مروری بر نمک‌زدایی ابنیه و یادبودهای سنگی به روش ضمادگذاری[۱]

ورونیک ورگس بلمین و هاینر زایدل

مترجم: سحر احمد خان بیگی

چکیده

نمک‌زدایی با ضمادگذاری بر استخراج نمک‌های محلول از طریق قرار دادن مواد خیس جاذب بر سطح شئ یا ابنیه‌ی در حال درمان اشاره دارد. علی‌رغم استفاده‌ی متداول از این روش در حفاظت ابنیه، گاهی محقق با نتایج متناقضی مواجه می‌شود. در مقاله‌ی پیش رو روش‌های مختلف ضمادگذاری به‌منظور نمک‌زدایی آثار معرفی شده است تا ضمن پرداختن به این مسئله، تحقیقات و مطالعات بیشتری را برای ارتقا دانش در این زمینه پیش روی قرار دهد.

واژگان کلیدی: نمک، نمک‌زدایی، ضمادگذاری، بازدهی(راندمان)

۱- مقدمه

مرمتگران، دانشمندان و حفاظتگران، بسیاری از روش های نمک‌زدایی را شناسایی و معرفی کرده‌اند. این موضوع از چنان اهمیتی در زمینه‌ی حفاظت برخوردار است که بیش از صدها مقاله در ارتباط با این مبحث منتشر شده است؛ با این حال مقالات مروری در این زمینه بسیار نادرند. در سال ۲۰۰۱، مجله مونومنتال (تاریخی) فرانسه مروری را بر مبحث نمک‌زدایی منتشر نمود [۱] و در همان سال انجمن WTA در آلمان مجموعه‌ای از پیشنهادات با تکیه بر نمک‌زدایی توسط ضمادگذاری را منتشر کرد[۲]. همچنین کتاب "Mauersalze und Architekturoberflächen" [۳] شامل تازه‌ترین مقالات به زبان انگلیسی و آلمانی مرتبط با مبحث نمک‌زدایی است. مقاله‌ی پیش رو تنها به موضوع نمک‌زدایی اختصاص یافته است چرا که این روش عموماً در حفاظت ابنیه تاریخی مورد استفاده قرار می‌گیرد و گاهی اوقات نتایج سؤال‌برانگیزی در پی دارد. تلاش ما بر آن بوده است تا مقاله براساس آخرین روش‌های نمک زدایی از سال ۲۰۰۲ به بعد را ارائه شود [۴].

---

[۱] . ترجمه فوق از منبع زیر انجام شده است.

Verges-Belmin, V., and H. Siedel. 2005. Desalination of masonries and monumental sculptures by poulticing: A review. *Restoration of Buildings and Monuments: an International Journal = Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege: Eine international Zeitschrift* 11: 391–408

۲- خلاصه ای از دیگر روش‌های نمک‌زدایی

به غیر از ضمادگذاری، روش‌های پیشنهادی برای مقابله با مشکلات ناشی از نمک‌ها را می‌توان در سه دسته طبقه‌بندی نمود:

- دسته‌ای از روش‌ها تلاشی بر استخراج نمک‌ها ندارند با این حال با مداخله در دمای اقلیم مورد نظر، موجب نامحلول شدن نمک‌ها و یا کاهش تأثیرات آن‌ها می‌شوند. جهت دریافت اطلاعات بیشتر در مورد درمان‌هایی با به کارگیری ترکیبات باریم در نامحلول نمودن نمک‌ها، می‌توان به مقالات اخر متنی [۵] و وبر[۲] [۶] مراجعه نمود. اصول دخالت و نمونه‌های کاربردی مداخله در دمای اقلیم را می توان در منابع [۷-۹] یافت.
- روش‌های دیگر همانند انتشار (شستشو در حمام سرپوشیده) و همرفت[۳] (در خلاء یا فشار آب استخراج) سعی بر استخراج نمک‌ها از بستر دارند و مهاجرت الکتریکی برخی مواقع عامل کمکی این روش‌ها در نظر گرفته می‌شود [۴] .
- آن دسته از روش‌هایی که واکنش‌های مرتبط با میکروب‌شناسی [۱۲-۱۰] و یا گرم‌خانه‌های [۱۳] ریزموجی که هنوز در بوته‌ی آزمایش قرار دارند، را استفاده می‌کند.

۳- نقش اصلی نمک‌زدایی به روش ضمادگذاری

ضماد از یک یا چند ماده‌ی خیس آب دوست تهیه شده و بر سطح اثر اعمال می‌گردد. آب از لایه‌ی ضماد به داخل منافذ اثر نفوذ کرده و از این طریق، موجب حل شدن نمک‌های محلول می‌شود. تفاوت غلظت میان نمک‌های محلول در شئ (با تراکم بیشتر) و آبی لایه‌ی ضماد (با تراکم کمتر) موجب حرکت یون‌ها به سمت بیرون و در نهایت انتشار نمک‌ها می‌شود. عامل دیگر مهاجرت نمک‌ها، تبخیر رطوبت ضماد خیس به طرف هوای اطراف بوده و این مهم سبب می شود تا نمک‌ها بر اثر انتقال مویینگی از بستری که متصل به لایه ضماد در حال تبخیر است، به سمت بیرون حرکت کنند. اگر آبِ آلوده به نمک بتواند کاملاً به داخل ضماد رانده شود و در طول دوره تبخیر شدن رطوبتِ ضماد، داخل آن باقی بماند، نمک‌ها سر انجام درون ضماد متبلور خواهند شد.

۳-۱ پارامترها

سه مرحله‌ی متوالی در نمک‌زدایی به روش ضمادگذاری که شامل محلول نمودن، گسترش و نفوذ نمک‌ها و تبلور آن‌هاست، به پارامترهای مختلفی بستگی دارد.

۳-۱-الف رطوبت

حل شدن یون‌ها در شئ همان رفتاری را دنبال می‌کند که در تکنیک شستشوی سربسته دیده می‌شود، اما در این مورد تحقیقی، میزان نمک‌های فعال بستگی به عمق ناحیه مرطوب شده دارد. آبی که به داخل سنگ نفوذ می‌کند، هم از رطوبت اولیه، از شستشوی جزیی یا دیگر منابع خارجی و یا از خود ضماد ناشی می‌شود.

---

[۲] . نمک دیوار و سطوح معماری

[۳] .انتقال گرما(در مایع)

- **مرطوب شدن با آب ضماد**

در صورت مرطوب شدن بستر با آب ضماد، رطوبت زیاد در عمق اثر نفوذ نمی‌کند. برای مثال، پس از ۹۰دقیقه استعمال کاغذ خشک‌کن بر سنگ‌آهکی نو، آب تا ۲سانتی‌متر در آن نفوذ می‌کند [۱۴]. این عدد ضریب نفوذ مویینگی نگهداری آب در سنگ است (۲/۳سانتی‌متر در ۳۰ دقیقه) [۱۵]. به‌عنوان مثال در کلیسای سنت مارک باسیلیکا در ونیز، تنها دو سانتی‌متر ازسنگ پس از ۱۰مرتبه استعمال ضماد پودر سلولزی، نمک‌زدایی شد [۱۶]. نتایج محتمل نشان دهنده‌ی آن است که آن دسته از ضمادهایی که در طول دوره نمک‌زدایی مرطوب باقی می‌مانند، می‌توانند نسبت به موارد مشابهی که اجازه خشک شدن به آن‌ها داده می‌شود، تأثیر مناسب‌تری داشته باشند [۱۷]. با این وجود، این موضوع هنوز تحت بررسی و مطالعه است. در گزارش‌های اخیر، نمک‌زدایی به روش ضمادگذاری مرطوب به نسبت اعمال خشک آن از تاثیر کمتری برخوردار است [۱۸،۲]. برخی ضمادها با داشتن قابلیت نگهداری میزان بالایی از آب و خاصیت مویینگی پایین، روند خشک شدن شان ممکن است به کندی صورت بگیرد(حتی اگر مرطوب نگاه داشته نشوند) و به همین جهت یون‌ها با انتشار خود به طرف ضماد حرکت می‌کنند و این روند بسیار کند صورت می‌گیرد. نمک‌ها به‌جای آن‌که با فشار کشش مویینگی همراه با آب از بستر خارج شوند، به سرعت به طرف بیرون کشیده می‌شوند. در نتیجه هرچه ضماد دیرتر خشک شود، فرآیند نمک‌زدایی نسبت به سریع خشک شدن ضماد، از تاثیر گذاری کمتری برخوردار است [۱۹]. حتی در مواردی دیده شده فرآیند رانده شدن نمک‌ها به داخل سنگ در نتیجه مرطوب بودن ضماد میّسر شده است [۲۰]. هرچند تأثیر مورد قبلی در خشک بودن ضماد نیز مشاهده شده است [۲۲ ،۲۱ ،۱۹]. از مرطوب نمودن ضمادی که در حال خشک شدن بر بستر است، بایست اجتناب گردد، چراکه موجب حرکت دوباره نمک‌های ضماد به عقب و به سمت داخل سنگ می‌شود [۲۳]. متأسفانه، تحقیقات در این مورد بیشتر برپایه یک مورد مطالعاتی است و تاکنون طرح جامع کاربردی، نظری و مستندی شناسایی نشده است.

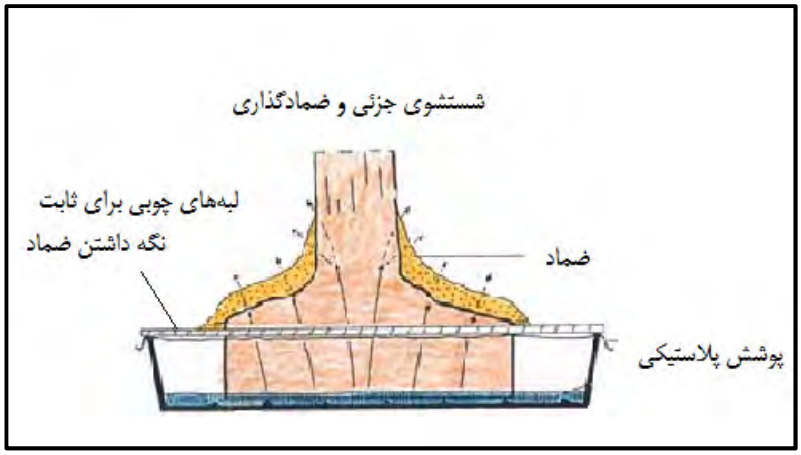
- **خیس نمودن مستقیم مواد ضماد**

برای چسبندگی و اتصال هرچه بیشتر ضماد به بستر و حل کردن نمک‌ها، چندین محقق، خیس نمودن بستر مورد استعمال ضماد را پیشنهاد نموده‌اند [۲۴ ،۲].نویسندگان به‌ندرت اطلاعاتی درباره میزان آب آن داده‌اند، هرچند این میزان به‌طور منطقی به جذب مویینگی سنگ، ملات، تراکم نمک‌ها و موارد دیگر بستگی دارد [۲]. میزان آبی که در مورد مطالعاتی [۲۵] بیان شده است، بسیار زیاد بود. ۲۰۰ لیتر در ساعت (L/h) برای ۷ متر مربع و در طی چند روز به‌منظور دست‌یابی به حداکثر میزان عمق نمک‌زدایی که تنها ۱۰ سانتی‌متر را در بر گرفت.

