

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי**

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
14 - 0001 - 186	ממשק דגים בכנרת: משונות גנטית ועד קורמורנים

ג. כללי		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		
חקר ימים ואגמים לישראל		
סוג הדו"ח	תאריכים	
מסכם	תקופת המחקר	
	עבורה מוגש הדו"ח	
	התחלה	סיום
	שנה / חודש	שנה / חודש
	12 / 2011	12 / 2014
	שנה / חודש	שנה / חודש
	2 / 2015	

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	
תמר	זהרי	חוקר ראשי
חוקרים משניים		
1	גורן מנחם	
2	גזית אביטל	
3	ליאור דוד	
4	פלך רמה	
5	גל גדעון	
6	אוסטרובסקי איליה	
7	רובינשטיין גיא	
	שפירו גיימי	
	חולתה גידי	

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תקצוב הדו"ח בשקלים
קרן המדען הראשי – מו"פ כנרת	02-7682	1440000 ל-3 שנים

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתבת דיווחים

הצגת הבעיה: מאסף מחקרים זה בא לצמצם פערי ידע שעלו בשנים האחרונות באשר לדגה בכנרת, בעיקר לאחר קריסת הדייג של שנת 2008. לדגי הכנרת חשיבות רבה בשמירה על המאזן האקולוגי באגם ועל איכות המים. מכיוון שאמנון הגליל הוא "דג הדגל" של הכנרת, עם ערך כלכלי, אקולוגי ותיירותי, מרבית השאלות ופערי הידע קשורים אליו: ליכולת לכמת את תרומת האכלוס שלו לשלל הדייג, לתופעת העיוורון שנצפתה בו, לתזונה שלו, לרבייה שלו, ולטריפה שלו על ידי קורמורנים. עם זאת, חלק מהמחקרים עוסקים גם במינים אחרים של דגי כנרת.

מטרות, שיטות ותוצאות של 6 מחקרים (לפי סדר המחקרים):
 בכדי לבסס את אוכלוסיית אמנון הגליל, משרד החקלאות ורשות המים מאכלסים מדי שנה מאות אלפי עד מיליוני דגיגים שהוטלו במכון רביה. מכיוון שאמנון הגליל מתרבה באופן טבעי בכנרת, לא ידועה תרומת האכלוס לסה"כ השלל של דגי אמנון הגליל. כדי לגשר על פער ידע זה, נבדקו שתי גישות לסימון הדגיגים המאוכלסים: של

סמנים גנטיים ושל סמנים פיסיים וכימיים. במחקר הסמנים הגנטיים (בהובלת דויד ליאור, האונ' העברית, עבודה לתאר מוסמך של תומר בורובסקי) השונות הגנטית באמנוני הגליל אופיינה בשני סוגי סמנים. הצוות הראה כי בשתי השיטות נאמדה שונות גנטית נמוכה ודמיון רב בין דגי הכנרת ללהקת הרבייה בגינוסר, דמיון שמקשה על מציאת סמנים גנטיים שיאפשרו בדיקת יעילות האכלוס. פותחה שיטה לבחינת השונות הגנטית שהייתה לפני כ-30 שנה מדוגמאות קשקשים יבשות. בדוגמאות ישנות נמצאה שונות גנטית גדולה מזו שנמצאת כיום. כלומר השונות הגנטית הנמוכה של היום היא תוצאה של צמצום בשונות, שמקבילה לצמצום בשלל הדייג. השונות הגנטית המועטה שנמצאה היא מצב שיכול לעמוד לרועץ ביכולת האוכלוסייה להסתגל להרעה בתנאים הסביבתיים בכנרת שיכולה לקרות בעתיד. בנוסף, נמצאו וריאנטים גנטיים ייחודיים בדגים משמורת אפק ונמצאו וריאנטים גנטיים נדירים בכנרת שאינם בלהקת הרבייה של גינוסר. הכלים הגנטיים שפותחו והממצאים הנוכחיים יכולים לשמש במעקב מתמשך על אוכלוסיית הכנרת ומהווים בסיס לטיפול בבעיית השונות הגנטית.

במחקר הסמנים הפיסיים והכימיים (בהובלת מנחם גרון, אונ' ת"א, ואיליה אוסטרובסקי, חי"ל, עבודה לתאר מוסמך של גיא רובינשטיין מאגף הדיג) נבדקה מידת ההתאמה של מספר שיטות סימון מקובלות (סימון כימי, חיתוך סנפיר, תגים פנימיים, ותגים חיצוניים), מבחינת השפעת הסימון על ביצועי הגדילה, אופן שימור הסימון, ועלויות כלכליות. בשנת המחקר השלישית נבחן סימון באמצעות תג פנימי באזורים שונים בגוף הדג, ונמצא שהסמן היה ניתן לזיהוי ב-100% מהדגים גם אחרי 444 ימי גידול, וזאת ללא פגיעה בביצועי הגדילה של הדגים. שיטה זו נבחרה כשיטה המתאימה והזולה ביותר לסימון דגיגי אמנון גליל מאכלוס לבדיקת תרומתם לשלל הדייג.

בעקבות החשש שעלה בנוגע לגורמי תחלואה המשפיעים על מצבו של אמנון הגליל באגם, הדיווחים על תופעת ה"עיוורון", וקשר לבריאות הציבור, נבדק מצבם הבריאותי של דגי האמנון (בהובלת רמה פלק, אגף הדייג). נבחן גם הקשר בין נגיעות בטפילים לבין תופעת ה"עיוורון", תוך בדיקת מגוון מיני הטפילים, שכיחותם ורמת הנגיעות בהם. מצבם הגופני של כ-10,000 הדגים שנאספו במהלך 3 שנות המחקר (בעיקר אמנון הגליל), מתוכם כ-4,000 בוגרים וכולל דגים עם עין "פגועה" (עיוורון), היה תקין. נמצא שיעור שנע בין אחוז לחצי אחוז של דגי אמנון בהם ניכרת תופעת העיוורון. תופעה זו לא נמצאה כלל בדגיגים, אלא רק בדגים בוגרים. במהלך השנים האחרונות לא ניכרות תופעות של תמותות אמנונים באגם. תצפיות על אמנונים בתחנת אגף הדיג בגינוסר, שגדלים במי האגם, תומכות אף הן בכך שלא נשקפת לאמנונים שגדלים במי הכנרת סכנה בריאותית בשנים האחרונות.

במחקר העוסק בבחינת מקורות המזון של הדגים המסחריים (בהובלת גדעון גל, חי"ל) נבחנו תכני הקיבה והמעיים של 274 דגים, כחצי מהם דגי אמנון הגליל. הדגים נדגמו מאתרי דיגום בעיקר בצפון, בדרום ובמזרח הכנרת בשעות שבין 9:00-14:00 מתוך השלל של רשת ההקפה של ספינת הדייג של עין גב. האמנונים שנדגמו היו בעלי יחס אורך-משקל דומה לזה שנמצא באמנונים שנבדקו בשנים 1985-1987 ו-2009-1997. בהשוואת תוכני הקיבה של דגי אמנון הגליל והכסיף (לטענתנו: נמסיף) נמצא דמיון רב, לפחות מבחינת הרכב הזואופלנקטון מהם הם ניזונים. בשני מיני הדגים הללו, הקופודים היוו כמחצית מסה"כ הפריטים שנאכלו והבוסמינה מקבוצת הקלדוסירה היוו בין 25-40% ממרכיבי המזון ממקורות הזואופלנקטון. מבחינת הביומסה, שתי קבוצות הזואופלנקטון הללו היוו את עיקר המזון שנאכל. קיים דמיון גם בהרכב הפיטופלנקטון המהווה מקור מזון עבורם. מחקר זה מצביע על אפשרות של תחרות על מקורות מזון בין אמנון הגליל לכסיף, אותה יש להמשיך ולחקור. תוצאת לוואי של פרויקט זה הייתה הזיהוי וההכרה שדגי הכסיף באגם אינם למעשה מין טהור אלא מין מכלוא בין כסיף לנמרון הנקרא נמסיף. מכלוא זה הוא בעל הבדלים מורפולוגיים והתנהגותיים מהכסיף וכן ניזון במידה רבה מזואופלנקטון לאורך חייו בניגוד לכסיף שהופך לצמחוני משנתו השנייה.

במחקר על אתרי ההטלה של אמנונים (בהובלת מנחם גרון, אונ' ת"א, עבודה לתואר מוסמך של דויד קמינגס) התמקדנו ב-2014 בארבעה אתרי דיגום, כולם בחופים חוליים, מתוכם שניים באזורים לגונאריים ושניים בחופים פתוחים. במקומות אלה עקבנו אחר צפיפות הקינים לאורך חתכים ניצבים לקו המים, בחתכים חשופים לגמרי מצמחייה לעומת חתכים שעוברים דרך צמחייה מוצפת. נמצא שהאמנונים העדיפו באופן בולט לקנן בלגונות מוגנות, ובהעדרן (חופים פתוחים) הם העדיפו לקנן בינות או בקרבת צמחייה מוצפת על פני קינון באזורים חוליים חשופים ממסתור. נראה גם שהאמנונים נמנעו מלקנן בסבך אשלים צפוף מאד והעדיפו לקנן בקרבת צמחייה בצפיפות בינונית או דלילה. הקינון היה במים הרדודים, רובו בין 0.2-1.0 מ', לא נמצא קינון בעומק שמעל 1.5 מ'.

במחקר טריפת דגים על ידי קורמורנים (בהובלת דויד ליאור, האונ' העברית) בשנת המחקר השלישית סיימנו את איסוף הדוגמאות ממיני הדגים השונים שבכנרת למטרת הקמת מאגר של רצפים לזיהוי גנטי של מינים. סיימנו גם את ריצוף מקטע הברקוד הגנטי מהגן COI בכ-140 דוגמאות המייצגות 17 מיני דגים שונים. הורכב מאגר המידע לזיהוי מולקולארי של מיני הדגים והסתבר "עודף" השונות הרב שנמצא בין מינים אלו אשר מקשה על פיתוח

השיטה לזיהוי כמותי של מינים. במקביל המשיכה רט"ג בניטור אוכלוסיות הקורמורנים ובאיסוף צניפות והגדרת המינים שבהן על סמך אוטוליטים. לעת עתה, פיתחנו שיטה לזיהוי איכותי של מיני האמנוניים שבאגם. מאגר המידע לזיהוי מולקולארי, ניטור הקורמורנים ושיטת הזיהוי האיכותית הם כלים אשר ישרתו גם בעתיד איסוף רוטיני של מידע לצורך קבלת החלטות על ניהול הממשק בכנרת.

