

הכינרת



החילזון הפולש Thiara scabra מהווה כ-95% מסך מאסף החלזונות בכינרת



כל שלושת מיני הצדפות המקומיים בכינרת נמצאים בסכנת הכחדה



ירידה
בריכוז אצת הפרידיניום באגם



טווח תנודות מפלס המים בכינרת מקצין, פוגע במגוון הביולוגי באגם, וגורם לשינויים בהרכב האוכלוסיות

ממצאי הפרק מבוססים על תוכנית הניטור של הכינרת, המעבדה לחקר הכינרת, חיא"ל.
כתיבה: גדעון גל

הכינרת

מאפייני המערכת האקולוגית

- הכינרת היא גוף המים המתוקים הגדול במזרח התיכון, ואגם המים המתוקים הנמוך בעולם.
- האגם נמצא במרכז בקעת הירדן, בחלקו הצפוני של השבר הסורי אפריקאי, כ-210 מטר מתחת לפני הים.
- שטח אגן ההיקוות הוא כ-2,730 קמ"ר, מתוכו כ-2,000 קמ"ר בשטח מדינת ישראל^{1,2}.
- שטח פני האגם הוא כ-167 קמ"ר, אורכו כ-21 ק"מ ורוחבו המרבי כ-12 ק"מ. העומק הממוצע של האגם הוא 25 מטר. הנקודה העמוקה ביותר בקרקעית האגם היא כ-46 מטר³.

איומים ותהליכים

ניצול יתר של משאבים

- **שינויים תדירים וקיצוניים במפלס המים:** ניצול הכינרת כמאגר מים, גידול באוכלוסיית המדינה ועלייה בביקוש לאספקת מים, בשילוב מספר שנים שחונות, הביאו לשאיבה מעבר לכמות המתחדשת, ולרצף של שנים שגובה המפלס בהן היה נמוך במיוחד. הערך הנמוך ביותר נרשם בשנת 2001, ועמד על -214.87⁴. רצף שנות הבצורת והמפלסים הנמוכים לווה במספר שנים של משקעים מרובים ומפלסים גבוהים. בכך גדלה משרעת המפלסים הרבה מעבר לטווח הטבעי, ונפח המים האגור בכינרת השתנה באופן משמעותי. הטווח הרחב של גובה המפלסים גורם לחוסר יציבות במערכת האקולוגית, שבא לידי ביטוי בהיקף הצמחייה החופית הטבולה ובמבנה ובהרכב של אוכלוסיית הפיטופלנקטון, הזואופלנקטון, החלזונות והצדפות, ומשפיע על הרבייה, על ההישרדות ועל הדינמיקה של הדגים^{5,6}, על היחסים במארג המזון, על אוכלוסיות הליטורל (בית הגידול החופי)⁵, על משטר השקעת הסדימנטים בקרקעית ועל פליטת מתאן מוגברת. עם סיום חיבור הכינרת למערכת המים הארצית תקטן בעתיד התלות של מפלס האגם בכמות המשקעים, מה שיבטיח תנודות מפלס קטנות יותר, ועל כן גם יציבות גדולה יותר במערכת האקולוגית של הכינרת⁴.
- **דיג:** לנוכח החשש לקריסה של אוכלוסיית הדגים באגם,

ובכמות הזרימה בנחלים, ויגרום להמלחה^{15,16}. אירועי קיצון, כבצורות ממושכות ושיטפונות חזקים, צפויים להגדיל את טווח תנודות המפלס, שכבר כיום הוא פי ארבעה מהטווח הטבעי לאגם^{17,18}. נוסף על כך, החרפת אירועי הקיצון בשילוב עם עלייה מתמשכת בטמפרטורת האוויר הממוצעת גוררת עלייה בטמפרטורת המים ובמשך תקופת השיכוב העונתי¹⁹. שינויים במשרעת המפלסים ובטמפרטורת המים משפיעים באופנים ישירים ועקיפים על האורגניזמים המתקיימים באגם^{7,18,20}. בעקבות זאת, כמות החמצן המומסת במים עלולה לרדת, וכך תקטן זמינות החמצן לנשימה של יצורים מימיים, יצטמצם פירוק חומר אורגני ומזהמים, וכן יושפעו הקצבים המטבוליים של מרכיבי מארג המזון²¹.

מינים פולשים

- בכינרת נצפו, החל מאמצע שנות ה-90, מיני פיטופלנקטון שלא נמצאו בה בעבר, בהם פריחות

ביניו ופיתוח

קיציות של כחוליות שמקבעות חנקן ומייצרות רעלנים¹⁴. באמצע העשור הראשון של המאה ה-21 הופיע החילזון הפולש *Thiara scabra*. בתחילה נצפו פרטים בודדים, אך בשנת 2010 כבר היווה המין הפולש למעלה מ-95% מאוכלוסיית החלזונות בכינרת, תוך דחיקת ארבעת המינים המקומיים^{22,23}. בשנים האחרונות האצה המקומית פרידיניום (*Peridinium gatunense*), שבעבר פרח בכל אביב והייתה סמל ליציבות המערכת האקולוגית בכינרת, פורחת כעת רק לעיתים רחוקות, וזאת בעקבות הופעה ופריחה של כחוליות באגם, וייתכן שגם בעקבות פלישת החילזון^{24,25}.

- תוכניות לפיתוח חופי להקמת כפרי נופש ומתחמי מלונאות מאיימות בפגיעה בבתי גידול חופיים ובמים הרדודים, למשל דרך זיהום אור, זיהום נגר, פגיעה בצמחייה החופית והקטנת המורכבות המבנית.

תוכנית הניטור בכינרת

מטרת הניטור

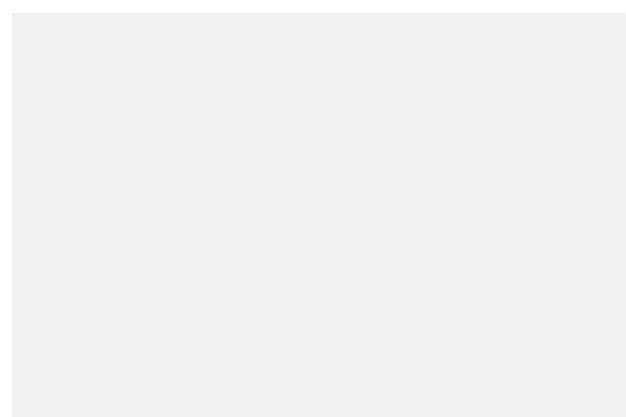
ניטור מדעי של אגם הכינרת החל ב-1969 במטרה לעקוב אחר איכות מי האגם, לצפות ולחזות שינויים ארוכי טווח באיכות המים, וכדי ללמוד על התהליכים שמשפיעים על המערכת האקולוגית של האגם. דו"חות הניטור מתפרסמים באתר [המעבדה לחקר הכינרת ע"ש יגאל אלון](#), חקר ימים ואגמים לישראל.