- **خیس نمودن مواد به وسیله شستشوی مقطعی یا منشأ بیرونی**

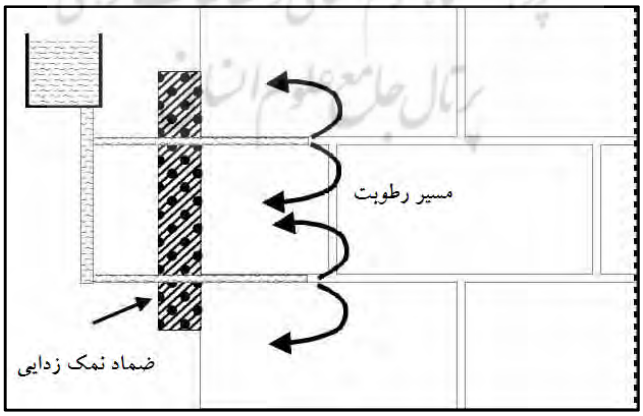
بهترین نتیجه می‌تواند روی آثار سنگی تکی به‌دست آید؛ همان‌طور که در شکل ۱ نمایش داده شده است، در این روش آب بر یک سمت سنگ و ضماد در طرف مقابل آن، به کاربرده می‌شود [۲۸-۲۶ ،۲۱]. این روش به‌ویژه برای نمکِ سنگ‌هایی که با غوطه‌وری کامل در آب زدوده می‌شوند، مطرح است؛ در این بین، این روش درمان برای اشیایی با شکل ظاهری خاص، ضعیف بودن سطح (تورق سطح) و بالا بودن انبساط رطوبتی[۴] سنگ، مناسب در نظر گرفته نمی‌شود[۲۷ ،۲۱].

4 . Hydric Dilatation



شکل۱- نمک‌زدایی به‌وسیله شستشو و ضمادگذاری جزئی [۲۱] (Siedel, 1996)

در رابطه با به کار بردن این روش و امکان رشد قارچ‌ها بر برخی موارد، بایستی بسیار ملاحظه‌کارانه عمل نمود [۲۹، ۲۷] . این روش معمولاً محدود به اشیایی می‌شود که امکان انتقال آن به کارگاه حفاظتگر وجود داشته باشد و همچنین روی اشیایی نظیر ستون‌ها که بتوان حفاظت آن‌ها را در محل خود اثر انجام داد، نیز مناسب است. به این صورت که ضماد بر یک طرف ستون به کار برده شده و طرف مقابل به‌طور ثابت مرطوب می‌شود. روش درمانی مشابهی در سایت(محل) نیز برای آجرکاری یافت شده است؛ که در آن آب از طریق حفره‌های عمیق ایجاد شده در بندهای دیوار، به داخل تزریق می‌شود (شکل۲). همزمان، نمکی که آب تزریق شده را آلوده می‌کند، به‌وسیله ضماد به کار برده شده در همان سمت دیوار جذب می‌شود [۳۱]. در یک مطالعه موردی دیگر، این روش(تزریق فرآیند فشرده‌سازی) برای دیوارهای نازک با ضخامت کم (۲۴سانتی‌متر) که حجم بالایی از نمک را در خود دارند، شناسایی شد که در آن، ضمادهای اضافی در پشت دیوار اعمال شدند [۳۲]. انتقال نمک‌ها به داخل لایه ضماد در این دیوار، توسط تنظیمات دمایی پایدار ولی به‌شدت متفاوت پایین و بالای تاق آجرکاری نازک (رطوبت نسبی بالا در مقابل رطوبت نسبی پایین) که نمک‌زدایی شده بود، به اجبار انجام شد. در نهایت، لایه ضماد خشک‌کننده در پشت (بالای تاق، در مجاورت هوای خشک) به‌منظور حفظ نقاشی‌های دیواری که حجم بالایی از نمک را در خود دارند، اعمال شد [۳۳]. در صورتی که شرایط معماری اجازه آن را دهد، می‌توان بنا را از بالاترین سطح خود خیس کرده و لایه ضماد را در زیر سقف بنا اعمال نمود [۳۵-۳۴]. این روش برای ساختار بنا بسیار مخاطره‌آمیز است چرا که می‌تواند موجب شسته شدن نقاشی‌های دیواری شود [۳۵].



شکل۲- تزریق آب و استخراج نمک با ضمادگذاری یا روش فشرده‌سازی تزریق [۲] (Grassegger et al, 2003)

۳-۱-ب ترکیبات ضماد

خاک رس و ترکیبات سلولزی اغلب بیشترین استفاده را در میان مواد و مصالح آزمایش شده (شکل۳)، داشته‌اند. ترکیبات دیگر چه معدنی نظیر دیاتومیت، دوده‌ی سیلیکا[۵]، پشم شیشه، اسفنج ویسکوز و حتی آهک در حالت ملات کشته شده تا مواد آلی همانند رزین‌های تبادل یونی هستند که معمولاً کمتر استفاده می‌شوند.

شکل۳- موادی که در تهیه‌ی ضماد استفاده می‌شوند

- **خاک‌ها**

سیلیکات آبدار آلومینیوم و منیزیم، سپیولیت، کائولن و بنتونیت معمولاً بسته به ظرفیت جذب بالا و کارایی‌شان در متون علمی معرفی می‌شوند(جدول۱) .

جدول ۱: منابعی که در آن‌ها به ضمادهای رسی اشاره شده است.

نوع ضماد	در منابع زیر نقل شده است
رس	[۱۶]، [۲۵]، [۲۶]، [۳۶-۳۷]
آتاپولوژیت	[۲۵]، [۳۶]، [۳۸]، [۳۹-۴۱]
سپیولیت	[۲۵]، [۳۵-۳۷]، [۴۱-۴۲]
بنتونیت	[۳۶]، [۴۱]، [۴۳]
کائولن	[۲۷]، [۳۷]، [۴۳]

خاصیت چسبندگی کانی‌های مذکور (زیرمجموعه خاک‌ها) دارای ارزش بالایی است اما گاهی اوقات، باقی‌مانده ضماد گلی به‌علت داشتن چسبندگی بالا پس از فرآیند نمک‌زدایی بر سطح بستر باقی می‌ماند. بنابراین این روش برای اشیائی با ارزش بالا همانند بناهایی با حجم قابل‌توجه تزئینات به کار نمی‌رود [۳۹]. هیدروسیلیکات منیزیم (Sepiolite) به کار

[۵] ترکیب دوده سیلیسی در بتن، به طور قابل توجهی سبب افزایش مقاومت فشاری و کاهش جذب سطحی اولیه میگردد. دوده ی سیلیس، که با عنوان میکرو سیلیکا (MS) یا دوده ی سیلیسی چگالیده شده نیز شناخته می‌شود، محصول جنبی تولید فلز سیلیکون یا آلیاژ های فروسیلیکون است(مترجم).

برده شده در کاغذ ژاپنی بر اشیای قیمتی و باارزش آزمایش و نتیجه گرفته شد که پودر سلولز از این ترکیب کارآمدتر و مناسب‌تر است [۴۲]. مونت موریولونیت و ورمیکولیت‌ها به علت داشتن بالاترین میزان جذب آب و بیشترین تورم پس از جذب آب، فعال‌ترین خاک‌های رسی هستند؛ متأسفانه نتایج استفاده از آن‌ها ثابت می‌کند که با داشتن درصد بالای انقباض‌شان، می‌توانند منجر به بالا رفتن خطر جدا شدن سطوح شکننده اثر شده و موجب از دست رفتن هرچه سریعتر تماس با بستر ضمادگذاری شود. مواد دربردارنده خاک می‌توانند حالت پلاستیکی داشته باشند به این‌ترتیب که در حضور مقدار معینی آب شکل‌پذیر شده و به این‌حالت، حد خمیری آن‌ها گفته می‌شود. اندازه‌ی این شاخص از ۵۷تا ۱۲۳ درصد وزنی از خاکی تا خاک دیگر متغیر است. هرچه مقدار آب افزایش پیدا کند، مواد به حالت شکل‌پذیر باقی مانده تا به نقطه‌ای برسند که در آن رفتار گل‌مانندی از خود نشان دهند. این مقدار دوم آب، حد مایع نامیده می‌شود. تفاوت میان این دو حد خمیری و حد مایع، دامنه‌ی خمیری نامیده می‌شود. برای مثال،[۶] خاک‌رس بر پایه‌ی آتاپولوژیت می‌تواند در ۱۰۰درصد وزنی میزان رطوبت خمیر شود و تا ۲۰۰درصد حجمی به حالت خمیر باقی بماند. دیگر کانی‌های خاک به‌غیر از مونت موریلونیت‌ها، دامنه‌ی خمیری کمی دارند.

- **ترکیبات سلولزی**

معمولاً در ترکیب مواد ضماد از خمیرکاغذ و پودر سلولز استفاده می‌شود (جدول۲) که با وجود وقت‌گیر بودن آماده شدن آن‌ها، نسبت به خاک‌رس، کار با این مواد راحت‌تر است. جدا از زمان‌بر بودنشان، این مواد به‌سختی آب را نگه داشته و در نتیجه چسبندگی ضعیفی طی قرارگیری‌های عمودی از خود نشان می‌دهند.

جدول ۲: معرفی ضمادها بر پایه‌ی سلولز در منابع زیر

نوع ضماد	در منابع زیر نقل شده است
سلولز (پنبه‌ی خام)	[۲۶]، [۴۶]
پودر سلولز	[۱۶]، [۲۶]، [۲۸]، [۳۸]، [۴۲]، [۴۷-۴۸]
کاغذ جاذب	[۳۸]، [۴۰]، [۴۶]
کاغذ خشک‌کن	[۴۲]
خمیر کاغذ	[۲۶-۲۷]، [۳۷]، [۴۶-۴۷]، [۴۹]
کاغذ صاف‌کن	[۲۶]، [۴۲]
روزنامه	[۳۷]
خاک چوب	[۲۶]

مطالعه‌ای که در موزه‌ی بریتانیا انجام شده است، نشان می‌دهد کاغذهای خشک‌کن، نمک را بهتر از پودر سلولز جذب می‌کنند [۴۲]. مطالعه‌ی دیگری نشان می‌دهد روزنامه‌های له‌شده می‌توانند به‌عنوان پایه‌ی ضماد در تزئینات ساختمان‌ها استفاده شوند [۳۷]. گفتن این نکته نیز حائز اهمیت است که بعضی از کاغذها در بردارنده‌ی مقداری نمک هستند و خمیر کاغذ حاصل شده از آن‌ها تمایل به سریع خشک‌شدن دارد [۲۷]. مقایسه در مطالعات مختلف نشان می‌دهد [۴۵] ،[۴۴] که پودر سلولز نسبت به مخلوط ترکیبات خاک رس از موفقیت کمتری برخوردار است.

۶. سیلیکات آلومینیوم و منیزیم آبدار

- **ترکیبات دیگر**

دیاتومیت و دوده‌ی سیلیس به‌ندرت در ترکیبات ضماد استفاده می‌شوند [۳۶، ۲۵]، مواد غیرمعمول دیگر همانند آهک آب‌دیده [۲۶]، پودر برنج و تالک [۳۶]و حتی آزبست(پنبه نسوز)، ماده‌ی بسیار سرطان‌زا [۲۶]، نیز از جمله ترکیبات به کار برده در ضماد است. از اسفنج‌های ویسکوز نیز در چندین مورد استفاده شده است [۳۱-۳۰]؛ این اسفنج‌ها قابلیت شستشو و استفاده‌ی چندین باره دارند. سنجش رزین‌های تبادل یونی نیز با موفقیت‌هایی روبه‌رو شده است [۵۰] ،[۲۶]؛ با این‌حال استفاده‌ی آن‌ها به نظر آسان نمی‌آید چراکه ترکیبی از رزین‌های کاتیونی و آنیونی با وجود مؤثر بودنشان، مقدار جزئی pH اسیدی دارند [۵۱].