מסקנות והמלצות לגבי תפעול הכנרת:

- בגלל השונות הגנטית הקטנה מאד שנמצאה בדגי אמנון הגליל בישראל, שיטת הסמנים הגנטיים לא מתאימה לסימון זיהוי דגיגים שמקורם באכלוס.
- יתכן והשונות הגנטית הנמוכה תרמה לשפל בשלל הדייג ורצוי להגדיל את השונות הגנטית של אמנון הגליל בכנרת
- שיטת סימון דגיגים ב - CWT (תג פנימי זעיר) נמצאה כשיטה המומלצת ליישום לשם אומדן תרומת האכלוס לשלל אמנון הגליל.
- תופעת העיוורון בדגי אמנון היא תופעה נדירה יחסית, ולא נמצאה עדות לכך שהיא פוגעת במצבם הבריאותי של הדגים. אחוז הדגים עם תופעת העיוורון נע בין 0.5-1% בבוגרים; בדגיגים התופעה לא נמצאה כלל. יתכן קשר בין תופעת העיוורון לבין נוכחות טפילים בעיני הדגים.
- בהשוואת מרכיבי התזונה של אמנון הגליל וכסיף נמצא דמיון בהרכב המינים שנמצאו בתכני הקיבות, בשני המינים המרכיב הדומיננטי היה קופפודים. דמיון זה מעיד על אפשרות של תחרות על מקורות מזון בין שני מינים אלו.
- נמצא שלפחות חלק מדגי הכסיף שנמצאים היום בכנרת שייכים למכלוא (נמסיף) שידוע שהוא ניזון מזואופלנקטון ולכן לא תורמים לניקוי המים מאצות. מומלץ להפסיק את אכלוס הכסיף.
- סקרי ההטלה הראו שאמנוני הכנרת מטילים בליטורל הרדוד מאד, בעומק שלא עולה על 1.5 מ', סביב האגם כולו. הם מעדיפים לקנן בלגונות מוגנות כמו הבטיחה, אך במפלסים נמוכים מ- 210.50 – מ', כשרוב לגונות הבטיחה יבשות, הם מקננים בכל חופי הכנרת. באזורים ללא לגונות הם מעדיפים לקנן בקרבת מסתור, בעיקר צמחי (צמחייה מוצפת). כדי לסייע להצלחת הרבייה הטבעית באגם יש לשמר את הצמחייה החופית ולמזער את תנודות המפלס. כשיש הכרח בכיסוח צמחיה יש לעשות זאת במסדרונות צרים או בצורה שתיצור לגונות מלאכותיות. מומלץ להרחיב את "תקנת הבטיחה" של איסור הדייג בעונת ההטלה ולהפעיל אותה על איזור הליטורל של האגם כולו.
- הוקם מאגר מידע לזיהוי מולקולרי של מיני הדגים בכנרת. מאגר זה מקדם באופן משמעותי את יכולות הזיהוי של דגים לרמת המין גם במקרים שהזיהוי המורפולוגי קשה (כמו בצניפות, בדגיגים צעירים מאד, בתכני קיבה ועוד).
- עם סיום תכנית מחקר זו יש להבטיח שמחקרי דגים בכנרת לא יפסקו. מומלץ על ניטור שגרתי של מגוון מיני הדגים וכמותם בליטורל, טפילי דגים, שונות גנטית בדגים, מקורות מזון למינים העיקריים, אתרי הטלה. את רוב הפרמטרים הנ"ל אפשר לנטר בתדירות של אחת ל-5 שנים.

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

1 לפברואר 2015		מנהל המכון		מנהל המחלקה	
תאריך	רשות המחקר	אמרכלות (רשות המחקר)	מנהל המכון (פקולטה)	מנהל המחלקה	חוקר ראשי
(שנה)	המחקר	(רשות המחקר)	(פקולטה)	המחלקה	
(חודש)					
(יום)					



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ. ISRAEL OCEANOGRAPHIC & LIMNOLOGICAL RESEARCH LTD.
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון THE YIGAL ALLON KINNERET LIMNOLOGICAL LABORATORY
ת.ד. 447 מגדל 14950, ישראל טלפון: 04-6721444 TEL: פקס: 04-6724627 FAX: E-mail: kil@ocean.org.il P.O.B. 447, MIGDAL 14950, ISRAEL

דוח לתכנית מחקר מס' 11-0001-186

ממשק דגים בכנרת: משונות גנטית ועד קורמורנים

ד"ח סופי (בתום שנת מחקר שלישית)
מוגש: לקרן המדען הראשי, משרד החקלאות
בעריכת דר' תמר זהרי

T3/2015

פברואר 2015

חוקרים שותפים:

תמר זהרי, גדעון גל, איליה אוסטרובסקי, דיויד קמינגס – המעבדה לחקר הכנרת, חיאל
מנחם גורן, אביטל גזית – אוני' ת"א
רמה פלק, ריטה סמירנוב, גיא רובינשטיין, ג'ימי שפירו, נדב דוידוביץ, תמיר אופק – אגף הדייג, משרד
החקלאות
דויד ליאור, גלית כחילה בר גיא, תומר בורובסקי – הפקולטה לחקלאות, האוני' העברית
גדעון חולתא – מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי
נעם לידר, יפעת ארצי, דנה מילשטיין – רשות הטבע והגנים הלאומיים

Tamar Zohary, Gideon Gal, Ilia Ostrovsky, David Cummings – Kinneret Limnological
Laboratory, IOLR, tamarz@ocean.org.il

Menahem Goren, Avital Gasisth – Zoology Dept., Tel Aviv Univ.

Rama Falk, Rita Smirnov, Guy Rubinstein, Jamie Shapiro, Nadav Davidovitz, Tamir Ofek –
Fisheries Dept., Min. of Agriculture

David Lior, Galit Cahila-Barguy, Tomer Borovsky – The Hebrew University of Jerusalem

Gideon Hulata – Volcany Center, Agricultural Research Organization

Noam Leader, Yifat Artzi, Dana Milshtein – Nature and Parks Authority

פרסומים שנבעו מהמחקר:

3 עבודות לתואר מוסמך (אחת הוגשה, שתיים בכתובה), 2 מאמרים בספרות האנגלית המבוקרת, 2 מאמרים
בספרות העברית הפופולרית, 4 הרצאות בכנסים בארץ. פירוט בדף האחרון של דוח זה.

תקציר

הצגת הבעיה:

מאסף מחקרים זה בא לצמצם פערי ידע שעלו בשנים האחרונות באשר לדגה בכנרת, בעיקר לאחר קריסת הדייג של שנת 2008. לדגי הכנרת חשיבות רבה בשמירה על המאזן האקולוגי באגם ועל איכות המים. מכיוון שאמנון הגליל הוא "דג הדגל" של הכנרת, עם ערך כלכלי, אקולוגי ותיירותי, מרבית השאלות ופערי הידע קשורים אליו: ליכולת לכמת את תרומת האכלוס שלו לשלל הדייג, לתופעת העיוורון שנצפתה בו, לתזונה שלו, לרבייה שלו, ולטריפה שלו על ידי קורמורנים. עם זאת, חלק מהמחקרים עוסקים גם במינים אחרים של דגי כנרת. מובא להלן סיכום של ממצאי המחקר כולו עם דגש על ממצאי שנת המחקר השלישית עליהם לא דווח בעבר ובסיום המלצות תפעוליות לגבי ממשק הדייג בכנרת.

מטרות, שיטות ותוצאות של 6 מחקרים (לפי סדר המחקרים):

בכדי לבסס את אוכלוסיית אמנון הגליל, משרד החקלאות ורשות המים מאכלסים מדי שנה מאות אלפי עד מיליוני דגיגים שהוטלו במכון רביה. מכיוון שאמנון הגליל מתרבה באופן טבעי בכנרת, לא ידועה תרומת האכלוס לסה"כ השלל של דגי אמנון הגליל. כדי לגשר על פער ידע זה, נבדקו שתי גישות לסימון הדגיגים המאוכלסים: של סמנים גנטיים ושל סמנים פיסיים וכימיים. במחקר הסמנים הגנטיים (בהובלת דויד ליאור, האונ' העברית, עבודה לתאר מוסמך של תומר בורובסקי) השונות הגנטיות באמנוני הגליל אופיינה בשני סוגי סמנים. הצוות הראה כי בשתי השיטות נאמדה שונות גנטית נמוכה ודמיון רב בין דגי הכנרת ללהקת הרבייה בגינוסר, דמיון שמקשה על מציאת סמנים גנטיים שיאפשרו בדיקת יעילות האכלוס. פותחה שיטה לבחינת השונות הגנטית שהייתה לפני כ- 30 שנה מדוגמאות קשקשים יבשות. בדוגמאות ישנות נמצאה שונות גנטית גדולה מזו שנמצאת כיום. כלומר השונות הגנטית הנמוכה של היום היא תוצאה של צמצום בשונות, שמקבילה לצמצום בשלל הדייג. השונות הגנטית המועטה שנמצאה היא מצב שיכול לעמוד לרועץ ביכולת האוכלוסייה להסתגל להרעה בתנאים הסביבתיים בכנרת שיכולה לקרות בעתיד. בנוסף, נמצאו וריאנטים גנטיים ייחודיים בדגים משמורת אפק ונמצאו וריאנטים גנטיים נדירים בכנרת שאינם בלהקת הרבייה של גינוסר. הכלים הגנטיים שפותחו והממצאים הנוכחיים יכולים לשמש במעקב מתמשך על אוכלוסיית הכנרת ומהווים בסיס לטיפול בבעיית השונות הגנטית.

