فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحهٔ ۴۶۹-۴۸۵

مروری برسن‌یابی دیوارهای باستانی با استفاده از روش درخشایی و عرضهٔ پژوهش‌های صورت پذیرفته در مورد دیوارتمیشه

مروری

مرتضی فتاحی[1*] و مریم حیدری[2]

۱. دانشیار، گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۹۴/۹/۲۴، پذیرش نهایی: ۹۵/۷/۲۷)

چکیده

با توجه به اینکه مقاله‌ای علمی به زبان فارسی در مورد نقش درخشایی (لومینسانس) در سن‌یابی دیوارهای باستانی و همچنین دیوار تمیشه و اهمیت سن‌یابی آن وجود ندارد، در این نوشتار پس از مروری بر پژوهش‌هایی که در دنیا دربارهٔ سن‌یابی بناهای تاریخی به روش درخشایی صورت گرفته است به دیوار تمیشه پرداخته و توضیح داده می‌شود که دیوار تمیشه با طول تقریبی ۱۲ کیلومتر، دیواری شمالی جنوبی است که از گوشهٔ جنوب شرقی دریای خزر در نزدیکی بندرگز شروع می‌شود و به دامنهٔ رشته‌کوه البرز ختم می‌شود. در کنار دیوار و در خشکی، قلعهٔ بنساران با حدود ۵۰۰–۷۰۰ متر فاصله قرار دارد که درغرب و جنوب دیوار تمیشه در جایی که دیوار به پایهٔ کوه می‌رسد، واقع شده است. انتهای دیگر دیوار در دریا به یک جزیرهٔ کوچک منتهی می‌شده که در آن قلعه‌ای فرضی به نام پل خشتی یا خشت سر وجود داشته است. دانسته‌های تاریخی در مورد زمان ساخت دیوار تمیشه باهم توافق ندارند. در سال ۱۳۸۴ (۲۰۰۵) چهار نمونهٔ درخشایی برای سن‌یابی آن برداشت شد. نتایج سن‌یابی با سن‌های به‌دست آمده به روش رادیو کربن هم‌خوانی داشت و دوران ساخت این دیوار را زمان ساسانیان نشان می‌داد.

واژه‌های کلیدی: سن‌یابی، درخشایی، دیوارهای باستانی، دیوار تمیشه.

۱. مقدمه

روش‌های سن‌یابی درخشایی گرمایی و نوری به‌ترتیب زمان آخرین پخته شدن و یا نوردیدن نمونه را فراهم می‌کند. لذا روش‌های مناسبی برای سن‌یابی سرامیک، آجر، خشت و رسوبات هستند. پس از ابداع روش سن‌یابی درخشایی، باستانشناسان تلاش کردند تا از این روش در سن‌یابی دیوارها و بناهای باستانی استفاده کنند. سن‌یابی دیوارهای باستانی زمینهٔ لازم برای تحلیل علل ساخت و شناخت دیوار را فراهم می‌کند. دیوارهای طویل باستانی همچون دیوار بزرگ چین، دیوار آهکی سیمز در آلمان، دیوار هادریان در بریتانیا، دیوار بزرگ گرگان به‌علت عظمت و مهندسی ساخت یکی از مهم‌ترین یادگارهای باقی‌مانده از امپراتوری‌های گذشته است. از روش درخشایی همچنین در سن‌یابی بناهای تاریخی شامل دیوارهای قصرهای مینوان در قبرس، دیوار میسه‌نه‌آن در یونان، آثار ارتش تراکوتا درچین، معابد سیتادل درسریلانکا، جایگاه‌های باستانی دوران میان‌سنگی تا سده‌های میانه در دانمارک ،سوئد و فنلاند استفاده شده است.

در ایران نیز از روش درخشایی نوری در سن‌یابی دیوارهای گرگان و تمیشه استفاده شد. بااین‌حال متاسفانه تاکنون مقاله‌ای علمی به زبان فارسی در مورد دیوار تمیشه و سن‌یابی آن منتشر نشده است. برخی از هموطنان (حتی اغلب دانشجویان موسسه ژئوفیزیک) آگاهی از دیوار تمیشه و سن‌یابی به روش درخشایی ندارند. لذا این نوشتارهمچنین کوششی برای مرور برخی hc نتایج تحقیقات به سرپرستی سوئر، عمرانی، ویلکینسون و نوکنده، به زبان فارسی است. به‌منظور آگاهی کاملا از نتایج تحقیقات صورت گرفته در مورد دیوارهای گرگان و تمیشه، می‌توان به کتاب قدرت امپراتوری پارس (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴) مراجعه کرد.

*نگارنده رابط: E-mail: mfattahi@ut.ac.ir

مقالهٔ حاضر پس از از مروری بر سن‌یابی دیوارهای باستانی در دنیا به روش درخشایی، به توضیح اصول این روش سن‌یابی می‌پردازد. سپس دیوار تمیشه را معرفی می‌کند و به اهمیت وموقعیت جغرافیایی آن، تاریخچه و اکتشافات میدانی، اطلاعات تاریخی در مورد زمان و دلایل ساخت دیوار تمیشه خواهد پرداخت. آن‌گاه، محل و نوع نمونه‌های برداشت شده از دیوار و سن آنها عرضه خواهد شد و درنهایت با استفاده از نتایج سن‌یابی، تحلیلی از زمان و علت ساخت دیوار تمیشه عرضه می‌شود.

۲. سن‌یابی دیوارهای باستانی در دنیا به روش درخشایی

۲. ۱. نقش و اهمیت دیوارهای باستانی

در گذشته دیوارهای باستانی معمولاً با هدف دفاعی در نقاط گوناگون دنیا ساخته می‌شد. طول، بافت وارتفاع این دیوارها با توجه به فناوری، مواد موجود و هدف ساخت متفاوت است. بسیاری دیوارها به‌منزلهٔ سد دفاعی خطی و یا حصار در آسیا، اروپا و بخشی از افریقا ساخته شده‌اند که طول آنها حدود ۱۰۰ کیلومتر بوده است یا کمتر بوده است (سوئر، ۲۰۰۶). دیوار بزرگ چین با طولی حدود ۶۳۵۲ کیلومتر، بدون شک مهم‌ترین یادگار باستانی در چین و بزرگ‌ترین دیوار دفاعی دنیا است که در آن از مواد محلی در دسترس مثل خاک ، سنگ‌های محلی و چوب گز استفاده شده است (والدرون، ۱۹۹۰). دیوار آهکی سیمز با طولی حدود ۵۴۸ کیلومترشناخته شده‌ترین اثر باقی‌مانده از قبل از سده‌های میانه در آلمان است که بیشتر به‌صورت مرز کاربرد داشته است. دیوارهای هادریان و آنتونین در مرزهای روم باستان ساخته شدند که دیوار هادریان به طول ۱۲۰کیلومتر مهم‌ترین اثر باستانی و شناخته شده باقی‌مانده از دوران اشغال بریتانیا به‌دست امپراتوری رم است (رضاخانی، ۱۳۹۳).

در سرزمین ایران و پیرامون آن نیز سه دیوار در محدودهٔ دریای خزر شناسایی شده است. نخست دیوار گرگان، دیواری شرقی غربی با طولی بیش از ۱۹۵ کیلومتر در مرز شمالی دشت گرگان و ترکمن که پس از دیوار چین و دیوار سیمز آلمان طولانی‌ترین دیوار دنیا است (والدرون، ۱۹۹۰؛ نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶). طول این دیوار سه برابر طول دیوار دفاعی هادریان و یا به عبارتی بیش از مجموع دو دیوار هادریان (سنگی) و آنتونین (خاکی) است ؛که سازه‌های جداگانه‌ای در بریتانیا هستند و مرزهای شمالی امپراتوری روم را مشخص می‌کرده‌اند. دیوار گرگان دومین دیوار بلند دفاعی جهان بعد از چین و احتمالا بلندترین دیوار دفاعی آجری ساخته شده در دنیای باستانی است (والدرون، ۱۹۹۰). دیوارگرگان شامل حداقل۳۳ دژ دفاعی بوده است که احتمالاً سربازان در آنها استقرار داشته‌اند. عرض دیوار در دشت ۱۰ متر و در نواحی کوهستانی حدود ۲ متر است. آجرهای دیوار مرکب از خاک لس، کاه خُرد شدهٔ ریز و درشت است. تقریباً در سراسر دیوار ودر جلوی آن خندق یا کانال انتقال آب به عمق بیش ازپنج متر وجود داشته است که آب را از راه رودخانه «گرگان رود» به سمت خندق و کوره‌های آجرپزی و زمین‌های پایین دست هدایت می‌کرده است. متاسفانه بجز بخش‌های کوچکی از دیوار بزرگ گرگان که در زیر خاک مدفون مانده، تقریبا تمام این دیواردر طول سالها براثر عوامل طبیعی و انسانی از میان رفته است. بااین‌حال خوشبختانه امکان احیای بخش‌هایی از این دیوار وجود دارد (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴).