- **آمیزه‌ها(مخلوط‌ها)**

سنجش انواع بیشتر مخلوط‌ها در جدول۳ آمده است، با این‌حال عملکرد ویژه‌ی هر جزء مشخص نیست. مخلوط آتاپولوژیت سلولز (به نسبت ۲به۱وزنی) از شمار ترکیباتی با خواص چسبندگی و شکل‌پذیری مناسب و انقباض کم به هنگام خشک شدن محسوب می‌شود [۳۸]. مخلوط دیگر که بر پایه‌ی سلولز، بنتونتیت و ماسه است (به نسبت ۱:۱:۶ حجمی) خصوصیاتی نظیر سختی و انقباض کم به هنگام خشک شدن دارد [۲۸]. همان اجزا اگر به نسبت ۱:۱:۴ با یکدیگر مخلوط شوند، در برابر پدیده‌ی انقباض، رفتارهای خشک شدن و کارا بودن در استخراج نمک‌ها برای اجزای ضماد عملکرد بسیارمناسبی دارند [۱۹]. استفاده از سلولزهایی با فیبر بلند (۰/۷میلی‌متر) و ماسه با دانه‌بندی متوسط (۱-۰/۵میلی‌متر) مخلوط با بنتونیت نسبت به ترکیب فیبرهای کوتاه‌تر سلولز(۰/۳میلی‌متر) و ماسه با دانه‌بندی درشت‌تر (۲-۱میلی‌متر) موجب چسبندگی بالاتری در ضماد می‌شوند [۵۲]. لامباردو و سایمون[۷]، نتایج خوبی با استفاده از ترکیب سدیم زئولیت که نمک‌ها را در ساختار کانی خود حل نموده و آن‌ها را از معادله ساختاری حذف می‌کند، به دست آورده‌اند [۱۹]. برای نمک‌زدایی مجسمه‌های پلی‌کروم در می‌میزن[۸] از مخلوط ماسه و دوده‌ی سیلیکا استفاده شده است [۵۳].

در سال ۱۹۹۸ دُماسلوسکی[۹] و همکارانش کتابی در ارتباط با حفاظت بناهای آجری منتشر کردند [۴۵] که در آن فصلی به نمک‌زدایی اختصاص یافته است. در این فصل، اطلاعات بسیار دقیقی درارتباط با اصطلاحات علمی نمک‌زدایی تهیه شده و می‌توان آزمایش‌های نسبی روش‌ها و طرز تهیه‌ی ضمادهای متفاوت را در این کتاب پیدا کرد (شکل ۴). شاخص‌های آزمایش شده در این شکل شامل چسبندگی، انقباض، شکل‌پذیری و تأثیرات نمک‌زدایی است، آخرین شاخص به منزله‌ی میزان نمک استخراج شده در مقایسه با میزان نمکی اصلی است که در آجر آلوده شده (به نمک) وجود دارد. ضریب دیگری با نماد Wc وضع شده است که معرف نسبت وزن آب به وزن خشک ضماد است (این ضریب هم برای مواد منفرد و هم برای ترکیبی از مواد مختلف در نظر گرفته می‌شود). در شرایط تجربی می‌توان به سهولت دریافت ضمادهایی که تنها با مواد سلولزی درست شده‌اند به نسبت ضمادهایی که در ساختارشان از خاک رس استفاده شده، از بازده کمتری برخوردارند.

7 .Lombardo & Simon
8. Mimizan
9. Domaslowski

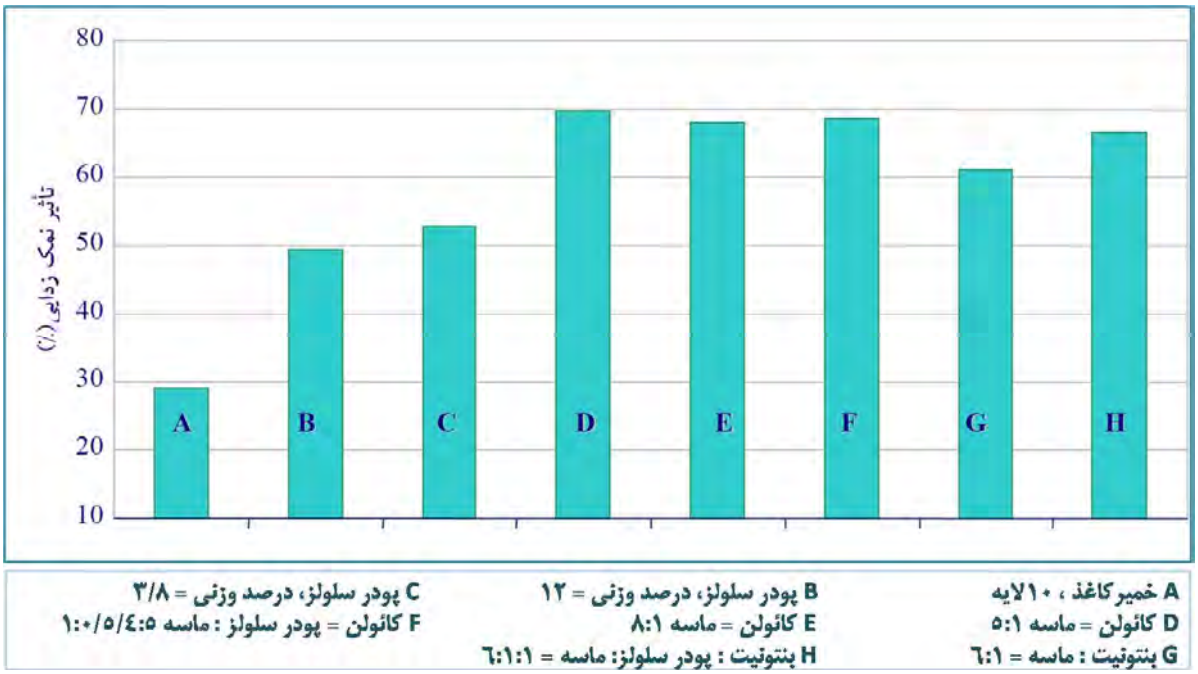
جدول ۳: معرفی ضمادهای بر پایه‌ی ترکیبات مختلف در منابع زیر

نوع ضماد	در منابع زیر نقل شده است
سلولز/ ماسه	[۱۹][۲٤]
سلولز/ آتاپولوژیت	[۳۸]
سلولز به علاوه‌ی ملات گل و آهک	[٤۸]
سلولز/ بنتونیت/ ماسه	[۲۸]
سلولز/ بنتونیت	[۲۸]
ملات آهک	[۲٦-۲٥]
کائولن/ ماسه	[۲٦]
کائولن/ کاغذ	[۲۷]
کائولن/ سلولز/ ماسه	[٤٤][۲٤][۱۹]
کائولن/ سیلیکات آلومینیمی سدیم– ماسه	[۱۹]

ترکیب کائولن و ماسه به نسبت وزنی ۱به۵، بهترین نتیجه را در تهیه‌ی ضماد داده است. مطالعه‌ی نسبی ترکیبات مختلف ضمادها بر سنگ در وضعیت عملی، توسط اگلوفستین و اوراس[۱۰] منتشر شده است [۴۴]. آن‌ها همچنین دریافتند که ضمادی که ساختار آن را تنها سلولز تشکیل می‌دهد به نسبت ضمادی که در ساختارش ترکیبی از کانی‌های رسی، سلولز و ماسه به کاربرده شده از تأثیر کمتری برخوردار است. بهترین نتایج از ترکیب کائولن، سلولز و ماسه به نسبت حجمی ۱:۱:۴ گرفته شده است. ترکیب مذکور، تأثیر نهایی مورد مطالعات تطبیقی دیگری را نیز با موفقیت روبه‌رو کرده است [۲۶]. نقطه ضعفی که برای این ترکیب ذکر شده، چسبندگی بالای بقایای ضماد پس از برداشتن آن از سطح شئ است (شکل‌گیری پوشش خاکستری یا سفید بر سطح اثر [۴۴]).

کاغذهای ژاپنی با داشتن خصوصیاتی از قبیل لک نکردن لایه‌ی زیرین و بالا بردن چسبندگی ضماد[۴۴] ،[۱۹] به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تراند. اخیراً از پشم شیشه به‌عنوان افزودنی در ضمادهایی که بر پایه‌ی ماسه، سلولز و آتاپولژیت هستند، استفاده می‌شود. حتی چندین بنا در محوطه‌های بیرونی با استفاده از پشم شیشه به‌صورت تنها ماده‌ی در برگیرنده‌ی ضماد، نمک‌زدایی شده‌اند[۵۴]. این ماده‌ی فیبری، مقاومت طولانی‌مدتی را برای ضماد فراهم می‌کنند. ضمادهای آهکی در مواردی که نیاز است ضماد تا مدت‌ها بر اثر باقی بماند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قبیل لایه‌ی قربانی فرصتی را به وجود تا عملیات مرمتی آغاز گردد. خواص برخی افزودنی‌ها شناخته‌شده است، حتی اگر به‌صورت کمی اندازه گیری نشده باشد(جدول ۴).

10 .Egloffstein and Auras



شکل۴- تأثیرات گونه‌های مختلف ضماد بر بازدهی فرآیند نمک‌زدایی آجرها [۴۵] (Domaslowski et al. 1998)

جدول ۴: خصوصیات مواد افزودنی[۱۱]

معایب	مزایا	در منابع زیر نقل شده است	ماده‌ی افزودنی
_	انقباض ناشی از خشک شدن را کاهش می‌دهد	[۲][۲۸][٤٥]	ماسه
_	از رشد قارچها جلوگیری می‌کند	[۲۷]	پنتا کلروفنات سدیم
_	موجب چسبندگی ِ بیشتری می‌شود	[۲۵][٤٨]	تورسازی (با آهن گالوانیزه یا با پلاستیک)
مانع از اندازه‌گیری ضریب انتشار می‌شود	از رشد قارچها جلوگیری می‌کند	[۵۵]	ترکیب چهار اتمی آمونیاک
_	از فرو افتادن لایه‌ی ضماد جلوگیری می‌کند	[۲۵]	توری که از حلقه‌های طنابِ کنفی با روزن‌های بزرگ ساخته شده است
موجب کاهش چسبندگی لایه‌ی ضماد به بستر می‌شود	از زوال سطح اثر جلوگیری می‌کند	[۵۵_۵٦]	پارچه‌ی تنزیب
_	موجب چسبندگی ِ بیشتری می‌شود	[۵۱]	سورفکتانت[۱۰]
انتقال آب را کاهش می دهد	**موجب چسبندگی ِ بیشتری می‌شود**	[۲][۳۷]	**آگاراگار، سریشم، ژل‌های پروتئینی، کربوکسی متیل سلولز**

۱۰ سورفکتانت‌ها معمولا ترکیباتی آلی هستند که دارای گروه‌های هیدروفوبیک که نقش دم‌ودنباله را دارد و گروه‌های هیدروفیلیک که نقش سر را دارد است؛ بنابراین معمولا به طور ناچیز در آب و حلال‌های آلی حل می‌شوند . سورفاکتانت ماده‌ای است که هنگامی که به مقدار بسیار ناچیز استفاده می‌شود، کشش سطحی آب را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد(مترجم).