במחקר הסמנים הפיסיים והכימיים (בהובלת מנחם גורן, אונ' ת"א, ואיליה אוסטרובסקי, חיא"ל, עבודה לתאר מוסמך של גיא רובינשטיין מאגף הדיג) נבדקה מידת ההתאמה של מספר שיטות סימון מקובלות (סימון כימי, חיתוך סנפיר, תגים פנימיים, ותגים חיצוניים), מבחינת השפעת הסימון על ביצועי הגדילה, אופן שימור הסימון, ועלויות כלכליות. בשנת המחקר השלישית נבחן סימון באמצעות תג פנימי באזורים שונים בגוף הדג, ונמצא שהסמן היה ניתן לזיהוי ב-100% מהדגים גם אחרי 444 ימי גידול, וזאת ללא פגיעה בביצועי הגדילה של הדגים. שיטה זו נבחרה כשיטה המתאימה והזולה ביותר לסימון דגיגי אמנון גליל מאכלוס לבדיקת תרומתם לשלל הדייג.

בעקבות החשש שעלה בנוגע לגורמי תחלואה המשפיעים על מצבו של אמנון הגליל באגם, הדיווחים על תופעת ה"עיוורון", וקשר לבריאות הציבור, נבדק מצבם הבריאותי של דגי האמנון (בהובלת רמה פלק, אגף הדייג). נבחן גם הקשר בין נגיעות בטפילים לבין תופעת ה"עיוורון", תוך בדיקת מגוון מיני הטפילים, שכיחותם ורמת הנגיעות בהם. מצבם הגופני של כ-10,000 הדגים שנאספו במהלך 3 שנות המחקר (בעיקר אמנון הגליל), מתוכם כ-4,000 בוגרים וכולל דגים עם עין "פגועה" (עיוורון), היה תקין. נמצא שיעור שנע בין אחוז לחצי אחוז של דגי אמנון בהם ניכרת תופעת העיוורון. תופעה זו לא נמצאה כלל בדגיגים, אלא רק בדגים בוגרים. במהלך השנים האחרונות לא ניכרות תופעות של תמותות אמנונים באגם. תצפיות על אמנונים בתחנת אגף הדיג

בגינזור, שגדלים במי האגם, תומכות אף הן בכך שלא נשקפת לאמנונים שגדלים במי הכנרת סכנה בריאותית בשנים האחרונות.

במחקר העוסק בבחינת מקורות המזון של הדגים המסחריים (בהובלת גדעון גל, חיא"ל) נבחנו תכני הקיבה והמעיים של 274 דגים, כחצי מהם דגי אמנון הגליל. הדגים נדגמו מאתרי דיגום בעיקר בצפון, בדרום ובמזרח הכנרת בשעות שבין 9:00-14:00 מתוך השלל של רשת ההקפה של ספינת הדיג של עין גב. האמנונים שנדגמו היו בעלי יחס אורך-משקל דומה לזה שנמצא באמנונים שנבדקו בשנים 1985-1987 ו-1997-2009. בהשוואת תוכני הקיבה של דגי אמנון הגליל והכסיף (לטענתנו: נמסיף) נמצא דמיון רב, לפחות מבחינת הרכב הזואופלנקטון מהם הם ניזונים. בשני מיני הדגים הללו, הקופפודים היוו כמחצית מסה"כ הפריטים שנאכלו והבוסמינה מקבוצת הקלדוסירה היוו בין 25-40% ממרכיבי המזון ממקורות הזואופלנקטון. מבחינת הביומסה, שתי קבוצות הזואופלנקטון הללו היוו את עיקר המזון שנאכל. קיים דמיון גם בהרכב הפיטופלנקטון המהווה מקור מזון עבורם. מחקר זה מצביע על אפשרות של תחרות על מקורות מזון בין אמנון הגליל לכסיף, אותה יש להמשיך ולחקור. תוצאת לוואי של פרויקט זה הייתה הזיהוי וההכרה שדגי הכסיף באגם אינם למעשה מין טהור אלא מין מכלוא בין כסיף לאמור הנקרא נמסיף. מכלוא זה הוא בעל הבדלים מורפולוגיים והתנהגותיים מהכסיף וכן ניזון במידה רבה מזואופלנקטון לאורך חייו בניגוד לכסיף שהופך לצמחוני משנתו השנייה.

במחקר על אתרי ההטלה של אמנונים (בהובלת מנחם גורן, אונ' ת"א, עבודה לתואר מוסמך של דיויד קמינגס) התמקדנו ב-2014 בארבעה אתרי דיגום, כולם בחופים חוליים, מתוכם שניים באזורים לגונאריים ושניים בחופים פתוחים. במקומות אלה עקבנו אחר צפיפות הקינים לאורך חתכים ניצבים לקו המים, בחתכים חשופים לגמרי מצמחייה לעומת חתכים שעוברים דרך צמחייה מוצפת. נמצא שהאמנונים העדיפו באופן בולט לקנן בלגונות מוגנות, ובהעדרן (חופים פתוחים) הם העדיפו לקנן בינות או בקרבת צמחייה מוצפת על פני קינון באזורים חוליים חשופים ממסתור. נראה גם שהאמנונים נמנעו מלקנן בסבך אשלים צפוף מאד והעדיפו לקנן בקרבת צמחייה בצפיפות בינונית או דלילה. הקינון היה במים הרדודים, רובו בין 0.2-1.0 מ', לא נמצא קינון בעומק שמעל 1.5 מ'.

במחקר טריפת דגים על ידי קורמורנים (בהובלת דויד ליאור, האונ' העברית) בשנת המחקר השלישית סיימנו את איסוף הדוגמאות ממיני הדגים השונים שבכנרת למטרת הקמת מאגר של רצפים לזיהוי גנטי של מינים. סיימנו גם את ריצוף מקטע הברקוד הגנטי מהגן COI בכ-140 דוגמאות המייצגות 17 מיני דגים שונים. הורכב מאגר המידע לזיהוי מולקולארי של מיני הדגים והסתבר "עודף" השונות הרב שנמצא בין מינים אלו אשר מקשה על פיתוח השיטה לזיהוי כמותי של מינים. במקביל המשיכה רט"ג בניטור אוכלוסיות הקורמורנים ובאיסוף צניפות והגדרת המינים שבהן על סמך אוטוליטים. לעת עתה, פיתחנו שיטה לזיהוי איכותי של מיני האמנוניים שבאגם. מאגר המידע לזיהוי מולקולארי, ניטור הקורמורנים ושיטת הזיהוי האיכותית הם כלים אשר ישרתו גם בעתיד איסוף רוטיני של מידע לצורך קבלת החלטות על ניהול הממשק בכנרת.

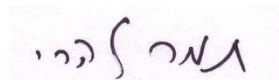
מסקנות והמלצות:

- בגלל השונות הגנטית הקטנה מאד שנמצאה בדגי אמנון הגליל בישראל, שיטת הסמנים הגנטיים לא מתאימה לסימון וזיהוי דגיגים שמקורם באכלוס.
- יתכן והשונות הגנטית הנמוכה תרמה לשפל בשלל הדיג ורצוי להגדיל את השונות הגנטית של אמנון הגליל בכנרת
- שיטת סימון דגיגים ב - CWT (תג פנימי זעיר) נמצאה כשיטה המומלצת ליישום לשם אומדן תרומת האכלוס לשלל אמנון הגליל.

- תופעת העיוורון בדגי אמנון היא תופעה נדירה יחסית, ולא נמצאה עדות לכך שהיא פוגעת במצבם הבריאותי של הדגים. אחוז הדגים עם תופעת העיוורון נע בין 0.5-1% בבוגרים; בדגיגים התופעה לא נמצאה כלל. יתכן קשר בין תופעת העיוורון לבין נוכחות טפילים בעיני הדגים.
- בהשוואת מרכיבי התזונה של אמנון הגליל וכסיף נמצא דמיון בהרכב המינים שנמצאו בתכני הקיבות, בשני המינים המרכיב הדומיננטי היה קופפודים. דמיון זה מעיד על אפשרות של תחרות על מקורות מזון בין שני מינים אלו.
- נמצא שלפחות חלק מדגי הכסיף שנמצאים היום בכנרת שייכים למין היברידי (נמסיף) שידוע שהוא ניזון מזואופלנקטון ולכן לא תורמים לניקוי המים מאצות. מומלץ להפסיק את אכלוס הכסיף.
- סקרי ההטלה הראו שאמנוני הכנרת מטילים בליטורל הרדוד מאד, בעומק שלא עולה על 1.5 מ', סביב האגם כולו. הם מעדיפים לקנן בלגונות מוגנות כמו הבטיחה, אך במפלסים נמוכים מ-210.50 מ', כשרוב לגונות הבטיחה יבשות, הם מקננים בכל חופי הכנרת. באזורים ללא לגונות הם מעדיפים לקנן בקרבת מסתור, בעיקר צמחי (צמחייה מוצפת). כדי לסייע להצלחת הרבייה הטבעית באגם יש לשמר את הצמחייה החופית ולמזער את תנודות המפלס. כשיש הכרח בכיסוח צמחיה יש לעשות זאת במסדרונות צרים או בצורה שתיצור לגונות מלאכותיות. מומלץ להרחיב את "תקנת הבטיחה" של איסור הדייג בעונת ההטלה ולהפעיל אותה על איזור הליטורל של האגם כולו.
- הוקם מאגר מידע לזיהוי מולקולרי של מיני הדגים בכנרת. מאגר זה מקדם באופן משמעותי את יכולות הזיהוי של דגים לרמת המין גם במקרים שהזיהוי המורפולוגי קשה (כמו בצניפות, בדגיגים צעירים מאד, בתכני קיבה ועוד).
- עם סיום תכנית מחקר זו יש להבטיח שמחקרי דגים בכנרת לא יפסקו. מומלץ על ניטור שגרתי של מגוון מיני הדגים וכמותם בליטורל, טפילי דגים, שונות גנטית בדגים, מקורות מזון למינים העיקריים, אתרי הטלה. את רוב הפרמטרים הנ"ל אפשר לנטר בתדירות של אחת ל-5 שנים.