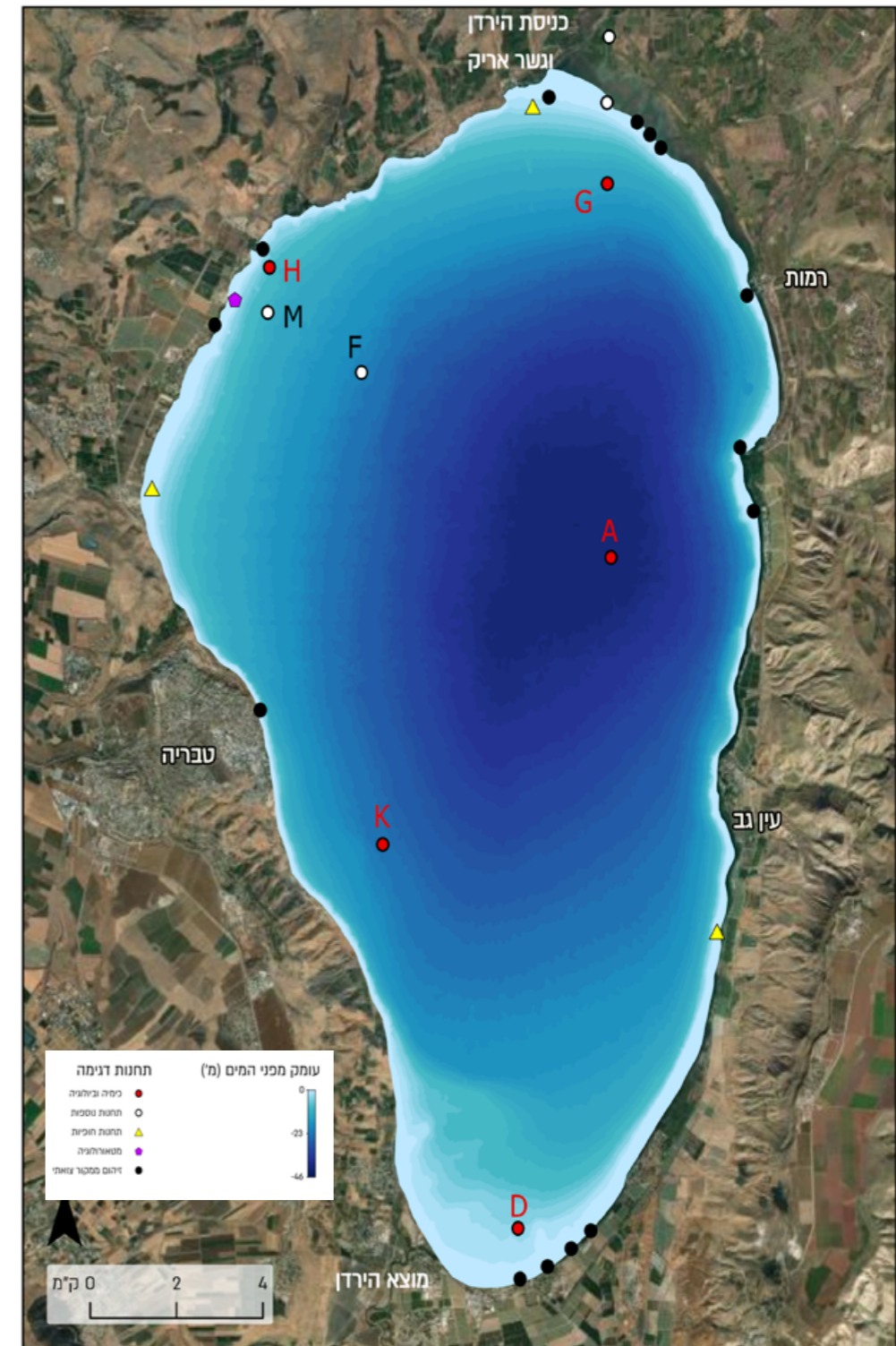
מערך הניטור

תוכנית הניטור מבוססת על דגימה במספר תחנות בעומקים שונים, ועל בדיקת מספר רב של משתנים פיזיקליים, כימיים, ביולוגיים ותברואתיים, שניתוח שלהם משקף את איכות מי האגם, ומאפשר קביעת מגמות שינוי באיכות המים ואיתור מגמות של זיהום המערכת²⁶. אופי גוף המים, עומקו, משטר הזרמים שבו והטופוגרפיה של קרקעית האגם מתייבים את מספר הדגימות שנאספות מעומק עמודת המים בכל תחנת דגימה, ואת סוג הבדיקות שנערך בכל אחת מהדגימות. במפה 1 מוצג המיקום של תחנות הניטור העיקריות בכינרת. תחנה

A, הנמצאת במרכז האגם, נדגמת בתדירות של אחת לשבוע, ונבדק בה מספר רב של משתנים, כולל הרכיבים הביולוגיים של המערכת האקולוגית (פיטופלנקטון, זואופלנקטון ודגים). בתחנות דגימה נוספות, K, I, G, D, הממוקמות בציר צפון-דרום, נבדק מספר משתנים מצומצם יותר.

כל התוצאות המובאות להלן מפורטות בדו"ח ניטור ומחקרי כינרת לשנת 2021²⁶.



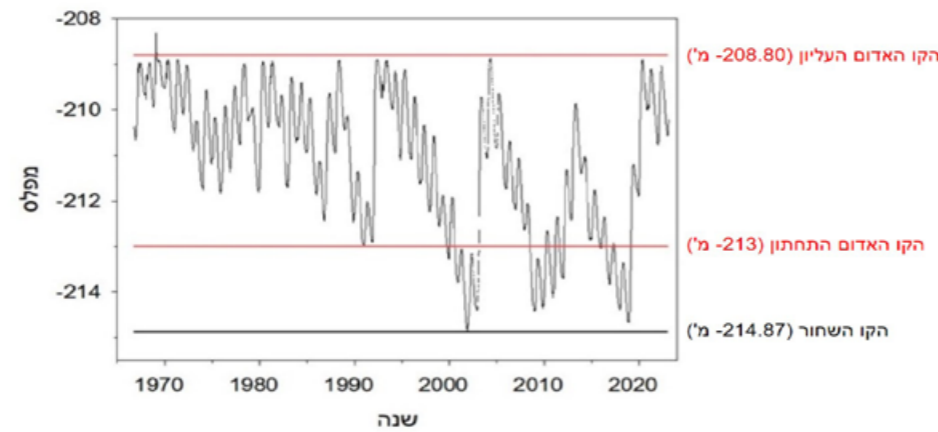


מפה 1: מפה בתימטרית של הכינרת ותחנות הדגימה של תוכנית ניטור הכינרת 2027. <https://iolar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/>. <https://iolar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/?index.html?id=da01a069af4e4f568a280a625ec8c50f>

מצב התנאים האביוטיים המרכזיים בכינרת

מצב מפלס הכינרת

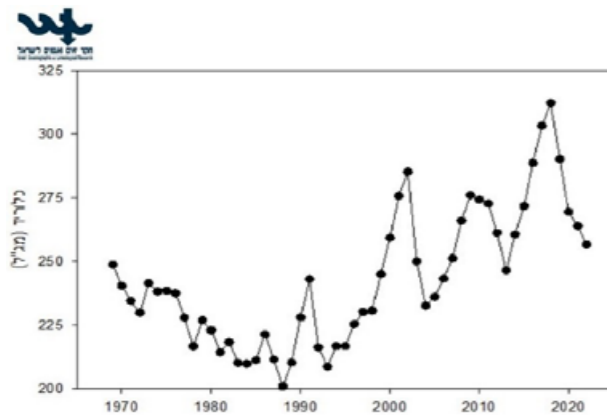
התנודות הקיצוניות במפלס הכינרת נגרמות משאיבת מים מעבר לכמות הטבעית המתחדשת, שמגדילה את הפערים במפלס הרבה מעבר למשרעת הטבעית העונתית והרב-שנתית⁴. תנודתיות רבה משפיעה באופן ישיר על בעלי החיים והצומח בעקבות היווצרות או היעלמות של בתי גידול ומקומות רבייה לאורך רצועת התנודות של הכינרת (איור 1).