دیوار دیگر دیوار دربند یا قفقاز است که از گذشته‌های دور به‌منزلهٔ دروازهٔ قفقاز مطرح بوده است و در کشور آذربایجان کنونی قرار دارد. شهری بین دو دیوار در شمال و جنوب احاطه شده بوده است. در طول دیوار ۷۶ برج دفاعی به فاصله‌های منظم ساخته شده است. بیشتر قسمت‌های دیوار جنوبی در قرن ۱۹ ویران شده و فقط قسمتی از دیوار بخش شمالی باقی‌مانده است. براساس کتیبه‌ای که سپاهیان مسلمان در زمان خلافت سلیمان عبدالملک در این منطقه پیدا کردند، این شهر در زمان امپراتور مارکیانوس هم‌زمان با سطنت یزدگرد دوم بنا شد است. یزدگرد هنگام جنگ با قبایل چادرنشین

شمالی به‌ویژه هون‌ها برای محافظت از شهر این دیوار را بنا کرد. اما بارتولد به نقل از دربندنامه می‌نویسد که این دیوار را اسکندر بنا کرد و کار تعمیرآن بر عهدهٔ یزدگرد قرار گرفت. علاوه بر آن حمزهٔ اصفهانی ساخت دیوار و قلعهٔ دربند را به انوشیروان (خسرو اول) نسبت می‌دهد که به روایت او دیواری به طول ۲۰ فرسنگ از دریای خزر تا کوهستان‌های قفقاز بر افراشت. لازم به ذکر است که در ۲۸ ژوئن ۲۰۰۱ این شهر با سازه‌های قدیمی اش در فهرست میراث فرهنگی یونسکو ثبت شد.

۲. ۲. تاریخچه سن‌یابی بناهای باستانی به روش درخشایی

بنابر نیاز باستان‌شناسان به سن‌یابی مواد حرارت دیده، فیزیک‌دان انگلیسی پروفسور آیتکن (۱۹۸۵) در دههٔ هفتاد میلادی موفق شد تا با استفاده از گرمادرخشایی (TL) روشی برای سن‌یابی سرامیک‌ها عرضه کند. این روش بعدها برای سن‌یابی مواد آتشفشانی و آجر نیز مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اهمیت تعیین زمان ساخت بناها و دیوارها در تعیین تمدن‌ها، سن‌یابی آجر و خاک همواره برای باستانشناسی اهمیت زیادی داشته است. لذا از روش گرمادرخشایی برای سن‌یابی آنها استفاده شده است. از جمله برای دیوارهای کورهٔ آجرپزی قصرهای مینوان (Minoan) در قبرس، که با استفاده از کوارتزهای جدا شده از دیوارهٔ کوره‌ها ، سن حدود ۳۳۰۰ تا ۳۸۰۰ (لیریتز و توماس، ۱۹۸۰) به‌دست آمد. برای آثارارتش تراکوتا (Terracotta) مربوط به دوران اولین امپراتوری چین، به روش گرمادرخشایی (روش دانه‌های ۴ تا۱۱ میکرونی جدا شده از سرامیک‌ها و خاک‌های حرارت دیده) سن ۲۲۰۰ سال محاسبه شد (لو و همکاران، ۱۹۸۸). با استفاده از روش پردز (pre-dose) سن ظروف سفالین سنگ نمای مربوط به دوران آغاز پادشاهی سوخوتای (Sukhothai) در شمال مرکزی تایلند ۶۰۰ تا ۸۰۰ سال به‌دست آمده است (روبرتسون و پرسکات، ۱۹۸۸). و همچنین با روش اندرون‌گیری کوارتز (quratz inclusions) در سرامیک‌ها و آجرهای حرارت دیده، سن معابد و ارگ‌های (citadels) سریلانکا ۲۵۰۰ سال برآورد شد (ابیراتن، ۱۹۹۴). جایگاه‌های باستانی دوران میان‌سنگی (Mesolithic) تا سده‌های میانه (medieval) در دانمارک ،سوئد و فنلاند با استفاده از کوارتز و فلدسپار جدا شده از سرامیک‌ها و سنگ‌های حرارت دیده، سن‌یابی شد (مجاهه، ۱۹۸۹). باقی‌مانده‌های شهر رومن واقع درکارنانتام (carnuntum) در اتریش به روش fine grain (توسط دانه‌های ۴ تا ۱۱ میکرون جدا شده از کاشی‌های حمام‌های عمومی و یک کورهٔ آجرپزی)، سن‌یابی شد (ارلارچ وهمکاران، ۱۹۸۸). سن فندانسیون آرچ (Archarc) روی تپهٔ پلاتینو (Palatino) در روم به روش اندرون‌گیری کوارتز،۲۶۰۰ سال برآورد شد (لیریتزیس و همکاران،۱۹۹۴).

به‌منظور سن‌یابی زمان ساخت دیوار میسه‌نه‌آن (Mycenean) در یونان، بلوک‌های آهکی حرارت ندیدهٔ آن دیوار به روش گرمادرخشایی مورد سن‌یابی قرار گرفت. سن ۴۵۰± ۳۷۰۰ تعیین شده برای این جایگاه با انتظار باستان‌شناسان تطبیق داشت. پس از این موفقیت این روش در سن‌یابی هرم‌های آهکی (تئوکاریس و همکاران، ۱۹۹۷) و همین طور معبد آپولو در دلفی به کار رفت (لیریتز و همکاران، ۱۹۹۷).

علیرغم موفقیت‌های پیش‌گفته در سن‌یابی آجر و دیوار، استفاده از گرمادرخشایی برای تعیین آخرین زمان ساخت بناهای خاکی با مشکل مواجه است. زیرا گرمادرخشایی آخرین زمانی را که نمونه حرارت دیده است سن‌یابی می‌کند؛ درحالی‌که برای سن‌یابی زمان ساخت بناها ودیوارهای خاکی و خشتی، زمان آخرین نورخوردگی خاک یا خشت، مبین زمان ساخت بنا است. ازاین‌رو درخشایی نوری (OSL) (Optically Simulated Luminescence) برای سن‌یابی رسوبات (حرارت ندیده) ابداع شد که کاربردهای وسیعی در دیرین‌اقلیم‌شناسی و دیرین‌زلزله‌شناسی دارد. بدیهی است که این روش در سن‌یابی رسوبات باستان‌شناسی یا باستان‌رسوب نیزکاربرد فراوان دارد. از سویی کار با آن

بسیار راحت تر از درخشایی گرمایی است و دقت آن نیز بیشتر است؛ و درنتیجه، گزینهٔ خوبی برای سن‌یابی دیوارهای باستانی نیز هست. لذا می‌توان از روش سن‌یابی درخشایی نوری در ایران برای سن‌یابی دیوارهای باستانی و بناهای تاریخی استفاده کرد. به همین سبب از درخشایی نوری برای سن‌یابی دیوارهای گرگان و تمیشه (که از آجر ساخته شده‌اند) استفاده شد. در سطح دنیا نیز این مهم اخیرا مورد توجه قرار گرفت. به عنوان مثال جایگاه باستانشناسی تال ایو فهد (Tall Abu Fahd) و تال قسوبی (Tall Qsubi) در دره ایوفرات میانی در سوریه، به روش درخشایی نوری سن‌یابی شد (سنچز و همکاران، ۲۰۰۷). محققان در آنجا کوارتز و فلدسپار جدا شده از رسوبات را به‌ترتیب با روش‌های گوناگون از جمله نور آبی کوارتز، و نور فروسرخ فلدسپار، سن‌یابی کردند. سن به‌دست آمده ۲۷۰۰ سال بود که با سن‌های مورد انتظار تطبیق داشت. کلسن و همکاران (۲۰۱۱) تلاش کردند با نمونه‌گیری ازرسوبات بادی (dune) زیر قدیمی‌ترین قسمت دیوار تایما (شمال غرب عربستان) سن این دیوار را به‌دست آوردند. پس از موفقیت ابیراتن (۱۹۹۴) در بهره‌گیری از گرمادرخشایی در سن‌یابی آجرهای جایگاه‌های باستان‌شناسی در سریلانکا (جنوب شرقی آسیا)، بلیف وهمکاران، (۲۰۱۳) تصمیم گرفتند با استفاده از درخشایی نوری سن یک مقبرهٔ بودایی ساخته شده از آجر را در سریلانکا به‌دست آورند. آنها از داخل آجرها نمونه‌گیری و کوارتز خالص آن را استخراج کردند. سپس به روش تک الیکویتی تولید مجدد، سن آجرها را به‌دست آوردند.

۳. سن‌یابی به روش درخشایی

سن‌یابی به روش درخشایی در علوم زمین و باستانشناسی کاربرد وسیعی دارد. درخشایی نور سرد است، یعنی برخلاف نورهایی که در اثر گرم شدن یک فیلامان و یا آتش و از همه مهم‌ترخورشید ایجاد می‌شوند، نور درخشایی مستقیما توسط گرما تولید نمی‌شود اما می‌تواند با تحریک الکترون‌های داخل تله نور مرئی، پرتوهای‌های فروسرخ و فرابنفش و یا گرما، تولید گرمادرخشایی کند.

