

מלח העולם

ים המלח מככב בחדשות כמועמד לרשימת שבעת פלאי עולם הטבע וגם כאתר של אסון אקולוגי. מה באמת מתרחש במקום הנמוך בעולם? מה היה בעבר ומה יכול להיות עתידו? ים המלח - תמונת מצב, תהליכים ומגמות

כתב: ד"ר איתי גבריאלי, מנהל המכון הגיאולוגי | צילם: עמיר אלוני



התפוררות הסלע לאחר ירידת המפלס בים המלח

מכך מפלס הים יורד בערך במטר אחד בשנה (בעת כתיבת שורות אלו, המפלס עומד על כמינוס 425 מטר, דהיינו 425 מטר מתחת לגובה מי האוקיינוסים). לים המלח שני אגנים, צפוני עמוק ודרומי רדוד, המופרדים על ידי מיצר לינץ', שקרקעיתו מצויה ברום מרבי של 400 מטר מתחת לפני הים. עד שנת 1976 הציף ים המלח את שני האגנים וכלל אותם בתוכו, אולם עם ירידת מפלס הים אל מתחת לרום המיצר, נותק הקשר בין שני האגנים,

כתוצאה משינויים באקלים ועקב כך בכמות המשקעים באגן ההיקוות ובקצב האידיוי בים עצמו. כיום נוסף למשחק גורם שלישי - פעילות האדם. סכירה והטיה של רוב מקורות המים הטבעיים שהתנקזו בעבר לים המלח מחד גיסא, והפעילות התעשייתית של מפעלי ים המלח והמפעלים המקבילים בירדן, מאידך גיסא, יוצרות בשנים האחרונות גירעון במאזן המים של ים המלח, אשר עומד על כ-700 מיליון מטרים מעוקבים בשנה. כתוצאה

ים המלח הוא המקום הנמוך ביותר על פני כדור הארץ. למים המתנקזים אליו אין מוצא טבעי אלא באידוי, ולכן מפלס הים משקף את המאזן בין נפח המים הנכנסים לאגם לבין הכמות המתאדה ממנו. השכבות בקרקעית הים ובסביבתו מתעדות את השינויים הטבעיים שהיו במפלס הים בעבר - היו תקופות שמפלס המים היה גבוה ובאחרות מפלס המים ירד. השינויים האלו נבעו משינוי בכמויות המים שזרמו לאגם



בריכות האיזוי של מפעלי ים המלח על רקע הר סדום. צילום: ד"ר איתי גבריאלי

(מלמ"ק). נפח דומה התאדה מפני הים, שכלל בתקופה זו גם את האגן הדרומי. נוסף על המים העיליים, המתנקזים לים המלח, ים המלח מהווה בסיס ניקוז גם למי תהום הנובעים לחופיו ובמידה מוגבלת גם בקרקעיתו, כנביעות תת-מימיות.

שינויים מעשי ידי אדם

הגידול באוכלוסייה, בפעילות החקלאית והכלכלית והעלייה ברמת החיים הביאו לגידול משמעותי בצורכי המים של ישראל, ירדן וסוריה. כדי לספק צרכים גדלים אלו נשאבים ומוסטים מים, שבעבר הגיעו לים המלח: סכירת הירדן במוצא הכנרת בסכר דגניה והפניית המים למרכז הארץ דרך המוביל הארצי, והטיית מי הירמוק על ידי סוריה וירדן. בנוסף על כך, נסכרו גם מרבית הנחלים בירדן שהתנקזו בעבר לירדן ולים המלח. כתוצאה מכך, הירדן מזרים כיום לים המלח רק 70-150 מלמ"ק בשנה, שהם כ-10% מנפח הזרימה המקורי שלו.

