

#### דורון מרקל

מנהל תחום כינרת, רשות המים

#### אהוד קיטאי

אגף התכנון, רשות המים

#### אורי שמיר

יו"ר צוות ההיגוי לניטור הכינרת ואגן  
ההיקוות, רשות המים

#### ציטוט מומלץ

מרקל ד, קיטאי א ושמיר א. 2017.  
שמירת הכינרת כמקור מים  
אסטרטגי לנוכח הירידה בכמות  
המים הטבעיים באגן הכינרת.  
אקולוגיה וסביבה 8(4): 31-34.



חיבור 'כיפת פוליה' למוביל המלוח מונע כניסה של כ-10,000-15,000 טונות כלוריד מדי שנה לכינרת. 28.12.2016 | באדיבות אלבטרוס

## שמירת הכינרת כמקור מים אסטרטגי לנוכח הירידה בכמות המים הטבעיים באגן הכינרת

8 בדצמבר, 2017

גיליון חורף 2017 / כרך 8(4) / ניהול משק המים

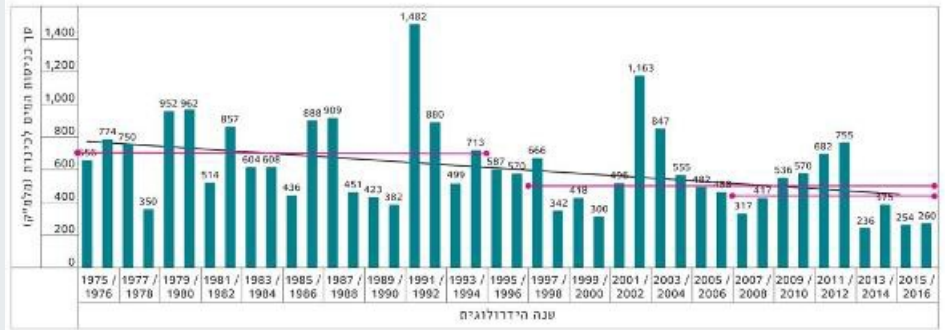
[בקצרה](#)

### זרידה בכמות המים הטבעיים באגן הכינרת

[בעשורים האחרונים מתרחש שינוי במשטר האקלימי בצפון ישראל, בעיקר באגן היקוות הכינרת](#), המתבטא בירידה בכמויות המשקעים באגן. בעקבות זאת נצפית ירידה רב-שנתית בכמות המים הנכנסים לכינרת ([איור 1](#)). [איור 1](#) מראה ירידה של כ-200 מלמ"ש בכמות המים הנכנסים לכינרת במהלך 40 השנים האחרונות. מחקרים שונים של השירות ההידרולוגי מראים כי הצריכה באגן ההיקוות עלתה רק ב-30 מלמ"ק, כך שרוב הירידה בכמות המים הנכנסים קשורה לירידה בכמויות המשקעים ושינוי באופיים. יתרה מכך, בארבע השנים האחרונות כמות המים הנכנסים הייתה קטנה משמעותית מהממוצע עקב בצורת מתמשכת. מודלים הידרו-אקלימיים מצביעים על כך ש**[בעשורים הקרובים צפויה החרפה של מגמות אלה, ולכן צפויה ירידה נוספת בכמות המים הנכנסים לכינרת.](#)**

איור 1. כניסות המים לכינרת

הערכים באיור מייצגים את כניסת המים בפועל. הערכים המוצגים שונים מערכי מים זמינים (המדווחים על ידי השירות ההידרולוגי) היום שלא מנכים מהם את ההתאידות מהאגם. קו רגרסיה ליניארית בשחור, במתאם ( $R^2$ ) של 0.1416 ובמובהקות (P-Value) של 0.016. בשנים 1975–1995 נכנסו בממוצע כ-700 מל"מ בשנה, ב-1996–2016 נכנסו רק כ-500 מל"מ בשנה, ובשנים 2006–2016 נכנסו בממוצע רק 440 מל"מ (קווים ורודים אופקיים).



איור 1

## כניסת המים לכינרת

הערכים באיור מייצגים את כניסת המים בפועל. הערכים המוצגים שונים מערכי מים זמינים (המדווחים על ידי השירות ההידרולוגי) היות שלא מנכים מהם את ההתאידות מהאגם. קו רגרסיה ליניארית בשחור, במתאם ( $R^2$ ) של 0.1416 ובמובהקות (P-Value) של 0.016. בשנים 1975–1995 נכנסו בממוצע כ-700 מל"מ בשנה, ב-1996–2016 נכנסו רק כ-500 מל"מ בשנה, ובשנים 2006–2016 נכנסו בממוצע רק 440 מל"מ (קווים ורודים אופקיים).

