

לא רק בסלט: האם בקרוב נגור בבית עם בלוקים ממלח?



חוקרים מהאוניברסיטה העברית מאמינים שאפשר לגמול את ענף הבנייה מבטון ומלט, בעזרת תחליף עתידני: בלוקים ממלח, שמקורם ב-20 מיליון טונות של פסולת תעשייתית המצטברת מדי שנה ממפעלי ים המלח. האם העתיד של תעשיית הבנייה יגיע מהמקום הכי נמוך בעולם?

גילי מלניצקי

התראות במייל

עודכן ב: 26.01.2019 16:30 06:47 27.01.2019

שמור

שתף בפייסבוק 350 תגובות 18

במקומות רבים בעולם, משמש המלח כאטרקציה תיירותית, או כפונקציה לריפוי וטיפול. בבית המלון Palacio De Sal, הממוקם בסמוך למדבריות המלח בסאלר בבוליביה, חדר זוגי עולה 800 שקל ללילה — כמעט פי שמונה מהמחיר הממוצע בבוליביה. בקרקוב שבפולין פעילה מהמאה ה-13 כנסייה שחצובה בתוך מרות מלח; בפאנג'ב בפקיסטן נמצא מסגד תת-קרקעי בתוך מחצבות המלח; בבתי העשירים בדובאי ובקאטר יש אגפים שלמים ומפוארים עשויים ממלח.

קבוצת חוקרים מהמכון לכימיה באוניברסיטה העברית בירושלים סבורה שימי המלח כחומר גלם פשוט לבישול או כגימיק בלבד, עומדים להסתיים. להערכתם, בפרק הבא צפויה טכנולוגיה חדישה לאפשר השמשה של המלח (או בשמו המדויק יותר, נתרן כלורי) כחומר גלם חדשני בתעשיית הבנייה.

ראש צוות החוקרים, דני מנדלר, פרופ' לכימיה שרשם באחרונה פטנט שמאפשר לו לייצר לבנים עשויות ממלח עבור תעשיית הבנייה, מתמודד כיום עם לא מעט אתגרים. אלא שבניגוד למה שניתן לחשוב, מסיסות המלח במים או קורוזיה פוטנציאלית שתגרום להרס השלד במפגש של מלח עם ברזלים — אינם האתגר המרכזי בעיניו. עבור אלה קבוצת המחקר כבר יצרה מענה מסוים, שהמחקר מנסה לשדרג ולפתח כל הזמן. האתגר הסבוך והמורכב באמת הוא לשכנע את ענף הבנייה ואת הממשלה, לעודד את ההסבה של כמויות המלח המתרכזות כפסולת — לטובת שימוש בתעשייה. המלח הזה עלול להוות מפגע אקולוגי ולסכן מבנים, תשתיות וגם את מי השתייה שלנו.

20 מיליון טון מלח, מדי שנה, כל שנה, נותרים בסוף הליכי הפקת האשלג והברום שמבצעים [מפעלי ים המלח](#), מסביר מנדלר. "זוהי כמות חומר גלם שתספיק לבנות מחדש את מצדה, פעמיים. כמות שתוכל להחליף את כל כמות המלט שמשמש היום לבנייה — ולהישאר עם עודף. כשאתה מבין את זה, אי־אפשר שלא לתפוס את הראש ולשאול "איך יכול להיות שלא למדנו עדיין לעשות עם המלח הזה שום דבר מלבד תיבול לסלט" ?