פעילות מפעלי ים המלח הישראליים והירדניים תורמת באופן משמעותי לגירעון המים של ים המלח במפלסו הנוכחי. המפעלים שואבים מים מהאגן הצפוני לבריכות איזוי באגן

מיצר לינץ' - שומר המפלס הטבעי

בראשית המאה ה-20 מפלס הים עמד על כ-390 מטר מתחת לפני הים. עדויות היסטוריות וגיאולוגיות מעידות כי רום זה אינו מאפיין את המאות ואלפי השנים האחרונות. לעתים קרובות מפלס הים ירד מתחת למפלס של 400- מטר. זהו פחות או יותר גובה קרקעית מיצר לינץ', החוצץ בין האגן הדרומי הרדוד לבין האגן הצפוני העמוק. כתוצאה מכך, האגן הדרומי היה גורם ממתן לשינויי המפלס - בתקופות של מאזן מים חיובי, עליית המפלס מעל ל-400 מטר גרמה להצפת האגן הדרומי ולהגדלה ניכרת בשטח הים ובאיזוי פני המים, אשר בלמו את המשך עליית המפלס. בתקופות של מאזן מים שלילי גרמה ירידת המפלס מתחת ל-400 מטר לירידה ניכרת בשטח האגם, להקטנת שטח האיזוי ולבלימת מגמת הירידה.

קיימות הערכות אחדות בנוגע למאזן המים הטבעי של ים המלח כפי שהתקיים במחצית הראשונה של המאה ה-20. עם זאת, קיימת הסכמה כללית כי הנפח השנתי של המים שהתנקז לים המלח נע בין 1,500 ל-2,000 מיליון מטרים מעוקבים

והאגן הדרומי התייבש. התייבשות האגן הדרומי הביאה לירידה חדה בשטח ים המלח. כיום נמצאות באגן הדרומי בריכות האיזוי של המפעלים הכימיים הישראליים (מפעלי ים המלח - DSW) והירדניים (Arab Potash Co.- APC).

האגם המלווה בעולם

ים המלח מתאפיין במליחות שגבוהה בערך פי עשרה ממי ים רגילים ובהרכב כימי ייחודי. תמלחת ים המלח התפתחה ממי ים שהציפו את בקע ים המלח, כנראה דרך עמק יזרעאל, לפני כמה מיליוני שנים. התאדות וכניסה מוגבלת של מים הביאו לעלייה במליחות המים ולהתגבשות מלחים, בכללם גבס ומלח בישול, שהצטברו על קרקעית האגם, ובשלב מאוחר יותר כוסו במשקעים צעירים יותר. בהמשך התרוממו חלק מהסלעים האלה ויצרו את מחדרי המלח של הר סדום ואת חצי אי הלשון. מאזן המים השלילי שקיים היום בים המלח גורם לעלייה נוספת במליחות המים והיא צפויה להמשיך ולעלות גם בשנים הבאות. עלייה זו מלווה בהתגבשות ובשקיעה מתמדת של מלח בישול, בקצב של כ-10 ס"מ בשנה.



תופעת הבולענים - תהליך המסת המלח בתת הקרקע יוצר חללים בלתי יציבים הקורסים פנימה



מי תהום הנאגמים כתוצאה מקריסת קרקע ומפולות

הדרומי, שם התמלחת מתאדה לכדי מחצית מנפחה ומשקיעה מינרלים שלחלקם ערך כלכלי רב. התמיסות המרוכזות מוחזרות לים דרך התוואי של נחל ערבה העובר בין ברכות האידוי הישראליות והירדניות ומתחתר במיצרי לינץ', בדרכו לים המלח. סך גירעון המים עקב פעילות תעשייתית זו עומד על כ־300 מלמ"ק בשנה. כתוצאה מכך, בשונה מהתהליך הטבעי, שבו בתקופות שבהן מפלס הים היה נמוך, התייבשות האגן הדרומי הביאה להקטנת שטח האידוי של הים והחזרת המערכת לאיזון דינמי, כיום, גם במפלסים נמוכים יש מים שמתאדים באגן הדרומי.