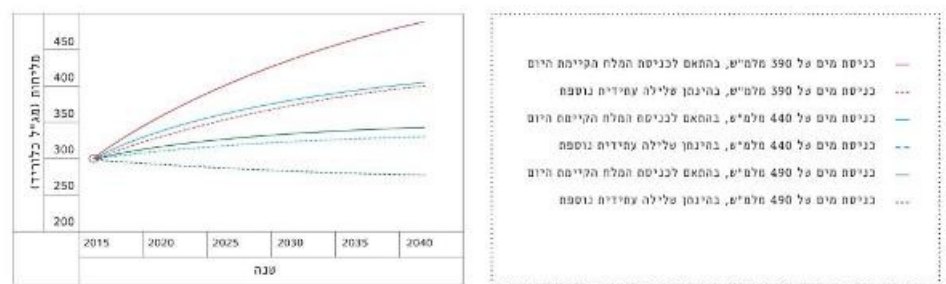
## השפעה צפויה על הכינרת

ההתפלה הגדילה באופן משמעותי את יכולת האספקה באזורי האוכלוסייה העיקריים במדינה, ומאפשרת תפעול גמיש של המערכת הארצית, כולל הפחתת ההפקה מן הכינרת למוביל הארצי מממוצע של כ-250 מל"מ לש-50 מל"מ. למרות הפחתה זו נמצא מפלס הכינרת בקיץ 2017 מתחת לקו האדום התחתון ( $-213$  מטר), וצפוי לחזור בסתיו 2017 לשפל של 2008–2009, שהוא מהנמוכים מאז החלו מדידות המפלס. כל עוד נמשכת מגמת הירידה בכמות המים הנכנסים, וכפועל יוצא מכך פוחתת כמות המים היוצאים, חילוף המים נמוך, והדבר מוביל לעליית מליחות המים בכינרת (שחזרה לאחרונה למליחות של מעל 300 מג"ל כלוריד) ולעורר הציבות האקולוגיות באגם, כולל פריחה של אצות כחוליות (ציאנובקטריה).

איור 2 מתאר את עיקרי תחזית עליית המליחות בכינרת כפונקציה של כמות המים הנכנסים לכינרת ושל כמות המלח הנשללת באמצעות הטיית מעיינות מלוחים [5]. מהאיור עולה כי אפילו אם תוקטן כניסת מלח לכינרת בכ-20,000 טונות כלוריד בשנה, ניתן יהיה לשמור את עליות המליחות עד שנת 2040 מתחת ל-300 מג"ל כלוריד רק על ידי שמירת הכמות הנכנסת על מעל 490 מל"מ בש בממוצע (במקרה זה יהיו 250 מל"מ מים זמינים).

איור 2. תחזית עליית מליחות הכינרת למשך 30 שנים

בהינתן כניסת מים של 490 מל"מ בש 250 מל"מ מים זמינים – ירוק, 440 מל"מ בש 200 מל"מ מים זמינים – תכלה) ו-390 מל"מ בש 150 מל"מ מים זמינים – אדום). קו מלא בהתאם לכניסת המלח הקיימת היום לאגם, וקו מקווקו בהינתן שלילה עמידית נוספת של 20,000 טונות כלוריד בשנה. המחזית מבוססת על מודל שפיתח ד"ר אלון רימר מהמעבדה לחקר הכנרת, עבור רשות המים [5].