חזק יותר, עמיד יותר, זול יותר

ביום המלח מתמודדים בשנים האחרונות עם הצורך לשמר את רמת המים בבריכת אידוי האשלג שנמצאת באגן הדרומי, כדי למנוע את הצפת היסודות של בתי המלון הסמוכים. גם החשש להצפת כביש 90, סיכוני פגיעה בתשתיות תת־קרקעיות של היישובים על החופים המערביים ומפגעי נוף חזותי, הוגדרו על ידי בג"ץ כסיכונים שעמם המדינה וחברת כיל — המפעילה את מפעלי ים המלח — נדרשות להתמודד. בעת שהוקמה החברה הממשלתית להגנות ים המלח ותוקצבה להקמת הגנות תת־קרקעיות, נבחרה גם חלופת קציר המלח המלא. חלופה זו מטילה אחריות על מפעלי ים המלח לגירוד ופינוי של המלח השוקע בקרקעית הבריכה — שגרם לעליית מפלס המים בקצב של 20 ס"מ בשנה. עומק המלח ששקע עד היום מוערך בכ-9 מטרים.

לפי ההסכם שנחתם בין כיל לממשלה ביולי 2012, התחייבה כיל שהחל מ-2017 מפלס המים בבריכת האידוי מספר 5 לא יעלה על 15.1 מטר מעל תחתית הסוללה שהוקמה לאורך החוף המערבי של בריכת האידוי, ולשם כך היא נדרשת לבצע את הקציר ולהשלים את ההכנות התפעוליות וההנדסיות. פרויקט קציר המלח נחשב לאחד הפרויקטים המורכבים והיקרים בישראל בתחום התשתיות והיקפו הכולל מוערך ב-7 מיליארד שקל. כיל צריכה לממן כ-80% מעלותו.

"המלח שנותר מתהליכי הפקת האשלג הוא כמות חומר גלם שתוכל להחליף את כל המלט שמשמש כיום לבנייה, כמות שתספיק לבנות מחדש את מצדה, פעמיים. איך יכול להיות שלא למדנו עדיין לעשות עם זה שום דבר מלבד תיבול לסלט" ?

הבעיה אינה מקומית. עבודת מחקר שביצעה קבוצת המחקר הירושלמית, עמה נמנים גם ד"ר לכימיה נעה לפידות, שותפה, יזמית וחוקרת בפרויקט ומהנדס המכונות ירון שרים, שותף וחוקר בפרויקט, מצביעה על אתגרים דומים ברחבי העולם. במכרות מלח בגרמניה ובספרד, למשל, המלח שנותר בתום הפקת החומרים המשמשים לדישון ולתעשייה נערם בקרבת המכרות. הסכנות הקיימות באזורים בהם נמצאים הרי מלח מלאכותיים נוגעות בעיקר לפגיעה בקרקע ובמי השתייה. המלח משפיע על איכות הקרקע, ונידופו שנגרם מרוחות מהווה סכנה למי השתייה בסביבה. אחד האתגרים עמם נדרשות להתמודד [החברות המפיקות אשלג](#) וברום בגרמניה הוא ייצוב הרי המלח למניעת נידוף



אמיל סלמן

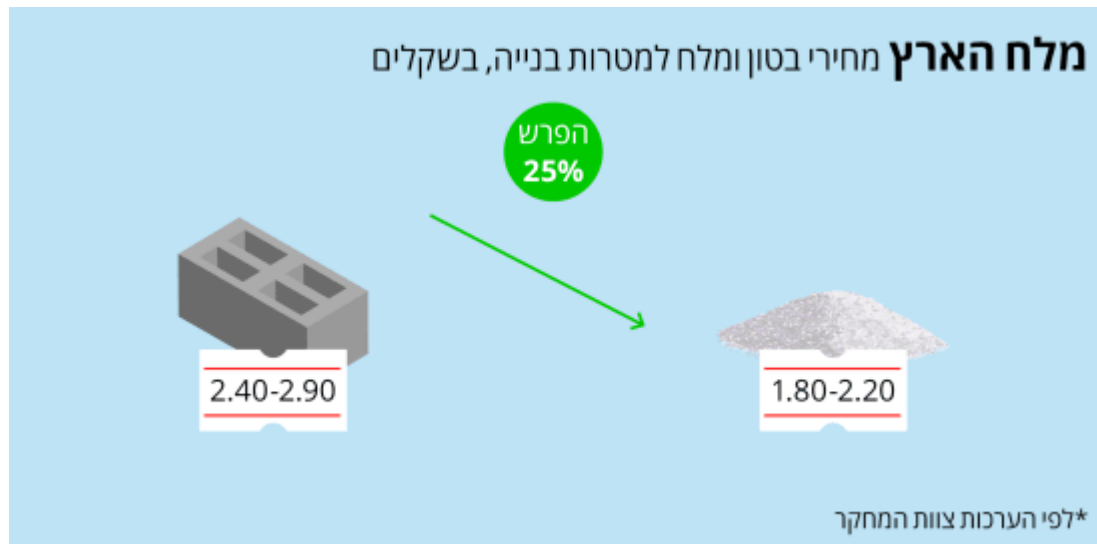
צוות החוקרים ולבני המלח. מימין: גבי דיקובסקי, נעה לפידות ודני מנדלר. "מתחבר לרעיונות של שמירה על הסביבה"