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדוח זה הינם תוצאות סקרי שדה וניסויי מעבדה הניסויים מהווים המלצות לחקלאים – לא.



חתימת החוקר הראשי: תמר זהרי

תאריך: 10 לפברואר 2015

תוכן העניינים

מבוא כללי

פרק 1: פיתוח שיטות להערכת הצלחת אכלוס דגיגי אמנון הגליל

פרק 1א': בחינת השונות הגנטית באמנון הגליל באמצעות סמנים גנטיים

פרק 1ב': בדיקת ייתכנות לשיטת סימון דגיגי אמנון גליל בתג פנימי

פרק 2: "תופעת העיוורון" בדגי הכנרת

פרק 3: לא מומן, לא בוצע

פרק 4: תזונת דגים

פרק 5: אפיון העדפת אתרי קינון בהקשר של צמחייה מוצפת באמנוני הכנרת (אמנון גליל, א. ירדן, א. מצוי)

פרק 6: לא מומן, לא בוצע

פרק 7: טריפת קורמורנים: שימוש בכלים מורפומטריים ופיתוח כלים מולקולאריים לניטור הרגלי התזונה של קורמורנים ובחינת השפעתם על הרכב אוכלוסיית הדגה

מסקנות והמלצות

דף סיכום עם שאלות מנחות

רשימת פרסומים כתוצאה מפרוייקט זה

מבוא כללי

עקב הגדלה מלאכותית של טווח שינויי המפלס בכנרת המערכת האקולוגית עברה שינויים משמעותיים בשני העשורים האחרונים, שהתבטאו בהעלמות פריחת הפרידיניום האביבית, התעצמות פריחת של אצות כחוליות - חלקן מייצרות רעלנים, ובעקבות כך בשינויים במארג המזון. למרות השינויים, אוכלוסיות הדגים כמעט ולא נחקרו בשני עשורים אלו. מאסף מחקרים זה בא לצמצם פערי ידע שעלו בשנים האחרונות באשר לדגה בכנרת, בעיקר לאחר קריסת הדייג של שנת 2008, שהיוותה אינדיקטור לבעיה בממשק. מכיוון שאמנון הגליל הוא "דג הדגל" של הכנרת, עם ערך כלכלי, אקולוגי ותיירותי, מרבית השאלות ופערי הידע קשורים אליו: מדוע חלה הירידה הדרמטית בשלל, מה תרומת האכלוס שנעשה על ידי משרד החקלאות לשלל, מהי תופעת העיוורון שנצפתה בו, ממה הוא ניזון (לאחר שאצת הפרידיניום, שהיוותה בעבר את מקור המזון העיקרי שלו, כבר לא פורחת בכנרת ברוב השנים) כיצד הושפעה הרבייה שלו משינויי מפלס קיצוניים ומנוכחות או העדר צמחייה חופית מוצפת, והאם לטריפה שלו על ידי קורמורנים השפעה משמעותית על גודל האוכלוסיה שלו. עם זאת, חלק מהמחקרים עוסקים גם במינים אחרים של דגי כנרת. מובאים להלן ממצאי שנת המחקר השלישית עם סיכום ממצאי המחקר כולו לגבי כל אחד מששת הנושאים שנחקרו במסגרת פרויקט זה. לסיכום הדו"ח מובאות מסקנות כלליות והמלצות תפעוליות לגבי ממשק הדייג בכנרת.

פרק 1. פיתוח שיטות להערכת הצלחת איכלוס דגי אמנון הגליל

פרק 1א': בחינת השונות הגנטית באמנון הגליל באמצעות סמנים גנטיים

ליאור דוד¹, גילה כחילה-ברגל², גדעון חולתא³, ג'יימס שפירו⁴ וגיא רובינשטיין⁴
¹המחלקה למדעי בעלי חיים, ²בית הספר הוטרינרי, האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה למדעי החקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית ³המחלקה לעופות ומדגה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי ⁴אגף הדייג, משרד החקלאות

רקע ותאור הבעיה

במספר רב של עבודות נמצא כי ירידה בשונות הגנטית באוכלוסיות טבעיות גוררת עמה ירידה בפוריות ובשרידות כמו גם תופעות של ניוון בשארות, כגון רגישות למחלות ועיוותים בשלד. לכן ככלל, שונות גנטית מצומצמת פוגעת בהתאמה של בעל החיים לסביבתו ונמצאת בקשר ישיר עם הסיכויים של אוכלוסיות ומינים להיכחד, בעיקר בתנאי סביבה משתנים. במחקר זה נעשה אפיון השונות הגנטית של אוכלוסיות אמנון הגליל בכנרת ובלהקת הרבייה שבתחנת גינוסר, והשוואת ההרכב הגנטי ביניהם ולאוכלוסיות של מין זה מאזורים אחרים בארץ ובחור"ל. על סמך תוצאות האפיון הגנטי נוצר ידע חדש, ניתן מענה על שאלות המחקר ונקבעו המלצות לניהול הרוטיני של ממשק הכנרת בעתיד.

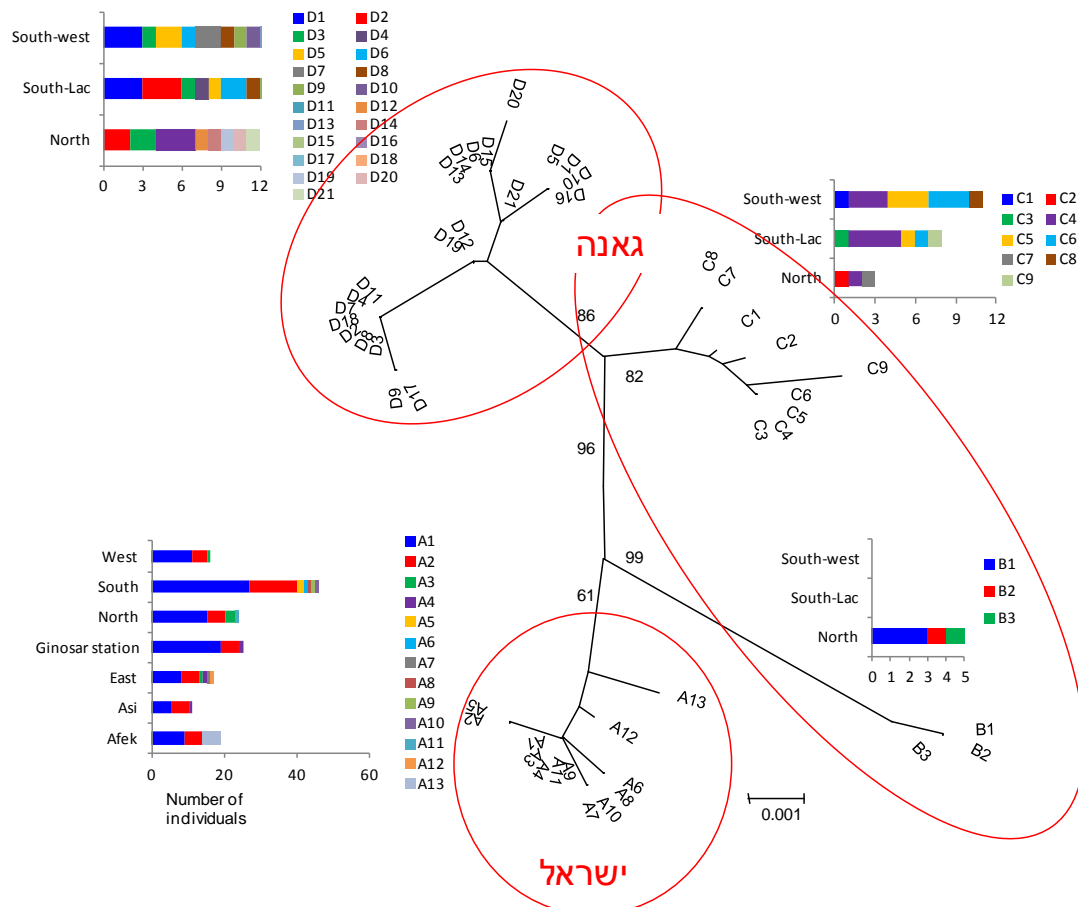
מטרות המחקר לשנה ג'

1. השלמת אפיון השונות הגנטית בדוגמאות עכשוויות של אמנון גליל בעזרת סמני מיקרוסטליט.
2. השוואת השונות הגנטית העכשווית לשונות בשנים עברו על ידי אפיון דוגמאות ארכיון של קשקשים מאמנון הגליל.
3. בחינת האפשרויות לשימוש בסמנים גנטיים להערכת יעילות האכלוס של אמנון הגליל בכנרת.
4. ניתוח כלל התוצאות, סיכום המחקר וניסוח המלצות לניהול הממשק בכנרת.

תוצאות שנה ג'

השונוות הגנטית של אמנון הגליל בישראל

לאמדן השונוות הגנטית השתמשנו בסמנים גנטיים משני סוגים. הראשון, ריצוף של מקטע באזור ה-D-loop של מולקולת הדנ"א המיטוכונדריאלי, שידוע כמכיל שונות גנטית רבה בין פרטים באוכלוסיות. השני, שימוש בסמנים מסוג מיקרוסטטיטים שפרושים על פני הגנום הגרעיני וגם להם מידה רבה של שונות בין פרטים באוכלוסיות. רב התוצאות לגבי ריצוף מקטע ה-D-loop הוצגו בעבר ולכן מוצג איור 1, המסכם את עיקרי הממצאים.



איור 1. מבנה ושונות אוכלוסיות אמנון הגליל שנדגמו למחקר זה. בעץ הפילוגנטי, שנבנה על סמך רצף ה-D-loop המיטוכונדריאלי, מוצג דגם ההתקבצות של הוריאנטים הגנטיים (מוצגים בשמם בקצות הענפים ובמקרא של הגרפים) שנמצאו בעבודה זו. בסמיכות לכל מקבץ מוצגים בגרפים של עמודות המתארים את שכיחות כל אחד מהוריאנטים הגנטיים באותו מקבץ.