فرایند درخشایی را می‌توان در ساده‌ترین مدل با استفاده از مفهوم تراز انرژی توضیح داد (شکل ۱). برای مثال هنگامی‌که خشت ساخته می‌شود، خشت و طبیعتا کوارتز و فلدسپار داخل آن تحت نور خورشید واقع می‌شوند. درنتیجه سیگنال درخشایی خود را از دست می‌دهند. سپس در داخل کورهٔ آجر پزی قرار می‌گیرد و اگر برخی از دانه‌ها تحت نور قرار نگرفته و سیگنال خود را نگه داشته باشند، در اثر گرمای کوره، سیگنال درخشایی خود را از دست می‌دهند. بنابراین همهٔ کانی‌های داخل آجر، سیگنال درخشایی خود را در کوره از دست داده و به تعبیری ساعت آنها صفر می‌شود. سپس آجردر داخل دیوار نصب می‌شود. اتم‌های کوارتز و فلدسپار موجود در خاک یا آجر، تحت تابش عنصرهای پرتوزای مجاور (عمدتاً اورانیم ^{238}U، توریم ^{232}Th، و پتاسیم ^{40}K) و نیز پرتوهای کیهانی، قرار می‌گیرند و یونیزه می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر الکترون‌های موجود در اتم‌های کوارتز و فلدسپار تحت تابش پرتوزا از اتم جدا می‌شود. جای خالی الکترون (یون) در اصطلاح حفره (hole) نامیده می‌شود. بدین‌ترتیب، یک زوج الکترون-حفره پدید می‌آید. بااین‌حال الکترون‌ها در باند رسانش و حفره‌ها در باند ظرفیت پایدار نیستند، و به همین علت به سمت نقص‌های موجود در شبکهٔ بلور، که همانند تله عمل می‌کنند کشیده می‌شوند و در آنها گیر می‌افتند. در شکل ۱ تله‌هایی که الکترون‌ها در آن‌ها گیر می‌افتند T و تله هایی که حفره‌ها در آنها گرفتار می‌شوند L نام‌گذاری شده‌اند. مادامی که یک عامل انرژی نظیر نور یا حرارت، الکترون‌ها و حفره‌ها را از این تله‌ها رها نکند، انبارش آنها همچنان ادامه می‌یابد. با گذر زمان به تعداد الکترون‌های داخل تله اضافه می‌شود. تا زمانی که آجر یا خاک را از محیط جدا کنیم و به آزمایشگاه تاریک ببریم. در آزمایشگاه با تاباندن نور به نمونه (کانی کوارتز یا فلدسپار خالص که از رسوبات جدا شده)،

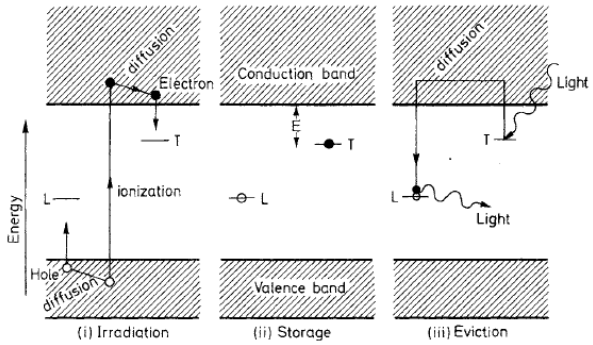
الکترون‌ها را تحریک و آنها را از تله‌ها آزاد می‌کنیم. الکترون‌های آزاد شده در بلور می‌چرخد و درنهایت با حفره‌ها ترکیب مجدد می‌کند و اختلاف انرژی را به‌صورت یک فوتون رها می‌سازد که همان درخشایی تحریک شده با نور یا (درخشایی نوری) است. با شمارش فوتون‌های حاصل، میزان الکترون‌های در تله افتاده از زمان ساخت خشت یا آجر به‌دست می‌آید. میزان دُز پرتوزایی آزمایشگاهی که باعث ایجاد سیگنال درخشایی معادل سیگنال به‌وجود آمده با دُز طبیعی (بازترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها) می‌شود، دُز معادل دُز طبیعی (equivalent dose) نامیده می‌شودو آن را با D_e نمایش می‌دهند. از سوی دیگر مقدار دُزی که یک نمونه در واحد زمان (مثلا هرسال) دریافت کرده است، نرخ تابش طبیعی یا نرخ دُز (dose rate) نامیده می‌شود. با تعیین دُز معادل در آزمایشگاه و اندازه‌گیری نرخ دُز در محل یا در آزمایشگاه، سن نمونه را می‌توان از رابطهٔ (۱) به دست آورد:

$$\text{سن نمونه} = \frac{\text{دز معادل دز طبیعی که نمونه در طول مدت دفن بودن دریافت کرده است}}{\text{نرخ دز رادیو اکتیو که نمونه هر ساله از محیط کرده دریافت است}} \qquad (۱)$$

۳. ۱. اندازه‌گیری De

برای محاسبهٔ دُز معادل (D_e) دو روش کلی وجود دارد: دُز افزایشی (additive dose)، و بازتولید (regeneration) (شکل ۲). روش بازتولید هم‌اکنون متداول‌ترین روش است.

در روش بازتولید، ابتدا سیگنال درخشایی با دُز نامعین طبیعی (D_e) اندازه‌گیری می‌شود. سپس، دُزهای آزمایشگاهی مشخصی به نمونه اِعمال و سیگنال درخشایی بازتولید شدهٔ آنها اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۲). یک خم استاندارد از این سیگنال‌ها و دُزهای مربوط تولید می‌شود که مشخص‌کنندهٔ رشد سیگنال درخشایی از مرحله پس‌ماند (residual) (بعد از پاک شدن سیگنال با نور یا حرارت) تا بیشینهٔ دُز مصنوعی تابش شده به نمونه در آزمایشگاه است. سپس مقدار سیگنال طبیعی را روی خط محور عمودی (luminescence signal) مشخص می‌شود و از آنجا با خطی افقی خم را قطع می‌کنیم. از محل تقاطع با استفاده از خطی عمودی دُز آزمایشگاهی مشابه دُز طبیعی که سیگنال درخشایی مطابق با شدت سیگنال طبیعی نمونه تولید کرده است، محاسبه می‌شود. روش بهینه برای تعیین D_e موضوع تحقیقات بسیاری در ۲۰ سال اخیر بوده است، و شیوه‌های بسیار متعددی در جهت این مهم به کار رفته است. در سال ۲۰۰۰، پروتکل دُز بازتولیدی الیکوت منفرد (SAR) (Single Aliquot Regenerative dose) مطرح شد (ماری و وینتل، ۲۰۰۰). این روش که برای بسیاری از نمونه‌ها مناسب است، هنگامی که به درستی اِعمال شود، نتایج بسیار دقیقی به دست می‌دهد؛ ازاین‌رو تبدیل به روشی متداول برای اندازه‌گیری D_e در کوارتز شده است. برای بررسی سایر روش‌های سن‌یابی، روش‌های سالیابی در باستانشناسی (بحرالعلومی، ۱۳۸۸) را ببینید.



شکل ۱. نمایش تراز انرژی فرایند .درخشایی نوری ۱) یونش ناشی از قرار گرفتن بلور در معرض شار تابش‌های هسته‌ای و گیرافتادن الکترون‌ها و حفره‌ها در نقص‌های شبکه (defects) (تله‌ها) T و L، به‌ترتیب. ۲) انبارش الکترون‌ها و حفره‌ها در تله‌ها با گذشت زمان.۳) با تابش نور با طول موج مناسب به نمونه، الکترون‌ها از تله‌ها آزاد می‌شوند و برخی از آن‌ها به مراکز لومینسانس می‌رسند، در این صورت نور (درخشایی نوری) در جریان بازترکیب در این مراکز تولید می‌شود آیتکن (۱۹۹۸).

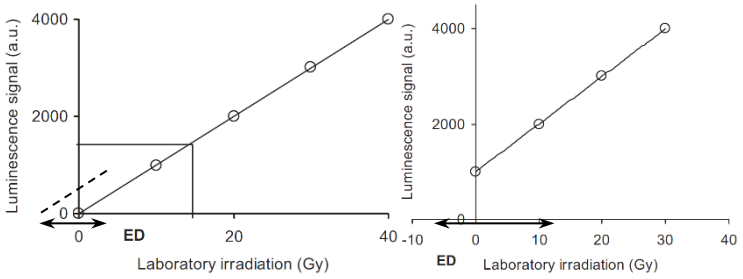
۴. دیوار تمیشه

۴. ۱. معرفی دیوار تمیشه و موقعیت جغرافیایی آن

دیوار تمیشه دیواری شمالی جنوبی است که از گوشهٔ جنوب شرقی دریای خزر در نزدیکی بندرگز شروع می‌شود و به دامنهٔ رشته‌کوه البرز ختم می‌شود. بیشتر قسمت‌های دیوار از بین رفته است و فقط آثار کوچکی از آن در قسمت‌های جنگلی و حدفاصل روستای باغوکناره، در سرکلاته باقی‌مانده است .

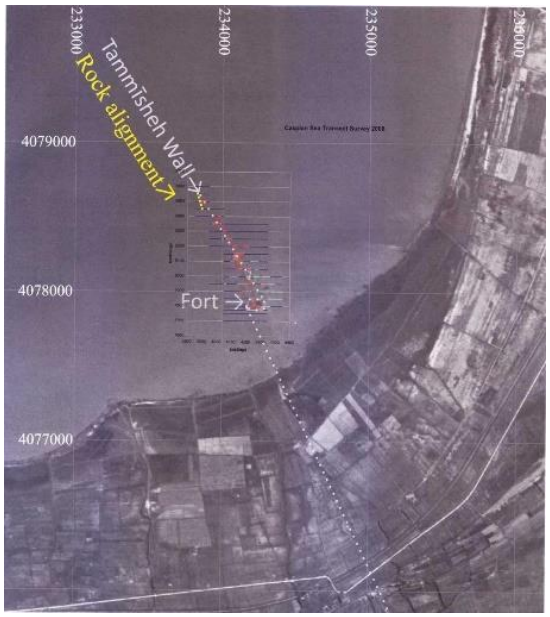
طول تقریبی دیوار ۱۲ کیلومتر است و در قسمت غربی دیوار و به سمت شهر تمیشه کانالی وجود دارد که بخشی از آن حفظ شده است (شکل۳).

براساس عکس‌های ماهواره‌ای، قسمت‌های شمالی و شمال غربی دیوار در زیر آب‌های دریای خزر قرار دارد (شکل۴).