"ב-2015 נחשפתי לקול קורא שהוציא מינהל התכנון בתמיכת משרדי ממשלה נוספים שביקש לפתור את בעיית המלח שנערם", מספר מנדלר. "ניסיתי לחשוב איפה משתמשים בכזאת כמות אדירה של חומר, והבנתי שענף הבנייה יכול לתת מענה. במשך שנים נרתעו ממנו, בעיקר בשל העובדה שמדינת ישראל אינה מדבר סהרה, וברוב העולם כשמדברים על חומרים לבנייה מבקשים למצוא חומרים שהם עמידים במים ובגשם."

הקבוצה גייסה למחקר את גבי דיקובסקי, מהנדס מכונות, והם החלו לערוך ניסויים בחומר. הצוות פיתח שיטה של דחיסת המלח במכבשים עד שגרגרי המלח נדבקים זה לזה ברמת חוזק גבוהה, שעומדת בסטנדרט של בטון ואף עולה עליו במבחני עומס שנערכו במסגרת המחקר. אל המלח עצמו הם מוסיפים 5% של חומרים שונים שמבטיחים את המוצקות של החומר ומשפיע גם על מאזן הלחות שסופחים המלחים. הדחיסה בלבנים שפיתחו החוקרים נעשתה עד היום במכש של 2 טונה לס"מ מרובע ובמעבדה הייחודית בקמפוס גבעת רם בירושלים, הם מחזיקים מכש בלחץ של 24 טונה לס"מ. את הלבנים הם מצפים בפולימר, מעין ציפוי לקה שמבודד מפני מים. פטנט הדחיסה יחד עם שכבת הבידוד, מבטיחים שלבנת המלח תוכל לשבת כמה שעות בתוך דלי מים מבלי להתמוסס או להישחק. בנוסף, ניתן לצבוע, לטייח ולהדביק לבנה אל לבנה אחרת.

מחיר בלוק בטון סטנדרטי לבנייה נע בין 2.40 ל-2.90 שקלים. לפי ההערכות של צוות המחקר, מחיר בלוק מלח בגודל דומה (או כמה בלוקים קטנים יותר שמצורפים לאותו גודל) יהיה כ-75% ממחיר בלוק בטון, כלומר בין 1.80 ל-2.20 שקלים לבלוק מלח. "צריך לזכור שבלוק מלח לא מחייב גימור ויכול להישאר חשוף, ושייב פני השטח של בלוק מלח איכותי יותר", מדגישה לפידות. בנוסף היא מסבירה כי "המחירים מבוססים על רכישה של

מלח ועל מחירי חומרי הגלם לבנייה הנוכחיים. להערכתנו מחיר המלח עשוי להיות נמוך יותר בגלל הבעיה הסביבתית בים המלח ועודפי המלח בעולם, בעוד מחירי חומרי הגלם, שכבר היום נמצאים במחסור בישראל, יכולים לעלות.