איור 1: שינויים במפלס הכינרת בין השנים 1966 ל-2022. הקו האדום העליון (-208.80 מ') – מפלס קרבי שאסור לעבור, היות שבמקרה של גאות ישנה סכנת הצפה לאתרים מסביב לאגם; הקו האדום התחתון (-213 מ') – מפלס ששאיבה מתחתיו עלולה לפגוע במערכת האקולוגית ובאיכות המים; הקו השחור (-214.87 מ') – מפלס שמתחתיו אסורה שאיבה. הנתונים באדיבות השירות ההידרולוגי, רשות המים.

מצב ריכוז מליחות בכינרת

מליחות אגם הכינרת משתנה משנה לשנה בהתאם לתנודות השנתיות במאזן שבין כניסות מים מתוקים מהירדן ומנחלי רמת הגולן והגליל המזרחי, לבין כניסות המים המלוחים ממעיינות הנמצאים בקרקעית הכינרת ובעיקר לאורך חופיה המערביים. בזכות פעילות המוביל המלוח, שאוסף ומטה כשליש מכניסות המלח לאגם, ירדה המליחות בסוף שנות ה-60 לכ-210–250 מ"ג כלוריד לליטר. בשנים גשומות, כשנפח המים המתוקים הנכנסים לכינרת גדול, ריכוז הכלוריד באגם יורד, ואילו בשנים שחונות, כאשר תהליכי המיהול מוגבלים, המליחות עולה² (איור 2).

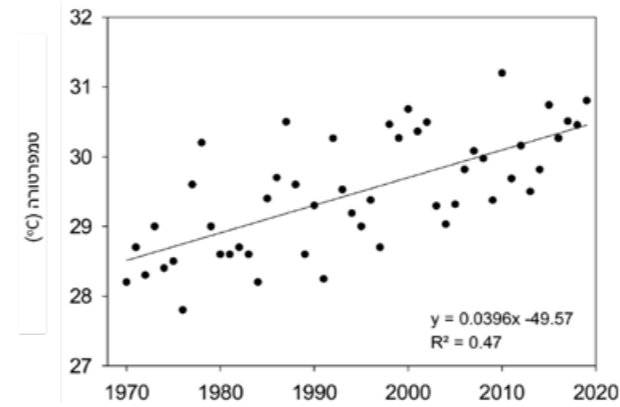


איור 2: שינויים עיתיים בריכוז הכלוריד בכינרת בין השנים 1970–2022 (ריכוזים שנתיים ממוצעים). הנתונים באדיבות חברת מקורות.

עלייה במליחות המים משפיעה על מגוון מיני הצומח והחי באגם. לדוגמה, היא גורמת לדומיננטיות של מיני אצות, המסוגלים לשרוד בטווח רחב של תנאים, ובעקבותיה לירידה במגוון הביולוגי²⁸.



מצב טמפרטורת פני המים



איור 3: מגמות רב-שנתיות בטמפרטורת מי הכינרת (טמפרטורה שנתית מרבית בעומק של מטר אחד). טמפרטורת המים בכינרת בין השנים 1970–2022 נמצאת במגמת עלייה (p<0.001). הנתונים באדיבות המעבדה לחקר הכינרת, חיא"ל²⁹; Gal et al., 202019.

טמפרטורת השכבה העליונה של המים עלתה בקצב ממוצע של 0.4°C מאז 1970, ובסך הכול ב- 2.2°C בין השנים 1970–2022, עקב העלייה בטמפרטורת האוויר שנובעת משינוי האקלים¹⁹ (איור 3). העלייה בתדירות של אירועי קיצון מובילה לערכים חריגים בטמפרטורת המים, כמו גל החום שהתרחש באוגוסט 2010, שבעקבותיו נרשם שיא בטמפרטורת המים באגם – 34.32°C ¹⁹. אומנם אירועי הטמפרטורה הקיצוניים האלה קצרי מועד, אבל הם קטלניים עבור מינים שאינם מסוגלים להתמודד עם טמפרטורות כאלה, וגורמים להתחזקות אוכלוסיות של מינים העמידים יותר לטמפרטורות גבוהות, כגון מיני כחוליות שעלולות להיות רעילות²⁹. כמו כן, העלייה בטמפרטורת המים גורמת לירידה בצפיפות שכבת המים הרדודה באגם. כאשר ההפרש בצפיפות המים בין השכבה העליונה והתחתונה באגם גדל, גדלה היציבות של השיכוב התרמי באגם. התארכות משך השיכוב גורמת למניעת ערבוב עמודת המים, ומשליכה על איכותם²⁹.

מצב המגוון הביולוגי בכינרת

הכינרת מאופיינת במגוון רחב של בתי גידול שמקיימים מגוון גבוה של מיני צומח ובעלי חיים, ובהם מינים אנדמיים, מינים נדירים ומינים בסכנת הכחדה. מארג המזון מורכב מפלנקטון, יצורים זעירים – פיטופלנקטון (אצות וחיידיקים) וזואופלנקטון (בעלי חיים) – הנעים עם זרמי המים, מחרקים, מדגים ומעופות. יחסי הגומלין בין המרכיבים של מארג המזון תורמים ליציבות המערכת, ושומרים על איכות המים. הפרת האיזון בין המרכיבים עלולה לגרום לפריחה בלתי מבוקרת של פיטופלנקטון ולפגיעה קשה באיכות המים.

ממצאים מרכזיים

- קיימת אי-יציבות משמעותית בריכוזי האצה מסוג פרידיניום החל מאמצע שנות ה-90, ובשנים האחרונות היא נמצאת בריכוזים נמוכים משמעותית מהממוצע הרב-שנתי באגם. בשנת 2021 נמצאה עלייה בצפיפות הזואופלנקטון באגם הרבה מעבר לממוצע הרב-שנתי.
- כל שלושת מיני הצדפות המקומיים בכינרת נמצאים בסכנת הכחדה בשל שינויי המפלס הקיצוניים.
- שינויי המפלס הקיצוניים הובילו להתמעטות קיצונית של שפע הרכיכות המקומיות ולהשתלטות של החילזון הפולש Thiara scabra, המהווה מעל 95% מסך מאסף החלזונות באגם.
- נרשמה ירידה בביומסת הדגים בכינרת בשנת 2021 בהשוואה לעשורים האחרונים.
- שינוי האקלים המתבטא בירידה בכמות המשקעים ובעלייה באירועי קיצון כדוגמת בצורות ושיטפונות, גורם לשאיבות מים מוגברות מנחלים וממי תהום, ותורם למגמת הפחיתה בנפחי המים הזמינים באגם, להקצנה בטווח תנודות מפלס המים ולעלייה בטמפרטורת המים הממוצעת. השינויים האלה מובילים לפגיעה במגוון הביולוגי באגם ולשינויים בהרכב האוכלוסיות.

מצב הפיטופלנקטון

חשיבות

בסיס מארג המזון בכינרת הוא הפיטופלנקטון, הכולל כ-200 מיני אצות וחיידיקים פוטוסינתטיים. תזונת הפיטופלנקטון מתבססת על חומרי הזנה שונים (נוטריינטים) המצויים במים. עד סוף שנות ה-90 מין האצות העיקרי בכינרת היה הפרידיניום (*Peridinium gatunense*), שהיה אחראי על מחצית מקיבוע הפחמן האורגני בכינרת, שימש מזון לאמנון הגליל (*Sarotherodon Galiilaeus*), ומהווה אינדיקטור ליציבות המערכת³⁰.

שיטות ניטור

ניטור הפיטופלנקטון מספק אומדני ריכוז וביומסה רטובה של הפיטופלנקטון באגם. הניטור מתבסס על דגימה דו-שבועית

בתחנה A, התחנה העמוקה ביותר באגם. דגימות מים נלקחות מסדרה של עומקים, עוברות השקעה בתאי שיקוע, זיהוי וספירה תחת מיקרוסקופ.