شکل ۲. دو طرح‌واره از روش‌های اصلی تعیین دُزمعادل که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند؛چپ: دُز اضافی، و راست بازتولید

شکل ۳. بخشی از کانال در غرب دیوار تمیشه حفظ شده است. برای مقیاس به شخص داخل کانال توجه شود (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۴. تصویر ماهواره‌ای از دیوار تمیشه به‌همراه بخش احتمالاً غرق شدهٔ آن در دریای خزر (عمرانی و همکاران، ۲۰۰۸)

به علت بالا و پایین رفتن مکرر سطح آب دریای خزر طی دوران‌های گذشته، این باور وجود دارد که قسمت‌هایی که اکنون زیر آب است، در زمان ساخت دیوار در خشکی قرار داشته و بعدها به علت بالا آمدن سطح آب دریا به زیر آب فرو رفته است. بنابر نظر ساکنان و پژوهشگران محلی انتهای دیوار در دریا به یک جزیرهٔ کوچک منتهی می‌شده است که در آن یک قلعهٔ فرضی به نام پل خشتی یا خشت‌سر وجود داشته است. البته در حال‌حاضر این جزیره در زیر آب واقع شده است. علاوه بر این قلعه در انتهای دیوار تمیشه در محلی که دیوار به کوه‌های البرز ختم می‌شود قلعهٔ دیگری وجود داسته است، که بنساران نام دارد. این قلعه حدود ۵۰۰–۷۰۰ متر با دیوار فاصله دارد.

۴. ۲. تاریخچه پژوهش‌های باستان‌شناسی

در ۱۹۶۴ هیئتی به سرپرستی آدریان دیویدهای بیوار (Adrian David High Bivar) محدودهٔ دیوار تمیشه را شناسایی و حفاری کرد (بیوار و فهروری، ۱۹۶۶). در ۱۳۷۹ تیم دیگری به سرپرستی جبرئیل نوکنده به بررسی مجدد منطقه از جمله قلعهٔ بنساران پرداخت (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین طرح دیگری ازسوی باستان‌شناسان زیر آب به رهبری حسین توفیقیان به انجام رسید (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۲)؛ که توانست امتداد احتمالی شمالی دیوار تمیشه و یک قلعهٔ احتمالی در کف دریای خزر را براساس قطعات آجر کشف شده از کف دریا ردیابی کند. ماهیگیران و شکارچیان محلی نام محل قلعهٔ احتمالی را خشت پل یا خشت‌سر گذاشته‌اند. در ۱۳۸۵ تیم مشترک ایران و انگلیس به سپرستی ابرهاد سوئر و جبرئیل نوکنده به بررسی منطقه پرداخت. آنها در ۲۰۰۵ با استفاد از قایق در ناحیهٔ (36°48.595’ N 54°01.234’ E)، ودرعمق ۵۵/ ۲متری با اوشر ویلسون Usher-Wilson زیر آب را جست‌وجو و یافته‌های قبلی را تأیید کردند (عمرانی و همکاران، ۲۰۰۸). آنها همچنین در انتهای جنوبی دیوار، با یافتن تجمعی از آجرهای توزیع شده در سطح زمین در ناحیه (36°43.360’ N 54°03.675’ E)، آن را درحکم نقطهٔ جنوبی دیوار در منطقهٔ کوهستان در نظر گرفتند که تا قلعهٔ احتمالی خشت پل در زیر دریا ۱۰/۳ کیلومتر فاصله دارد. آنها همچنین در جست‌وجوی مسیر دیوار دریافتند که قسمتی از دیوار تمیشه که در ۱۹۶۰ در یک زمین حاصلخیز موجود بوده است (کیانی، ۱۹۸۲a, b)، متاسفانه به‌منظور افزایش زمین زیر کشت برای کشاورزی از بین رفته است. درحال‌حاضر هر قسمتی از دیوار که در شمال جادهٔ گرگان–ساری باقی‌مانده است زیر آسفالت قرار دارد. البته دو قسمت از آن، خوشبختانه خوب و تقریباً کمتر دست‌خورده باقی‌مانده است. یک قسمت در (36°44.337’ N 54°03.593’ E) واقع است. و قسمت دیگر یک برآمدگی روی زمین است که بیوار و فهروری (۱۹۶۶) از آن به‌منزلهٔ دیواری بزرگ که امکان عبور ماشین از آن هست، اشاره کرده‌اند (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶). (شکل۵).

شکل ۵. بهترین قسمت حفاظت شدهٔ دیوارتمیشه (عکاس محمد شاهی پودینه)

۴. ۳. تاریخچه دیوارتمیشه و اهمیت تعیین دوران ساخت یا سن آن

در مورد تاریخچهٔ دیوار تمیشه نظر واحد و دقیقی براساس اسناد تاریخی وجود ندارد. سعید ابن العیاس داماد عثمان خلیفهٔ وقت کوفه در سال ۶۵۰ و ۶۵۱ بعد از میلاد برای فتح این سرزمین به آنجا حمله کرد و مردم در مقابل او مقاومت کردند. سپس با تسلیم شدن مردم، آنها بر این سرزمین حاکم شدند. در آن دوران دیوار دفاعی شهر وجود داشته وآن منطقه حاصلخیز بوده است (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴). تمیشه تا قرن ۱۳ میلادی در اشغال بود (بیوار و فهروری، ۱۹۶۶).

اگر چه ذکر شده است که سرخاستان سردار سپه مازیار پادشاه ایرانی در ۸۳۹ بعد از میلاد برای حفاظت از تبرستان این دیوار دفاعی را در قسمت شرقی شهر تمیشه برافراشت، اما بنابر تاریخ طبری این دیوار در ۴ قرن قبل از مازیار وجود داشته و پادشاهان ساسانی برای جلوگیری از تاخت و تاز ترک‌ها آن را را احداث کرده بودند. سرخاستان در زمان مازیار طول دیوار را افزایش داده است. طبری وجود دیوار و استفاده از آن را تا قرن ۹ قطعی می‌دانسته است. پس از آن ابن‌اسفندیاری در ۹۰۳ تا ۹۱۳ نوشته است که اولین شهر تبرستان شهر تمیشه بوده است که بین آن و جرجان (گرگان) یک دیوار از کوه تا دریا برافراشته بوده که ورود و خروج بین دوشهر فقط از میان یک دروازهٔ تعبیه شده در دیوار ممکن بوده است. وی ساخت آن را به خسرو اول (انوشیروان عادل) نسبت می‌دهد و هدف از احداث آن را جلوگیری ازحملهٔ ترک‌ها ذکر می‌کند. این دیوار تا قرن ۱۳ هم برقرار بوده است. ابن‌روستا ساخت دیوار را به خسرو اول نسبت می‌دهد. بیوار و فهروری هم که اولین کسانی بودند که بررسی روی دیوار تمیشه و قلعه بنساران را آغاز کردند با این نظر موافق هستند. نکتهٔ دیگر اینکه ساخت ۶ کیلومتر از این دیوار در داخل دریا با توجه به فناوری آن دوران غیر قابل قبول است بنابراین قسمتی از دیوار که هم‌اکنون در زیر آب وجود دارد، نتیجهٔ بالا آمدن سطح آب دریای خزر در سال‌های بعد است (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۱. نظر تاریخ‌دانان و محققان در مورد زمان ساخت دیوار تمیشه (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴).

تاریخ و سازندهٔ پیشنهادی	زمان انتشار	منبع
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۹۰۳-۹۱۳	ابن‌روستا
فریدون(پادشاه افسانه‌ای)	۱۲۱۰	ابن‌اسفندیاری
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۸۷۵	دورن
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۹۰۵	مارکوارت
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۹۱۴	کیسلینگ
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۹۶۶	بیوار و فهروری
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۹۷۲	بیوار و فهروری
ساسانیان	۱۹۸۰	هاف
ساسانیان	۱۹۸۱	هاف
ساسانیان	۱۹۸۲	کیانی
خسرو اول(۵۳۱-۵۷۹)	۱۹۸۳	بیوار
ساسانیان	۱۹۸۷	هاف
ساسانیان	۱۹۹۳	کریستنسن
ساسانیان	۱۹۹۶	نیکول
ساسانیان تا سلجوقیان قرن ۶ تا ۹ پس از میلاد	۱۹۹۹-۲۰۰۱	کلیس
ساسانیان	۲۰۰۰	بال
ساسانیان	۲۰۰۷	کلیبر

جدول ۱ نمایانگر پیشنهادهای متفاوت برای زمان یا زمان‌های ساخت، و سازنده یا سازندگان دیوار تمیشه است . بااین‌حال برای تعیین زمان و دوران واقعی ساخت دیوار ضروری است سن مطلق آن به‌دست آید. تا با اطمینان بیشتر بتوان سن ساخت دیوار و قلعه‌های اطراف را به زمان و دوره سلطنت پادشاهی خاص نسبت داد. درضمن با دانستن سن و ترکیب آن با اطلاعات تاریخی می‌توان علت ساخت دیوار را با قطعیت بیشترتشخیص داد.