۳-۲ پارامترهای دیگر

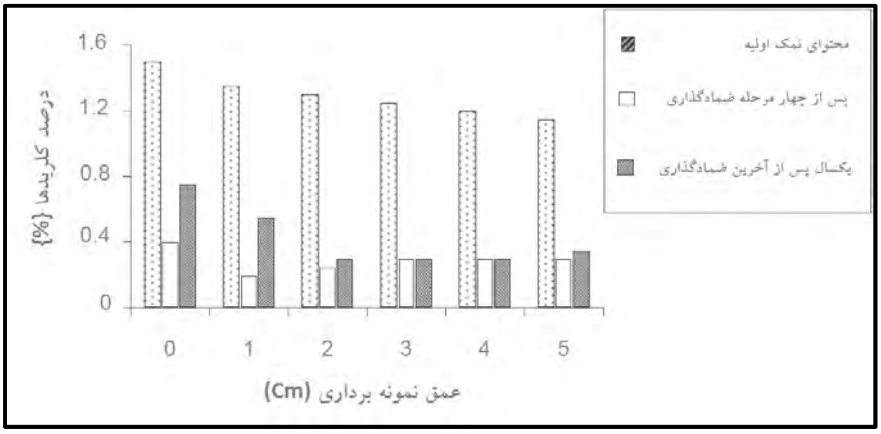
برخی مواد نظیر ملات‌های قربانی و محصولات تبلیغاتی بر پایه‌ی سپیولیت‌ها دربردارنده‌ی نمک‌های محلول هستند [۴۸]، [۳۷]، با این‌حال تنها مقدار ناچیزی از نمک را می‌توان در چندین گونه خاک رس [۱۹] و سلولز [۲۳] شناسایی کرد. عموماً، اپراتورها سعی بر اعمال ضخیم‌ترین لایه‌ی ممکن با موادی که در دست دارند، داشته و تلاش آنها بر دوری از خراب شدن خود به خودی مواد ضماد پس ازاعمال آن‌ها است. این امر بایست مطابق با ضخامت ۲-۱ سانتی‌متر ضماد باشد. تا آنجا که می‌دانیم تنها یک بررسی در ارتباط با این موضوع انجام شده است [۵۷]. پژوهشگران دریافته‌اند که اعمال یک لایه‌ی ضخیم ضماد کربوکسیل متیل سلولز نسبت به اعمال چندین لایه‌ی نازک آن، از بازده کمتری برخوردار است. دما، رطوبت نسبی، شرایط تهویه (هوارسانی) و چسبندگی ضماد بر هر دو مورد حرکت انتقالی محلول‌ها و محل رسوب نمک‌ها یا یکی از این دو مورد تأثیر می‌گذارد. در شرایطی که فرآیند تبخیر سریع رخ دهد، منجر به بالا رفتن خطر قطع شدن اتصالات مویی آب شده و به‌این ترتیب موجب فراهم‌آوری شرایط تبلور نمک‌ها در داخل سنگ به‌جای تبلور آن‌ها در ضماد می‌شود [۲۶]. به همین دلیل، برخی پژوهشگران محافظت از لایه‌ی ضماد با پوشش پلاستیکی برای کاهش انتقال جنبشی آب را توصیه می‌کنند[۴۳]. در صورت بی‌حفاظ ماندن ضماد در محوطه‌های بیرونی، آب باران و قطرات شبنم می‌توانند ضماد را دوباره مرطوب نموده و این امر نفوذ دوباره‌ی نمک‌ها به داخل سنگ را فراهم می‌کند[۲۶]. این مهم حاکی از آن است که پیش‌بینی تداوم روند نمک‌زدایی با محدودیت قابل توجهی همراه است. نیروی گرانشی در دیوارهای راست(عمودی)، موجب پخش شدن نامنظم آب هم در لایه‌ی ضماد و هم در بستر زیر ضماد می‌شود: تینزل[۱۲] [۲۳] دریافته است میزان رطوبت و تراکم نمک‌ها در ضمادهای سلولزی پس از گذشت ۲۱-۱۰ روز در بخش زیرین به نسبت بخش بالایی منطقه‌ی پوشانده شده، به بالاترین حد خود می‌رسد.

٤- مزایا و معایب کلی و پیشنهادات

بهتر است که قبل از اعمال لایه‌ی ضماد، اثر برس کشیده و تمیز شود چرا که این عمل موجب حذف شدن بخش مهمی از نمک سطح می‌شود [۵۸] ،[۲۶]. هنگامی که مرمتگر با ابنیه سروکار دارد، توصیه می‌شود که گچ‌کاری‌ها، اندود ماسه‌وآهک و ملات بندکشی [۵۹] به شرط نداشتن ارزش تاریخی برداشته شوند. در مواردی که سطوح یا دارای ارزش بالای هنری یا و یا دارای استحکام کمی هستند، روند تمیزکاری بایست با دقت ویژه‌ای انجام شود. گاهی حتی اقدامات مرمت اضافی (به‌عنوان پیش‌تحکیم، تثبیت با پارچه‌ی توری، تنزیب) برای اجتناب از دست رفتن مواد به هنگام اعمال و برداشت ضماد ضروری هستند [۵۶] ،[۲۱]. معمولاً اعمال ضماد بر سطوح حساس یا دارای ارزش هنری با دست انجام می‌شود. ابزار مورد استفاده برای ضمادگذاری بر روی سطوح بزرگتر ساختمان‌های سنگی یا ساختمان‌های آجری بزرگ و ناهموار ماشینی است که اعمال اندود ماسه و آهک را بر این سطوح امکان‌پذیر می‌سازد [۴۴] ،[۲۴]. مزایایی از قبیل چسبندگی بهتر و هزینه‌ی کمتر ابزار و به صرفه بودن آن‌ها به‌لحاظ زمانی از عوامل مهم انتخاب مواد مطرح می‌شوند. پیش از این اشاره شد که یکی از محدودیت‌های بزرگ تکنیک ضمادگذاری این است که تنها عمق محدودی از اثر نمک‌زدایی می‌شود [۳۹] ،[۱۶]. دیوارهایی با ضخامت بیش از ۱متر می‌توانند به‌راحتی آلوده شوند، با این‌حال عمق نمک‌زدایی به‌سختی بیشتر از ۵ تا ۱۰سانتی‌متر می‌شود. پوسیدگی از طریق تبلور نمک‌ها اغلب پس از مدت زمانی، دوباره شروع می‌شود [۳۹]، [۵۶]. مثال خوبی از نمک‌زدایی، اتاقی است که در برج لندن طی قرن هفدهم ساخته

12. Tinzl

شده‌است. دیوارهای قرون وسطایی توسط هالیت‌ها آلوده شده و پس از ۴ مرحله‌ی موفقیت‌آمیز ضمادگذاری با گل، محتویات کلریدی به میزان سطح رضایت‌بخشی کاهش یافت. یک سال بعد، متأسفانه، سطح سنگ دوباره آلوده گشت (شکل۵)



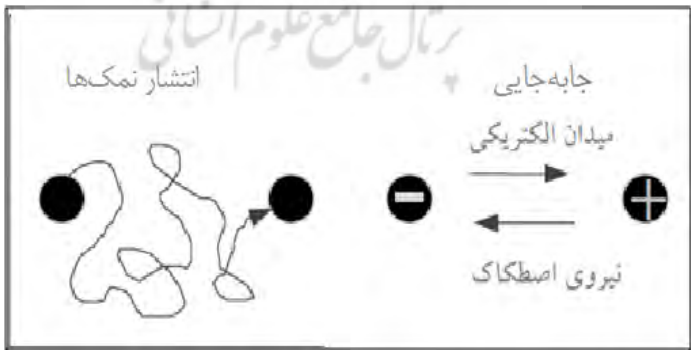
شکل۵- تغییر تدریجی میزان کلریدها به‌عنوان تابعی از عمق در بنای سنگی پس از نمک‌زدایی با ضماد[۳۹] (M.J. Bowley, 1975)

در بسیاری از موارد، نمی‌توان به نمک‌زدایی کاملی رسید بنابراین مناسب‌ترین اقدام برای اثر آسیب دیده می‌تواند نمک‌زدایی سطح شئ به‌منظور تسهیل اجرا، تعبیه محصولات استحکامی و ایجاد بهترین وضعیت برای اتصال اندودهای تعمیر شده باشد. این مهم، موجب موفقیت روند استحکام بخشی در مواقعی است که استحکام شئ توسط حجم بالای نمک‌ها، در معرض خطر قرار گرفته است [۶۱-۶۰]. علاوه بر آن، در بعضی موارد درصورت حذف شدن علت اصلی انتقال نمک‌ها، استخراج نمک‌های سطحی می‌تواند کافی باشد. برای مثال، اقدامات کارآمد در برابر نفوذ آب می‌تواند موجب کاهش میزان قابل توجهی از معضلات تخریبی نمک بر قسمت‌های بالای تاق دروازه شود. سطح دانش ما برای پیش‌بینی چنین ثباتی بسیار کم است.

۵-تسریع‌کننده‌ی فرآیند نمک‌زدایی با استفاده از روش‌های الکتروفورز

۵-۱ اصول و شاخص‌ها:

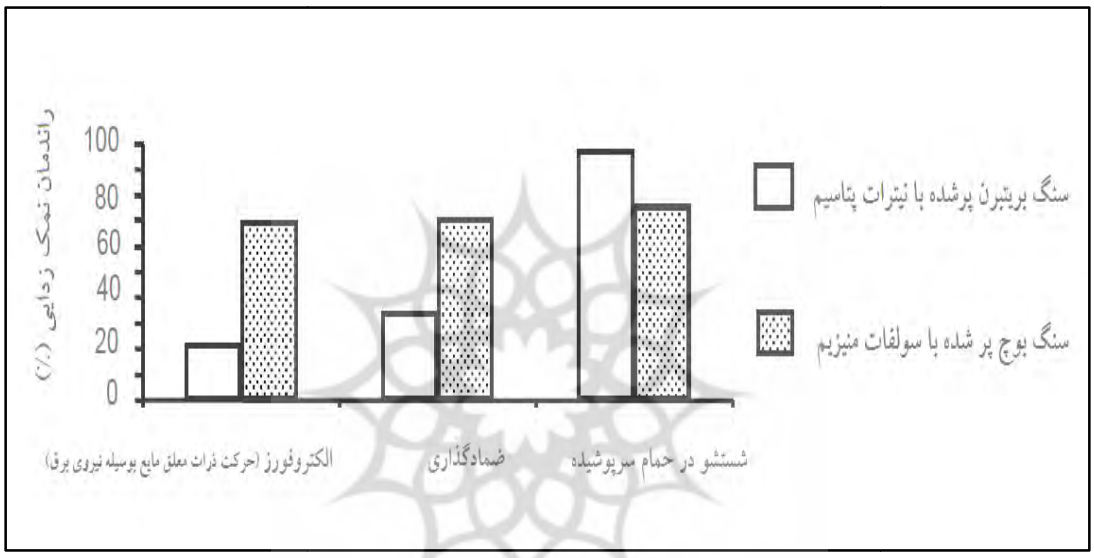
میدان الکتریکی در (داخل) محلول (تحلیل جسم به‌وسیله‌ی جریان برق) میان دو الکترود ایجاد می‌شود. میدان الکتریکی گسترش تصادفی یون‌ها و انواع قطب‌های باردار را به جابه‌جایی مستقیمی به سمت الکترودها منتقل می‌کند (شکل۶).