מפגעים סביבתיים

מאזן המים השלילי של ים המלח במחצית השנייה של המאה ה־20 גרם לתמורות משמעותיות בים ובסביבתו. הבולטת שבהן התרחשה כאמור בסוף שנות ה־70 של המאה ה־20, עם ניתוק הקשר בין האגן הצפוני של ים המלח, המהווה את גוף המים העיקרי, לבין האגן הדרומי שהתייבש, והוצף באופן מלאכותי על ידי המפעלים. ירידת המפלסים חשפה שטחים נרחבים, בעיקר בחלקו הצפון-מערבי והדרום-מערבי של ים המלח, של בוץ טובעני המהווה מפגע אסתטי, סביבתי ותכנוני. קריסת התשתית באזור והתפתחות הבולענים קשורה גם היא בירידת המפלסים והיא תוצאה של חשיפת שכבות מלח בתת-קרקע למי תהום תת-רדויים למלח. תהליך המסת המלח בתת הקרקע יוצר חללים בלתי יציבים הקורסים פנימה.

ומה בעתיד?

ים המלח ועתידו מעוררים עניין רב - השינויים בים ובסביבתו הביאו לפגיעה נופית ולפגיעה בתשתיות. גם הפיתוח התשתיתי והתיירותי סביב הים נבלם בגלל חוסר ודאות לגבי מפלס הים המשתנה, בשל הסכנות הגלומות בהתפתחות הבולענים

כמויות המים שזורמות היום לים המלח ותיפסק הפעילות התעשייתית שבו, מפלסו צפוי להתייבש בתוך כ־200 שנים במפלס הנמוך בכ־100 מטר מהמפלס הנוכחי. שטח האגם במפלס הקרוב לשיווי משקל זה יהיה כ־450 קמ"ר (לעומת 630 קמ"ר כיום וכ־1,000 קמ"ר בתחילת המאה הקודמת, כאשר האגן הדרומי היה עדיין מוצף). לקראת הגעה למפלס זה יקטן קצב האידוי, ובהתאם לכך תהיה גם התמתנות בקצב ירידת המפלס.

2. החזרת המצב ההיסטורי: חידוש

ובשל המודעות הגוברת לצורך בשימור ערכי טבע ונוף. על רקע הקריאות להציל את ים המלח יש לבחון שלושה תרחישים אפשריים לעתיד ים המלח.

1. ברירת המחזל - השארת המצב הקיים: ללא התערבות רחבת היקף במאזן המים הנוכחי של ים המלח, מפלסו צפוי להמשיך לרדת גם בשנים הבאות. עם זאת, המשך ירידת המפלס מלווה בעלייה במליחות ובירידה בשטח פני האגם - שני גורמים שמצמצמים את האידוי מפני המים. כמה מודלים חוזים כי אם יישמרו

הקידוח המדעי העמוק בים המלח

אדמה באזורנו. הסדימנטים (חומרי המשקע) ששקעו באגמים השונים מכילים אינפורמציה לגבי תנאי האקלים ששררו באזור אגן הניקוז במשך הרביעון ומהווים רשם של רעידות האדמה העתיקות. בחודש נובמבר 2010 התכנסה קבוצת מדענים בינלאומית לביצוע קידוח מדעי עמוק במרכז ים המלח בעומק מים של 300 מטר כדי להוציא גלעיני סדימנטים מקרקעית האגם. הקידוח שנעשה מאסדת קידוח יעודית שהובאה במיוחד לישראל חדר לעומק של 460 מטר המכסים לפחות 200 אלף שנים מהיסטוריית האגמים. גלעיני הקידוח נשלחו למכון מחקר בגרמניה ששם הם ייפתחו והמדענים החוקרים בפרויקט ייבצעו על החומר הנקדח מדידות שונות כדי להפיק נתונים לשחזור התנאים האקלימיים והפעילות הסיסמית באזור.