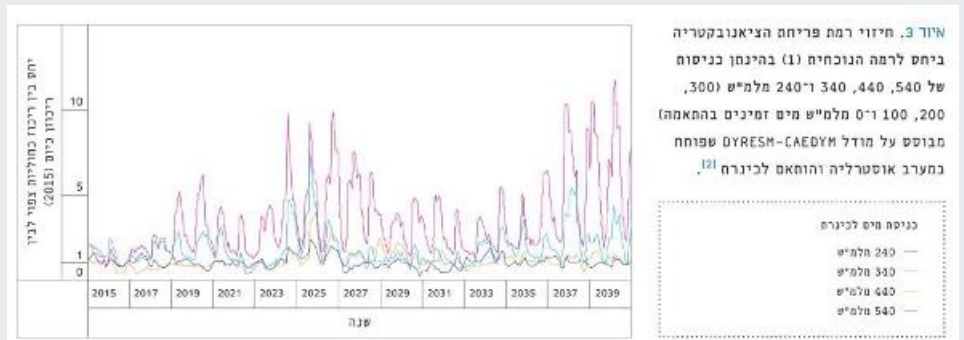


איור 2

## תחזית עליית מליחות הכינרת למשך 30 שנים

בהינתן כניסת מים של 490 מלמ"ש (250 מלמ"ש מים זמינים – ירוק), 440 מלמ"ש (200 מלמ"ש מים זמינים – תכלת) ו-390 מלמ"ש (150 מלמ"ש מים זמינים – אדום). קו מלא בהתאם לכניסת המלח הקיימת היום לאגם, וקו מקווקו בהינתן שלילה עתידית נוספת של 20,000 טונות כלוריד בשנה. התחזית מבוססת על מודל שפיתח ד"ר אלון רימר מהמעבדה לחקר הכנרת, עבור רשות המים [5].

התערערו היציבות האקולוגית של הכינרת מיוצגת בעיקר בפריחות של אצות כחוליות, שהחלו להופיע בכינרת במחצית שנות ה-90 על חשבון פריחת הפרידיניום, אצה שאפיינה את הכינרת בשנות היציבות האקולוגית שלה. **איור 3** מציג תוצאות מודל שהורץ ל-25 שנים, בהינתן כמויות מים נכנסות והולכות ופוחתות תוך שמירה על מפלס קבוע (הפחתת כמות היציאה בהתאם לירידה בכמות הנכנסת). מהאיור עולה כי ככל שתחלופת המים קטנה וזמן השהות של המים בכינרת ("גיל המים") גדל, כך גדלים הסיכויים לפריחה נרחבת של אצות כחוליות. כאשר כמות המים הנכנסים פחותה מ-440 מלמ"ש (כלומר כשיש 200 מלמ"ש זמינים), צפויה פריחת אצות כחוליות ברמה של פי חמישה ויותר מעוצמת הפריחות כיום.



**איור 3**  
**חיזוי רמת פריחת הציאנובקטריה ביחס לרמה הנוכחית (1) בהינתן כניסות של 540, 440, 340 ו-240 מלמ"ש (0-100, 200, 300 מלמ"ש מים זמינים בהתאמה) מבוסס על מודל DYRESM-CAEDYM שפותח במערב אוסטרליה והותאם לכינרת [2].**

## הכינרת כמקור מים אסטרטגי

תוכנית-האב של משק המים קובעת כי גם בעידן ההתפלה תמשיך הכינרת לשמש מקור מים אסטרטגי לתושבים ולחקלאות באגן ובסביבתו, מקור למילוי ההתחייבויות לאספקת מים לממלכת ירדן, וגיבוי אסטרטגי למערכת המים הארצית למקרה של כשל בלתי צפוי באספקת מים מותפלים. לנוכח שינוי האקלים והשפעותיו הצפויות על הכינרת קיים חשש שללא פעולות דרסטיות בעתיד משק המים עלול לאבד את היכולת להשתמש בכינרת למטרות שלעיל. לכן, מתבקשת מדיניות מושכלת לניהול הכינרת כמקור מים תוך ביצוע הפעולות הנדרשות לשמירה קפדנית על איכות מימיו, כפי שיפורט להלן.

## תוכנית התגובה של רשות המים

כיוון שהפעלת הכינרת בחילוף מים נמוך לאורך שנים תביא לפגיעה של ממש באיכות מימיה, מכינה רשות המים תוכנית פעולה, הכוללת שלילת מלח וייצוב אקולוגי של האגם [8], וכן דרכים שונות לתגבור כמות המים באגן ובאגם.

פעולות שונות מתוכננות לשלול מלח בכמויות הבאות (של טונות כלוריד לשנה): שדרוג המוביל המלוח (כ-5,000), הטיית המעיין התת-ימי פוליה A ליד מלון ימק"א (10,000–15,000), הטיה או סגירה חלקית של קידוח כינרת 7 (כ-2,000–4,000) והמשך השאיבה מקידוחי שלילת מלח בגליל המזרחי בהתאם למנגנון השטיפה [7].