شکل۶- حضور میدان الکتریکی انشار نامنظم را به جابه‌جایی جهت‌داری تبدیل می‌کند [۶۲] (Andrade et al., 1995).

آند و کاتد به‌ترتیب به سمت بارهای منفی و مثبت جذب و سپس کشیده می‌شوند. الکترودها داخل لایه‌ی ضماد در دو طرف شئ که قبلاً خیسانده شده است، قرار داده می‌شوند. این روش بر مصالحی از قبیل سنگ [۳۸] ،[۳۴] ،[۲۶] چوب [۶۳]، نقاشی‌های دیواری [۶۴] و آجرها [۶۵] آزمایش شده است. این روش نسبتاً شناخته شده بیشتر برای برداشت نمک‌های کلریدی از بتُن استفاده می‌شود [۶۶] ،[۶۲].

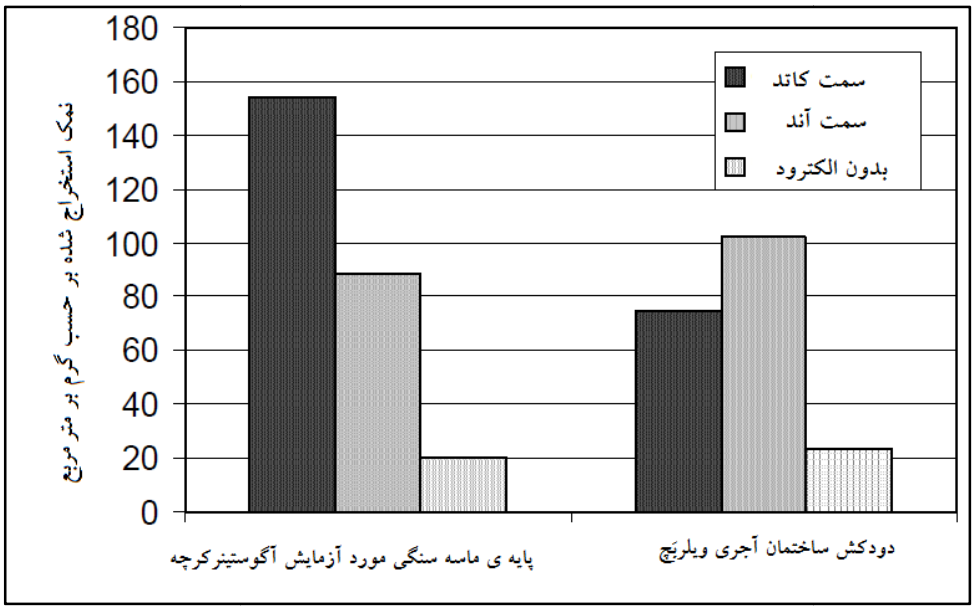
در این روش، اولین الکترود داخل ضماد اعمال شده بر بستر قرار داده می‌شود و الکترود دیگر سیستم استوار خود بتُن است. زمینه‌ی نظری انتشار الکتریسیته درمورد بتن مورد مطالعه قرار گرفته است. فرآیندهای مهاجرت را می‌توان توسط قوانین الکتروشیمیایی فارادی، نرنست پلانک و نرنست اینشتین [۶۲] بیان و اندازه‌گیری نمود. بازده این روش‌ها تاکنون به طور مجاب‌کننده‌ای ثابت نشده است و در بسیاری از نمونه‌ها، اعمال این روش بدون هیچ‌گونه قیاسی با روش‌های دیگر انجام می‌شود، برای مثال در نمونه‌ای به‌منظور نمک‌زدایی ساختمان آجری در نویزیل تنها مطالعه‌ی آزمایشگاهی موثقی که یافته شد [۳۸] روی یک ماسه سنگ انجام گرفته است (شکل۷).



شکل۷- مقایسه‌ی سه روش نمک‌زدایی بر دو گونه ماسه‌سنگ [۳۸] (B. Legrum,1993)

در آن صورت، کارایی روش الکتروفورز[۱۳] به نظر تکامل نیافته‌تر و یا هم‌ارز با آن و یا روش‌های دیگر است. اخیراً سنجشی با مخلوطی از بنتونیت، سلولز و ماسه برای تقویت ماسه‌سنگ و آجرکاری دودکش در جای اصلی‌اش انجام شد[۲۴]. الکترودهای تیتانیوم (ولتاژ با جریان مستقیم: ۹۷ولت) با ضماد به مدت ۶ هفته به کار برده شد. بازده روش الکتروفورز در هر دو مورد به‌صورت قابل توجهی بهتر از ضمادهای عادی و معمولی بود. پیامدهای جانبی منفی، از جمله تغییرات شدید میزانpH (۱۰< و۳>) و تغییرات رنگی قهوه‌ای(ترکیبات آهن) و سفید(اکسید تیتانیوم) بر ماسه‌سنگ بودند(شکل۸). پژوهشگران نتیجه‌گیری کردند که این روش توانایی بالایی برای کاهش روش وقت‌گیرِ ضمادگذاری به روش معمولی دارد، با این حال، نیازمند به کنترل دائمی به هنگام اجرا است [۲۴].

۹ .الکتروفورز از شناخته شده‌ترین روش های آزمایشگاهی برای جداسازی بیومولکول‌ها است. به‌طورکلی الکتروفورز حرکت ذرات پراکنده در داخل مایعی تحت تأثیر یک میدان الکتریکی یکنواخت را گویند(مترجم).



شکل۸- بازدهی نمک‌زدایی با روش ضمادگذاری همراه با گذاشتن الکترود در لایه‌ی ضماد [۲۴]

٦- بررسی روش‌هایی برای نظارت نمک‌زدایی

قابل اطمینان‌ترین روش برای نظارت بر روند نمک‌زدایی، اندازه‌گیری صحیح نمک‌های داخل اثر است. با این‌حال در بسیاری از موارد نمونه برداری از اثر امکان‌پذیر نیست؛ بازدهی نمک‌زدایی را می توان هم با اندازه‌گیری یون‌ها و هم با اندازه‌گیری رسانایی متوسط نمک‌زدایی تعیین نمود.

٦-١ نظارت مستقیم بر آثار

پودر سنگ ناشی از مته‌زنی بدون استفاده از آب جمع‌آوری شده[۶۷] ،[۵۶]. و یون‌های مختلف پس از استخراج تعیین و شناسایی می‌شوند. روش استخراج نرمال۱۳/۸۳ استاندارد ایتالیایی [۶۸] برای چنین برنامه‌های کاربردی نسبتاً خوب تنظیم شده است. بایست بپذیریم با وجود طیف گسترده‌ای از اقدامات استخراجی نمک‌ها در آزمایشگاه، محدوده زمانی روند نمک‌زدایی از ۱۰دقیقه تا ۲۴ساعت است و نسبت آب به نمونه‌های مختلف انتخاب می‌شود[۶۹]. بنابراین بایست با احتیاط به مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده توسط آزمایشگاه‌های مختلف پرداخت، خصوصاً اگر نمونه حاوی گچ باشد[۷۰]. هیچ عقیده‌ی عمومی که بتواند حفاظت قابل اطمینانی برای اشیاء در حد آستانه‌ی نمک تضمین کند، وجود ندارد. کلریدها جزو نمک‌هایی هستند که قادرند با مقدار کمتر از یک درصد وزنی [۷۱]، موجب تخریب سنگ‌ها شوند. این حد اغلب به‌اندازه ۰/۱ درصد وزنی [۷۲] در نظر گرفته می‌شود. سولفات‌ها همچنین به همان صورت آستانه‌ی بزرگ و قابل سنجشی دارند، مگر این‌که با کلسیم تشکیل گچ را بدهند. تنها در آن صورت، جمع‌شدگی‌های زیاد می‌تواند بی‌خطر باشد. اخیراً وی تی ای مارکبلت[14] آلمانی [۲]، پیشنهادتی را با محدوده‌ی تجمع بسیار پایین عناصر(یون کلر کمتر از۰/۰۳ درصد، یون نیترات کمتر از ۰/۰۵ درصد، یون سولفات کمتر ار ۰/۰۱ درصد وزنی) تهیه نمود که می‌تواند مبنای مناسبی

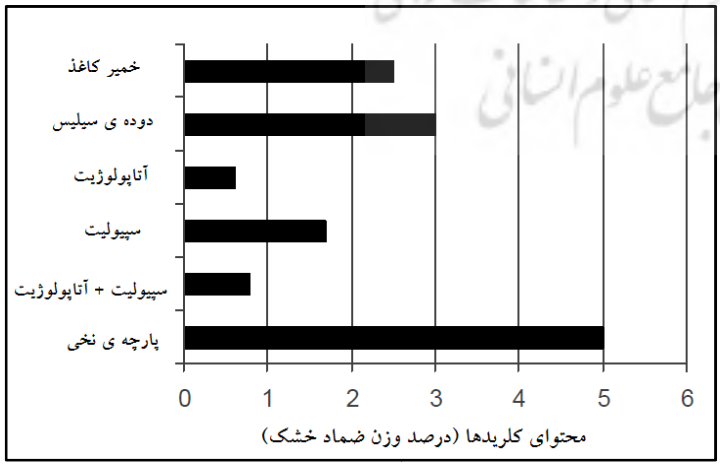
14. WTA Merkblatt

برای اصلاحات مبتنی بر توافق طرفین از مقادیر در سطح بین المللی باشد. این تکنیک شامل اندازه‌گیری محتوای رطوبت نم‌گیر پودرهای مته در ۹۵٪ رطوبت نسبی به‌جای اندازه‌گیری محتوای نمکی است.

روش MS۱۲۷RILEM TC- [۷۳] به نظر نمی‌رسد برای کنترل کل محتوای نمک کافی باشد. اول از همه، نمک‌هایی (همانند گچ) که دارای رطوبت نسبی متعادل بالاتر از ۹۵٪ هستند؛ در اندازه‌گیری به‌حساب نمی‌آیند. مشکل دیگر در پی بررسی گارچ و دیگران[15] در سال ۱۹۹۱ نشان داده شده است [۷۴]. این پژوهشگران نشان داده‌اند ماسه‌سنگ مشابه درصورت آلوده شدن به نمک‌های مختلف، ممکن است هم دماهای جذب سطحی رطوبت مختلفی داشته باشد. در نتیجه، اگر چنین ماسه‌سنگی با غلظت‌های متفاوت نمک‌های مختلف، نمک‌دار شده باشد، محتوای آب آن در ۹۵٪ رطوبت نسبی به‌طور قابل توجهی متفاوت خواهد بود. بنابراین محتوای رطوبت نم‌گیر، همیشه تابع محتوای کل نمک نیست، با این‌حال ممکن است به نوع نمک و یا ترکیب نمک‌های محتوی شئ بستگی داشته باشد. در تجزیه و تحلیل‌هایی عادی می‌توان مقدار کل نمک را به‌جای غلظت یون منفرد اندازه‌گیری نمود. نمک‌های محلول از نمونه به وسیله‌ی روشی که در بالا برای آنالیز اقسام یون‌ها ذکر شد، استخراج شدند. پس از صاف شدن و بخار شدن محلول، محتوای کلی نمک‌ها را می‌توان با اندازه‌گیری ساده جاذبه‌ی سطحی تعیین نمود. این تکنیک ارزان‌تر است و به تکنیک‌ها و تجزیه‌وتحلیل‌های پیچیده نیازی ندارد.

