۷ تا ۲۹۳.

۳- خواجه ، م ، فیض نیا ، س ، غیومیان ، ج ، (۱۳۸۵)، بررسی فرایندهای تولید کننده ذرات سیلت کوارتزی در رسوبات لس استان گلستان ، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم دوره (جدید) شماره ۱ و۲، ص ۷۰۹ تا ۶۹۷.

۴- ویسه، س، (۱۳۷۵) ، گزارش آجر رسی ، خواص و تولید ، انتشارات آموزشکده فنی صنایع سرامیک لاله جین همدان ، ۷۷ ص.

۵- ویسه، س ، خدابنده ، ن ، (۱۳۷۳) ، بهبود خواص عایق کاری حرارتی آجر با استفاده از مواد افزودنی ، سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان ، ص ۳۲۱ تا ۳۲۹.

6-Demir,I.,. An investigation on the (2006). Production of construction brick with processed waste tea. Buildingandenvironment, volume 41, Issue 9, p 1274-1278.

7-Dondi,M., Guarini, G., Rimondo, M., Zanelli, C.,(2009). Waste management 29,p 1948-1951.

8-Kang, M,y., Bong Shin,J., and Naruse,T.,(2007). Loess-paleosol stratigraphy of Dukso area,Namyangju City, Korea (south). Quternary international volumes 176-177, p 96-103.

9-Makeev,A., (2009). Pedogenic alteration of levate sediments in the upper loess mantles of the Russian Plain.Quaternary international volume 209,Issues 1-2,p 79-94.

10-Markovich,S,B., Oches,E., Sumegi,P., Jovanovic,M., and Gaudenyi,T.,(2005).An introduction to the middle and upper levate e loess-paleosol sequence at Ruma brickyard Vojvodina,Serbia. Quaternary international volume 149, issue 1, p 80-86.

11-Pecsi, M., 1993.Quaternary and loess research.Geographical Research Institute Hungarian 2p.

12-Pye,K., Sherwin,D., (1999). Loess in : Aeolian Environments, Sediments and Landforms.john wiely and son publish,pp. 213-438.

13-Smally, I., Ohara Dhand, K.,Wint,J., Machalett,B.,Jary,Z. and Jefferson, I., (2009).Rivers and loess: the significance of longriver transportation in the complex event-sequence approach to loess deposit formation. Volume 198, Issues1-2, p 7-18

14-Tungsheng, L., (1998). Loess in china. Springer – Verlag Berlin Heidelderg,219 p.