ממצאים

הקמת אגמון החולה ב-1994 הביאה לצמצום כמות המים ששוטפת את עמק החולה ומגיעה לכינרת. מאז ועד לשנים האחרונות נמצא שאצת פרידיניום פורחת בכינרת רק בשנים ברוכות בגשמים, לאחר שעמק החולה נשטף, ומגיעים לכינרת חומרים אורגניים ואי-אורגניים שנשטפים מאדמות הכבול. מאז 1996 היו 18 שנים ללא פריחת אצת הפרידיניום, ורק שמונה שנים עם פריחה. בהיעדר פרידיניום, ביומסת האצות במים הייתה נמוכה לאורך כל השנה (<40%), ללא כל שיא עונתי, והצטמצמה לשלושה חודשים. כחוליות וירוקיות תרמו את עיקר הביומסה הקיצית³¹ (איור 4).



קופפודים מהסוג מזוציקלופס (Mesocyclops) ומהסוג תרמוציקלופס (Thermocyclops). בשנה החולפת חלה עלייה משמעותית בחלק היחסי של המזוציקלופס לעומת מגמת ירידה בחלקם היחסי של התרמוציקלופס, המבטאת ירידה בלחץ הטריפה של הדגים את התרמוציקלופס, כנראה עקב צמצום בגודל אוכלוסיית הדגים³², שתואמת גם את ממצאי הניטור האקוסטי של הדגים⁴.



דוגמאות לזואופלנקטון בכנרת: (א) רוטיפרים – *Filinia* sp.; (ב) קלדוצירה – *Bosmina longirostris* var *cornuta*; (ג) קופפודים – *Mesocyclops* sp.; (ד) קופפודים – *Thermocyclops dybowskii*. מתוך: Lake Kinneret Zooplankton Catalogue 33.

ההגנה על בתי הגידול הלחים ועל חברת החי והצומח המתקיימת בהם³⁵.

שיטות

ניטור הרכיכות מתבצע בחמישה אתרים פעמיים בשנה, בתקופת המפלט המזערי ובתקופת מפלט המרבי. בכל אתר נדגמות רכיכות מהקרקעית בשלוש נקודות לאורך חתך מהחוף לכיוון מרכז האגם, סך הכול 15 נקודות דגימה לעונה. מיקום נקודות הדגימה, שנקבע על פי עומק הקרקעית, משתנה מדגימה לדגימה עם שינויי המפלט.

בכל נקודת דגימה נאספים חלזונות וצדפות מעשר משבצות קרקעית שנדגמות באופן אקראי באמצעות מסגרת של 20 X 20 ס"מ. תכולת המשבצת נאספת לתוך דלי, האבנים הגדולות מסולקות, החול מסונן במקום, והרכיכות נלקחות למעבדה לזיהוי ולספירת כלל הפרטים החיים מכל מין³⁴.

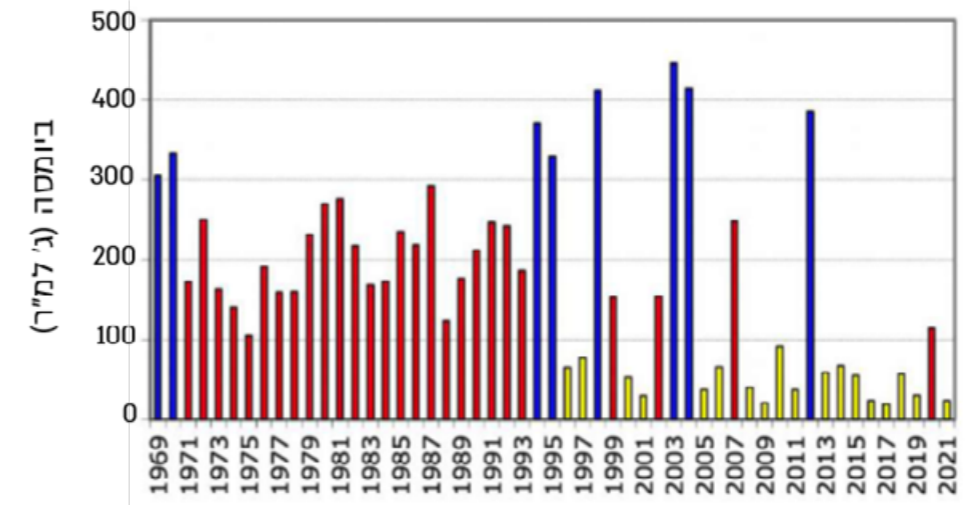
מצב הרכיכות (חלזונות וצדפות)

חשיבות

אוכלוסיות הליטורל הטבעיות של הכינרת, ובהן הרכיכות, מותאמות לשינויי מפלס בטווח הטבעי של כ-1.5 מטר. בעשורים האחרונים חלים שינויי מפלס קיצוניים בטווח של 6 מטר, שבמהלכם נעלמים מרצועת הליטורל התשתית האבנית, הכיסוי הצמחי והלגונות, והליטורל נותר חולי ברובו. הרכיכות בכינרת הן דוגמה לתהליך של התמעטות והיכחדות של מינים שאינם מצליחים להסתגל לשינויים הקיצוניים בבית הגידול, ועם היעלמותם משגשגים מינים פולשים³⁶.

יתרה מכך, הרכב חברת הרכיכות מושפע ישירות מאיכות המים וממורכבות בית הגידול, ולכן משקף את איכותו. תיעוד חברת הרכיכות, ובעיקר מעקב אחר שינויים בה, יכול לסייע בזיהוי מוקדם של הפרעות בבית הגידול וכך לסייע במאמץ

בשנים האחרונות קרה שהיו שנים גשומות שאצת הפרידיניום לא פרוחה בהן. הסבר אפשרי הוא שהחילוץ הפולש *Thiara scabra* שהחל להתפשט בכינרת משנת 2010, מסלק חלק משמעותי מתאי הקיימא של פרידיניום בקרקעית האגם, ובכך מצמצם את הצפיפות ההתחלתית של האוכלוסייה³⁷. בשנת 2021 שוב לא התפתחה פריחת פרידיניום³⁸.



איור 4: עוצמת פריחת הפרידיניום בשנים 1969–2021. עוצמת הפריחה מבוטאת כממוצע חודשי של הביומסה בחודש שביומסת הפרידיניום הגיעה בו לשיאה השנתי (הערך המרבי בכל שנה). השנים חולקו לשלוש קטגוריות בהתאם לעוצמת הפריחה האביבית: שנים ללא פריחה (צהוב, ביומסה חודשית ממוצעת שלא עלתה על 100 גרם למ"ר), שנים עם פריחה בינונית (אדום, ביומסה של 100-300 גרם למ"ר) ופריחה נרחבת במיוחד (כחול, ביומסה מעל 300 גרם למ"ר). מתוך: זהרי ואלסטר, 2022³¹.

לדגימה של מטר מעל לתרמוקלינה ומטר מתחתיה. הדגימות מכל העומקים מרוכזות לכלי אחד ומעורבבות היטב, ונלקחת ממנו דגימת מים של ליטר אחד לספירה. שיטה זו מאפשרת תמונה אינטגרטיבית של עמודת המים. השיטה השנייה, דגימת הפרופיל, כוללת דגימה של עשרה ליטר בכל עומק. הדגימה בשיטה זאת מאפשרת שמירה על המידע הנאסף בכל עומק, וזיהוי מאפיינים ומגמות בזמן וגם במרחב בממד האנכי. הדגימות נבחנות במעבדה במיקרוסקופ לצורך זיהוי, ספירה ומדידה³².