אמיל סלמן

מפעלי ים המלח

להתראות גבס, שלום מלח

"ייצור בטון לבנייה ברחבי העולם מעודד ומאיץ היווצרות גזי חממה ומהווה אחד מחמשת הגורמים לפליטתם לאטמוספירה", מסביר מנדלר. "תעשיית המלט היא אחת המזהמות הגדולות מבחינת פליטת פחמן דו-חמצני, ותמונת המצב מהחודשים האחרונים מצביעה על כך שבישראל לא יהיה מאיפה לכרות מלט בעוד שני עשורים. המכרות יאזלו. בנוסף, פסולת הבטון מבנייה ושיפוצים מושלכת במקרים רבים בצדי דרכים או במטמנות סדורות, אבל אין בה שימוש חוזר."

לפידות מוסיפה כי "משימוש בלבני מלח תיווצר תמונה שונה. את לבני המלח יהיה ניתן לגרוס ובתהליך מהיר לעשות בהן שימוש חוזר, ולעצור את הפגיעה האקולוגית והסביבתית שיוצרות לבני הבטון. גם עלויות הייצור

יכולות להיות זולות בהרבה ולהגיע ל-30 דולר לטון. הרי חומר הגלם שלנו, המלח, נמצא בעלות שלילית. כמות האנרגיה המושקעת נשענת על כבשן קבוע שמייצר את החומר דחוס — והתהליך עצמו קצר יותר שכן אין צורך לחכות להתמצקות והתייבשות של החומר."

דיקובסקי, שהתנסה גם בעולם הבנייה, מסביר כי בהשוואה לעלויות הייצור של קיר הגבס, השימוש במלח מהווה הוזלה משמעותית. לדבריו, בשלב זה הלבנים המיוצרות ממלח יוכל לשמש בעיקר עבור קירות פנימיים ולהוות תחליף מיידי לקירות גבס, שיש לו גם יתרונות בריאותיים מובהקים.

לדבריו, "עשינו על לבני המלח את הבדיקות המקובלות בענף הבנייה — עמידות, אלסטיות, חוזק ועוד. זהו בחומר שאחרי דחיסה הוא פי חמישה חזק יותר מבטון, הוא מבודד, הוא שומר על הלחות בחדר, הוא לא נפיץ, לא דליק — ויותר מזה: מייחסים לו סגולות ריפוי. אנחנו עדים לחדרי טיפול והבראה במלח שמשפיעים על דרכי הנשימה, על חולי אסתמה ועל העור."

"את לבני המלח יהיה ניתן לגרוס ובתהליך מהיר לעשות בהן שימוש חוזר, ולעצור את הפגיעה האקולוגית והסביבתית שיוצרות לבני הבטון. גם עלויות הייצור יכולות להיות זולות בהרבה"

שרים מסביר כי בשלב זה הם מנסים לגייס תקציבים ותמיכה מהתעשייה, שיאפשרו ייצור של לבנים גדולות יותר שאולי יוכלו ביום מן הימים לשמש גם עבור הקמת תשתיות. "בשלב זה, תופעת הקורוזיה והמגע של מלח עם ברזל מהווים מכשול שעוד לא פתרנו בצורה מלאה ולכן אנחנו מייעדים את השימוש המיידי בלבנים אלה לפנים המבנים", אומר שרים. "אבל פתרון הנדסי ותכנוני יכול למנוע מגע בין המלח לברזל. פלסטיק על צורותיו השונות, שגם ככה נכנס לשימוש בתחום הבנייה, יכול ליצור בידוד מהברזל או להיות בסיס כשלעצמו — שלמלח אין שום בעיה לבוא במגע עמו."



בלומברג

לבני מלח במדבריות המלח בסאלר, בוליביה. לא רק אטרקציה תיירותית

מי מפחד ממלח?