۵. محل و نوع نمونه‌های برداشت شده از دیوار به‌منظور سن‌یابی مطلق دیوارتمیشه

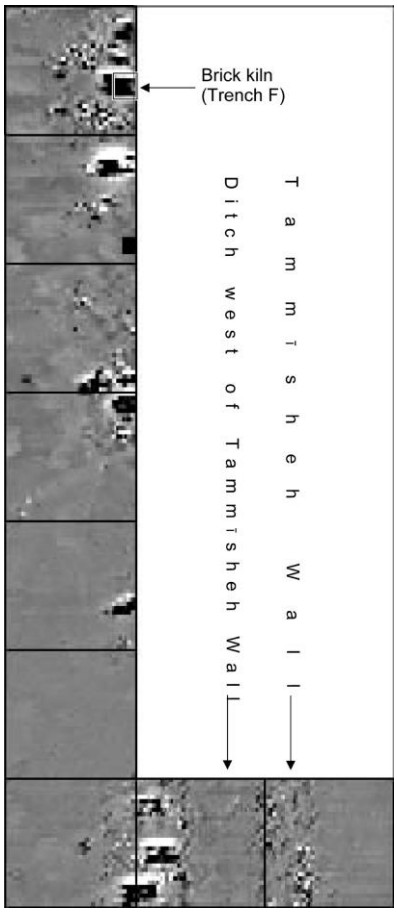
برای سن‌یابی دیوار، نمونه‌های درخشایی نوری و رادیوکربن از دیوار، قلعه و کوره‌های اطراف آن به شرح زیر برداشت و جهت به دانشگاه آکسفورد منتقل شد.

۵. ۱. نمونه برداشت شده از دیوار

از بخشی از دیوار که در شمال جادهٔ گرگان–ساری باقی‌مانده است و زیر آسفالت قرار دارد، نمونه برداری شد. ارتفاع دیوار از پایین‌ترین آجر که در بالای محل نمونه برداری قرار دارد حدود ۲/۸ متر است. نمونه درخشایی نوری از رسوبات بادی (لس) که در زیر آجرها است گرفته شد (شکل ۶).

این بررسی شش مکان با بی‌هنجاری زیاد مغناطیسی را در امتداد دیوار تمیشه نشان داد. این شش بی‌هنجاری وچهار مکان با بی‌هنجاری کمتر مغناطیسی، به احتمال زیاد محل کوره‌های آجر پزی بوده است. همهٔ این بی‌هنجاری‌ها در سمت غرب دیوار قرار داشت و با یک خندق یا جوی پهن از دیوار فاصله می‌گرفت. بی‌هنجاری‌هایی که در کنار آنها آجرهای خرد شده وجود داشت مکان محتمل‌تری برای کوره محسوب می‌شد. از بین موارد گفته شده، محلی که بیشترین بی‌هنجاری را داشت و به شکل چهارگوش مرتب‌تری بود، به‌منزلهٔ بهترین مکان برای حفاری انتخاب شد. به‌منظور کمتر نورخوردن کوره که سن‌یابی درخشایی نوری به آن حساس است، فقط قسمتی از آن با ترانشه زنی حفاری شد. با حفرترانشه F به ابعاد ۵/۵ در۶ متر کاملاً شرق کوره در معرض دید قرار گرفت (شکل ۸).

شکل ۶. نمونه‌های درخشایی نوری برداشت شده از دیوار تمیشه به ارتفاع ۲٫۸۰ متر (عکاس محمد شاهی پودینه)



شکل ۷. آشکار شدن محل کوره‌های آجرپزی با مغناطیس‌سنج (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶)

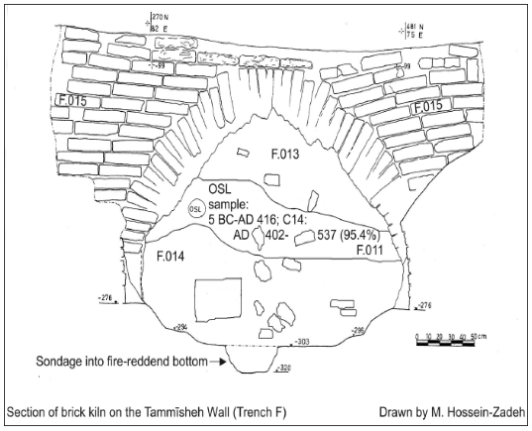
قسمت داخلی کوره به‌علت حرارت زیاد کاملاً ذوب شده بود؛ درنتیجه می‌باید سیگنال درخشایی دُزی‌مترهای درخشایی داخل آجرهای کوره در هنگام فعالیت کوره صفر شده باشد. بنابراین از یک آجر برای سن‌یابی درخشایی، نمونه‌گیری شد. ازمحل ۰۱۱ نشان داده شده در شکل ۹ یک نمونه از ذغال‌های باقی‌مانده در کوره برای سن‌یابی به روش رادیوکربن و یک نمونه از خاک‌های داخل کوره به‌منظور سن‌یابی به روش درخشایی نوری برداشت شد.

شکل ۹ ترانشه F مربوط به یک کورهٔ آجرپزی نزدیک دیوار تمیشه را نشان می‌دهد، که شبیه به کوره‌های کنار دیوار گرگان است (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابر نتایج سن‌یابی درخشایی، ساخت کوره تمیشه بین ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ سال پیش (معادل میلاد مسیح تا ۴۱۶ پس از میلاد) به انجام رسیده است. نتیجهٔ رادیو کربن، زمان ساخت کوره را بین سال‌های ۴۰۲ تا ۵۳۷ میلادی نشان داد که مربوط به قبل از حکومت خسرو اول (۵۷۹-۵۳۱) است (جدول ۲).

۵. ۳. نمونهٔ برداشت شده از قلعه بنساران

در کنار دیوار در خشکی فقط یک قلعه پیدا شد. این قلعه حدود ۵۰۰-۷۰۰ متر با دیوار فاصله دارد و درغرب و جنوب دیوار تمیشه در جایی که دیوار به پایهٔ کوه می‌رسد، واقع شده است (شکل ۱۰). نام قلعه، بنساران است که فردوسی آن را محل زندگی فریدون معرفی کرده است و ابن اسفندیار در کتاب "تاریخ طبرستان" نیز تمیشه را جزء قلمرو فریدون و قلعه بنساران را قصر فریدون می‌داند (برون، ۱۹۰۵). لذا سن‌یابی این قلعه و رابطهٔ آن با دیوار تمیشه اهمیت دارد. امروزه در محلی که بیوار و فهرواری در (۱۹۶۴) یک ترانشه زده بودند، مواد ساختمانی زیادی موجود است که حکایت از وجود ساختمان‌های آجری در این محل دارد. در محل‌هایی نیز چاله‌هایی که مردم طالب گنج کنده‌اند، دیده می‌شود.

شکل ۸. کورهٔ آجرپزی درترانشه F نزدیک دیوار تمیشه (نوکنده و همکاران، ۲۰۰۶)



شکل ۹. تصویر رو به شرق از ششمین ردیف کوره از شرق کورهٔ آجرپزی کنار دیوار تمیشه در داخل ترانشه (طراح مریم حسین‌زاده)

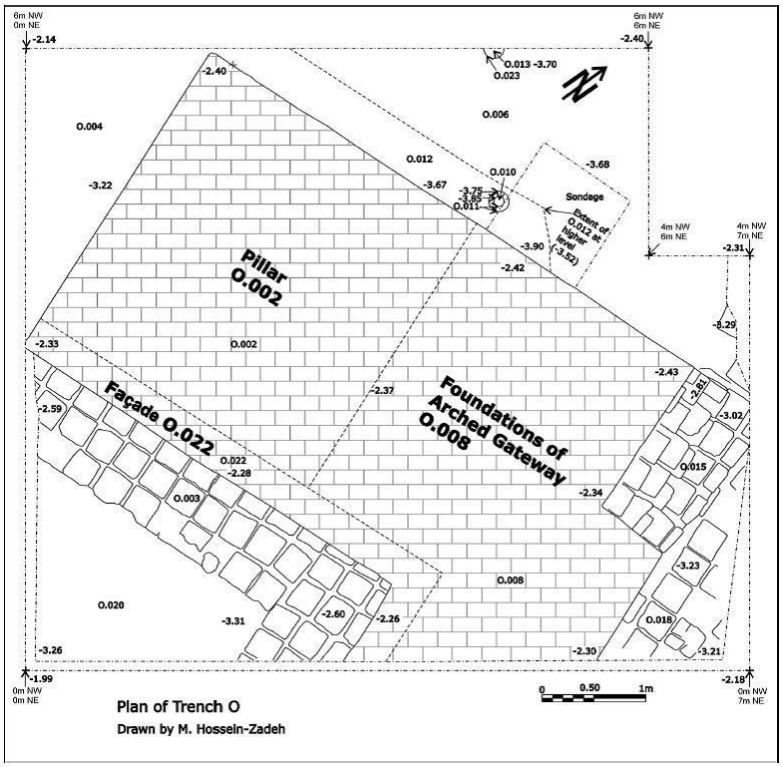
شکل ۱۰. قلعهٔ بنساران (عکاس محمد شاهی پودینه)

اولین بررسی‌ها در سپتامبر و اکتبر ۲۰۰۵ با مغناطیس‌سنج در ابعاد ۹۰ در ۹۰ متر عملی شد. بی‌هنجاری‌ها، پایهٔ باقی‌مانده از ستون‌ها را نشان می‌داد. نتایج بررسی‌ها نمایانگر وجود یک هال سه‌راهرویی به ابعاد ۵۳ در ۳۳ متر بود که دو ردیف از ستون‌های قابل‌ملاحظه هال را به سه راهرو تقسیم می‌کرد. به نظر می‌رسد که این هال سه‌راهرویی مشابه هال موجود در تخت سلیمان بوده است (شکل ۱۱). در ۲۰۰۷ برای شناخت معماری داخلی هال و زمان ساخت آن، ترانشه "o" در محلی که بی‌هنجاری زیاد مغناطیسی را آشکار ساخته بود، احداث شد (شکل ۱۲). حفاری، یک هال L شکل را مشخص کرد که با آجرهایی به ابعاد ۲۸ در ۲۸ سانتیمتر و به قطر ۵ یا ۶ سانتیمترساخته شده بود (شکل ۱۳). در نقشه هایی که از ترانشه تهیه شد این هال به خوبی نشان داده شده است (شکل ۱۴) .