כתב וצילם: פרופ' מרדכי שטיין, המכון הגיאולוגי (הדברים מציגים את הנעשה בפרויקט הקידוח של ים המלח בחסות ארגון ICDP)



אסדת הקידוח של ארגון DOSECC במרכז ים המלח. באזור זה נקדה גלעין באורך של 460 מטר

ים המלח הוא אגם מלוח הממלא שקע טקטוני עמוק הקרוי בקע ים המלח. בקע זה מנקז אזור נרחב ביותר המשתרע מהר החרמון, רמת הגולן והרי הגליל בצפון ועד לדרום הערבה בסמוך למפרץ אילת. אזור ניקוז זה מייצג בדרומו את האקלים המדברי ובצפונו את האקלים הימי תיכוני. במשך תקופת הרביעון (שני מיליוני השנים האחרונות) התחוללו שינויים אקלימיים חשובים ברצועות אקלים אלה. לפעמים רצועת המדבר הייתה לחה יותר ולפעמים אזור הניקוז של נהר הירדן היה יבש או רטוב יותר מהתנאים המודרניים. שינויים אלה השתקפו במידת השתרעותם של אגמים שקדמו לים המלח (שהתקיים באלפי השנים האחרונות). למשל בתקופת הקרח האחרונה בין 70 ל-14 אלפי שנים לאחור התקיים אגם גדול בשם אגם הלשון שגובה מימיו היה 250 מטר מעל ים המלח והשתרע בין חצבה בדרום לבקעת הכנרת בצפון. נוסף על כך, נמצא בקע ים המלח על קו טקטוני חשוב הקרוי העתק ים המלח. העתק זה מהווה מקור לרעידות



גלעיני הקידוח בראש המקדח. החומר הלבן - קלציום קרבונט השוקע במי האגם. החומר הכהה - סחף המורכב מגרגי קורוץ, קלציט וחרסית

הזרמת מים שפירים מהירדן ומהירמוך או ממקורות אחרים. כדי לייצב את מפלס האגם נדרש נפח של 700 מלמ"ק לפחות בשנה, דהיינו שווה ערך של כשבע תחנות התפלה בדומה לתחנת אשקלון. במציאות שקיימת באזורנו, שבה כבר היום הדרישה למים עולה על קצב התחדשות המאגרים, האפשרות של הפניית מים שפירים בנפחים המוזכרים לטובת ים המלח נראית פחות מעשית.

3. תעלת הימים - מובל השלום: הזרמת מי ים לים המלח. לעומת חידוש הזרימות הטבעיות של מים שפירים לים המלח, האפשרות של הזרמת מי ים ריאלית יותר. שילוב פרויקט זה בפיתוח חלקי של מצוקת המים באזור הופך אותו לאטרקטיבי בעיני חלק מהגורמים המעורבים, שכן הוא יכול להוות גם מנוף לחיזוק השלום באזור. החלופה של הזרמת מי ים מים סוף לים המלח, התפלתם והזרמת מי הרכז לים המלח נבחנת כיום בחסות הבנק העולמי, ובליוי של ועדת היגוי משותפת של ישראל, ירדן והרשות הפלסטינית. עם זאת, אין ארוחות חינו, וגם לאפשרות זו עשויות להיות השלכות מרחיקות לכת על התפתחות ים המלח בעתיד, כמו גם על ים סוף, שממנו ישאבו המים. הפרויקט הנדון יהווה שינוי סדרי בראשית ויצירת מצב שים המלח לא הכיר: ערבוב מי ים בים המלח. לפני שמתקבלות החלטות כה משמעותיות, יש לדון במכלול ההשלכות. לא בכדי הגיע ים המלח לשלבים האחרונים בתחרות שבעת פלאי עולם הטבע, אזור ים המלח והים עצמו הם תופעת טבע ייחודית, משאב כלכלי, סביבת חיים למגוון יצורים ומקום מגוריהם ופרנסתם של רבים. במילים אחרות - הוא חשוב לרבים בצורות מגוונות. האזור נפגע מאוד כתוצאה מפעילות האדם אך גם תרם רבות, באופן ישיר ועקיף, לרווחת רבים. בעתיד, חשוב למצוא דרכים ליישב בין צורכי טבע ואדם, ולצמצם עד כמה שאפשר את הפגיעה בחלק מרביב זה של העולם.