٦-۲ نظارت غیرمستقیم بر ضمادها

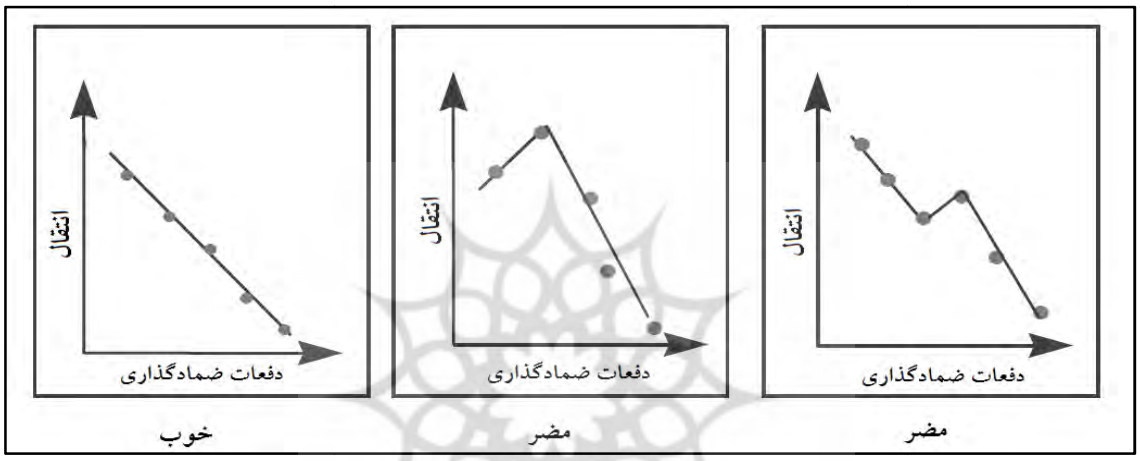
نظارت با تعیین نمودن محتوای نمک کلی، اقسام یون منفرد یا ازطریق اندازه‌گیری رسانایی انجام می‌شود. در گام اول، مواد ضماد بایستی وارسی شوند تا فقدان نمک‌ها معلوم شود [۴۸] ،[۳۷] ،[۲۹] ،[۱۹]. سنجش میزان گونه‌های یونی ضمادهایی که بر پایه‌ی کائولن است، مشکل است چرا که کائولینیت همانند دیگر کانی‌های رسی می‌تواند کاتیون‌ها را جذب کند و دلیل دیگر این‌که این ماده به‌سادگی الک نمی‌شود. اندازه‌گیری رسانایی سوسپانسیون مواد ضماد در آب، روشی معتبر و آسان است. درصورت مقایسه‌ی چندین مواد ضماد، بهتر است نتایج به‌جای درصد وزنی به‌صورت گرم بر متر مربع یا سانتی‌متر بر مترمربع بیان شود. درحقیقت، وزن خشک ناحیه‌ای که با ضماد پوشانده می‌شود، بستگی زیادی به چگالی ظاهری، نگهداری آب و دامنه‌ی شکل‌پذیری دارد (شکل۹). موارد گفته شده در صورتی صدق می کند که ضماد ضخامت یکسانی از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر در همان اجرا نداشته باشد.



شکل۹- محتوای کلریدی ضمادهای مختلف بازدهی نمک‌زدایی همسانی دارند(۲۵گرم بر متر مربع) بیان شده در درصد وزنی [۱] (Vergès-Belmin & Bromblet, 2001)

[15] Garrecht et al

در صورتی که افزودنی‌های تبدیل به یون‌شده همانند آمونیوم بایوسید چهار جزئی به آب، به‌منظور خیس نمودن ضماد اضافه شوند؛ اندازه‌ی رسانایی ممکن است تغییر یابد [۵۵]. بسیاری از کانی‌های رسی همانند مونت موریلونیت (کانی متورم‌کننده بنتونیت که گاهی اوقات در کائولن نیز حضور دارد) می‌تواند یون‌ها را در سطح خود کاملاً حفظ کند. این خاصیت، ظرفیت جذب نامیده می‌شود و ممکن است موجب برهم زدن میزان رسانایی [۴۱] یا استخراج نمک‌ها به کمک آب برای مقدار بیشتری از یون‌ها شود. در نظارت بر روند نمک‌زدایی با ضمادبر پایه‌ی خاک رس، همواره باید این محدودیت‌ها را به‌حساب آورد. بالسترم و دیگران[16] [۲۷] پیشنهاد می‌کند مواد قبل از استخراج نمک‌ها در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌منظور تجزیه و تحلیل سوزانده شوند. برخی از پژوهشگران سعی در به تعریف معیاری برای ارزیابی ضماد نمک‌زدایی دارند. شکل ۱۰ یکی از پیشنهادات را نشان می‌دهد [۷۵]: اگر تکامل تدریجی انتقال به‌دنبال یک کاهش منظم باشد، نمک‌زدایی موفق متصور خواهد شد.



شکل۱۰- توصیه‌ای برای بهینه نمودن فرآیند نمک‌زدایی به عقیده‌ی Ciabach & Sjibinski منحنی نشان دهنده‌ی رسانندگی هر ضمادگذاری موفق‌آمیز بر اثر است. ثابت شده است که فرآیند نمک‌زدایی با وجود حاصل شدن تغییرات خوب تدریجی ممکن است با موفقیت روبه‌رو نشود [۷۵].

درواقع، مواردی وجود دارد که با وجود آن‌که روند نمک‌زدایی تکامل تدیجی توصیه شده را به دقت پیروی می‌کند، با این حال هنوز هم ناموفق است چرا که همان‌طور که در شکل۱۱ نشان داده می‌شود، نمک‌ها تنها تا عمق محدودی حذف می‌شوند [۱۶]. ضماد بایست زمانی برداشته شود که خود به‌خود از بسترش جدا می‌گردد [۶۷] ،[۱۶] یا زمانی که کاملاً خشک شده باشد. سپس لایه‌ی ضماد جدید بر سطح اعمال می‌شود و این روند یک مرتبه، دو مرتبه و یا مراتب بیشتری تکرار می شود. اغلب تنها زمانی می‌توان متوجه شد روند نمک‌زدایی به پایان خود رسیده است که دیگر هیچ کاهش مجددی در انتقال آب توسط ضماد مشاهده نشود. این درواقع یعنی روند نمک‌زدایی که برای کل اثر به کار برده شده، بلکه به این مفهوم است که تنها عمق خیس‌شده‌ی اثر بسته به میزان آب موجود در لایه‌ی ضماد و بسته به کشش مویینگی بستر نمک‌زدایی شده است. در بعضی موارد، عمق ناحیه‌ی نمک‌زدایی شده به ۱-۲ سانتی‌متر رسیده است.

[16]. Ballestrem et al

شکل۱۱- دنباله‌گیری میزان کلرید در طول نمک‌زدایی با ضمادگذاری. پژوهشگران متوجه شدند که نمک‌زدایی مؤثر تنها تا عمق دو سانتی‌متری اثر نفوذ کرده است (Fassina & Molteni, 1994). [۱۶]

۷- نتیجه گیری

شیوه ضمادگذاری در صورتی‌که تمام مصالح و مواد خیس شوند، می‌تواند تأثیرگذار باشد؛ برای مثال زمانی‌که جسم تا حدی از یک طرف در حمام غوطه‌ور باشد و طرف دیگر آن با لایه‌ی ضماد پوشیده شود، با جابه‌جایی مستقیم رطوبت از طریق بستر به داخل ضماد، می‌تواند به طرق مختلف در ضماد حفظ شود. در بسیاری از موارد، ضماد نمک‌زدایی حتی اگر محتویات نمک به سطح بسیار پایین در نزدیکی سطح جسم خود کاهش یابد، به‌صورت جزئی بر اثر باقی می‌ماند. استفاده از روش‌های الکتروفوبیک زمانی که روی ضماد اعمال شود، به‌استثنای مورد بتن، تا زمانی دور از باور و مجاب‌کننده بود. روال نمک‌زدایی بایست کنترل شود واین عمل درصورت امکان با اندازه گیری نمک‌های باقی‌مانده در خود جسم تعیین می‌شود. نظارت‌های انجام شده برضماد، تضمینی برای نمک‌زدایی کامل تلقی نمی‌شود و در نتیجه نمی‌تواند موثق در نظر گرفته شود. تنها اطلاعاتی که می‌توان از میزان نمک موجود در ضماد گرفت، این است که آیا استخراج نمک هنوز هم در حال پیشرفت است (اگر نمک‌ها هنوز در لایه‌ی ضماد وجود داشته باشند، می‌توان با ضمادگذاری‌های بیشتری به استخراج نمک‌ها پرداخت) و یا به پایان رسیده (نمک‌ها دیگر در لایه‌ی ضماد وجود ندارند، به همین دلیل ضمادگذاری‌های بیشتر سودمند نخواهد بود). با این‌حال، در بسیاری از موارد عملی، به‌لحاظ نقطه نظر اقتصادی، اجرای تعداد زیادی چرخه‌ی ضمادگذاری امکان‌پذیر نیست(هرچند، مقدار کوچکی از نمک هنوز هم می‌تواند با اعمال چرخه‌های بیشتر ضمادگذاری، استخراج شود). مرحله‌ای از کار که اجرای فرآیند بایست متوقف شود، می‌تواند درصورت متعاقب نمودن میزان نمک موجود در ضماد، ارزیابی شود(کارآمدی استخراج بیشتر در مقابل هزینه‌ها). مدل‌سازی انتقال نمک‌ها مسئله‌ای است که هنوز به تحقیقات گسترده‌تری نیاز دارد. این موضوع تاحدودی در مواردی همانند آلیاژهای مس [۷۵]، بتن [۶۲] و سنگ‌ها یا شیشه‌های بازیافته از کشتی‌های غرق شده [۷۷] به‌خوی مورد مطالعه قرار گرفته است. رویکردهای موجود [۷۹-۷۸] تاکنون به‌طور قطع قابل اجرا در حفاظت علمی نیست. مدل‌سازی پیشرفته مطمئناً یک گام بزرگ به جلو در بهبود روش‌های نمک‌زدایی است. این امر به‌ویژه برای ضمادی که خواص آن به‌اندازه کافی شناخته نشده صحیح‌تر به نظر می‌رسد. گفته می‌شود که روش‌های موجود حتی برای اندازه‌گیری آب و انتقال بخار برای آن دسته از مواد شکننده تعبیه نشده است. در راستای توضیح این مطالب باید تلاش‌هایی صورت بگیرد. سؤال

دیگری که در مرمت سنگ‌ها باقی می‌ماند، پرداختن به این مطلب است که آیا نمک‌زدایی مجسمه‌ها و ابنیه در محوطه‌های بیرونی با وجود آگاهی به این مهم که تنها چند سانتی‌متر از سطح نمک‌زدایی خواهد شد، ارزشی دارد یا خیر؟ نتیجه مورد بحث این است که فرآیند نمک‌زدایی برای کمک کردن به درمان‌هایی نظیر استحکام بخشی و اعمال ملات‌های تعمیری در بهترین شرایط ممکن انجام می‌شود.