شکل ۱۱. هال با سه راهرو (معماری مخصوص ساسانیان)در تخت سلیمان (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴)

شکل ۱۲. ترانشه O، محل برداشت آجر ازستون هال سه‌راهرویی در قلعه بنساران،نمای جنوبی ترانشه و به‌سمت کوه‌های البرز(عکاس محمد شاهی پودینه)

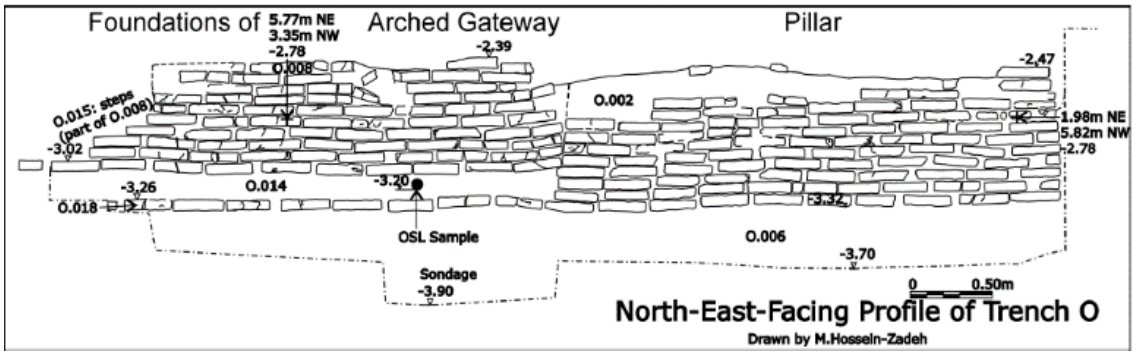
شکل ۱۳. محل برداشت آجر از ستون هال سه‌راهرویی، نمای شمال شرقی ترانشه(عکاس محمد شاهی پودینه)



شکل ۱۴. نقشه ترانشه O (سوئر و همکاران، ۲۰۱۴)

بررسی دقیق‌تر ترانشه نشان داد که در ساخت هال از ملات آهن اصلاً استفاده نشده است. برای اتصال آجرها از گل نرم استفاده شده است که به رنگ قهوه‌ای است و بر اثر پوسیدگی آجر، سرخ‌رنگ شده است. فقط اثرهایی از سقف خراب شده در ترانشه پیدا شد و هیچ لایهٔ پیوسته‌ای یافت نشد. این می‌تواند یا نتیجهٔ حفاری‌های متعدد از ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۷ باشد و یا وقوع سرقت قسمت‌هایی از دیوار در چند قرن گذشته..

برای سن‌یابی این قلعه سه نمونه رادیوکربن و یک نمونه درخشایی نوری برداشت شد. نمونهٔ اول از ذغال‌های موجود درحدود ۲۲ الی ۳۳ سانتی‌متری زیر پِی برداشت شد که در شکل‌های ۱۴و۱۵ تحت ۰/۰۰۶نشان داده شده است و سن ۵۷۱–۴۳۰ پس از میلاد را نشان داد. دو نمونه رادیوکربن دیگر از رسوبات موجود در ۰۱۴ بین پایین‌ترین ردیف و پنجمین ردیف آجر(شکل‌های ۱۵ و ۱۶) و یکی دیگر از ۳/۱۱ متر زیر بنچ مارک (bench mark) دقیقاً بالای پِی (step foundation) از ۰۱۵ استخراج شد (شکل ۱۵). که سن‌یابی آنها به اواخر دوران ساسانیان مربوط می‌شود. نتایج در جدول ۳ آورده شده است. یک آجر نیز با دقت با استفاده از ابزارهای فلزی از قسمتی از ستون به‌نحوی برداشت شد که آسیبی به ستون نخورد (شکل ۱۷).



شکل ۱۵. نمای شمالی ستون در ترانشه O (طراح مریم حسین‌زاده)

شکل ۱۶. نمای شمالی ستون در ترانشه O (عکاس محمد شاهی پودینه)

شکل ۱۷. برداشت آجر از ستون هال در قلعهٔ بنساران (عکاس محمد شاهی پودینه)

نمونه‌ها در دانشگاه آکسفورد سن‌یابی شد. برای یافتن دُز سالانه از ترکیب اطلاعات طیف‌سنج گامای قابل حمل وICP-MS استفاده شد. برای سن‌یابی به روش درخشایی کانی کوارتز (۱۲۵–۹۰ و ۱۸۰–۲۵۵ میکرومتر) از نمونه‌ها به روش معمول جدا شد و از راه بازتولیدی الیکوت منفرد (Single Aliquot Regenerative dose) (SAR) (ماری و وینتل، ۲۰۰۰)، میزان دُز معادل دُز طبیعی به‌دست آمد و سن آن محاسبه شد. همراهی دو روش درخشایی نوری و رادیوکربن امکان نتیجه‌گیری با درجه اطمینان بیشتر را ممکن ساخت. نتایج سن‌یابی در جدول ۲ عرضه شده است.

جدول ۲. نمونه‌های رادیوکربن و درخشایی برداشت شده از کوره

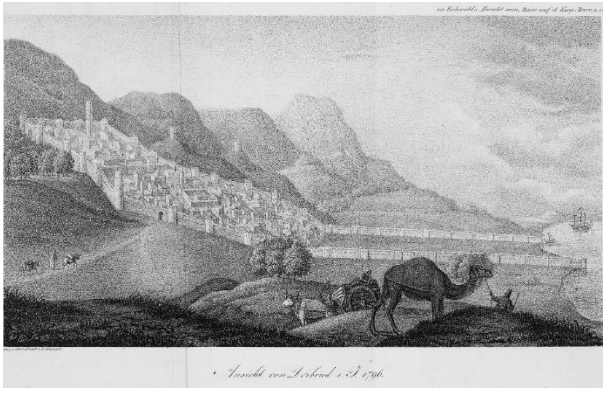
توضیحات	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	واسنجی شده با درجهٔ اطمینان ۹۵/۴	سن به‌دست آمده	جنس نمونه	محل برداشت نمونه	شماره نمونه
رادیوکربن	۳۶°۴۳.۸۴۶'N	۵۴°۰۳.۶۵۱'E	۵۳۷-۴۰۲	۲۷±۱۶۰۸	رسوبات آتشدان کوره	شکل ۷,۶	۱۵۳۷۳OxA-
درخشایی نوری	۳۶°۴۳.۸۴۶'N	۵۴°۰۳.۶۵۱'E	۵BC-AD ۴۱۶	۱۸۰۰±۲۱۰	رسوبات آتشدان کوره	شکل ۷,۶	X ۲۶۹۰
درخشایی نوری	۳۶°۴۶.۰۱۴'N	۵۴°۰۲.۸۵۵'E	۱۶۶AD ۱۳۵BC ۵۴۶-۳۰۶AD	۱۹۹۰ ± ۱۵۰ (۱۲۰±۱۵۸۰)	آجر از دیوار تمیشه	شکل ۸,۳	X ۲۶۹۶
درخشایی نوری	۳۶°۴۶.۰۱۴'N	۵۴°۰۲.۸۵۵'E	۲۳۵۹۵-۱۸۹۹۵ BC	۲۳۳۰۰ ۲۳۰۰±	رسوبات از زیر پی دیوار تمیشه	شکل ۸,۳	X ۲۶۹۴

جدول ۳. نمونه‌های رادیوکربن و درخشایی برداشت شده از قلعه

توضیحات	واسنجی شده با درجه اطمینان ۹۵,۴	سن به‌دست آمده	جنس نمونه	شماره نمونه	محل نمونه برداری
رادیوکربن	۵۸۱-۴۳۰ پس از میلاد	۲۸±۱۵۴۲	ذغال	OxA-۲۱۱۸۰	۰/.۱۶
رادیوکربن	۶۳۳-۴۳۶ پس از میلاد	۲۸±۱۵۰۷	ذغال	OxA-۲۲۰۳	../.۱۴
رادیوکربن	۵۷۱-۴۳۰ پس از میلاد	۲۶±۱۵۴۷	ذغال	OxA-۱۸۸۴۰	۰/۰۱۵
درخشایی نوری		هیچ سنی به‌علت تولید نشدن سیگنال به‌دست نیامد.	آجر از ستون	X ۳۲۲۴	../۰۰۲