ממצאים

במהלך 2021 נרשמה עלייה של 16% בצפיפות הכוללת של הזואופלנקטון ביחס לשנת 2020, שנבעה בעיקר מעלייה של 46% באוכלוסיית הקופפודים באגם בשנת ביחס לשנת 2020. זאת לעומת ירידה בצפיפויות של הרוטיפרים (28%) והקלדוצירה (12%), שהקופפודים ניזונים מהם. נוסף על ערכי הצפיפות הגבוהים של הקופפודים, נמצאה מגמה של שינוי בהרכב אוכלוסייתם. בכינרת קיימים בעיקר שני מינים של

מצב הזואופלנקטון

חשיבות

בכינרת כ-35 מיני זואופלנקטון, שהם בעלי חיים הנישאים על-ידי הזרם, ומהווים, אחרי הפיטופלנקטון, את בסיס מארג המזון בה. ניתן לחלק את הזואופלנקטון באגם לשלוש קבוצות: המיקרו-זואופלנקטון, כגון הרוטיפרים (Rotifers); הצמחוניים, ובהם מיני הקלדוצירה (Cladocera); הזואופלנקטון הטורף, כדוגמת השלבים הבוגרים של הקופפודים (34 Copepods).

שיטות ניטור

דגימת הזואופלנקטון נעשתה בתחנה A (מפה 1) בשתי שיטות שונות. השיטה הראשונה, דגימת המיקס, שכוללת דגימה של ליטר אחד של מים מתשעה עומקים שונים בין 1–33 מטר בתקופה שהאגם מעורבב, או במהלך תקופת השיכוב. דגימה עד עומק התרמוקלינה (שכבת הערבוב, המעבר בים משכבת המים העליונה לתחתונה, עומקה תלוי בטמפרטורה), נוסף

ממצאים

חלזונות

שינויי המפלס הגדולים הובילו להתמעטות קיצונית של החלזונות המקומיים האופייניים לכינרת, מגדלנית הנחלים (*Theodoxus*), סהרונית הירדן (*Melanoides tuberculata*), ולהופעה (*Jordani*) ושחריר מצולע (*Melanopsis costata*), ולהשתלטות של מין פולש של חילזון – *Thiara scabra*. מאז 2012 החילזון הפולש מהווה מעל 95% אחוז מסך החלזונות באגם, בריכוזים של אלפי עד עשרות אלפי פרטים למ"ר בעומקים 2.5-5 מטר (איור 6). למין הפולש יכולת הסתגלות למפלסים המשתנים וכושר ציפה, והוא מתפשט במהירות. אין לו טורפים מקומיים, והוא דוחק את המינים הטבעיים עד להכחדה. ניתן למצוא מינים טבעיים כמעט רק במים הרדודים ובריכוזים נמוכים בשניים עד שלושה סדרי גודל. ככל הנראה, החלזונות הפולשים ניזונים מכל חומר אורגני בסדימנט, ייתכן שאף מתאי קיימא של פרידיניום, ותורמים להיעדר פריחות של אצה רצויה זו, ובכך מעודדים פריחות של מיני אצות לא רצויים³⁶.

שני מיני חלזונות פולשים נוספים שזוהו בכינרת בשנים האחרונות, פירגופורוס (*Pyrgophorus* sp.) וטרביה (*Tarebia granifera*) לא נמצאו בדגימות ב-2022. מצד שני, גם לא נמצאו פרטים של המינים המקומיים הזעירים ביתינה זעירה (*Bithynia phialensis*) וקרנית הירדן (*Falsipyrgula barroisi*)³⁶.

צדפות

גם שלושת המינים המקומיים של צדפות הכינרת, צדפת נחלים כינרתית (*Unio terminalis*), סלסילה חומה (*Corbicula fluminalis*) וצדפת אגמים כינרתית (*Potomida littoralis*), סובלים משינויי המפלס הקיצוניים. מאז 2012 ממוצע ריכוזי הצדפות נמוך, לרוב בין אפס עד עשרות בודדות של פרטים למ"ר. שני המינים הראשונים, שהיו מאוד נפוצים בעבר, הם מינים בסכנת הכחדה עולמית, ושינויי המפלס בכינרת בטווח גדול בהרבה מהטבעי תורמים להכחדתם³⁴.

מצב הדגים

חשיבות

הדגים ממוקמים בראש מארגי המזון האקוטיים, משפיעים על איכות המים, על הפיטופלנקטון, הזואופלנקטון, הזואובנתוס (שוכני קרקעית הים), ומשטר הנוטריינטים באגם.

שיטות ניטור

אוכלוסיות הדגים מנוטרות בסקרים אקוסטיים במטרה לשפר את הידע לגביהן וכך לייעל את ממשק הדגה ואת אכלוס הדגים בכינרת. דיג ואכלוס מיני דגים רצויים משנים את אוכלוסיות הדגים וגם רכיבים אחרים של המערכת האקולוגית, ובכך משפיעים על איכות המים. ממשק לקוי ודיג יתר עלולים לגרום נזק למערכות האקולוגיות של האגם.

הסקרים, שמטרתם הערכה כמותית של מספרי הדגים וגודלם באגם, בוצעו בגלאי דגים (אקוסאונדר) מדעי בעל אלומה מפוצלת לאורך 14 חתכים בשעות הלילה, בעת שהדגים מפוזרים על פני עמודת המים. האקוסאונדר מצויד במערכת GPS המאפשרת רישום דגמים מרחביים דו-ממדיים של פיזור המטרות האקוסטיות, זיהוי מטרות בודדות ואפיון מיקום תלת-ממדי של המטרות בגוף המים. חישובי צפיפות הדגים נעשו בתוכנה ייעודית לעיבוד נתונים הידרואקוסטיים.

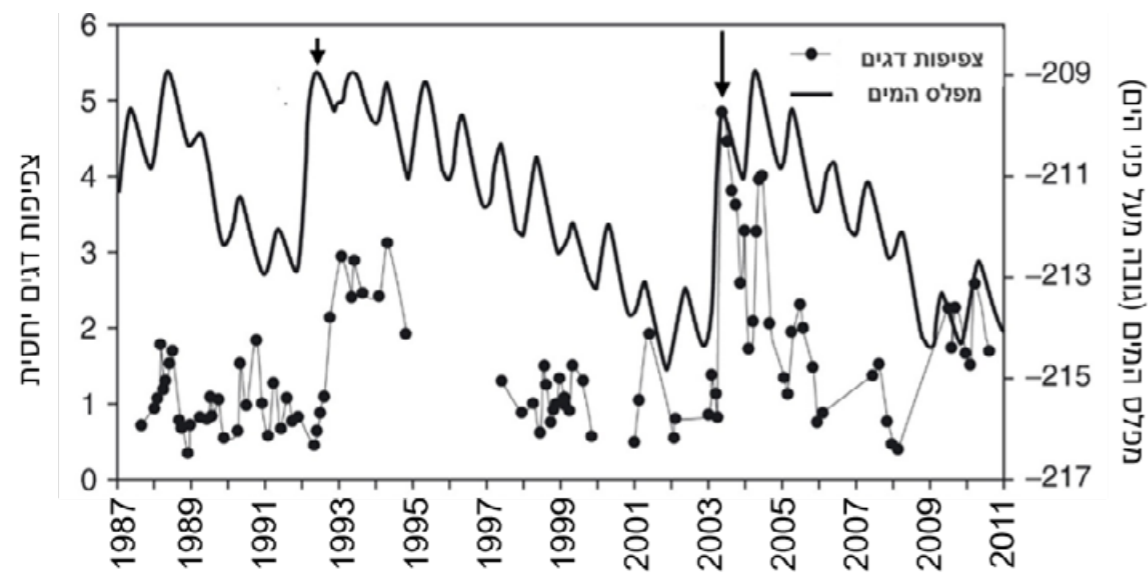
ממצאים

התנדודות הקיצוניות של מפלס האגם, שאפשרו התפתחות צמחייה יבשתית גבוהה ליד קו המים בתקופות של מפלס נמוך והצפתה עם עליית המפלס, השפיעו באופן שלילי על כמויות הדגים באגם ב-2021. הסיבה לכך יכולה להיות קשורה לעושר צמחייה גבוה בגדות בתקופות של מפלס נמוך ולהצטברות סדימנט בינות לצמחייה בתקופת ההצפה, שייתכן שצמצמו באופן משמעותי את אזורי הרבייה (חוץ אבני) של המין הדומיננטי לבנון הכינרת (*Mirogrex terraesanctae*) בתקופה שהמפלס גבוה, ובכך הובילו לירידה בכמות הדגים בשנים הבאות⁴.

עליית מפלס חריגה כפי שנראתה בעקבות חורף 1991/92 וכן שוב ב-2003/04 התבטאה בהצלחת רבייה חריגה של דגי הלבנון, שתורגמה לבימסה גדולה ולחץ טריפה בולט על הזואופלנקטון באגם ולירידה בבימסה של הזואופלנקטון^{37,38}. בעקבות הירידה במקורות המזון שלהם חלה ירידה בבימסה של הדגים אוכלי הפלנקטון באגם. העדויות לירידה בבימסה של הזואופלנקטון נראות לרוב כשנה וחצי לאחר עליית המפלס. על כן, בעקבות עליית המפלס הגדולה בחורף 2018/19 בסוף תקופת הבצורת הייתה ציפייה שאוכלוסיות הדגים והזואופלנקטון יושפעו ממנה. ואכן, במהלך שנת 2020 נרשמה ירידה של כ-30% בצפיפות הכוללת של הזואופלנקטון באגם ביחס לשנת 2019, שלווה בירידה בבימסה של הדגים בשנת 2021 ובעלייה מקבילה בזואופלנקטון⁶ (איור 5).



שפמנון מצוי. צילום עוזי פז. פיקיוויקי



איור 5: סדרות זמן של מפלס המים ושל כמות הדגים היחסית בכינרת. החיצים מצביעים על שני אירועים של עלייה משמעותית במפלס האגם, שלוו בעלייה קיצונית בצפיפות דגי לבנון הכינרת.

הדגים בכינרת

בכינרת חיים 18 מיני דגים טבעיים לאגם, מתוכם שלושה אנדמיים לכינרת וארבעה אנדמיים למערכת הירדן. בעבר היו קיימים באגם שני מינים טבעיים נוספים, טברנון לסתני (*Tristramella sacra*) שלא נצפה מאז שנות ה-90 של המאה הקודמת, וטברנון חולתי (*Tristramella simonis intermedia*) שנכחד בשנות ה-50³⁹. בכינרת חיים גם עשרה מיני דגים זרים, מתוכם שלושה מאוכלסים לצורך העשרת הדגה באופן קבוע ושבעה מינים פולשים, פליטי תרבות ובריכות דגים (טבלה 1). המין הנפוץ ביותר באגם, לבנון הכינרת, הוא דג קטן שחי כבוגר בלהקות במים הפתוחים, ניזון מטריפת זואופלנקטון, ומבחינת שפע מהווה כ-80% ויותר מסך כל הדגים באגם³⁹.

הדינמיקה הרב-שנתית של כמות הדגים באגם קשורה לתנודות מפלס המים, המשפיעות על הצלחת הרבייה ועל יכולת הישרדות הדורות החדשים⁴⁰. קיימים מינים שאוכלוסייתם יציבה, כמו לבנון הכינרת, ואחרים שאוכלוסייתם במגמת ירידה כמו טברנון סימון (*Tristramella simonis*), אמנונית יוסף (*Astatotilapia flavijosephi*) ואמנון הגליל⁴¹.

טבלה 1: מיני הדגים המאכלסים את אגם הכינרת (מידע שבע"פ, מנחם גורן).

מיני דגים טבעיים לאגם			
אמנוניים	אמנון הגליל	<i>Sarotherodon Galiilaeus</i>	
	אמנון הירדן	<i>Oreochromis aureus</i>	
	אמנון מצוי	<i>Coptodon zillii</i>	
	טברנון סימון	<i>Tristramella simonis</i>	אנדמי לכינרת
	אמנונית יוסף	<i>Astatotilapia flavijosephi</i>	אנדמי למערכת הירדן
קרפיוניים	בינית ארוכת-ראש	<i>Luciobarbus longiceps</i>	אנדמי למערכת הירדן
	בינית גדולת-קשקשים	<i>Carasobarbus canis</i>	אנדמי למערכת הירדן
	חפץ ישראלי	<i>Capoeta damascina</i>	
	עגולסת הירדן	<i>Garra jordanica</i>	
	יבלסת	<i>Garra sauvagei</i>	
לבנוניים	לבנון הכינרת	<i>Mirogrex terraesanctae</i>	אנדמי לכינרת
	לבנון ליסנר	<i>Acanthobrama lissneri</i>	אנדמי למערכת הירדן
	לבנונית הגליל	<i>Pseudophoxinus kerville</i>	
בינוניים	בינון הירדן	<i>Oxyoemacheilus insignis</i>	
	בינון טיגריסי (כינרתי)	<i>Oxyoemacheilus leontinae</i>	אנדמי לכינרת
נאווייתיים	נאוויית כחולה	<i>Paraphanius mento</i>	
קרנוניים	קרנון הנהרות	<i>Salariopsis burcucae</i>	
שפמנוניים	שפמנון מצוי	<i>Clarias gariepinus</i>	

מיני דגים זרים – פולשים, פליטי תרבות ובריכות דגים

קרפיוניים	קרפיון מצוי	<i>Cyprinus carpio</i>	
	כסיף שפל-עין	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	מאוכלס במתכוון לצורך העשרה בדגה
קיפונאים	קיפון בורי (גדול-ראש)	<i>Mugil cephalus</i>	מאוכלס במתכוון לצורך העשרה בדגה
	קיפון טובר	<i>Chelon ramada</i>	מאוכלס במתכוון לצורך העשרה בדגה
גמבוזיים	גמבוזיה מצויה	<i>Gambusia holbrooki</i>	
	סייפן הלרי	<i>Xiphophorus hellerii</i>	
צלופחאים	צלופח אירופי	<i>Anguilla Anguilla</i>	מאוכלס שלא במתכוון מהים, מבריכות הדגים
סלמוניים	טרוטת עין-הקשת	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	מבריכות הדגים
אמנוניים	בן-כלאיים של אמנון הירדן ואמנון היאור	<i>Hybrids of Oreochromis niloticus X Oreochromis aureus</i>	מבריכות דגים
מוסריים	מוסר אדום	<i>Sciaenops ocellatus</i>	מבריכות הדגים

יערות אשלים מוצפים – בית גידול חדש

חשיבות

הצמחייה בכינרת היא בעיקרה צמחיית גדות הגדלה באזור הליטורל, המוצף ומתייבש חליפות עם שינויי המפלס העונתיים. תפוצת צמחיית הגדות תלויה בתשתית הפיזית, ברוחב רצועת החוף הנחשפת עם ירידת מפלס האגם ובזמינות מי התהום. רוחב רצועת הצומח גדל עם ירידת מפלס האגם, ומצטמצם עם עלייתו. התפתחות הצמחייה החופית היא תופעה רצויה, היוצרת חיץ מבודד בין היבשה והמים. הצמחים מהווים מעין מסנן המצמצם דליפה של מזהמים מהקרע החשופה למים, ונוכחות הצמחייה הטבולה מייצבת את החוף ומונעת בליה. לצמחיית הגדות תפקיד חשוב כמקור מזון עשיר עבור מיני חסרי חוליות (סרטנים, חרקים, רכיכות, תולעים) וביצירת בית גידול מגוון ומוגן יחסית מפני טורפים עבור דגים שונים, כגון האמנוניים, שתורמים רבות למערכת האקולוגית ומנצלים את הצמחייה להגנה מפני טורפים במהלך תקופות ההטלה, הדגירה, הבקיעה ואימון הצעירים^{42,43}. נוסף על כך, בית גידול זה מקיים מיני עופות. עקב התנודות במפלסי הכינרת התפתח בעשורים האחרונים בשולי הכינרת בית גידול

שלא היה קיים בה בעבר: אזורי חוף חשוף נרחבים התכסו ביערות אשלים⁴⁴. כשהמפלס עלה והציף את האשלים, הם נעשו חלק מאזור הליטורל באגם. הצמחייה החופית, שהוצפה במהלך חורף 2018/19 אחרי רצף של חמש שנים שחונות, נשארה מוצפת, ובחלקה מתה והתפרקה במהלך השנה. עד לשנת 2022 כל הצמחייה החופית שהתפתחה במהלך שנות הבצורת והמפלסים הנמוכים, כולל יערות האשלים, מתה והתפרקה ברובה. מחקרים קודמים הראו שסבך האשלים בצפיפות נמוכה או בינונית משמש את הדגה באגם, וחשוב להצלחת הרבייה⁴⁵. לגבי סביבת אשלים בצפיפות גבוהה – היו חסרים נתונים⁴⁶. במקביל,

סבך האשלים מסתיר את נוף האגם, יוצר בעיות נגישות, ומקשה על תפעול חופים תיירותיים.

שיטות ניטור

מכיוון שהצומח החופי המוצף הוא בית גידול חדש בכינרת ומעט ידוע עליו, נערך מחקר כדי לצמצם פערי ידע על מאפייני בית הגידול של יער אשלים מוצף, ולקבל החלטות ממשקיות. החל מ-2020 מתקיימת דגימה של המים ושל הסדימנט ב-14



אשלים בכינרת. פיקיוויקי.

אתרי ניטור סביב הכינרת, מתוכם 11 אתרים מכוסי יערות אשלים ושלושה אתרי ביקורת ללא אשלים. בדגימה נבדקים פרמטרים ביוטיים ואביוטיים בשתי תחנות בכל אתר, עמוק בתוך סבך היער ובחזית היער לכיוון הכינרת. נוסף על כך, נדגמו גלעיני סדימנט מקרקע שגדלו בה אשלים וגם מקרקע ללא צמחייה, ונערכו עליהם אנליזות כימיות כדי להבין את ההשלכות של עקירה מהשורש של האשלים.

תוצאות

אפיון פיזיקלי של יער האשלים: חזית האשלים נעה עם שינוי המפלס. ככל שזמן הצפת האשלים התארך, צפיפותם נעשתה דלילה יותר בגלל מגבלות פיזיולוגיות של האשל ותמותה של העצים בעקבות עקה. כלומר, בעליית המפלס רצועת האשלים מתכווצת, בעוד שעם ירידת המפלס רצועת האשלים מתפשטת ותופסת רצועת חוף רחבה יותר.

דעיכת צפיפות האשלים עם הזמן התבטאה בהגדלת תחלופת המים דרך היער המוצף ובהפחתת כמות החומר האורגני הפריק שעל הקרקעית ובעמודת המים. כמו כן, מאחר שההצללה פחתה עקב הקטנת מספר העצים ליחידת שטח וצפיפות העלווה של העצים, גדלה כמות האור הזמין לפוטוסינתזה במים. בעקבות השינויים האלה נמדדה דעיכה בהבדלים בפרמטרים שונים בין מעבה האשלים למים הפתוחים. ב-2020 ההבדלים היו גדולים עד כדי הגדרת סביבת האשלים כבית גידול שונה, אך ב-2021 ההבדלים הלכו ודעכו.

אפיון ביולוגי של יער האשלים: הרכב מיני הפיטופלנקטון והזואופלנקטון ביערות המוצפים אופייני לגופי מים מוצלים וביצתיים (מים רדודים עם תחלופת מים נמוכה ועושר בחומר אורגני), ומהווה אינדיקציה נוספת לכך שבית הגידול של האשלים המוצפים שונה מבתי גידול אחרים המוכרים בכינרת.

דין

ממצאי הניטור מצביעים על שינויים ועל שונות רב-שנתית גדולה במאפיינים הפיזיקליים באגם החל משנות ה-90, הגורמים לחוסר יציבות של המערכת האקולוגית של הכינרת. בין השאר, מדובר על שינויי מפלס קיצוניים בגלל השונות בכמות המשקעים באגן הכינרת, וכן על מגמת התחממות של השכבה העליונה של האגם. לשינויים האלה יש השלכות על מאפיינים אביוטיים, כגון רמת המליחות של המים, ועל מאפיינים ביוטיים, כמו היקף הצמחייה הטבולה בחופי האגם והיווצרות בית גידול של יערות אשלים, שינוי בהרכב האצות – היעדר פריחה סדירה של אצת הפרידיניום וכניסה של מינים חדשים של כחוליות, שינוי בהרכב מיני הזואופלנקטון, התמעטות קיצונית של הצדפות והחלזונות הטבעיים לכינרת והשתלטות המין הפולש *Thiara scabra*.

מקורות

1. גבעתי א, טל ע, מרקל ד (2015). היצע וביקוש למים באגן הכנרת: תמונת מצב עדכנית והמלצות הפקה. רשות המים.
2. גבירצמן ח (2019). אגם הכנרת: מאזן המים, שאיבות ומפלסים; מליחות הכנרת; ייבוש החולה והצפתה מחדש. בתוך: משאבי המים בישראל: פרקים בהידרולוגיה ובמדעי הסביבה. יד יצחק בן-צבי. עמודים 34–38.
3. רמון א (עורך) (2001). הכנרת, חופיה וסביבתה. סקר ניתוח והערכה של משאבי טבע ונוף. מכון דש"א. אוניברסיטת ת"א, החברה להגנת הטבע, קרן קימת לישראל, רשות הטבע והגנים.
4. גל ג (2022). מפלס האגם. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (עורכים) ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 15–16.
5. Gafny S, Gasith A, Goren M (1992). Effect of water level fluctuation on shore spawning of *Mirogrex terraesanctae* (Steinitz), (Cyprinidae) in Lake Kinneret, Israel. *Journal of Fish Biology* 41(6): 863–871.
6. אוסטרובסקי א, קגנובסקי ס (2021). אוכלוסיית הדגים – סקרים הידרואקוסטיים. בתוך: גל ג, לובל-ילס א, (עורכים) ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 84–87.

.7

Ostrovsky I, Rimmer A, Yacobi YZ, Nishri A, Sukenik A, Hadas O, et al. (2013). Long-term changes in the Lake Kinneret ecosystem: The effects of climate change and anthropogenic factors. In: Goldman CR, Kumagai M, Robarts RD (Eds). *Climatic Change and Global Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies*. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 271–293.

.8

Ostrovsky I, Goren M, Shapiro J, Snovsky G, Rynskiy A (2014). Fish Biology and Ecology. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, Nishri A) Eds). *Lake Kinneret: Ecology and Management. Aquatic Ecology Series, vol 6*. Dordrecht: Springer Netherlands. pp.273–292.

.9

Gross A, Reichmann O, Zarka A, Weiner T, Be'eri-Shlevin Y, Angert A (2020). Agricultural sources as major supplies of atmospheric phosphorus to Lake Kinneret. *Atmospheric Environment* 224: 117207.

.10

גבירצמן ח (2002). אגם הכינרת: תהליכי זיהום. בתוך: משאבי המים בישראל: פרקים בהידרולוגיה ובמדעי הסביבה. יד יצחק בן-צבי. עמ' 50–55.

.11

Astrahan P, Lupu A, Leibovici E, Ninio S (2023). BTEX and PAH contributions to Lake Kinneret water: A seasonal-based study of volatile and semi-volatile anthropogenic pollutants in freshwater sources. *Environmental Science and Pollution Research* 30(21): 61145–61159.

.12

גרין פ (ללא תאריך). השפעת הפעילות החקלאית באגן ההיקוות על הכינרת. אתר איגוד ערים כנרת. <https://net.katzr/674766>.

.13

סוקניק א, גורדון נ (2012). אצות ובקטריות כחוליות (Cyanobacteria) רעילות בסביבה הימית והימית של ישראל. בתוך: סטמבלר נ (עורכת). הוד הים – יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל. העמותה הישראלית למדעי הימים. עמ' 101–120.

.14

סטמבלר נ, לוי ע, וייס ג, לוי ג, רובי-מילר ד, קדוש ט בורובסקי י, אלסטר א (2018). פריחות של מיקרו-אצות וחיידקים כחולים בסביבה הימית והסיכונים מהן. *אקולוגיה וסביבה* 9(1): 18–29.



41. רז י (2015). סיכום ישיבת הוועדה להכוננת ממשק הדיג ואכלוס הכנרת מיום 26/3/15. רשות המים, תחום כינרת.
42. מרקל ד (2012). הצמחייה החופית בכנרת – רקע, בעיות ופתרונות. רשות המים, תחום כינרת.
43. מרקל ד, זהרי ת, גבאי א, גזית א (2012). מציאת פתרון משמר לבעיית ההצפה של צמחיית חופי הכינרת, תוך איזון בין צורכי משק המים ותיירות. *אקולוגיה וסביבה* 3(3): 215–213.
44. זהרי ת, קמינגס ד, גל ג, בארי-שלוין י, אקרט ו, אופיר א, בכר ד, דולב ע, גזית א (2022). יערות אשלים מוצפים – בית גידול חדש בכנרת. ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 164–170.
45. Cummings D, Goren M, Gasith A, Zohary T (2017). Inundated shore vegetation as habitat for cichlids breeding in a lake subjected to extreme water level fluctuations. *Inland Waters* 7(4): 449–460.
35. מילשטיין ד, מיניס ה, ריטנר ע (2012). מגדיר שדה לרכיכות המים הפנימיים של ארץ ישראל. רשות הטבע והגנים.
36. זהרי ת, סולימני ב, קמינגס ד, קורן נ (2023). חלזונות וצדפות בליטורל. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (עורכים). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2022. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 89–92.
37. Gal G, Hambright KD (2014). Metazoan zooplankton. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, Nishri A (Eds). Lake Kinneret: Ecology and Management. *Aquatic Ecology Series, vol 6*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 227–245.
38. Makler-Pick V, Hipsey MR, Zohary T, Carmel Y, Gal G (2017). Intraguild predation dynamics in a lake ecosystem based on a coupled hydrodynamic-ecological model: The example of Lake Kinneret (Israel). *Biology* 6(2): 22.
39. Ostrovsky I, Goren M, Shapiro J, Snovsky G, Rynskiy A (2014). Fish biology and ecology. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, Nishri (Eds.) Lake Kinneret: Ecology and Management. Springer. 273–292.
40. Ostrovsky I, Rynskiy A (2012). Hydroacoustic monitoring of fish in Lake Kinneret. Report submitted to the Israel Water Authority. IOLR Report T17/2012.
25. Zduniak P, Yosef R, Sparks TH, Smit H, Tryjanowski P (2010). Rapid advances in the timing of the spring passage migration through Israel of the steppe eagle *Aquila nipalensis*. *Climate Research* 42(3): 217–222.
26. גל ג, לובל-ילס א (2022). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל.
27. סוקניק א, זוהרי ת (2014). ניטור רב-שנתי בכנרת. בתוך: סטמבלר נ (עורכת). הוד הים – יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל. העמותה הישראלית למדעי הימים. עמ' 523–530.
28. בארי-שלוין י, קורן נ, קפלן-לוי ר, אלסטר א, ניניו ש, אסטרון פ, לייבוויץ א, סולימני ב, לוכו ע (2022). ניטור ירדן דרומי. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (2022). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 189–180.
29. גל ג, גלבע י, שחר נ, אסטרותי מ, שלבינג ד (2021). ההשלכות הצפויות של שינויי אקלים על טמפרטורת מי הכינרת. אתר איגוד ערים כינרת. <https://katzr.net/cd566c>.
30. Zohary T, Nishri A, Sukenik A (2012). Present-absent: A chronicle of the dinoflagellate *Peridinium gatunense* from Lake Kinneret. In: *Salmaso N, Naselli-Flores L, Cerasino L, Flaim G, Tolotti M, Padisák J (Eds). Phytoplankton Responses to Human Impacts at Different Scales. Developments in Hydrobiology, vol 221*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.161–174.
31. זהרי ת, אלסטר א (2022). ניטור פיטופלנקטון. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (עורכים). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 65–68.
32. גל ג, וורולקר ש (2022). ניטור זואופלנקטון. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (עורכים). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 79–83.
33. Kaplan-Levy R, Varulker S (2021). Lake Kinneret Zooplankton Catalogue. Israel Oceanographic & Limnological Research.
34. זהרי ת, סולימני ב, קמינגס ד, קורן נ (2022). חלזונות וצדפות בליטורל. בתוך: גל ג, לובל-ילס א (עורכים). ניטור ומחקרי כנרת – דו"ח שנתי 2021. המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל. עמ' 94–98.
15. Rimmer A, Nishri A (2014). Salinity. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, Nishri A (Eds). Lake Kinneret: Ecology and Management. *Aquatic Ecology Series, vol 6*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.113–131.
16. Rimmer A, Gal G (2003). Estimating the saline springs component in the solute and water balance of Lake Kinneret, Israel. *Journal of Hydrology* 284(1–4): 228–243.
17. Zohary T (2004). Changes to the phytoplankton assemblage of Lake Kinneret after decades of a predictable, repetitive pattern. *Freshwater biology* 49(10): 1355–1371.
18. Zohary T, Ostrovsky I (2011). Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. *Inland waters* 1(1): 47–59.
19. Gal G, Yael G, Noam S, Moshe E, Schlabing D (2020). Ensemble Modeling of the Impact of Climate Warming and Increased Frequency of Extreme Climatic Events on the Thermal Characteristics of a Sub-Tropical Lake. *Water* 12(7): 1982.
20. Gal G, Skerjanec M, Atanasova N (2013). Fluctuations in water level and the dynamics of zooplankton: A data-driven modelling approach. *Freshwater Biology* 58(4): 800–816.
21. Carpenter SR, Stanley EH, Vander Zanden MJ (2011). State of the world's freshwater ecosystems: Physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources* 36(1): 75–99.
22. דולב ע (2011). חידת המין הפולש. *ארץ הכנרת* 3(38).
23. Heller J, Dolev A, Zohary T, Gal G (2014). Invasion dynamics of the snail *Pseudoplotia scabra* in Lake Kinneret. *Biological Invasions* 16: 7–12.
24. סוקניק א, כרמי ש, קלפן א (2012). הפריחה האביבית של פרידיניום בכנרת – השונות הרב-שנתית והמרחבית בפריחה והשפעתה על יציבות המערכת האקולוגית באגם. חקר ימים ואגמים לישראל. מוגש לרשות המים. דו"ח חיא"ל T16/2012.