מאז יצא הפרויקט לדרך ועד היום, מימן משרד החדשנות את המחקר בתקציב של כ-900 אלף שקל, אולם עתה נדרשת התגייסות ותמיכה של התעשייה לטובת המיזם, כדי לבחון את ההיתכנות של המוצר במבנים שלמים, וכדי להגדיל את הלבנים שהם מייצרים כיום — בעזרת מכבשים תעשייתיים גדולים יותר. "היינו רוצים ליצור בית קטן ולבדוק בפועל, ולא רק על פי הערכות וחישובים מתמטיים, את היכולת של בית כזה ליצור בידוד תרמי ואקוסטי לצד משתנים נוספים", מסבירה לפידות.

אל מול הרעיון השאפתני, עולים קולות שמטילים ספק בהיתכנותו. "אנחנו מכירים את השמרנים — הן מהאקדמיה והן מתעשיית הבנייה", אומר פרופ' מנדלר. "התעשייה היא מסורתית, שמרנית והססנית מאוד ביחס שלה לחדושים ושינויים. אפשר להבין אותם. למה שמנהל בכיר ייקח על עצמו סיכון שכזה, כשאינן שום דבר מיידי שמאיים על המשאבים והתעשייה שלו? למה לבחור בתהליך שיכול ליצור עבורו קשיים? הרבה מאמינים שלא ייצא מזה משהו וחושבים שאנחנו משחקים. מנגד, יש הרבה מפרגנים שמבינים את התרומה של פיתוח כזה לטובת השמירה על כדור הארץ והמשאבים המוגבלים שעומדים לרשות האנושות". לדברי לפידות, "יזמים וחברות קבלניות מתחום הבנייה מתלהבים מהרעיון. נפגשנו עם מרבית חברות הבנייה הגדולות בישראל, ולא דחו אותנו. אבל אף אחד עוד לא הניח כסף על השולחן."

אורלי אינדיצקי, סמנכ"לית איכות של חברת שיכון ובינוי שמכירה את הפרויקט זה שנה וחצי, מסבירה כי "הרעיון של לבני מלח והפיתוח שעליו עומלים באקדמיה הוא מבטיח ומתחבר לרעיונות של מחזור חומרים ושמירה על

הסביבה. אלה רעיונות שאנחנו מחויבים אליהם בפרויקטים שלנו, גם במגורים ובעיקר בתשתיות. יש פה רעיון סביבתי נהדר של ניצול פסולת שאין בה שימוש, לצד צמצום השימוש בבטון. עם זאת, המיזם נמצא בשלב התחלתי, ויש עוד המון שאלות מהותיות שצריך לפתור ולפתח את המענה עבורן — בעיקר סביב סוגיות של מסיסות במים וקורוזיה במגע עם ברזל, שנמצא ביסודות ובשלד."



עופר וקנין

אריחים מעוצבים ממלח

אינדיצקי מסבירה כי ההיבט העסקי דורש פיתוח ויצירת כדאיות כלכלית — שהיא גורם מכריע באימוץ חומרים חדשים. "המחיר חייב להיות סביר ובמידת הצורך מלווה בפיצוי או תמריץ ממשרדי הממשלה ובהם המשרד להגנת הסביבה. ברור שאם לא תהיה היתכנות כלכלית ומחיר תחרותי לעומת בלוקים מבטון — התעשייה תתקשה לאמץ את לבני המלח". בימים אלה מיעצת שיכון ובינוי לקבוצת המחקר לגבי פיתוח תוכנית עסקית, כך שהמוצר יוכל לעניין את התעשייה.

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה גם היא מגלה עניין במיזם. הילה בייניש, מנכ"לית המועצה, מסבירה: "המיזם של לבני המלח קיבל אצלנו במה, כחלק מהמאמץ לקדם טכנולוגיות חדשות בבנייה ולחבר בין הטכנולוגיות לבין השווקים המתאימים ולרגולטור. בבדיקות הראשוניות שלנו זיהינו פה מיזם שיש לו היתכנות ומשמעות סביבתית רבה, אולם המבחן האמיתי יהיה היכולת ליישם את הרעיון בתעשייה ובטכניקות בנייה שונות."