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به تشابه‌های دیوار تمیشه با قسمت غربی دیوار بزرگ گرگان در این منطقه این امکان وجود دارد که دو دیوار برای استفاده یکسانی ساخته شده باشند. تشابه‌ها بین دیوارها شامل سن‌های مطلق زمان ساخت تقریباً نزدیک به هم (با احتساب خطای سن‌ها)، آجرهای حدودا هم اندازه (آجرهای دیوار تمیشه و قسمت غربی دیوار گرگان ۳۸/۵-۳۶سانتی‌متر هستند)، اندازه و شکل کوره‌های آجرپزی شبیه هم ، وجود خندقی در کنار دیوار(که به نظر می‌رسد ابتدا از آنها برای انتقال آب به‌منظور تولید خشت استفاده می‌شده است) و قلعه‌های با معماری تقریباً مشابه است. شواهد نشان‌گر آن است که هر دو دیوار تواما بخشی از یک سامانهٔ دفاعی بوده‌اند تا منطقهٔ حاصلخیز گرگان را حفاظت کنند. قسمتی از دیوار تمیشه زیر دریا است و ممکن است در محلی زیر دریا به دیوار گرگان متصل شده باشد. اگر این فرضیه صحیح باشد مجموع دو دیوار سد دفاعی خوبی برای جلوگیری از حملات دشمنان شمالی و غربی بوده است. اتصال دو دیوار مانع حملهٔ دشمنان از راه دریا نیز می‌شده است. به‌ویژه خطر حمله از طرف امپراتوری روم شرقی نیز در آن دوران از سمت غرب جدی بوده است. البته تفاوت‌هایی هم بین دو دیوار وجود دارد. درحالی‌که دیوار گرگان یک خط دیوار دفاعی بوده است، دیوار تمیشه در قسمت هایی دو خط دیوار بوده است و شکلی شبیه به دیوار دربند (Derbent) دارد (شکل ۱۸). که یکی از مجموعه‌دیوارهای دفاعی غرب دریای خزر است. دیوار دربند به طول حدود ۵۰ کیلومتر در شمال غرب دیوار تمیشه و به فاصلهٔ بیش از ۷۰۰ کیلومتر از آن واقع است. لذا به نظر می‌رسد که در دورانی از دیوار تمیشه برای حفاظت از قسمتی از شهر و کنترل رفت‌وآمد استفاده می‌شده است. زیرا این دیوار زمین‌های بسیار حاصلخیز جنوب دریای مازندران را از منطقهٔ شرق دریا جدا می‌کرده است.



شکل ۱۸. دیوار دربند در غرب ساحل دریای خزر احداث شده در دورهٔ ساسانیان،نقاشی سال۱۷۹۶

اگر چه سناریوهای گوناگونی برای زمان ساخت دیوار وجود دارد، بدون شک دیوارهای تمیشه و گرگان در دوران ساسانیان (۲۲۴ تا ۶۵۱ میلادی)، طی اوایل قرن پنجم تا اوایل قرن ششم میلادی ساخته شده‌اند و ساخت قسمت غرب دیوار گرگان و دیوار تمیشه به‌ترتیب تا تاریخ ۵۳۴ و ۵۳۷ سال پس از میلاد مسیح به پایان رسیده بوده است. بااین‌حال با توجه به سن‌های به‌دست آمده، سناریوی ساخت دیوار در اوایل قرن پنجم قوی‌تر از سناریوی ساخت دیوار در اواخر قرن پنجم و یا اواخر قرن ششم است و به نظر می‌رسد که ساخت دیوار تمیشه در دورانی بین ۴۲۰ –۴۳۰ بعد از میلاد شروع شده باشد. در هر صورت قبل از واقعهٔ فاجعه‌بار(cataclysmic) (در تاریخ کلیسا) به تاریخ ۴۸۴ به پایان رسیده است. نظر طبری که با واقعهٔ فوق تقویت می‌شود، چنین است که ساخت‌وساز خیلی قبل از مرگ پیروز به انجام رسیده است. به‌هرحال نمی‌توان با قطعیت ساخت دیوار را به پادشاه خاصی نسبت داد. هرچند دوران حکومت یزدگرد دوم (۴۳۸–۴۵۷) پسر بهرام گور و پیروز (۴۵۷–۴۸۴) بیشترین تطابق را با دوران ساخت دیوار دارد، اما ممکن است ساخت دیوار در دوران هر دو پادشاه صورت گرفته باشد. البته بنابر گزارش های تاریخی در دورهٔ میانی حکومت ساسانیان (۳۷۹–۴۹۸) بجز دو جنگ کوچک و کوتاهی که بین ساسانیان و امپراتوری رم شرقی طی سال‌های ۴۲۱ تا ۴۲۲ و ۴۴۱–۴۴۰ بعد از میلاد صورت گرفت (گریتکس، ۱۹۹۸؛ گریتکس و همکاران، ۲۰۰۲)، در بقیه این دوران صلح و آرامش برقرار بوده است. و ا شاید فرصت مناسبی برای ساسانیان به‌وجود آمده بود تا به ساخت دیوارهای دفاعی در مرز شمالی (گرگان و تمیشه) بپردازند.

نظر ابن‌روستا که ساخت دیوار تمیشه را به خسرو اول نسبت می‌دهد درست به نظر نمی‌آید. زیرا دوران فرمانروایی خسرو اول (انوشیروان دادگر) (۵۳۱–۵۷۹ بعد از میلاد) با زمان ساخت کوره (۴۰۲ تا ۵۳۷ میلادی) دقیقا منطبق نیست. بلکه نمایانگر آن است که اوایل سلطنت انوشیروان منطبق با آخر سن حاصل شده برای کوره آجرپزی است. یعنی حداقل سن کوره آجرپزی منطبق با ۳ الی ۶ سال پس از به قدرت رسیدن خسرو اول است، لذا بعید به نظر می‌رسد که ایشان سازندهٔ دیوار باشد. از بُعد تاریخی نیز در آغاز حکومت خسرو اول (انوشیروان دادگر)، برادرش کاووس کنترل تبرستان را بر عهده داشت، و مخالف حکومت خسرو اول بود. لذا خسرو در دوران آغازین حکومت، این منطقه را در اختیار نداشت تا بتواند دیوار بسازد. کاووس هم درگیر مقابله با دشمنان شمال تبرستان بود و امکانات لازم برای ساخت این دیوار را نداشت. حتی اگر نظر پروانه پورشریعتی مبنی بر کشته شدن کاووس در سال اول حکومت برادرش خسرو اول در ۵۳۱ بعد از میلاد صحیح باشد (پورشریعتی، ۲۰۰۸)، بعید به نظر می‌رسد که خسرو بلافاصله پس از کشته شدن برادرش و کنترل یافتن بر منطقه، در ظرف چند سال توانسته باشد چنین دیواری بسازد. به‌هرحال چون گزارش‌های تاریخی طبری و ابن‌روستا مبین ساخت دیوار در این دوران است، ممکن است دیوار در دورهٔ حکومت ایشان بازسازی و تقویت و یا قسمت‌هایی به آن اضافه شده باشد.

دیوار تمیشه و قلعهٔ بنساران (که در تاریخ از آن به‌منزلهٔ قصر پادشاهانی چون فریدون نام برده شده است و نزدیک شهر تمیشه قرار داشته است)، با توجه به سن‌های به‌دست آمده، هم‌دوران ساخته شده‌اند. لذا قلعه بانسران قلعهٔ اصلی دیوار است که درانتهای پایانی جنوبی دیوار تمیشه قرار داشته و حصار اطراف آن به اندازهٔ حصار قلعهٔ شماره ۴ دیوار گرگا ن است . لیکن قابل‌توجه است که اگر چه مدل هال سه‌راهرویی در قلعه‌های دیوار گرگان مشاهده نشده و فقط متعلق به قلعهٔ بنساران است، اما سن‌یابی مشخص کرده است که زمان ساخت قلعهٔ بناسران و قلعه‌های گرگان هم‌عصر است. البته هال سه‌راهرویی در زمان ساسانیان در دیگر مکان‌ها از جمله در تخت سلیمان ساخته شده است و بعدها پس از ورود اسلام به ایران درساخت مساجد هم به کار رفته است. به‌هرحال نمی‌توان براساس تحقیقات فعلی، با اطمینان زمان ساخت این هال را به قبل یا بعد از اسلام نسبت داد. همچنین نمی‌توانیم با قطعیت بگوییم این بنا برای فعالیت‌های مذهبی،یا غیر مذهبی ساخته شده است.

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می‌دانیم از جان لوک شونینگر ، ابرهاد سوئر، جبرئیل نوکنده، حمید عمرانی، قربانعلی عباسی، مجید محمودی و سایر همکارانی که در این تحقیق ملی شرکت داشته‌اند تشکر کنیم. همچنین برای مرحوم پروفسور تونی ویلکینسون که نقش ارزنده‌ای در این تحقیقات داشتند، آرزوی رستگاری داریم از داوران محترم که با دقت نظر و طرح پیشنهادهای سازنده موجب ارتقای مقاله شدند قدردانی می‌کنیم.

مراجع

فتاحی، م.، رضاخانی روزبهانی، ف.، لوک شونینگر، ج.، سوئر، ا.، نوکنده، ج.، عمرانی، ح.، ویلکینسون، ت.، عباسی، ق. و محمودی، م.، ۱۳۹۴، دیوار بزرگ گرگان: سن‌یابی به روش لومینسانس دیوار، م. ژئوفیزیک ایران، ۹(۳)، ۴۵-۵۹.

رضاخانی، ف.، ۱۳۹۳، سن‌یابی بخشی از دیوار گرگان به روش لومینسانس، سمینارکارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

صولت، ف.، نگاهی نو به یکی از کتیبه‌های قدیمی دربند قفقاز، پژوهشگر پژوهشگاه زبان‌شناسی، کتیبه‌ها و متون.

بحرالعلـومی شـاپورآبادی، ف.، ۱۳۸۸، روش‌های سـال‌یابی در باستانشناسی، انتشارات سمت.

Abeyratne, M., 1994, TL dating of Sri Lankan archaeological sites, Quaternary Science.

Aitken, M. J., 1985, Thermoluminescence dating acadamic Press, London.

Aitken, M. J., 1998, An Introduction to Optical Dating: The dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence, Oxford University (in Press).

Bailiff, I. k., Lacey, H. R., Coningham, R. A. E., Gunawardhana, P., Adikari, G., Davis, C. E., Manuel, M. J. and Strickland, K. M., 2013, Luminescence dating of brick stupas:an application to the hinterland of Anuradhapura, sri Lanka, Antiquity, 87(335), 189-201.