منابع

1. V. Vergès-Belmin and P. Bromblet, *La pierre et les sels*, in Monumental ۲۰۰۱, ۲۲۴-۲۶۲, Direction du Patrimoine, Paris (۲۰۰۱).
2. G. Grassegger, P. J. Koblischek, M. Auras,H. Ettl, K. Häfner, G. Hilbert, C. Kaps, H. Leisen, R. Niemeyer, E. von Plewhe-Leisen, J. Pühringer, H. Siedel, K. Terheiden, E.Wendler and H.W. Zier, *Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen (Non-destructive desalination of natural stones and other porous building materials with poultices)*, WTA Merkblatt ۳-۱۳-۰۱/D, WTA publications, München. Draft version ۲۰۰۱, revised final version ۲۰۰۳.
3. H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors, *Mauersalze und Architekturoberflächen*, Tagungsbeiträge ۲۰۰۲, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
4. V. Vergès-Belmin, *Desalination of porous building materials: a review*, in Mauersalze und Architekturoberflächen, Tagungsbeiträge۲۰۰۲ , H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors, ۱۲۱-۱۳۷, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
5. M. Matteini**,** *Mineralische Festigungsmittel zur Konservierung von Objekten aus porösem Material aus dem Bereich der Kunst und Archäologie (Mineral consolidants for the conservation of objects from porous materials in the field of art and archaeology)*, in Mauersalze und Architekturoberflächen, Tagungsbeiträge ۲۰۰۲, H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors, ۱۷۳-۱۸۴, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
6. J. Weber, *Insolubilisation of sulfate salts by baryum hydroxides : principles and experiences.*
7. *Insolubilisation des sulfates par les hydroxydes de baryum: principes et expérimentations*, in Enduits dégradés par les sels: pathologies et traitements, Journée technique internationale, Paris ۲۰۰۴. Dossier technique ICOMOS-France ٦ (۲۰۰۴).
8. S. Laue, *Salze und Raumklima in historischen Gebäuden*, in Mauersalze und Architekturoberflächen,Tagungsbeiträge ۲۰۰۲, H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors,۶۵ -۷۱, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
9. S. Laue, *Climate controlled salt crystallizations (Contrôle de la cristallisation des sels par une action sur l'environnement climatique)*, in: Enduits dégradés par les sels: pathologies et traitements. Journée technique internationale, Paris ۲۰۰۴. ۱۰ p, Doss. Tech. ICOMOS-France n° ۶ (۲۰۰۴).
10. P. Bollingtoft and P. Klenz Larsen, *The use of passive climate control to prevent salt decay in Danish churches*, in Mauersalze undArchitekturoberflächen, Tagungsbeiträge۲۰۰۲ , H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors,۹۰ -۹۳, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
11. M. Wilimzig, *Desalting of nitrates by denitrification* in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۳۳-۲۴۰, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).
12. M. Wilimzig, *Einfluss von Mikroorganismen auf bauschädliche Salze*, in Mauersalze und Architekturoberflächen, Tagungsbeiträge۲۰۰۲ , H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors, ۷۹-۸۲, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
13. G. Ranalli, M. Chiavarini, V. Guidetti, F. Marsala, M. Matteini, Zanardini and Sorlini C., *The use of microorganisms for the removal of nitrates and organic substances on artistic stoneworks*, in: "Proceedings of the ۸th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlin, Germany. Josef Riederer, editor, Berlin, p. ۱۴۱۵-۱۴۲۰ (۱۹۹۶).
14. V. Minder-Heng, A.-J. Berteaud and V. Vergès- Belmin *Migration de l'eau dans les roches sous microondes en vue du dessalement des pierres de taille*, Studies in Conservation,۳۹ , ۲, ۱۲۱-۱۳۱ (۱۹۹۴).
15. S.M. Bradley and D. Thickett, An investigation into the movement of moisture and soluDesalination of Masonries and Monumental Sculptures by Poulticing: A Review ۴۰۳ ble salts, in Proceedings of the ۷th International Congress

on Deterioration and Conservation of Stone, J. Delgado Rodriguez, F. Henriques and F.T. Jeremias, Editors, vol. ۱, ۴۱۷-۴۲۶, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon (۱۹۹۲)

16. C. Samson-Gombert, *Influences de l'environnement urbain et maritime sur les alterations d'un calcaire en oeuvre: la pierre de Caen*, Thèse, Université de Caen, U.F.R. des Sciences de la Terre et de l'aménagement régional (۱۹۹۳).
17. V. Fassina and C. Molteni, *Problemi di conservazione connessi all'umidità delle murature: la diagnostica e le tecnologie conservative applicate al restauro della cripta di S. Marco in Venezia*, in La conservation dei monumenti nel bacino del Mediterraneo = The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Proceedings of the ۳rd International Symposium, V. Fassina, H. Ott, F. Zezza, Editors, ۸۰۳-۸۱۳, Venice (۱۹۹۴).
18. F. Grüner and G. Grassegger, *Der Einfluss der Kompressentrocknung auf den Entsalzungseffekt Laborversuche zur quantitative Erfassung*, in : WTA Schriftenreihe, ۸,۴۲ -۵۷ (۱۹۹۶).
19. K. Terheiden and C. Kaps, *Sandsteine im Sanierungsprozess der Kompressenentsalzung. Laboruntersuchungen zur Diffusion und Advektion*, in FAS **۱۲** (۱۲. Hanseatische Sanierungstage Wismar), ۱۵۵-۱۶۶ (۲۰۰۱).
20. T. Lombardo and S. Simon, *Desalination by poulticing: laboratory study on controlling parameters*, in Proceedings of the ۱۰th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm, ۳۲۳-۳۳۰, ICOMOS Sweden, Stockholm (۲۰۰۴).
21. M. Steiger and H.-H. Neumann, *Pilotobjekt Kampischer Hof, Stralsund: Vergleichende Salzmessungen in Klimakammer III vor undnach der Entsalzungsmaßnahme*, Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Abteilung Angewandte Analytik, Universität Hamburg, ۸pp., unpublished report (۱۹۹۵).
22. H. Siedel, *Experiences from desalting of tuffstone and sandstone monuments by compresses*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۱۹۱-۱۹۸, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).
23. H. Siedel, *Entsalzung von Naturstein – Methoden und Probleme*, in Stein – Zerfall und Konservierung, S. Siegesmund, M. Auras and R. Snethlage, Editors, ۱۰۲-۱۰۸, Edition Leipzig, Leipzig (۲۰۰۵).
24. C. Tinzl, *Verminderung von Salzkonzentrationen in Kalkmörtel mittels Zellstoffkompressen – Ein Diskussionsbeitrag aus restauratorischer Sicht*, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege**۷۸** , ۷۰-۷۴ (۱۹۹۶).
25. M. Auras and G. Melisa, *Kompressenentsalzung – Wirkungsprinzip, Materialien, Anwendung, Fallbeispiele,* in Salze im historischen Natursteinmauerwerk, IfS-Tagung۲۰۰۲ (IfS Report **۱٤**), ۴۱-۵۲, Institut für Steinkonservierung, Mainz (۲۰۰۲).
26. J. Ashurst and N. Ashurst, *Stone Masonry*, vol. ۱, Practical Building Conservation Series, English Heritage Technical Handbook ۱, Gower Technical Press, Aldershot (۱۹۹۰).
27. W. Domaslowski, O. Kozanecka, J . Krauze et al. *La conservation préventive de la pierre*, traduit par Irena Woszyck pour le compte de l'ICOMOS, Musées et Monuments XVIII, UNESCO, Paris (۱۹۸۲).
28. A. Ballestrem, P. de Henau and M. Dupas, *Traitement de pierres sculptées contaminées par les sels et contrôle du dessalement*, in Bulletin de l'Institut royal du Patrimoine artistique (Bruxelles) **۱۲**, ۲۴۷- ۲۶۸(۱۹۷۰).
29. H. Schuh and H. Ettl, *Entsalzung mit Kompressen in der Denkmalpflege*, Bautenschutz und Bausanierung **۱۵**, ۸۶-۸۹ (۱۹۹۲).
30. G. Rager, M. Payre and L. Lefèvre, *Mise au point d'une méthode de dessalement pour des sculptures en pierre polychromée du XIVe siècle*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۴۱-۲۵۶, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).
31. P. Friese and A. Protz, *Entsalzung von Mauerwerk und Wandmalerei. Transportmechanismen und Beispiele für die praktische Anwendung*, in Mauersalze und Architekturoberflächen, Tagungsbeiträge۲۰۰۲ , H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors,۱۴۸-۱۵۳, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
32. P. Friese and B. Hermoneit, *Entsalzung von Ziegelmauerwerk mit dem Injektionskom pressenverfahren*, Bautenschutz und Bausanierung**۱٦** , ۲۶-۲۷ (۱۹۹۳).
33. P. Friese and A. Protz, *Entsalzung mit zweiseitiger Kompresse*, Bautenschutz und Bausanierung**۲۰** , ۱۰-۱۳ (۱۹۹۷).
34. P. Klenz Larsen, *The development and testing of a salt extracting mortar*, in International Journal for Restoration of Buildings and Monuments **۷**, ۷۹-۹۰ (۲۰۰۱).
35. B. Mouton, *Le dessalement du cellier de Loëns à Chartres (۲۸)*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۷۹-۲۸۸, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).
36. P. Friese and A. Protz, *Salzschäden an Ziegelmauerwerk und praktische Erfahrungen mit Entsalzungsverfahren*, Bautenschutz und Bausanierung **۱۷**, ۳۹-۴۵ (۱۹۹۴).
37. W. Domaslowski *Les problèmes actuels de protection et conservation des monuments en pierre*, in Patrimonio historico artistico y contaminacion, Encuentro europeo (organisée par) Consorcio para la organizacion de Madrid

capital europea de la cultura, Madrid, ۱۹-۲۱ noviembre ۱۹۹۲, ۱۵۵-۱۶۲, Consorcio para la organizacion de Madrid capital europea de la cultura, Madrid (۱۹۹۲).

38. E. De Witte, M. Dupas, S. Peters, (۱۹۹۶) *Dessalement de voûtes d'un fumoir de hareng*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۱۷۶-۱۹۰, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶)

39. B. Legrum, *Die Entsalzung von Steindenkmälern: ein Forschungsprojekt der VW-Stiftung*, Arbeitsblätter für Restauratoren **۲۶** (۲), Gruppe ۶, ۲۸۲-۲۸۸ (۱۹۹۳).

40. M. J. Bowley, *Desalination of stone: a case study,* Building Research Establishment, Garston **٤٦**(۱۹۷۵).

41. G. Galli, M. Matteini, A. Moles et al., *Intervento di desalinazione del dossale di G. Di Rigino di Verona*, in Atti del ۳e Congresso Internazionale Deterioramento e conservazione della pietra = Proceedings of the ۳rd International Congress Deterioration and Conservation of Stone, ۴۹۱-۴۹۸, Fondazione "Giorgio Cini", Venice (۱۹۷۹).

42. L. Lazzarini and G. Lombardi, *Bentonite for cleaning and desalination of stones*, in Preprints of the ۹th Triennial Meeting of ICOM Committee for Conservation, Dresden, German Democratic Republic, ۳۳۶-۳۳۹, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (۱۹۹۰).