פעולות הממשק לייצוב אקולוגי של האגם כוללות:

- ייצוב המפלסים, בהתאם למדיניות שאומצה ברשות המים, האומרת שמפלס הכינרת המינימלי ינוע במשרעת נשלטת סביב 'הקו הירוק' שהוגדר ל-(-211.5) מטר.
- פעולות לשימוש בממשק הדיג כגורם מייצב: אכלוס אמנון הגליל (*Sarotherodon Galilaeus*), מניעת דיג יתר,

- מניעת דיג באזור הבטיחה בעונת ההטלה והוצאה של סרדינים במידת הצורך [3].
  - ממשק חופי משמר, הכולל הגבלת כרייה של הצמחייה החופית ויצירת איזון בין הצורך לשמר את המערכת האקולוגית של הכינרת לבין הצורך בפיתוח תיירות בחופי האגם [4].
  - מניעת זיהום ממקורות עתירי זרחן באגן ההיקוות – מניעה מוחלטת של מקורות זיהום צואתיים (אנתרופוגניים ושל בעלי חיים) מאחר שהאצות הכחוליות מוגבלות זרחן ולא מוגבלות חנקן [6].
  - תפעול מושכל של אגמון החולה תוך העברת מי הכבול בחורף לכינרת ובקיץ להשקיה [1].
- בשל הירידה הדרמטית בכמות המים הנכנסים וההשפעות של ירידה זו שהובירו לעיל, מכינים באגן תכנון של רשות המים תוכנית לתגבור כמות המים הנכנסים לאגם והעוברים דרכו (איור 4):
- בטווח הקצר – הגבלת הקצאות מים עיליים לשימוש חקלאי במעלה כינרת. הגבלה זו, שהופעלה בשנתיים האחרונות, מוסיפה לכינרת כ-20 מל"ש.
  - בטווח הבינוני –
    - תגבור הפקת מים מקידוחים מאקוות שמוצאן אינו בכינרת, שיכולים לספק מים שאינם כלולים במאזן הכינרת. למשל, קידוחי שמיר שנקדחו בתחילת המאה ה-21 מספקים כ-10 מל"ש, וקידוחים גומא 3 וחרמונית 1 יקדחו בקרוב.
    - תגבור הפקה בקידוחים הכלולים חלקית במאזן הכינרת. השימוש בקידוחים אלה בשנות בצורת מאפשר שחרור מים טבעיים לנחלים ולכינרת. הקידוחים חורשת טל 1, חולה 7, 10, 11 מספקים כ-20 מל"ש.
    - שימוש במי הכינרת כחלק ממקורות המים לרמת הגולן תוך שחרור מים טבעיים ממעלה האגן לכינרת (מגדיל את סחרור המים באגם).
  - בטווח הארוך – הזרמת מים מהמערכת הארצית לאגן ההיקוות (כולל לעמק החולה) ולאגם הכינרת בכמות של כ-100 מל"ש. תוספת המים יכולה להיות מופנית לצריכה בעמק החולה תוך שחרור מים טבעיים לנחלים ולכינרת, או מוזרמת ישירות לאגם. היכולת להעביר מים מן הכינרת למוביל הארצי תיוותר בעינה.



## מקורות

1. ברנע ע, מרקל ד, בר אילן י ואחרים. 2012. ניטור הידרו-כימי של מערכת המים העיליים בפרויקט

החולה. הנדסת מים 80: 43-38.

2. גל ג וגלבווע י. 2012. תרחישים לבחינת השפעת ירידה במים הזמינים בכנרת על איכות המים והתהליכים האקולוגיים באגם. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. דו"ח מס' T26/2012.
3. מרקל ד. 2012. ממשק הדיג בכנרת – כלי לניהול מיטבי של האגם. *ארץ הכנרת* 5: 20-17.
4. מרקל ד, זהרי ת, גבאי א וגזית א. 2012. מציאת פתרון משמר לבעיית ההצפה של צמחיית חופי הכינרת, תוך איזון בין צורכי משק המים ותיירות. *אקולוגיה וסביבה* 3(3): 215-213.
5. רימר א. 2012. תרחישים לבחינת השפעת פחיתת מים זמינים בכנרת על המליחות באגם. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל, דו"ח סופי לרשות המים, דו"ח מס' T34/2012.
6. Gophen M, Smith VH, Nishri A, and Threlkeld AST. 1999. Nitrogen deficiency, phosphorus sufficiency, and the invasion of Lake Kinneret, Israel, by the N<sub>2</sub>-fixing cyanobacterium *Aphanizomenon ovalisporum*. *Aquatic Sciences* 61(4): 293-306.
7. Gvirtzman H, Garven G, and Gvirtzman G. 1997. Hydrogeological modeling of the saline hot springs at the Sea of Galilee, Israel. *Water Resources Research* 33: 913-926.
8. Markel D, Shamir U, and Green P. 2014. Operational management of Lake Kinneret and its watershed. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, and Nishri A (Eds). *Lake Kinneret: Ecology and Management*. Heidelberg: Springer