Bivar, A. D. H. and Fehervari, J., 1966, the walls of tammisheh, Iran, 4, 35-50.

Browne, E. G., 1905, An Abridged translation of the history of Tabaristan compiled about A. H. 613 (A.D. 1216) by Muhammad, B. Al-hassan, B. Isfandiyar, Leiden and London.

Erlach, R. and Vana, N., 1988, TL-dating of archaeologycal samples from Carnuntum, Nuclear Tracks and Radiation Meaurements, 14, 295-298.

Greatrex, Geoffrey, B., 1998, Rome and Persia at War, 502-532, Rome, Francis Cairns, ISBN 0-905205-93-6.

Greatrex, Geoffrey, B. and Lieu Samuel N. C., 2002, The Roman Eastern frontier and the Persian wars (Part II, 363-630 AD), Routledge, ISBN 0-415-14687-9.

Kiani, M. Y., 1982a, Excavations on the defensive wall of the Gurgan Plain, Iran 20, 73-79.

Kiani, M. Y., 1982b, Parthian sites in Hyrcania, the Gurgan Plain, Archäologische Mitteilungen aus Iran Ergänzungsband, 9, Berlin.

Klasen, N., Enge, M., Helmut, B., Hausleiter, A., Intilia, A., Eichmann, R., Mohammed, H. and Said, F., 2011, Optically stimulated luminescence dating of the city wall system of ancient Tayma (NW Saudi Arabia), Journal of Archaeological Science, 38, 1818-1826.

Liritzis, Y. and Thomas, R., 1980, Palaeointensity and thermoluminescence

measurements on Cretan kilns from 1300 to 2000 BC, Nature, 283, 54-55.

Liritzis, I., Galloway, R., B. and Theocaris, P. S., 1994, Thermoluminescence dating of ceramics revisited: optical stimulated luminescence of quartz single aliquot with green light-emitting diodes, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles 188, 189-198.

Liritzis, I., Guibert, P., Foti, F. and schvoerer, M., 1997, The temple of Apollo (Delphi) strengthens novel thermoluminescence dating method, Geoarchaeology, 12, 479-496.

Lu, Y., Zhang, J., Xie, J. and Wang, X., 1988, TL dating of pottery sherds and baked soil from the Xian Terracotta Army site, Shaanxi province, china, Nuclear Tracks and Radiation Measurements, 14, 283-286.

Mejdahl, V., 1989, A survey of archaeological samples dated in 1988, Risu-M-2807, Risu National laboratory, Roskilde.

Nokandeh, J., Omrani Rekavandi, H. and abbasi, J. A., 2002, Survey and excavation at the ancient city of tammisheh (in Farsi: Barresi va gamanazani-e shahre bastani-e tammishehe). Unpublished report, Iranian Center for Archaeological Research, Tehran.

Nokandeh, J. and Omrani Rekavandi, H., 2003, Survey of the wall of Gorgan (in Farsi: Barresi-e Bastanshenasi-e Divare-e Gorgan), Unpublished report, Iranian Center for Archaeological Research, Tehran.

Nokandeh, J., Sauer, E. W., Omrani Rekavandi, H., Wilkinson, T., Abbasi, G. A., Schwenninger, J. L., Mahmoudi, M., Parker, D., Fattahi, M., Usher-Wilson, L. S., Ershadi, M., Ratcliffe, J. and Gale, R., 2006, Linear barriers of Northern Iran: the great wall of Gorgan and the wall of Tammishe, Iran, 44, 121-73.

Omrani Rekavandi, H., Sauer, E. W., Wilkinson, T. and Abbasi, G. A., 2008, Sasanian hinterland fortresses, linear barriers and frontier landscapes: The 2007 season at the great wall of Gorgan and the wall of Tammisheh, The British Institute of Persian Studies Newsletter, 33, 1-3.

Pourshariati, P., 2008, Decline and fall of the Sasanian Empire: the Sasanian–Parthian confederacy and the Arab conquest of Iran, New York, I. B., TAURIS.

Robertson, G. B. and Prescott, J. R., 1988, The Thai ceramics archaeological project: TL characteristics of the artifacts, Nuclear Tracks and Radiation, Measurements, 14, 299-305.

Sauer, E. W., Omrani, H., Wilkinson, T. J. and Nokandeh, J., 2014, Persia's imperial power in late antiqity, the great wall of Gorgan and the frontier landscapes of sasaninan Iran, OxBOW Books, P 710.

Theocaris, P. S., Liritzis, I. and Gallooway, R. B., 1997, Dating of two Hellenic pyramids by a novel application of thermoluminescence, Journal of Archaeological Science 24, 399-405.

Waldron, A., 1990, The great wall of China: from history to myth, Cambridge.

Journal of the Earth and Space Physics, Vol. 42, No. 3, Autumn 2016, P. 1

A review of luminescence dating of ancient walls and the study of the Tammisheh Wall

Fattahi, M.[1*] and Heidari, M.[3]

1. Associate Professor, Department of Earth Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran
2. M.Sc. Student, Department of Earth Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Kargar Shomali, Tehran, Iran

Review

(Received: 15 Dec 2015, Accepted: 18 Oct 2016)

Summary

Thermoluminescence (TL) dating was established in Oxford to fulfil the demand for dating ceramics and other heated man made products (Aitken, 1985). It determines the time elapsed since the mineral grains have been heated. Following the establishment of TL dating method, it was used to date fired materials such as pottery, flint and etc. Optically stimulated luminescence (OSL) determines the time elapsed since mineral grains have been last exposed to light just before burial (Aitken, 1989). Ancient walls are mainly built for defensive purposes. Some walls were destroyed and erected again and some had been extended. There is no accurate historical information about the time and purpose of the construction of the most of the ancient walls. Dating methods are key important tools in archaeological investigations. Absolute date for ancient building including walls, facilitate accurate time of construction and interpretation about the reasons that the monument was built. The proud history of association of TL and OSL dating with archaeology is well explained in literature (e.g., Roberts, R.G. 1997; Feather j. K. 2003); Monuments and settlements were also dated by TL and OSL including three Minoan palaces in Crete (Liritzis and Thomas, 1980); stoneware from the period of the early Thai kingdom of Sukhothai (Robertson and Prescott, 1987, 1988); the remains of the strategically-located Roman city of Carnuntum in Austria (Erlach and Vana, 1988); the Terracotta Army in Xi'an, China (Lu et al., 1988); fifteen Mesolithic to medieval habitation sites in Denmark, Sweden and Finland (Mejdahl, 1989); the foundations of the archaic fortifications on Palatino Hill in Rome itself (Bacci et al., 1990); the Spanish exploration of western Canada in the 18th century AD (Williams et al., 1991); stone lines and cairns on the Arnhem Land plateau in northern Australia (Chaloupka, 1993); Mycenean wall in Greece (Liritzis, 1994); temples and citadels in Sri Lanka (Abeyratne, 1994); the temple of Apollo in Delphi (Liritzis et al., 1997); the archaeological sites of Tall Abu Fahd and Tall Qsubi in the Middle Euphrates Valley, in Syria (Sanchez et al., 2008); the city wall system of the oasis in NW Saudi Arabia (Klasen et al., 2011); the domed Stupas in Sri Lanka (Bailief et al., 2013). Following the explanation of basis of OSL dating, this article presents the application of OSL for dating Tammisheh wall in Iran, as a case study. The Tammisheh Wall in northern Iran was around 12 km long from the Elburz Mountains into the south- of the Caspian Sea and is lined by a fort in dry land in the south and another fort that is currently under water, in the north. A canal, conducted water along most of the wall. Tammīsheh Wall was in a good state of repair in the mid-7th century, because its inhabitants resisted against the powerful army of Sa‘īd b. al-‘Āṣ, son-inlaw of Caliph ‘Uthmān and governor of Kūfa, when it approached the Tammīsheh land corridor from the east in AD 650/651. (Sauer et al., 2014). The town of Tammīsheh continued to be occupied until at least the 13th. (Bivar and Fehérvári 1966). While Ibn Isfandiyār had attributed, the Tammīsheh to Peroz, Ibn Rusta (the early 10th-century author) suggested that the Tammīsheh Wall was built by Khusro I (AD 531–579). The Proposed dates, founder or period for construction of the wall is shown in Table 1. Until 2005, there had been no absolute date for the Tammisheh Wall. ^{14}C is one of the most accurate methods but requires organic material. However, the wall is made of bricks that perfectly suits OSL dating. There are quartz and feldspar in the bricks. Quartz and feldspar are 2 main luminescence dosimeters. As bricks are cooked in ovens, the luminescence clock of quartz and feldspar inside the bricks will reset, due to temperature more than 300°C. The sediments contain quartz and feldspar. When sediments are exposed to day light, their luminescence clock will reset. The luminescence clock will start again as soon as bricks cool down or the sediment that was exposed to light is buried. Therefore, we employed both OSL and carbon fourteen methods. We collected one OSL sample sediment below foundations of Tammisheh Wall (Fig 4) which unfortunately overestimated the real age. We also sampled one OSL sample and a charcoal from a preserved section of the kiln in Trench F (Fig 8). Another OSL sample and three radio carbon samples were collected from the trench “O” of Bansaran fort (Figs 14-17). All samples were transferred and dated in Oxford. The dating result of samples is presented in Table 1. The result of OSL and ^{14}C ages proved conclusively that Tammisheh wall and Bansaran fort had been built during the Sasanian period.

Keywords: Dating, Luminescence, Ancient walls, Tammisheh wall.

*Corresponding author: mfattahi@ut.ac.ir