גם כיל, שמעורבת בתהליך הפיתוח, משתתפת בפגישות עם יזמים. הצלחת החדרת התהליך לשוק יכולה לפתור עבורה את בעיית העודפים שיווצרו בקציר המלח, וליצור לה הכנסה של מיליוני שקלים רק מחיסכון בשינוע פסולת המלח. עם זאת, החברה עדיין לא מקצה משאבים עבור פיתוח פתרון תעשייתי שינסה להתמודד עם הבעיה

שברייכות האיזווי יוצרות — בדיוק כשם שפתרון קציר המלח מתעכב, למרות שהוחלט עליו לפני שנים. הסיבות קשורות לאי הודאות לגבי המשך פעילותה ותנאי הפעלת המתקנים בשנים הבאות — בעיקר בשל רגולציה והחלטות ממשלה שמשנות תדיר.

מנדלר תולה תקוות בכוח הרגולטור ליצור שינוי, ומקווה שהוא לא יקשה על הכניסה של המוצר לשוק. "אם הממשלה תייצר תמריצים לשימוש במלח או הגבלות שיחייבו בנייה שאינה מבטון — יהיה שינוי. אנחנו מנסים לשכנע את החשב הכללי במשרד האוצר לתת 1% מהכספים שחיל משלמת למדינה כדי לעודד פיתוחים ושימוש תעשייתי בפסולת המלח."



עופר וקנין

ליה ברוס. אפקטים ויזואליים חזקים

המלח הוא חומר מאתגר ומרתק, שחוקי מבתעשיית המזון לא נעשה בו שימוש, והוא כמעט בתולי. אנחנו מבינים שיכול לקחת זמן עד שלבני המלח יפרצו לתעשיית הבנייה, ולכן אנחנו מפתחים גם מוצר של אריחים ממלח"

הצעד הראשון: מלונות יוקרה

שותפה חשובה לתהליך המחקר, ואולי גם שער הכניסה של לבני המלח לתעשיית הבנייה, היא ליה ברוס, סטודנטית לתואר שני בעיצוב תעשייתי בבצלאל. שיתוף פעולה שנוצר בין המכון לכימיה באוניברסיטה העברית לבין בצלאל, מאפשר חקירה משותפת של החומר והיבטיו הפונקציונליים והעיצוביים שגובשו למוצר חדש: אריחים מעוצבים ממלח.

לדברי ברוס, "המלח הוא חומר מאתגר ומרתק, שמלבד בתעשיית המזון לא נעשה בו שימוש, והוא כמעט בתולי. אנחנו מבינים שיכול לקחת זמן עד שלבני המלח יפרצו לתעשיית הבנייה, ולכן אנחנו מפתחים גם מוצר מקביל של אריחים ממלח. בעזרת פונקציות של חריטה, הטבעה ותבניות אנחנו מייצרים אריחים בעיצובים מיוחדים. אני מטביעה רשת נחושת עדינה בתהליך הדחיסה של לבנה, נותנת למלח ולנחושת לפעול זה מול זה בתהליכים כימיים — ואז אני מקבעת את התהליך. כמו כן, אנחנו יודעים לערבב צבעים וליצור עצימות שונה בצפיפות של המלח, וכך לייצר כל מיני אפקטים ויזואליים חזקים."

בקבוצת המחקר מבקשים לפנות למלונות יוקרה שירצו להציע חדרים הבנויים מקירות מלח מעוצבים; אדריכלים ואוצרים שעושים שימוש בחללי אומנות ותערוכות מתחלפות שמעוניינים לשמר אג'נדה סביבתית ויכולו לעשות בלבני ואריחי המלח שימוש קל לפירוק והרכבה; ומבנים קהילתיים לאוכלוסיות מבוגרות למשל, שירצו להבטיח בנייה "בריאה."