43. S. M. Bradley and S. B. Hanna, *The effect of soluble salt movements on the conservation of an Egyptian limestone standing figure*, in Case Studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings, Preprints of the contributions to the Bologna Congress, ۲۱-۲۶ September۱۹۸۶ , edited by N. S. Brommelle and P. Smith, ۵۷-۶۱, The International Institute for Historic and Artistic Works London (۱۹۸۶).

44. C. de F. Barbosa, C. C. Santiago and M. M. de Oliveira, *The use of Brazilian bentonites for cleaning purposes* in Conservation of Stone and other Materials, Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress, Paris ۱۹۹۳ (= RILEM Proceedings**۲۱**), J. Thiel, Editor, ۵۵۰-۵۵۷, E. & F. N Spon, London, New York, Tokyo (۱۹۹۳).

45. P. Egloffstein and M. Auras, *Kompressenentsalzung – Ein Materialvergleich*, in ۱۰ Jahre Institut für Steinkonservierung e.V., Festschrift, (IfS Report **۱۰**), ۶۳-۷۴, Institut für Steinkonservierung, Mainz, (۲۰۰۰).

46. W. Domaslowski, M.-K. Lewandowska, J.-W. Lukaszewicz, *Badanie nad Konserwacja murow ceglanych (Research on the conservation of brick masonries)*, Torun University Publishers (۱۹۹۸).

47. L. Lefevre and T. de Courville, *Etude et restauration des fonts baptismaux de l'église Saint-Etienne à Port-sur-Saône: étude sur les consolidants de la pierre*, Mém. fin études, Paris, IFROA.(۱۹۸۶)

48. J. G. Faugère, J. Derion, L. Savariaud et al., *Elimination des sels solubles présents dans des pierres sculptées gallo-romaines au moyen de pâtes à base de cellulose en poudre*, in Ve congrès international sur l'altération et la conservation de la pierre, Actes = Proceedings of the ۵th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, ۱۰۱۷-۱۰۲۴, Lausanne: Presses Polytechniques Romandes (۱۹۸۵).

49. S. Simon, C. Herm, A. Porst and J. Pursche, *Desalination and control of salt transport phenomena experience with compress renderings in the ring crypt of St. Emmeram, Regensburg*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۱۴۵-۱۶۰, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).

50. J. Weber, *Salt-induced deterioration of Romanesque wall paintings in the church of St. Georgen, Styria, Austria. A case study aiming better understanding of the behavior of salt systems in ancient walls*, in Conservation of architectural surfaces: stones and wall covering, International workshop (UNESCO, Venezia ricerche), Venice۱۹۹۲ , G. Biscontin and L. Graziano, Editors,۹۷ -۱۰۳, Il Cardo, Venice (۱۹۹۳).

51. W. Domaslowski and A. Tomaszewska- Szewczyk, *Desalting of stones by means of ion exchangers*, in Proceedings of the ۸th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, J. Riederer,Editor, ۱۳۷۱–۱۳۸۱, Berlin (۱۹۹۶).

52. C. Naud and M. M. Castaldi, *Utilisation des absorbants pour le nettoyage des fresques*, in Preprints of the ۹th Triennial Meeting of ICOM Committee for Conservation, Dresden, German Democratic Republic, ۵۲۴-۵۲۹, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (۱۹۹۰).

53. K. Terheiden, K. Wienke and C. Kaps, *Kompressenentsalzung – Einfluss des Kompressenmaterials auf den regenerativen Schadsalztransport*, WTA-Colloquium ۲۰۰۲Erhalten, Umnutzen, Ertüchtigen, Tagungsbeiträge,۲۸۵ - ۲۹۳, Aedificatio Verlag Freiburg (۲۰۰۲).

54. P. Bromblet, T.Vieweger, A. Blanc and S. Demailly, *Une démarche originale pour assurer la conservation d'un monument altéré par les sels,* in Monumental ۲۰۰۲,۱۴۴ -۱۴۷, Direction du patrimoine, Paris (۲۰۰۲).

55. J.-D. Mertz and P. Loutrel, *Le dessalement des tuffeaux du château des duc de Bretagne à Nantes par la méthode de nettoyage Tollis*, Pierre Actual **۷**, ۶۸-۷۵ (۲۰۰۱).

56. T. Vieweger, D. Groux and M. Labouré, *Le dessalement de la façade de l'église Notre-Dame-la-Grande de Poitiers : méthode et application aux contraintes de chantier*, in Le dessalement des matériauxporeux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۰۷-۲۱۷, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).

57. V. Vergès-Belmin, *Le dessalement de la façade de l'église Notre-Dame-la-Grande de Poitiers : contrôles d'efficacité*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۱۹-۲۳۲, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).

58. E. De Witte and M. Dupas, *Cleaning poultices based on EDTA*, in Proceedings of the ۷th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, J. Delgado Rodriguez, F. Henriques and F.T. Jeremias, Editors, vol. **۲**, ۱۰۲۳-۱۰۳۱, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon (۱۹۹۲)

59. A. Arnold, *Altération et conservation d'oeuvres culturelles en matériaux poreux affectés par des sels*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۳-۲۰, SFIIC, Champs-sur-Marne (۱۹۹۶).

60. C. Arendt, *Trockenlegungs- und Salzbekämpfungsmaßnahmen an Mauwerk.* Bautenschutz und Bausanierung **۱۵**, ۵۳ – ۵۷(۱۹۹۳).L. Sattler, *Steinfestigung an salzbelasteten Gesteinen*, Jahresberichte aus dem Forschungsprogramm Steinzerfall-Steinkonservierung۱۹۹۰ , **۲**, ۱۶۵-۱۶۹ (۱۹۹۲).

61. G. Grassegger and S. Adam, *Untersuchungen zur Entwicklung der mikroskopischen Gefüge von Kieselsäureester-Gelen in Porenräumen mit und ohne Salz-, Feuchtestöreffekte*, in Jahresberichte aus dem Forschungsprogramm Steinzerfall-Steinkonservierung (۱۹۹۲) **٤**,۱۲۷ -۱۳۴ (۱۹۹۴).

62. C. Andrade, M. Castellote, D. Cervigón and C. Alonso**,** *Chloride migration in concrete : theory and modelling.* International Journal for Restoration of Buildings and Monuments**۱** , ۴۸۵-۵۰۷ (۱۹۹۵).

63. S. de La Baume, *Dessalement des bois archéologiques par électrophorèse*, in Conservation, restauration des biens culturels, Recherches et techniques actuelles, journées (organisées par l') ARAAFU ; Université Paris I, ۱۹۸۷, ۲۰-۲۸, ARAAFU, Paris (۱۹۸۷).

64. D. Moraru, *Mural paintings desalting*, in Preprints of the ۵th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Zagreb, Yugoslavia, ref. ۷۸/۱۵/۶ , ۱۹ p., International Council of Museums, Paris (۱۹۷۸).

65. G. Fauck, D. Lefèvre and F. Peyre, *Application de l'électro-lessivage au dessalement des briques émaillées sur le moulin Saulnier à Noisiel (۷۷)*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۵۷-۲۶۸, SFIIC,Champs-sur-marne (۱۹۹۶).

66. N. Rafaï, G. Martinet, H. Hornain and Y. Conti, *Efficacité et conséquences de la déchloruration électrochimique d'un béton au contact d'eau de mer*, in Le dessalement des matériaux poreux, Journées d'études de la SFIIC, Poitiers, ۲۸۹-۲۹۸, SFIIC, Champs-sur-marne (۱۹۹۶).

67. M. J. Bowley,. *Desalination of stone : a case study*, Report from the Building Research Establishment, Garston, United Kingdom, ۹pp. (۱۹۹۵).

68. Gruppo Normal-C, Methodologie chimiche, *NORMAL ۱۴/۸۳: Dosaggio dei sali solubili*, CNR Centro di studio di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di consevazione delle opere d'arte, ICR Istituto Centrale del Restauro (۱۹۸۳).

69. H.W. Zier *Untersuchung der Salzbelastung – Analysenmethoden, Bewertung, Grenzwerte*, in Salze im historischen Natursteinmauerwerk, IfS-Tagung ۲۰۰۲ (IfS Report ۱۴),۳۱ -۳۹, Institut für Steinkonservierung, Mainz (۲۰۰۲).

70. M. Steiger, H. H. Neumann, T. Grodten et al., *Salze in Natursteinmauerwerk, Probenahme, Messung und Interpretation*, in Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II, R. Snethlage, Editor, ۶۱-۹۲, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart (۱۹۹۸).

71. V. Vergès-Belmin, *Répartition des sels et cartographie des altérations sur la façade de Notre-Dame- la-Grande à Poitiers, France*, in Proceedings of the ۷th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, J. Delgado Rodriguez, F. Henriques and F.T. Jeremias, Editors, vol. ۲, ۹۲۷-۹۳۶, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon (۱۹۹۲)

72. S. Simon, *Untersuchungen zur Verwitterung und Konservierung von Tuffeau am Pilotobjekt St Gatien in Tours*, in Actes du ۲ème colloque du progamme Franco-Allemand de Recherche pour la Conservation des Monuments Historiques, Bonn ۱۹۹۶, J.-F. Filtz, Editor, ۳۷۳-۳۸, Progamme Franco-Allemand de Recherche pour la conservation des monuments historiques, Champs sur Marne (۱۹۹۶).

73. RILEM TC ۱۲۷ – MS ۱۹۹۸, *Tests for masonry materials and structures. Recommendations. M.S-A.* ۱. *Determination of the resistance of wallets against sulfates and chlorides*, Materials and Structures, **۳.۱**, ۲- ۹(۱۹۹۸).

74. H. Garrecht, H.K. Hilsdorf and J. Kropp, *Der Einfluss von Salzen auf die hygrischen Eigenschaften mineralischer Baustoffe*, Arbeitshefte SFB ۳۱۵, Universität Karlsruhe,**۱۰** , ۳۹-۴۱ (۱۹۹۱).

75. J. Ciabach and S. Skibinski, *Analyses of the total salt content and control of salt removal from stone historical objects*, in La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo = The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Proceedings of the۱ st International Symposium, F. Zezza, Editor,۳۲۵ -۳۲۸, Grafo, Bari (۱۹۸۹).

76. D. MacLeod, *Stabilization of corroded copper alloys: a study of corrosion and desalination mechanisms*, in Preprints of the ۸th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Sydney, Australia,۱۰۷۹ -۱۰۸۵, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (۱۹۸۷).
77. D. MacLeod and J. A. Davies, *Desalination of glass, stone and ceramics recovered from shipwreck sites*, in Preprints of the ۸th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Sydney, Australia, ۱۰۰۳-۱۰۰۷, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (۱۹۸۷).۷۸ . H. Ettl and M. Krus, *Salzreduzierung mit verschiedenen Kompressen am Schloss Frankenberg und begleitende rechnerische Untersuchungen*, in Mauersalze und Architekturoberflächen, Tagungsbeiträge ۲۰۰۲, H. Leitner, S. Laue and H. Siedel, Editors,۱۳۸ -۱۴۲, Hochschule für Bildende Künste, Dresden (۲۰۰۳).
78. R. Kriegel, K. Terheiden and Kaps C., *Simulation verfahrenstechnischer Grenzfälle der Kompressenentsalzung – Vergleich der numerischen Simulation mit experimentellen Daten von Labor-Untersuchungen*, WTA-Kolloquium ۲۰۰۲ Erhalten, Umnutzen, Ertüchtigen, Aedificatio Verlag Freiburg, ۲۹۵-۳۰۵ (۲۰۰۲).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی