

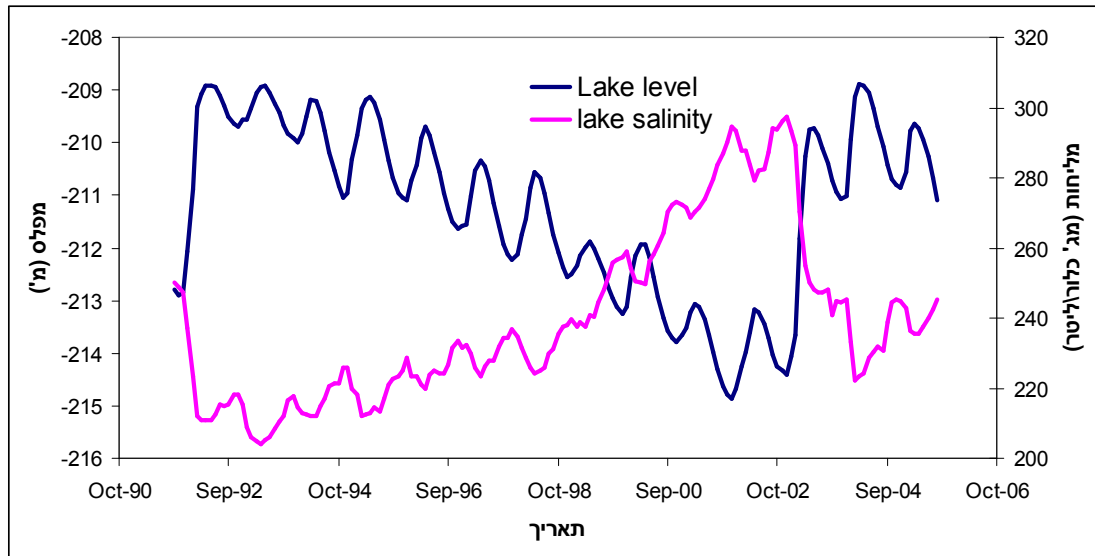
מליחות הכנרת בהשפעת מפלסים וספיקות חיצוניות

אלון רימר
חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ, המעבדה לחקר הכנרת.

1. השפעת מפלסים על שינויי מליחות הכנרת בטווח הקצר

1.1. מפלס כנגד מליחות

המאזנים התקופתיים של כמות המים המלח של הכנרת הם כלי כמותי נוח למעקב אחר השתנות גדלים אלה בזמן. החישוב הרשמי של המאזנים התקופתיים נערך כיום ע"י יחידת אגן ההיקוות במקורות - חבל הירדן אחת לשנה (מקורות, משנת 1987 עד היום). עריכת המאזנים על פני רצף של שנים מספקת את הנתונים הדרושים להכרת המערכת ההידרולוגית של האגם וחיונית לקביעת מדיניות תפעול מתאימה לאורך זמן. שיטת חישוב מאזני המים והמלח המבוצעת ע"י מקורות משנת 1987 מתוארת ע"י Assouline (1993). לכאורה, על פי נתונים מדויקים (תרשים 1.1), קיים קשר מובהק בין מפלס האגם למליחות – כלומר מפלס נמוך "הוא הסיבה" למליחות גבוהות. בפועל, מאזני המים והמלח מראים כי הקשר בין שני המשתנים קיים, אך מקורו במשתנה שלישי, ספיקות נחלים ומעיינות לאגם. ניתן כיום לקבוע בוודאות כי המאזן השנתי בין ספיקות "מתוקות" (מהירדן ונחלי רמת הגולן והגליל) וספיקות "מלוחות" (ממעיינות מלוחים בשולי חופי הכנרת) הוא הקובע את מליחות האגם.

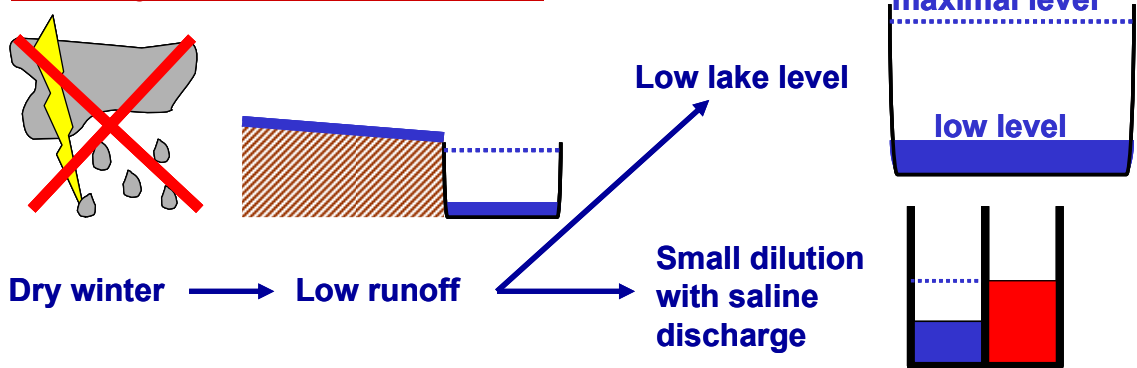


תרשים 1.1 תמונת ראי טיפוסית של מפלס הכנרת והמליחות במהלך 14 שנים (1991-2005) נתונים ע"פ מאזני המים והמלח השנתיים של יחידת אגן ההיקוות של מקורות).

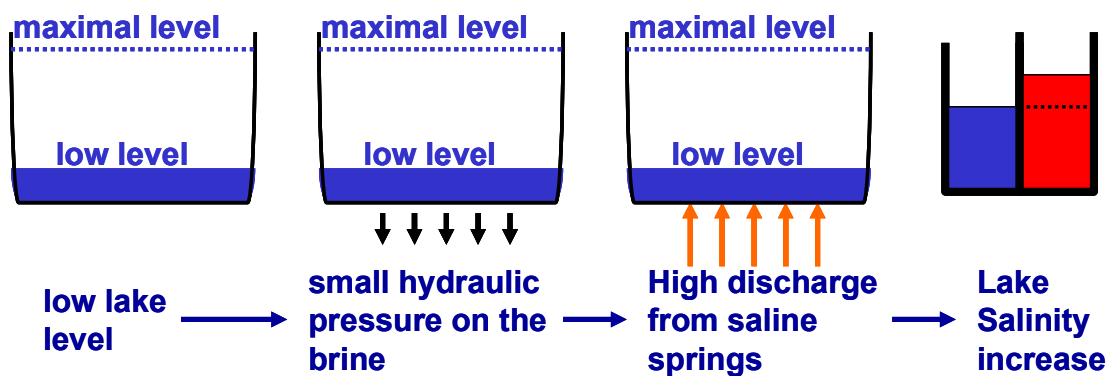
1.2. מנגנון המלחת הכנרת

בעבר ייחסו את ההבדלים במשטר המליחות של מעיינות החוף המלוחים של הכנרת לשני מנגנוני המלחה שונים: מודל "הפוטנציאל העצמי" (self potential) לעומת "מודל השטיפה" (leaching). הדגמה סכמטית של שני המנגנונים, וייחסם למפלס הכנרת מוצגת בתרשים 2. על פי מודל השטיפה חורף שחון גורם לספיקות נמוכות מהירדן ומנחלי האגן הישיר, ואלה גורמות הן למפלס אגם נמוך והן למיהול קטן יחסית עם ספיקת המעיינות המלוחים, ולפיכך מליחות האגם גדלה. על פי מודל הפוטנציאל העצמי, כאשר מפלס האגם נמוך קטן הלחץ המתנגד לכניסת תמלחת לאגם, קצב הזרימה של מים מלוחים גדל, וגורם לעליית מליחות האגם. ניתן לראות הסבר מפורט כולל מראי מקום לנושא מנגנוני המלחה השונים אצל Rimmer and Gal (2003) ואצל Gvirtzman et al, (1997).

Gravity Driven Flow Model



Internal Over-Pressure Model



למעלה: מודל השטיפה. למטה: מודל הפוטנציאל העצמי (הסבר בטקסט)

1.2 תרשים

ההשלכות המעשיות הכרוכות בקבלת מודל אחד ודחייתו של האחר היו מרחיקות לכת. ע"פ מודל "הפוטנציאל העצמי" הנמכת מפלס הכנרת אל מתחת לקו מינימום בלתי ידוע, עלולה הייתה לתרום להגדלת הפרש העומד בין התמלחת לבין האגם עד להגעה ל- "מפל הידראולי קריטי", ופריצת תמלחות מסיבית, שתוצאתה שינויים קיצוניים במליחות האגם. על פי אותו מודל תוצאה שלילית דומה תיגרם גם בגלל שאיבת מי תהום באקוויפרים שבהרי הגליל המזרחי. מודל הפוטנציאל העצמי היה מקובל על מקבלי ההחלטות במשך המים עד אמצע שנות ה-90 וכתוצאה מכך נשללה כל אפשרות להוריד את מפלס האגם, ולנצל מי קידוחים במעלה (איזור כלנית למשל). לעומת זאת ע"פ "מודל השטיפה" להנמכת מפלס הכנרת לבדה אין השפעה ממשית על מליחותה, ושאובה בהרי הגליל המזרחי עשויה לגרום דווקא להפחתת שפיעת המלח מן המעיינות ולכן יש לחייבה.

1.3 מודל "הפוטנציאל העצמי"

ע"פ מיטב הבנתו, אין הוכחה מדעית לקיום מודל "הפוטנציאל העצמי" כפי שתואר לעיל, ואין הוכחות לאפשרות של פריצת תמלחות מהירה ובלתי נשלטת, שהייתה המוקד לחשש הגדול להוריד את מפלס האגם מתחת לרום נתון. גם בשנים 1999 עד 2003 שבהן היה מפלס האגם נמוך בהרבה מ- 213 מ' לא נמצאו עדויות על הגדלה של שפיעת מלח לאגם. במהלך השנים נאספו עדויות חלקיות ע"י יחידת אגן ההיקוות של מקורות (ברגר ושאן, 2003) כי הורדת המפלס לתקופה ממושכת (שנים ספורות ומעלה) עלולה לגרום להגדלת ריכוז המלח במעיינות, אך עדויות אלה לא עובדו לכלל הוכחות מוצקות על שינויים במליחות הכנרת. מודלים מפורטים של מנגנון ההמלחה (Abbo et al. 2003), הראו כי קיים רכיב תורם מלח עיקרי למעיינות שהכוח המניע שלו איננו ידוע, אך גם במקרה זה לא נמצאה זיקה חד משמעית בין כניסת מלח עודפת לבין מפלס האגם בטווחי זמן קצרים.

1.4 מודל "השטיפה"

לעומת זאת, קיימות מספר עבודות מחקר וממצאים הידרולוגיים הנותנים תוקף לעיקרי הרעיונות של "מודל השטיפה": א. עיבוד נתוני הניטור החודשי של מליחות האגם על פני למעלה מ- 30 שנה (Rimmer and Gal 2003) מעיד באופן מובהק כי במפלסי כנרת נמוכים, שפיעת המלח לאגם דווקא נמוכה מהרגיל. ב. מודל ההידרולוגי דו-מימדי אנכי (Gvirtzman et al., 1997), המבוסס על ניתוח מפורט של

ההידרוגיאולוגיה של אגן הכנרת מראה כי קיימת הצדקה גיאוהידרולוגית לקבלת מודל השטיפה. ג. ניתוח פיזיקלי מפורט של מנגנוני השפיעה של מעיינות החוף המערבי מסביר את העקרונות הפיזיקליים של מנגנוני ההמלחה (Rimmer et al, 1999), ומצדד אף הוא בעקרונות הפיזיקליים של מודל השטיפה. ד. מודל פשוט המבוסס על ניתוח שנתי של מאזני מים ומלח באגם (Rimmer et al. 2006) מראה באופן מובהק כי מליחות הכנרת גדלה במפלסים נמוכים בעיקר כתוצאה ממיעוט כניסות של מים מתוקים (כ- 20 עד 40 מ"ג כלור לליטר), ולא כתוצאה מהגדלה בכמות המים המלוחים (מעל 700 מ"ג כלור לליטר).

1.5. מסקנות

לפיכך סביר להניח שלהנמכת מפלס המינימום לא תהיינה השלכות יוצאות דופן על מליחות הכנרת. לדעת, הנמכת המפלס מקו המינימום הנוכחי (213- מ' תחת פני הים) ל- 214- מ' איננה שונה במהותה מהורדת המפלס מ- 212- מ' ל- 213- מ' בכל ההיבטים הקשורים למליחות הכנרת. יתר על כן, הורדת מפלס האגם אל מתחת לקו המינימום הנוכחי תביא את האגם למצב תפעולי שהיה כבר כמוהו רק 5 שנים קודם לכן, ואפשר לפיכך להניח במידה רבה של בטחון שאין בכך סכנה למליחות האגם בטווח הקצר.

2. השפעת ספיקות חיצוניות

2.1. הקדמה

מליחות מי הכינרת לפני כארבעים שנה נעה בתחום של כ- 300-400 מיליגרם כלור לליטר (מגכ"ל). מליחות זו הייתה גבוהה מדי עבור הגידולים החקלאיים, ולפיכך כשתוכנן מוביל המים הארצי, שמטרתו העיקרית הייתה לספק מי כנרת לחקלאות היה צורך לתת את הדעת כיצד להוריד את מליחות מי האגם. כבר בשנות ה-50 כתב פרופ' אברהם די ליאו (1957): "בעיית איכותם של מי ההשקאה היא בעלת חשיבות מרובה בכל ארץ, ובעיקר בארץ ציה ישראל. לכן קל להבין שבעיית ההשפעה של הטיית מי ירדן לנגב על תכולת הכלורין בים כנרת, היתה ראשונה בחשיבותה בעת שלמדנו וחקרנו את התכנון של מפעל ההשקאה הארצי".

הקמת המוביל המלוח והפעלתו בשנת 1965 הביאה בתהליך שנמשך כ- 25 שנים להפחתת מליחות הכינרת מתחום ריכוזים של 300-400 מגכ"ל לתחום של 200-300 מגכ"ל. מליחות זו עדיין גבוהה (בהשוואה למשל למליחות אקוות ההר שהיא בד"כ פחותה מ-100 מגכ"ל) וגורמת נזקים קשים למשק המים ולסביבה. בספרו של גבירצמן (2002) הוא מונה שלוש בעיות סביבתיות עיקריות שמקורן במליחות הכנרת: הבעיה העיקרית היא ההמלחה המצטברת במרכז הארץ הן של הקרקעות והן של מי התהום. מוביל המים הארצי הפך ליצואן המלח הגדול ביותר בישראל. המוביל מזרים בשנה ממוצעת כ- 70,000 טון כלוריד למרכז הארץ. ייבוא המלח אל מרכז הארץ במשך 43 שנים ממליח קרקעות ומי תהום באופן מצטבר ואינטנסיבי. הבעיה השנייה הנובעת ממליחות הכינרת היא חוסר הכדאיות למחזור את מימיה. השימוש העירוני מוסיף מלחים למים, והטיפול בשפכים מסלק את החומר האורגני בלבד ולא את המלחים. מי הכינרת שיסופקו לעיר ייאספו ויטופלו יכילו כ- 300-350 מגכ"ל ואינם ראויים למחזור ולשימוש חקלאי. כיום משתמשים במי כינרת ממוחזרים רק לאחר מיהולם במים אחרים. אילו ניתן היה להפחית את מליחות מי הכינרת עצמם הדבר היה מתבטא ברווח של מאות מיליוני מ"ק מים להשקיה בחקלאות. הבעיה השלישית היא שמי הכינרת אינם ראויים גם כיום להשקית מטעים כגון אבוקדו ומנגו הרגישים למי השקיה המכילים מעל 170 מגכ"ל.

מבחינה מעשית אין ספק שיש להפחית את מליחות הכינרת יותר ממה שכבר נעשה. הצלחת מפעל המוביל המלוח בשנות ה-60 יצרה את הרושם כי על מנת להפחית עוד את מליחות הכנרת, ניתן פשוט להמשיך ולהטות מקורות מלוחים נוספים, או למנוע בדרכים אחרות כניסת מלחים לכנרת (חומר מאלף בנושא זה, המסכם עשרות שנים של דיונים והחלטות, נמצא בחוברת שערך א. ווקשל (2002)). לאחרונה מממנת רשות המים מפעל הטיה כזה באמצעות בניית כיפת איסוף מים מלוחים מעל חלק ממעיינות פוליה, ולעתים קרובות נידונות אפשרויות נוספות כגון הרחבת המוביל המלוח ותפיסה של מעיינות מלוחים נוספים. דרך פעולה אחרת היא שאיבת מים מתוקים במעלה האקוות המזינות את המעיינות המלוחים ובכך יש אפשרות שתפחת זרימת המים והמלח דרך המעיינות לכנרת.

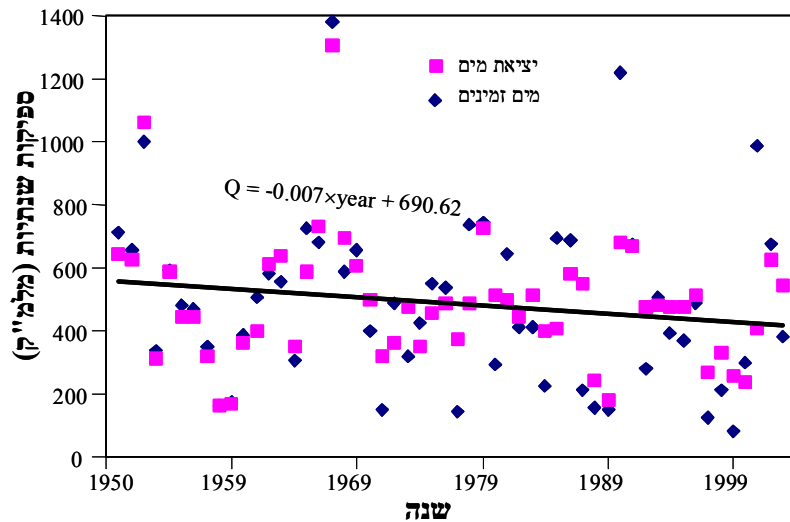
בשנים האחרונות בחנו באמצעות מודלים כיצד תשתנה מליחות הכנרת הן כתוצאה משינויים במערכת ההידרולוגית המקומית (למשל הפחתה במים שנכנסים לכנרת, וואו שינויים בהתאדות), והן כתוצאה ממדיניות תפעול (למשל הפחתת ריכוז המלח במעיינות, או הטיית מעיינות נוספים). מטרת חיבור זה היא להראות כי בעוד אנו שוקלים מה היא דרך הפעולה הנכונה להפחתה נוספת של מליחות הכנרת, זו איננה נשארת קבועה אלא הולכת וגדלה לאיטה.

2.2. מודל מליחות הכנרת

מודל שפותח לאחרונה (Rimmer et al. 2006) נועד לבחון את השתנות מליחות הכנרת על בסיס שנתי ורב שנתי, בהינתן הערכות לגבי המשטר ההידרולוגי והתפעולי באגם. בעזרת המודל ניתן למשל לבחון את שינויי המליחות הצפויים כמה שנים קדימה כתוצאה מהתרחישים הבאים: א. מצב המליחות לאורך שנים כאשר מפלס האגם קבוע ברום נתון (למשל מפלס גבוה 210- מ', או נמוך 214-). ב. מה תהיה השפעת ההגדלה בהטיית המעינות המלוחים על מליחות הכנרת, ובאיזה קצב יחול השינוי במליחות כתוצאה מכך. ג. כיצד תשתנה מליחות הכנרת אם תופעל תכנית "עוקף כנרת". ד. כיצד משפיעה ותשפיע הפחתה בכמויות המים הנכנסות לאגם מהירדן ומנחלי רמת הגולן והגליל על מליחות הכנרת. כיום משמש המודל את השרות ההידרולוגי (רימר ולצי'נסקי 2007) לצורך מתן הערכות על השינויים הצפויים במליחות הכנרת. ניתוח מדידות המליחות משנת 1965 עד 2008 בעזרת המודל מעלה כי כיום האגם מצוי בתהליך איטי של המלחה. הסיבות לכך תוסברנה להלן.

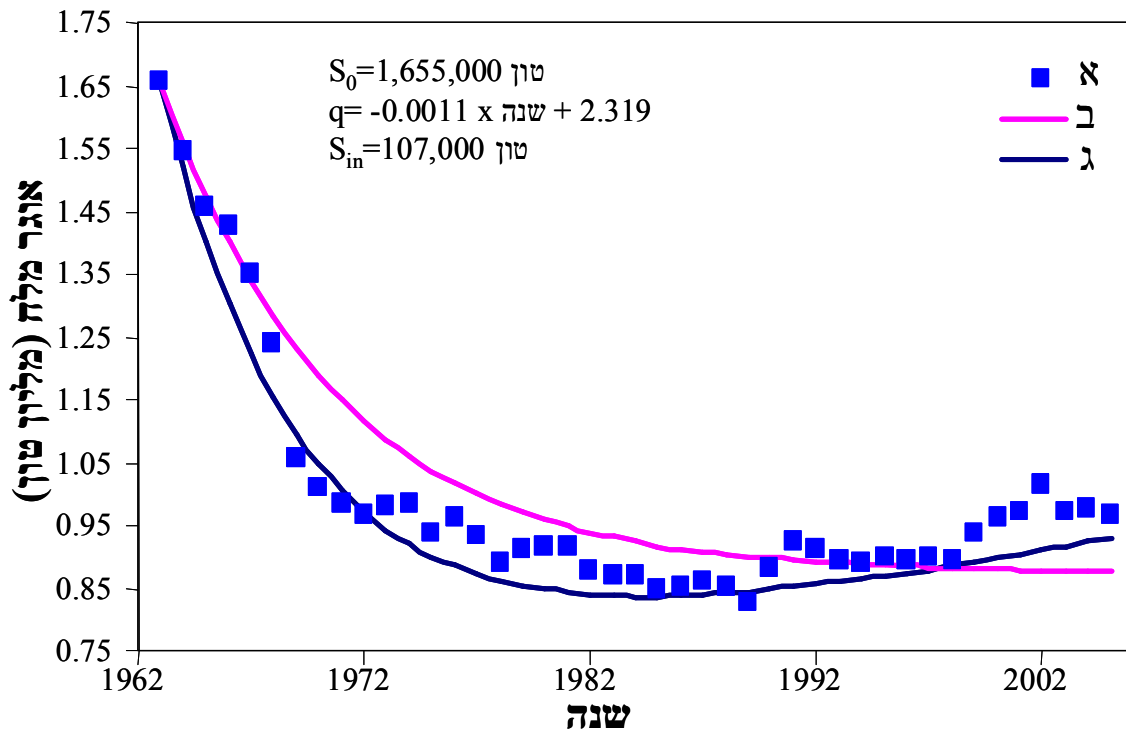
2.3. תוצאות ניתוח נתוני מליחות בעבר

נבחן את השינויים שחלו במליחות הכנרת עבור רצף הזמן שעבר בין שנת 1965 ל-2004. מחד, הוכנס למודל השינוי בכמות המלח שנכנסת לאגם כהפחתת מדרגה שחלה בשנת 1965 כתוצאה מהפעלת המוביל המלוח, כאשר בתוך פרק זמן קצר הופחתה כמות המלח הנכנסת הממוצעת מ-160,000 טון כלוריד לשנה לכ-107,000 טון בממוצע רב שנתי. מאידך הוזן המודל בנתונים המתארים ירידה ההדרגתית ליניארית בכמויות המים ששטפו את הכנרת בממוצע רב שנתי (הפחתה של למעלה מ-2 מלמ"ק בשנה, תרשים 2.1).



תרשים 2.1 הפחתה מקבילה במים זמינים ומים יוצאים מהכנרת במהלך 55 השנים האחרונות מ-550 מלמ"ק בשנות החמישים של המאה הקודמת, לכ-400 מלמ"ק כיום. נתונים ע"פ השרות ההידרולוגי, ומאזני המים השנתיים של יחידת אגן ההיקוות של מקורות.

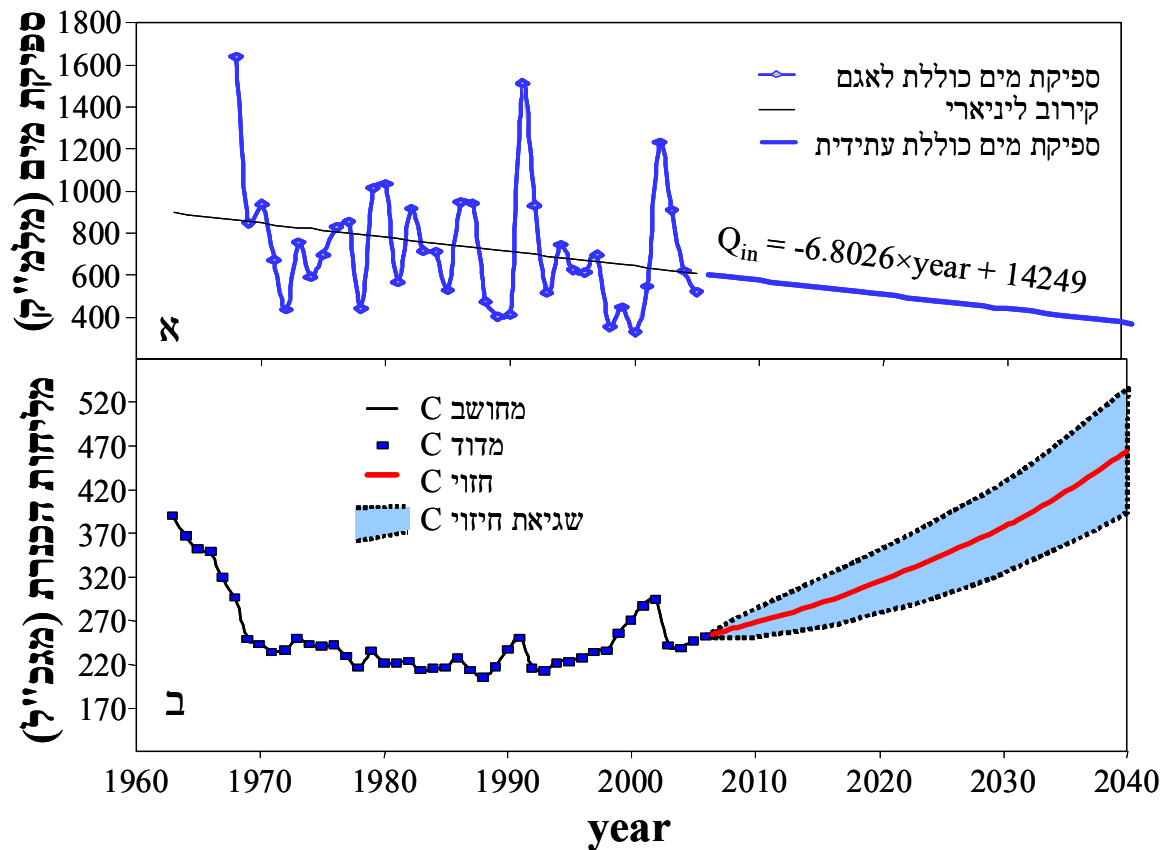
בתרשים 2.2 מוצגות שתי תוצאות שמתארות את השינוי בכמות המלח באגם בשנים אלה בהשוואה לאוגר המלח המדוד (ריבועים, עקום א). האחת היא ההפחתה האקספוננציאלית באוגר המלח (עקום ב') שנגרמת בגלל הפחתת מדרגה בכניסת המלח, כאשר הנחנו שכניסות המים לאגם הן קבועות בזמן. השנייה, והחשובה יותר לעניינינו (עקום ג') היא השינוי באוגר המלח שנגרם במשותף הן ע"י הפחתת מדרגה בכמות המלח הנכנסת, והן ע"י השינוי הליניארי של הספיקות הנכנסות בזמן. ניתן להבחין כי במקרה השני (עקום ג'), באמצע שנות ה-80 החלה עלייה מתונה באוגר המלח בכנרת כתוצאה מההפחתה המתמשכת של כמות המים השנתית ששוטפת את האגם. ניתן לומר שבשנים אלה גוברת ההפחתה ההדרגתית של כמויות המים הנכנסות לאגם על השפעת הטיית המעינות משנות הששים, ולמעשה האגם החל בתהליך איטי של המלחה שסיבתו העיקרית – ההפחתה הנמשכת בכמויות המים שמגיעות לכנרת דרך נהר הירדן ונחלי הגולן והגליל.



תרשים 2.2 שינוי כמות המלח בכנרת בין השנים 1963 ל-2005 כאשר הכמות ההתחלתית $S_0=1.655$ מיליון טון כלוריד והכמות הנכנסת השנתית $S_{in}=0.107$ מיליון טון לשנה. א. תוצאות אוגר מלח מדודות ב-1 באוקטובר בכל שנה. ב. תוצאת המודל אם נלקחת בחשבון רק הפחתת מדרגה בכניסת המלח בשנת 1965. ג. תוצאת המודל אם נלקחות בחשבון הן הפחתת מדרגה בכניסת המלח והן הפחתה ליניארית בכמות המים הנכנסים.

2.4 חיזוי מליחות הכנרת בעתיד

בהמשך להשוואה לנתוני העבר שהוצגה לעיל בדקנו כיצד תשתנה המליחות באגם אם תימשך הירידה בכמות המים הממוצעת שנכנסת לאגם, בהנחה שכל שאר המשתנים נשארים קבועים כמקודם. אנו מניחים לפיכך שסדרת המים השנתית הנכנסת לאגם ממשיכה ופוחתת ליניארית עם השנים כהמשך לירידה שנמדדה בין השנים 1969 עד 2006. כמות המים השנתית הנכנסת מופיעה כעת בתרשים 2.3א, והיא המשך לירידה בכמות המים הנכנסת ב-40 השנים האחרונות, ללא סטיות אקראיות משנה לשנה. תוצאת חיזוי מליחות הכנרת במקרה זה מופיעה בתרשים 2.3ב. ניתן לראות כי בתנאים אלה, צפויה עלייה ניכרת של מליחות הכנרת עד לערך של כ-470 מג"ל כל עד שנת 2040 אם כמות המים הנכנסת תמשיך לפחות בקצב הנוכחי.



תריסם 2.3 א. כמות המים הכוללת שנכנסת לאגם לפי החיזוי הולכת ופוחתת ליניארית עם השנים כאשר קצב הירידה נקבע כהמשך לירידה שנמדדה בין השנים 1969 עד 2006. ב. תוצאת חיזוי מליחות הכנרת עבור תרחיש הפחתת כניסות המים לאגם. אם כמות המים הנכנסת תמשיך לפחות בקצב הנוכחי, צפויה עלייה ניכרת של מליחות הכנרת עד לערך של כ- 470 מג"ל כל עד שנת 2040.

2.5. מסקנות

מליחות הכנרת נקבעת ע"י המאזן שבין כניסות מים מתוקים מהירדן ומנחלי רמת הגולן והגליל המזרחי, לבין כניסות המים המלוחים מן המעיינות. לצורך שמירת מליחות קבועה, או הפחתתה יש צורך מחד למנוע כניסת מי מעיינות מלוחים (דפוס פעולה שהוקדשו לו עד כה משאבים רבים), אך מאידך יש לקחת בחשבון את ההפחתה המתמשכת בכניסות המים "המתוקים" לכנרת (גורם שעד כה לא זכה כלל להימנות עם הגורמים המשפיעים).

לאחרונה נשמעות דעות שלפיהן במצב הנוכחי שבו התפלה הולכת ותופסת מקום מרכזי במשק המים הישראלי, חשיבות שמירת מליחות הכנרת פוחתת. בשלב ראשון יש לפיכך לקבוע האם מדיניות שמירת מליחות הכנרת והפחתתה עדיין רלוונטית למשק המים הישראלי בעתיד. אם התשובה לשאלה זו חיובית אזי הסעיפים הבאים רלוונטיים אף הם:

1. תהליך ארוך טווח של המלחת הכנרת במשטר התפעול הנוכחי הוא ודאי. כדאי לשים נושא זה על סדר היום כבר עכשיו, ולא בעתיד הרחוק כאשר הוא צובר תאוצה ואיננו בר טיפול (לצורך הדוגמה, ירידת מפלס ים המלח נמשכת כבר למעלה מ-40 שנה, ובכל זאת אנו טורחים לעסוק בנושא זה רק בעשור האחרון, כשהמצב הוא בעייתי מאד).
2. כבר שנים רבות יעילות המוביל המלוח להטיית מים מלוחים הולכת ופוחתת בשל השילוב שבין הטיית מעיינות מלוחים לבין הובלת מי ביוב ממערב הכנרת. אפשר הוכיח זאת כאשר בודקים את כמויות המלח שנכנסות לכנרת מאזור הטיית מעיינות טבחה. כאשר ישנה תקלה בהטיית מי המעיינות מוזרמות כמויות אדירות של מים מלוחים לכנרת. הזרמה כזו מייצרת למעשה את המאמצים להמשיך ולהטות מעיינות מלוחים נוספים. לפיכך הצעד הראשון שיש לבצע הוא פשוט לדאוג לתפעול רציף של המוביל המלוח ללא תקלות. ניתן להוכיח כי פעולה זו יעילה ועדיפה בהרבה על כל שאר הפעולות המבוצעות כיום, שמטרתן הורדת מליחות הכנרת.
3. הפחתת כמות המים שנכנסת לכנרת בעשורים האחרונים איננה תוצאת כוח עליון. זהו תהליך הכולל בתוכו את הרכיבים הבאים: א. הגדלת צריכת מים ופיתוח מערכות אגירה ברמת הגולן; ב. המשך פיתוח מערכות ניצול מים בעמק החולה, בגליל המזרחי ובלבנון; ג. הפחתה כלשהי בכמות הגשם בעיקר ברמת

הגולן (Givati and Rozenfeld 2007). לאור האמור לעיל יש לזכור כי המשמעות של המשך פיתוח מקורות המים באגן הירדן העליון איננה רק הפחתה בכמות המים בכנרת, אלא גם הגדלה במליחות האגם. מוצע לפיכך לבחון את כדאיות כל ההיבטים הקשורים לכך, למשל – האם לאשר הפקה נוספת ע"י חברת מקורות באזור החולה (עינן), האם יש אפשרות להתערב בהחלטות החקלאים והעדפתם לטפח גידולים שהם צרכני מים גדולים (מטעים) בעמק החולה, ועוד.

4. כבר שנים רבות מדובר על כך שיש אי ודאות רבה לגבי כמויות המים הטבעיות באגן הירדן. בנייתו נתוני מים מקיף שנעשה בעבודות מהזמן האחרון (למשל Rimmer and Salinger, 2006) ניתן להראות כי כאשר משלבים את נתוני הזרימה המדודים במקורות הירדן (השרות ההידרולוגי) עם נתוני הצריכות הרשומות (אגף הצריכה של רשות המים) קיימים פערים בלתי מוסברים במאזני המים. חוסר הודאות יוצר אי סדר ומאפשר ניצול בלתי מבוקר של משאבי מים. במצב משק המים הישראלי, כאשר כל מלמ"ק נספר, יש להשתמש בכלים ייעודיים וואו לייצר כלים חישוביים סטנדרטיים, כך שניתן יהיה לפקח ולבחון את מאזני המים באופן מדויק יותר.

5. יש צורך להמשיך ולשאוב מים באקוויפרים של הגליל המזרחי, ובמקביל להמשיך ולנטר את שפיעת המעיינות המלוחים. פעולות הניטור מבוצעות כבר שנים רבות, ורק בזכותן יש ביכולתנו לנתח ולהבין את המערכות הטבעיות שבהן אנו עוסקים, ולקבוע מדיניות ניצול משאבים מושכלת.

2.6. ספרות

- ברגר, ד' ומ' שאו. 2003. מאזני המים, המלח והחום של הכנרת לשנת 2001-2002. מקורות, יח' אגן ההיקוות, אתר ספיר. מוגש לרשות המים.
- גבירצמן ח. 2002. משאבי המים בישראל. הוצאת יד יצחק בן צבי, ירושלים.
- ווקשל, א. 2002. הוי כנרת שלי, פרקי זימרה משירת ראשונים. מרכז ליאו פיקרד לחקר מי תהום, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האונ. העברית בירושלים.
- די ליאו א., 1957. לבעיית מאזן המים ותכולת הכלורין בים כנרת. עתון אגודת האינג'נירים והארכיטקטים בישראל, כרך ט"ו מס' 2, עמודים 19-20.
- רימר א. וי. לצ'ינסקי, 2007. מודל לתפוקה וריכוז מלח באגם הכנרת חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ, המעבדה לחקר הכנרת. דו"ח סופי מוגש לרשות הממשלתית למים וביוב T13/2007
- Abbo, H., U. Shavit, D. Markel, and A. Rimmer, 2003. A Numerical Study on the Influence of Fractured Regions on Lake/Groundwater Interaction; the Lake Kinneret Case. *Journal of Hydrology*, 283/1-4 pp. 225-243.
- Assouline, S., Estimation of lake hydrologic budget terms using the simultaneous solution of water, heat, and salt balances and a Kalman filtering approach: Application to Lake Kinneret, *Water Resources Research* 29, 3041-3048. 1993.
- Givati A. and Rosenfeld D. 2007. Possible impacts of anthropogenic aerosols on water resources of the Jordan River and the Sea of Galilee. *Water Resources Research* 43(10): W10419.
- Gvirtzman, H., G. Garven, and G. Gvirtzman. 1997: Hydrogeological modeling of the saline hot springs at the Sea of Galilee, Israel. *Water Resour. Res.* 33, no. 5:913-926.
- Rimmer, A., Hurwitz, S., Gvirtzman, H., 1999: Spatial and temporal characteristics of saline springs: Sea of Galilee, Israel. *Ground Water*, 37(5):663-673.
- Rimmer, A. and G. Gal, The saline springs in the Solute and Water Balance of Lake Kinneret, Israel. *Journal of Hydrology*, 284/1-4, 228-243. 2003.
- Rimmer A., M. Boger, Y. Aota and M. Kumagai, 2006. A Lake as a Natural Integrator of Linear Processes: Application to Lake Kinneret (Israel) and Lake Biwa (Japan). *Journal of Hydrology*, 319/1-4 pp. 163-175.
- Rimmer A., Y. Salinger. 2006. Modelling precipitation-streamflow processes in Karst basin: The case of the Jordan River sources, Israel. *Journal of Hydrology* 331/3-4 pp 524-542.