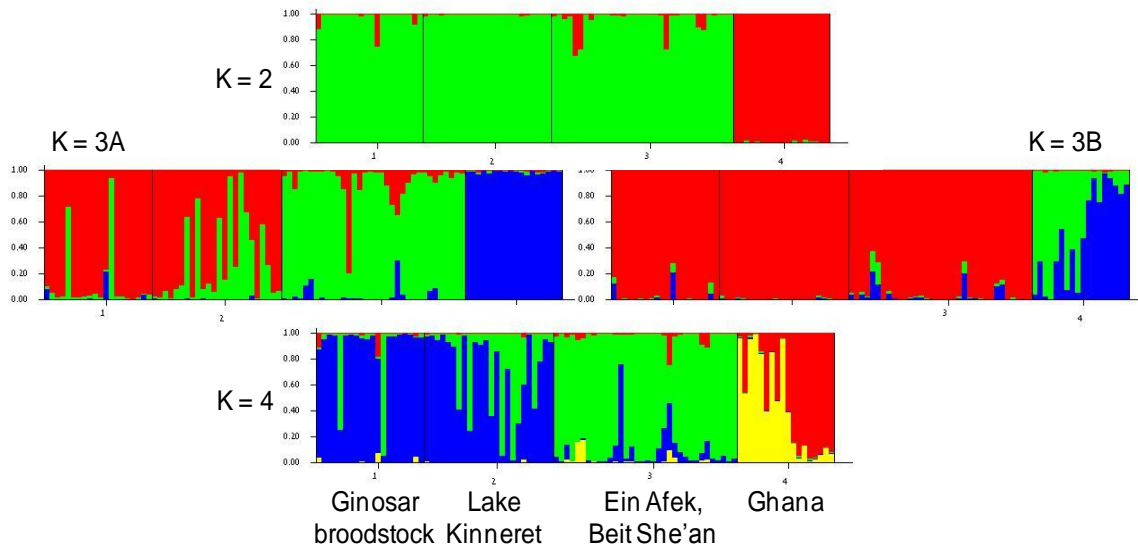
ניתוח נתוני השונוות במקטע ה-D-loop יצר ארבעה מקבצים (A-D) גנטיים הנפרדים משמעותית זה מזה ובתוך כל אחד מהם וריאנטים שונים הדומים זה לזה. מקבץ אחד מתוך הארבעה (מקבץ A) שייך לדגים מישראל (כולל אלו שבכנרת, בתחנה בגינוסר, בנחלי עמק בית שאן ובעין-אפק/נחל נעמן). בין המקבץ הישראלי לשלושת המקבצים של דגים מנהר הוולטה בגאנה, אפריקה (B-D), אין חפיפה. כלומר ההרכב הגנטי של הדגים מישראל שונה משמעותית מזה של הדגים מגאנה. פריסת הוריאנטים מגאנה בין ובתוך מקבצים על פני רחבי העץ, לעומת ההתקבצות של הוריאנטים מישראל למקבץ מרוכז אחד, מעידים על השונוות המצומצמת שנמצאה בישראל. מגרף העמודות הסמוך למקבץ הישראלי ניכר כי כ-90% מהדגים בישראל מכילים אחד משני וריאנטים גנטיים, הכחול והאדום (A1, A2).

כדי לאמת ממצאים אלו אפיינו את השונות הגנטית באמצעות סמני מיקרוסטליטים. התוצאות הסופיות מבוססות על 24 סמנים. מספר רב יותר של אללים יוצר שיעור גבוה יותר של הטרוזיגוטים באוכלוסייה ולכן בדקנו את שני מדדי השונות הגנטית הללו. מטבלה 1 ניתן לראות כי בדגים מישראל נמצאו פחות אללים ושיעור הטרוזיגוטים היה נמוך יותר בהשוואה לגאנה. אף כי לכאורה ההבדל לא נראה גדול, יש לזכור כי האומדן מישראל התקבל מאפיון של כ- 80 דגים בעוד האומדן של גאנה מאפיון של 20 פרטים בלבד. ככל שעולה מספר הפרטים, הסיכוי לאיתור אללים נוספים ונדירים גדל ולכן ההבדל בין ישראל לגאנה הוא משמעותי. המספר הגבוה של אללים ייחודיים מעיד על ההבדלים הגדולים בין ישראל לגאנה.

טבלה 1. מדדי שונות גנטית על סמך סמני מיקרוסטליטים.

סה"כ	גאנה	ישראל	
7.08	5.46	4.75	מספר האללים הממוצע לסמן
0.42	0.53	0.39	שכיחות הטרוזיגוטים הממוצעת
	56	39	מספר האללים הייחודיים מ- 24 סמנים

בנוסף, עשינו שימוש בתוכנה לניתוח של תוצאות המיקרוסטליטים שקובעת את השייכות הגנטית של כל פרט למספר מקבצים גנטיים (K) שהוגדרו מראש. השייכות הגנטית נקבעת על סמך נתוני הסמנים הגנטיים בלבד וללא שימוש במידע על מקור הדג. באיור 2, מוצגים הפתרונות עבור $K = 2, 3$ or 4 מקבצים גנטיים במטרה להראות את כל אחד מהפתרונות ואת השינוי מפתרון אחד לשני.



איור 2. מבנה ושונות אוכלוסיות אמנון הגליל שנדגמו למחקר זה. כל אחד מהפנלים מייצג חלוקה למספר מקבצים גנטיים ($K = 2, 3$ or 4) של כל אחד מהפרטים על סמך אפיון בעזרת 24 מיקרוסטליטים. כל צבע מייצג מקבץ גנטי וכל עמודה דקה מייצגת פרט כשיעור השייכות של הפרט לכל אחד מהמקבצים מוצג כחלקים של העמודה הצבועים בצבעים השונים (השיעור נתון בציר ה-Y משמאל לכל פאנל). לאחר האנליזה למקבצים, סודרו הפרטים לפי שייכות לכל אחד מארבעת המיקומים (כל פאנל מחולק לארבעה מלבנים) אליו הם שייכים כפי שמוצג בתחתית האיור.

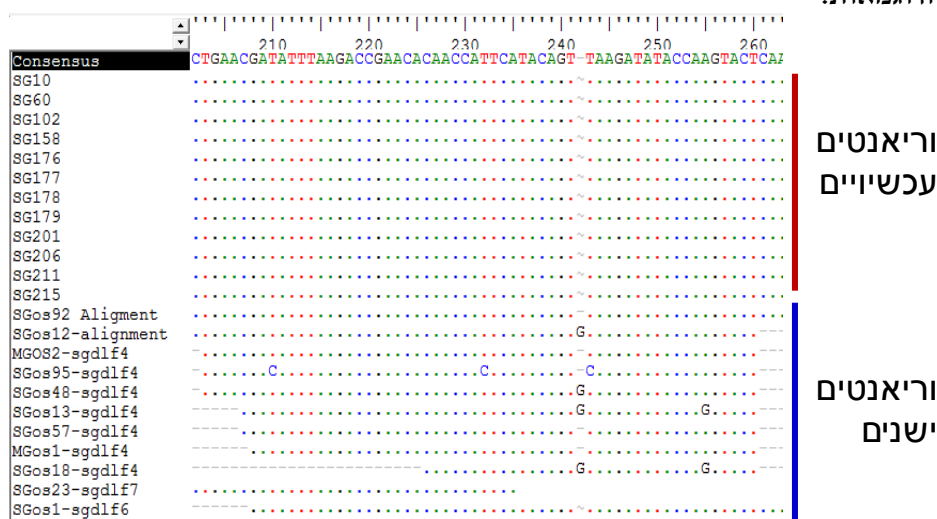
נתוני המקבצים מראים כי בחלוקה לשני מקבצים, ההרכב הגנטי מתחלק בין הפרטים מישראל לפרטים מגאנה ואין כמעט חפיפה בין ההרכבים הגנטיים. בחלוקה לשלושה מקבצים קיבלנו שני פתרונות, פתרון 3A ב- 60% מהמקרים ובו חלוקה לשני מקבצים של הדגים מחומר הרבייה והאגם, ופתרון 3B ב- 40% מהמקרים ובו חלוקה לשני מקבצים של הדגים מגאנה. בחלוקה לארבעה מקבצים (בדומה למספר המקבצים שנמצאו

בסמנים באזור ה-D-Loop) התקבל השילוב בין שני הפתרונות של שלושה מקבצים. מכאן שהשוניות הגנטיות בין גאנה לישראל רבה ובתוך ישראל הדגים מהאגם ומחומר הרבייה בגנוסר דומים זה לזה.

לסיכום חלק זה, ניכר כי השונות באמנון הגליל בישראל נמוכה בהתבסס על שני סוגי סמנים. שונות נמוכה צריכה להדאיג, שכן במספר רב של מקרים מצב זה מותיר אוכלוסייה שאינה מתמודדת היטב עם תנאי סביבה משתנים ושעלולה לסבול מניוון בשארות.

בחינת השונות הגנטית בקשקשי אמנון גליל ישנים

נתקבלו במעבדתנו קשקשים ישנים (1970-1988) מהאוסף של הביולוגים של אגף הדיג הנמצא בטבריה ושל פרופ' משה גופן ממיג"ל. פיתחנו פרוטוקול הפקת דנ"א הדומה להפקה מדוגמאות מאובנים קדומים. על דנ"א זה בוצע PCR באמצעות מספר זוגות פריימרים המגבירים מקטעים קצרים באזור שמכיל את השונות המצומצמת שנמצאה בדוגמאות עכשוויות של דגים. את המקטעים הקצרים אנו מרצפים ומשווים בין הרצפים הקדומים לעכשוויים. בסה"כ, בשל הקשיים המלווים כל שלב בשיטה, התקבלו תוצאות רק בחלק קטן מהדוגמאות.



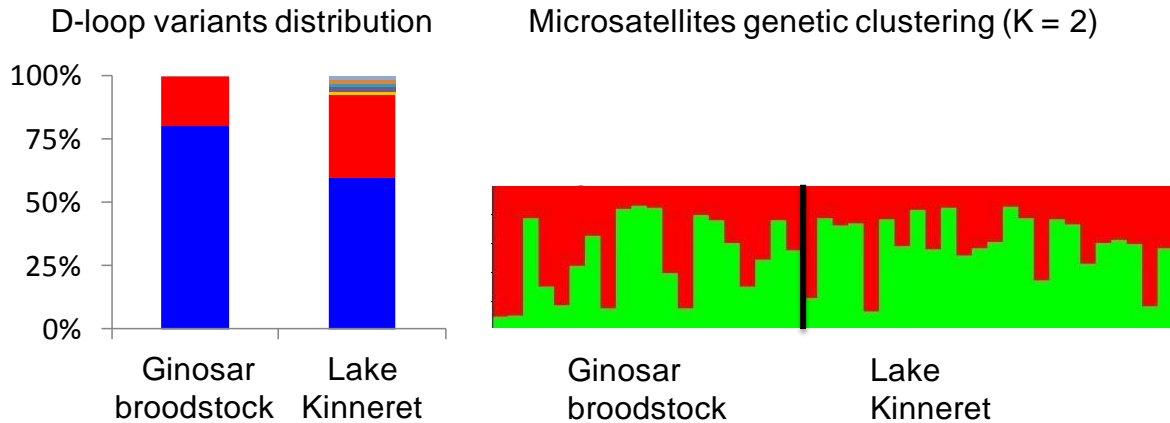
איור 3. השוואה בין ההרכב הגנטי של דגים עכשוויים לזה שנמצא בקשקשים ישנים. משמאל שמות הוריאנטים/דוגמאות ומימין שיוכן לעכשוי או ישן. נקודות מעידות על בסיס זהה לזה שנמצא ברצף הייחוס העליון. מוצג קטע קטן של כ-70 בסיסים בו הצלחנו לקבל תוצאות ריצוף של דנ"א מקשקשים ישנים.

מניתוח של התוצאות, ניכר כי בדוגמאות הישנות נמצאו וריאנטים גנטיים שלא נמצאו בדגים העכשוויים. בסיסים אלו מצויינים כבסיסים השונים מרצף הייחוס העליון (איור 3). בשל הקושי הטכני בקבלת תוצאות מרב דוגמאות הקשקשים הישנים, קשה לאמוד כמותית את מידת השונות שהייתה בעבר לעומת זו של היום אך בוודאות ניתן לומר כי נמצאו בדוגמאות ישנות ואריינטים גנטיים שלא נמצאו בדוגמאות הנוכחיות לצד וריאנטים שהיו אז ונותרו עד היום. כיון ששונות ישנה זו נמצאה אפילו במספר הקטן של הדוגמאות הישנות ולא נמצאה במספר הרב של הדוגמאות הנוכחיות יש להניח כי ההרכב הגנטי הצטמצם והתחלף לאורך השנים. ממצאים אלו מחזקים את הסברה כי הצמצום בשלל הדייג מלווה גם בצמצום השונות הגנטית, שני מדדים שיכולים לנבוע מצמצום בגודל האוכלוסייה של אמנון הגליל בכנרת כתוצאה מהרעת תנאי הגידול והרבייה באגם בשנים הללו. יש לציין כי הטבה בתנאי הגידול והרבייה יכולה להביא להתאוששות בגודל האוכלוסייה בזמן קצר יחסית אולם לא להרחבת השונות הגנטית, שכן הגדלה בשונות הגנטית הוא תהליך איטי התלוי בקצב צבירת מוטציות גנטיות. לכן גם אם יעלה גודל האוכלוסייה (כפי שמסתמן בשנתיים האחרונות),

האוכלוסייה תשאר עם שונות גנטית מצומצמת, מצב שמסכן את האוכלוסייה אם ישתנו שוב התנאים לרעה כפי שהראנו שקרה לשונות הגנטית בתוצאות שלעיל.

איתור סמנים גנטיים לבדיקת יעילות האכלוס

כחלק מהאפיון הגנטי ניסינו לאתר סמנים הנמצאים בחמר הרבייה ולא בדגי האגם כדי לעשות בהם שימוש לאמידת תרומת האכלוס לדגי האגם. בשל השונות הגנטית הנמוכה בישראל, אף לא אחד מהסמנים (בין אם מיקרוסטליטים ובין אם ב-D-Loop) היה ייחודי לחומר הרבייה ויכול היה לשמש לבחינה ישירה של יעילות ממשק האכלוס. תוצאה זו מוצגת באיור 4, הן עבור מיקרוסטליטים והן עבור ה-D-Loop.



איור 4. הבדלים גנטיים בין דגי חמר הרבייה בגינוסר לבין דגי האגם. משמאל ניתוח על סמך הוריאנטים שנמצאו ב-D-loop, המראה את הדמיון בהתפלגות הוריאנטים באגם ובגינוסר. מימין ניתוח על סמך מיקרוסטליטים, המראה עמודה אחת לכל דג. הצבעים מייצגים מקבצים גנטיים שלא ניתן באמצעותם להפריד בין דגי האגם לדגי חומר הרבייה.

בהשוואה בין דגים מהאגם לדגים מגינוסר ברור כי בשני המקומות שייכים רב הדגים לאחד משני וריאנטים גנטיים (איור 4, שמאל), הכחול או האדום כפי שמוצג גם באיור 1. אולם, באגם ישנו מיעוט של דגים המכיל וריאנטים גנטיים שלא נמצאו בגינוסר. גם במיקרוסטליטים, הנסיון לחלק את הדגים לשני מקבצים גנטיים (אדום וירוק) יוצר חלוקה דומה בתוך כל קבוצה ולא חלוקה בין המקומות. לסיכום ניכר כי השונות הגנטית הנמוכה לא איפשרה למצוא סמנים הנמצאים בחומר הרבייה ולא בדגי האגם. מצב זה לא מאפשר לקבוע האם הדמיון נובע מכך שדגי האכלוס מרכיבים את מרבית האוכלוסייה באגם או מכך שחומר הרבייה, שבמקור מוצאו מהאגם, לא תורם כלל לאוכלוסיית האגם. אולם, נמצאו וריאנטים גנטיים באגם, בעין-אפק ובגאנה שאינם נמצאים בחומר הרבייה בגינוסר. ניתן להשתמש בדגים הנושאים סמנים אלו כדי להרכיב חומר רבייה חדש שעם צאצאיו יהיה אפשר לאמוד את תרומת האכלוס לשלל הדייג. אם קיים החשש להכנסת דגים מגאנה לכנרת, ניתן להשתמש בדגים מעין-אפק (אין כמעט הבדל גנטי בין דגי עין-אפק לדגי הכנרת), או למחמירים ביותר, לסרוק את דגי האגם ולברור דגים הנושאים וריאנטים נדירים יותר שאינם קיימים בחומר הרבייה. הכלים הגנטיים שפותחו במחקר זה יאפשרו זיהוי דגים כאלו וייסוד חומר רבייה מתאים.

מסקנות

1. בכנרת ובישראל בכלל נמצאה שונות גנטית נמוכה בדגי אמנון הגליל. שונות נמוכה זו נובעת לפחות בחלקה מצמצום בשונות הגנטית יחסית לעבר. צמצום זה בשונות הגנטית מקביל לצמצום בשלל הדייג.
2. כרגע לא ניתן לעשות שימוש בסמנים גנטיים לבחינת יעילות האכלוס. אולם, נמצאו ואריינטים גנטיים באגם ובעין אפק שלא נמצאו בלהקת הרבייה בגינוסר. ניתן לייסד חומר רבייה המכיל סמנים אלו כדי לייצר דגיגים עם סמנים אלו שבהם יעשה שימוש להערכת יעילות האכלוס.

פרק 1ב': בדיקת ייתכנות לשיטת סימון דגיגי אמנון גליל בתג הפנימי

גיא רובינשטיין¹ איליה אוסטרובסקי², מנחם גורן³
¹ תחנת גינוסר - אגף הדיג, משרד החקלאות, ²המעבדה לחקר הכנרת - חי"ל, ³אוניברסיטת ת"א.

רקע

בשנתיים הראשונות של המחקר בחנו ארבע שיטות שונות לסימון דגיגי אמנון גליל, מתוכן שיטת התג הפנימי (CWT - coded wire tag) נמצאה המבטיחה ביותר ולכן המחקר בשנה השלישית התמקד בשיטה זו. פרק זה מתאר את מהלך ותוצאות ניסוי מס' 3 שבוצע בשנה זו, ובסופו מסכם תוצאות משלוש שנות המחקר.

לאור אחוז השיור הנמוך של התג הפנימי בניסוי 2 (בשנת המחקר השניה) הועלתה השערה שלאזור החדרת התג, לאופן החדרת התג, ולגיל הדג בעת ההחדרה יש השפעה על מידת שרידות התג בדג. על כן, לאחר שעדכנו את פרוטוקול הסימון הידני בניסויים משלימים, המשכנו בשנת המחקר השלישית לניסוי 3 שבא לבחון את מידת הצלחת סימון הדגים בהחדרת התג באזורים שונים בגוף הדג, וסימון בדגיגים צעירים במשקל היעד לסימון בעתיד. לסיכום המחקר, ערכנו בחינה לכלכליות עלות הסימון בשיטות השונות.

מטרת המחקר – בדיקת ייתכנות לסימון דגיגי אמנון הגליל באזורי גוף שונים.

שיטות וחומרים



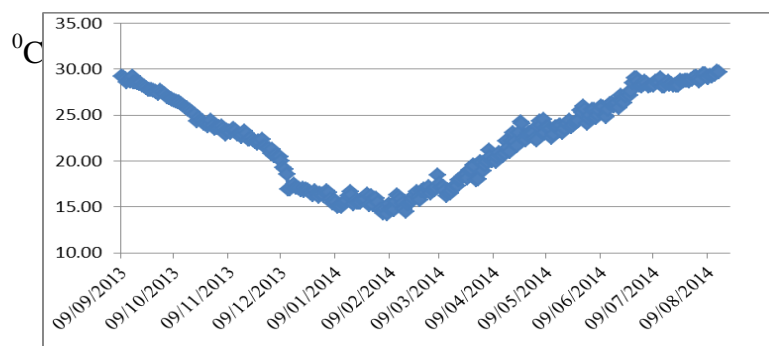
איור 1: אזורי הסימון הנבדקים בניסוי עם כיוון השעון: צד שמאל עליון - בסיס סנפיר שת, בסיס סנפיר גב קדמי, חוטם, חלקו העליון של בסיס סנפיר גב אחורי.

בניסוי זה (מס' 3) בחנו סימון בעזרת CWT בארבעה אזורים שונים - בסיס סנפיר שת, בסיס סנפיר גב קדמי, חוטם, כל ארבעת האזורים אחורי (איור 1). כל ארבעת האזורים הנבדקים בעלי ייתכנות לסימון עתידי בעזרת מכונה אוטומטית המסוגלת לסמן 1,000 פריטים בשעה. הדגים סומנו ידנית בעזרת מחט שעברה חיטוי באלכוהול לפני כל הזרקה. כל הדגים סומנו בצד הימני (כאשר ראשם מכוון קדימה). כל דג שסומן נבדק בעזרת הגלאי מסוג TWAND לנוכחות הסמן. בדיקת נוכחות הסמן כללה לבוש מתאים של הבודק, ללא אביזרים מתכתיים

(שעון, חגורה וכו'). אחת לכל מספר דגים בוצעה העברת הגלאי על ידיו של מחזיק הדג, ללא דג, כביקורת חיובית להליך הזיהוי לבדיקה שאין זיהוי מהגלאי לחומר חיצוני. במקרים בהם לא התגלה סמן ע"י הגלאי הדג סומן בשנית. לאחר הסימון הדגיגים הועברו למכלי הגידול, 20 דגיגים למיכל, ארבע חזרות לכל טיפול (סה"כ 320 דגים). הזנה נעשתה על פי דרישה, מזון 2 מ"מ צף 30% חלבון, מעבר למזון 4 מ"מ 30% חלבון, עם הגעה למשקל ממוצע של 60 ג'. איכות המים: חמצן מעל 6 ppm, אמוניה וניטריט מתחת לסף גילוי. הדגים נשקלו ונבדקו לנוכחות הסמן אחת לשלושה שבועות. כשטמפ' המים ירדה מתחת ל 19°C לא נערכו שקילות ולא נבדקה נוכחות הסמן מטעמי בריאות הדגים. הניסוי החל בספטמבר 2013 והסתיים לאחר 444 יום ב- 21/12/2014.

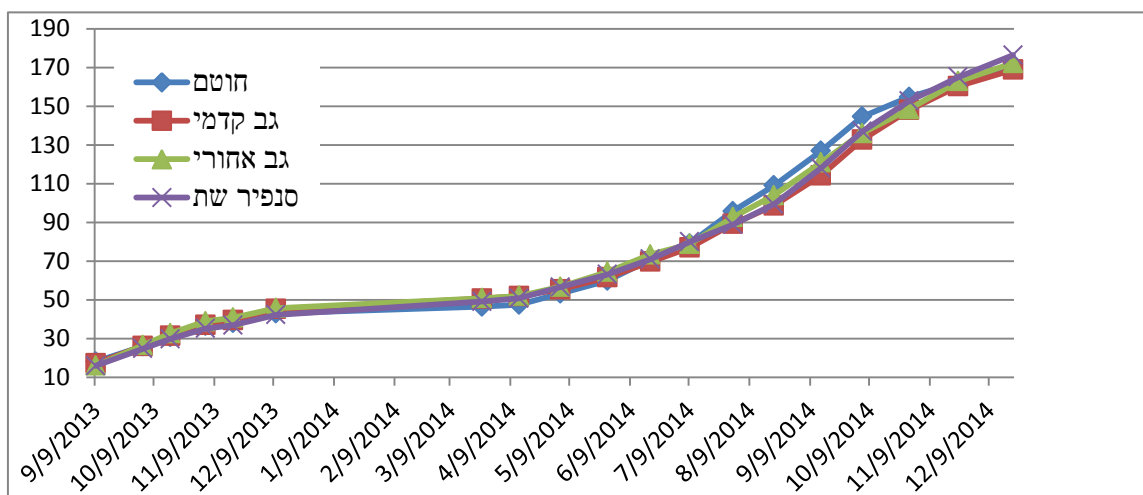
תוצאות

טמפרטורה במהלך הניסוי: סביבה, מי כנרת, לא בוצעה התערבות של חימום המים. ערכי הטמפרטורה נמדדו ע"י בקר אוטומטי אחת לארבע שעות (איור 2).



איור 2: ממוצע יומי של טמפרטורת המים לאורך ניסוי 3.

ביצועי גדילה וקצבי גידול: הדגיגים גדלו ממשקל התחלתי של כ 15 גרם עד למשקל של כ 170 גרם במוצע בתום הניסוי (איור 3). קצבי הגידול השתנו בהתאם לטמפרטורת המים. עם ירידת טמפרטורת המים בחודשי הסתיו ירד קצב הגידול היומי מ 0.5 ג' ליום עד לעצירת גדילה מוחלטת בחודשי החורף. קצב הגידול עלה בהדרגה עם התחממות המים עד לשיא (0.83 ג' ליום) בתחילת אוקטובר (איור 4).

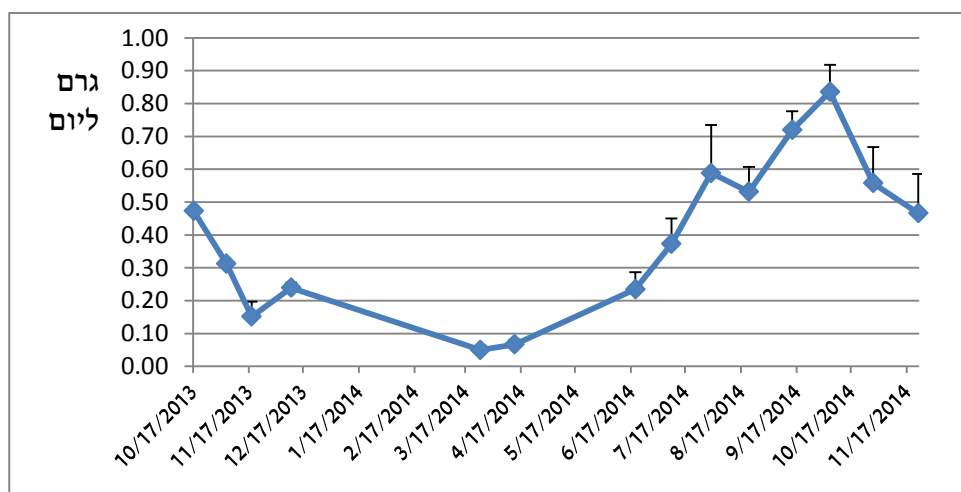


איור 3: ביצועי הגדילה (משקל ממוצע, בגרם, של 4 החזרות בכל טיפול) לאורך הניסוי

מדדי פטימות הגוף (CF): נאספו מכלל הדגים בפרוק הניסוי. נמצאה שונות בין הפרטים בחזרות, אך לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הטיפולים.

רבייה: בתקופת הרבייה (מאי עד אוגוסט) נמצאו דגיגים מהטלות בכל המכלים. הדגיגים נאספו אחת לשלושה שבועות (בעת שקילת הדגים) ושוחררו.

ביצועי הגדילה לאורך תקופת הניסוי: לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים במשקל המוסף של הדגיגים השונים בסיום הניסוי, בקצבי הגדילה של הדגים בניסוי, בנצילות המזון, במדד מצב הגוף ובשרידות הדגים (טבלה 1).



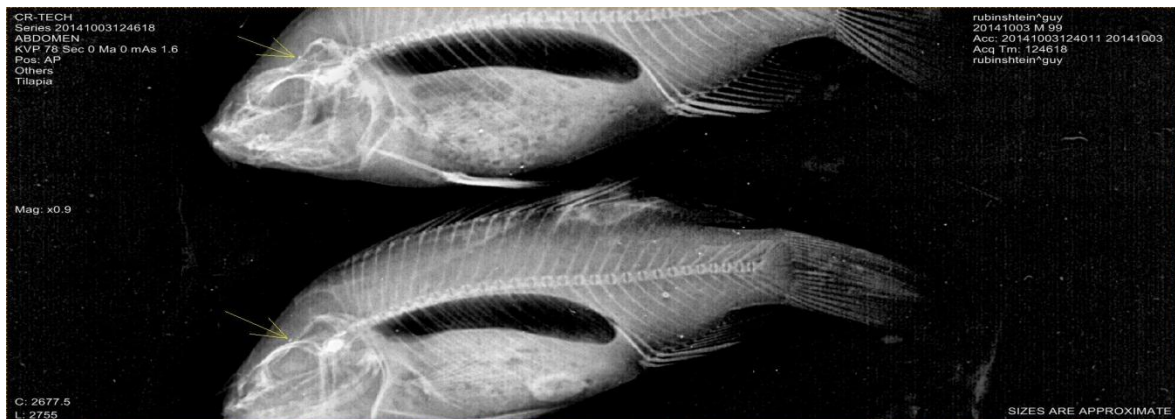
איור 4: ממוצע וסטיית תקן של קצב הגידול היומי של כלל הדגים לאורך הניסוי

טבלה 1: סיכום תוצאות ניסוי 3 לסימון דגיגי אמנון גליל בתג פנימי ב-4 אזורים שונים בגוף לאחר 444 ימי גידול. המדדים שנבדקו בתום הניסוי: ביצועי גדילה (SGR), נצילות מזון (FCR), מדד מצב הגוף (CF) ושמידות. התוצאות מוצגות כממוצעים של 4 חזרות לכל טיפול ± סטיית התקן, למעט סטיית התקן עבור מדד מצב הגוף CF, שם חושבו הערכים עבור כלל הפרטים של כל אחת מהחזרות בכל טיפול. * מציינת שלא נמצא הבדל מובהק במדד זה בין טיפול זה לכל אחד משלושת הטיפולים האחרים.

מדד	א - חוטם	ב - בסיס סנפיר גב קדמי	ג - בסיס סנפיר גב אחורי	ד - בסיס סנפיר שת
משקל ממוצע באכלוס (גרם)	24.11±6.16	24.57±5.99	25.9±6.44	23.19±5.60
משקל ממוצע בגמר הניסוי (גרם)	* 108.98±20.52	* 98.71±9.77	* 103.92±18.66	* 99.33±13.30
משקל מוסף במהלך הניסוי (גרם)	* 84.86±14.67	* 74.14±6.46	* 78.02±14.68	* 76.14±10.0
SGR	* 0.47±0.03	* 0.44±0.06	* 0.44±0.05	* 0.46±0.058
FCR	* 3.65±0.76	* 3.8±0.09	* 3.85±0.86	* 3.74±0.30
CF	* 1.87±0.19	* 1.82±0.17	* 1.86±0.16	* 1.8±0.18
שרידות (%)	* 92.5±0.03	* 96.25±0.09	* 93.75±0.08	* 95±0.03
נוכחות הסמן (%) בדגים ששרדו עד בסוף הניסוי	100	100	100	100

אופן זיהוי הסמן

לאורך כל הניסוי נבדקו הדגים לנוכחות הסמן ע"י העברת הגלאי על כל אחד מהדגים בצדו הימני של הדג ומרחק של עד 2 ס"מ מגוף הדג. 444 ימים לאחר סימון הדגים, נמצא הסמן ב 100% מהדגים אשר סומנו. בשתי נקודות זמן, 259 ימים מהסימון, ו 322 ימים מהסימון, נערכה בדיקה מדגמית ל 20% מהדגים לזיהוי הסמן משני צדי הדג ונבדקה ייתכנות לזיהוי ממרחק העולה על 2 ס"מ. בשתי בבדיקות אלו נמצא ש 100% מהדגים שנבדקו זוהו משני צדי הדג, ולא זוהו כלל דגים כאשר הגלאי היה מרוחק מעל 5 ס"מ מגוף הדג. צילום רנטגן (איור 5) אשר בוצע על שני דגים בוגרים שסומנו באזור החוטם, 364 יום לאחר הסימון, מראה שהתג שהוחדר באזור החוטם, לא נדד בגוף הדג ונמצא בדיוק במקום בו הוא הוחדר, וממחיש את גודלו של התג ביחס לגודל דג בוגר.



איור 5: צילום רנטגן של שני דגים (משקל 203 ג', אורך 20.1 ס"מ, ומשקל 269 ג', אורך 21.5 ס"מ) שסומנו באזור החוטם. חץ בצבע צהוב מסמן את מיקום התג בתמונה.

חישוב אומדן עלויות סימון הדגים בארבע השיטות השונות שנבחנו במחקר זה:

החישוב מתייחס לעלות חומרי הגלם ולזמן העבודה הנדרש, על פי העלויות בפועל שנאספו מהספקים השונים וחושבו לפי שער הדולר נכון לתאריך 06/08/14. עלות לדגיג לשנה חושבה בהנחה של סימון של 500,000 דגים בשנה. עלות העבודה הצפויה - חושבה לפי שעות עבודה הכלליות הנדרשות לביצוע. לדוגמה עבודה של שלושה אנשי צוות למשך חצי שעה חושבה כשעה וחצי עבודה. עלות שעת עבודה חושבה לפי עלות מעביד של 30 ₪ לשעה.

טבלה 2: סיכום עלויות הסימון (עבור דגיג לשנה) של שיטות הסימון הנבדקות.

סה"כ (ש"ח)	עלות עבודת הזיהוי		עלות עבודת הסימון		חומרי הגלם		שיטת הסימון
	החלק היחסי מסך העלויות (%)	עלות (₪)	החלק היחסי מסך העלויות (%)	עלות (₪)	החלק היחסי מסך העלויות (%)	עלות (₪)	
2.876	8.69%	0.25	23.38%	0.673	67.92%	1.953	תג חיצוני
0.777	32.19%	0.25	67.28%	0.523	0.53%	0.004	חיתוך סנפיר
3.024	99.2%	3	0.11%	0.003	0.69%	0.021	סימון כימי (OTC)
0.624	40.04%	0.25	5.53%	0.035	54.43%	0.34	תג פנימי

עלות סימון הדגיגים (טבלה 2) בסמן כימי (OTC) נמצאה כיקרה ביותר, כאשר עיקר העלויות מתרכזות בעבודה בזיהוי הסמן. גם הסימון בעזרת תג חיצוני נמצא יקר כאשר עיקר העלויות הם בחומר הגלם. שתי שיטות הסימון שנמצאו כזולות ביותר, פחות מ-1 ש"ח לדגיג, הינם סימון ע"י חיתוך סנפיר, שם עיקר העלות מתרכזת בעבודת הסימון, וסימון בתג פנימי. בשיטת התג הפנימי העלויות מתחלקות בין חומרי הגלם לעבודות זיהוי הסמן כאשר עלות עבודת הסימון קטנה יחסית.

דיון:

במסגרת המחקר הנוכחי נבדקה ההשפעה של הסמנים על ביצועי הגדילה ויכולת הזיהוי שלהם לאורך זמן. ישנם מדדים נוספים להתייחסות בסימון בעזרת סמנים חיצוניים (תג חיצוני/חיתוך סנפיר), שלא נבדקו בעבודה זו, אשר עלולים לפגום בפעילות הדג בסביבה טבעית כגון פגיעה ביכולת השחייה במרחב, ביכולת הצייד וראית מזון, ביכולת התגוננות מטורפים ופגיעה בפעילות הרבייתית.

ביצועי הגדילה בניסוי

בשל העובדה שאמנון הגליל כמעט ולא מגודל בחקלאות, דג זה לא נחקר רבות ולא קיימים בספרות נתונים לגבי טווחי הגידול המיטביים שלו. במחקר הנוכחי נערך מעקב רציף אחר גידול אמנון הגליל במשך שנתיים בשני ניסויים נפרדים. תוצאות הגדילה הראו שבתנאי הניסויים, קצבי הגדילה המיטביים של אמנון הגליל הם בשיא הקיץ, כאשר טמפרטורת המים נעה בין 28°C ל 30°C , ובתום הפעילות הרבייתית. יש עצירת גדילה מלאה כאשר טמפרטורת המים יורדת מתחת ל 18°C . בשל החוסר בנתוני גדילה של אמנון הגליל קיים קושי להשוות את תוצאות הגדילה שהתקבלו בניסוי לנתונים קיימים. העובדה שאוכלוסיית הדגים בניסוי כללה זכרים ונקבות ביחס של 50/50 הובילה לכך שהייתה פעילות רבייתית במהלך הניסוי, ונצפו דגיגים מהטלות במכלים. פעילות זו פוגעת בקצבי הגדילה ובניצולת המזון, שכן ההורים השקיעו הרבה אנרגיה בייצור תאי מין, ובפעילות רבייתית (שמירת הביצים והדגיגים בפה) אשר מנעה מהדגים צריכת מזון מיטבית.

יתרונות וחסרונות של 4 שיטות הסימון שנבדקו במחקר זה

סמן חיצוני (מסוג T tag)

סימון דגים בעזרת סמנים חיצוניים נפוץ בשימוש וקיימים סוגים שונים של סמנים המוחדרים לגוף הדג, ונותנים לו זיהוי ייחודי (Lorenzen et al. 2010). בשנת המחקר הראשונה בדקנו את רמת שימור סמן מסוג T tag. מצאנו שניתן לזהות את הסמן באחוז גבוה מהדגים אשר סומנו בתג זה. עם זאת מצאנו שהכיתוב המודפס על גבי התג התכסה באצות ונשחק באופן משמעותי לאחר 133 יום (איור 6), נתון אשר מעמיד בספק את היכולת לזהות את הדג ברמת הפרט. הסמן מסוג T tag ניתן לשליפה בקלות יחסית מהדג ללא פגיעה



איור 6: מופע הסמן בגמר הניסוי. תג נקי מאצות עם כיתוב זהוי (עליון) ותג אשר

במופע הדג, דיג יכול לשלוף את הסמן אשר מפריע לו בעבודתו. נתון זה מהווה נקודה חשובה למחשבה ועומד בקשר ישיר לממשק העבודה עם הדייגים בכנרת. במצב בו הדייגים לא עובדים בצורה חיובית ובשיתוף פעולה עם החוקרים יש לקחת בחשבון שעלולה להיות פגיעה ביכולת הזיהוי של הסמן בשימוש באגם טבעי. עבודה עם סמן מסוג זה בכנרת מחייבת עבודת דיג עצמאית של גופי המחקר ולא ניתן להסתמך על שלל הדייגים בשוק.

סה"כ עלות הסימון ב-T tag מסתכם ב 2.88 ש"ח לדג. עלות תג בודד מסתכם בכ-2 ש"ח ומהווה 68% מסך עלויות הסימון. שיטת הסימון היא ידנית וגוזלת זמן עבודה רב. היתרון בשיטת סימון זו שניתן לזהות את הדגים ברמת הפרט. זה הוא נתון פחות משמעותי בצרכים הנקודתיים של סימון הדגים המאוכלסים בכנרת, ולכן שיטה זה פחות מתאימה לסימון מספר רב של פרטים.

חיתוך סנפיר:

גזירת סנפיר היינה אחת משיטות הסימון הבסיסיות והעתיקות ביותר לסימון דגים. שיטה זו, הייתה נפוצה לשימוש רחב באזורים רבים בעולם כולל סימון סלמונים בצפון אמריקה. גזירת סנפיר יכולה לכלול גם גזירת קוצים של הסנפיר, גזירה חלקית של הסנפיר, או אפילו חיתוך מלא של הסנפיר. עם התקדמות הטכנולוגיה ופיתוח שיטות הסימון החלופיות ישנה מגמת ירידה בשימוש בחיתוך כשיטת סימון (Nandor et al., 2010), בעיקר עקב יכולת התחדשות הסנפיר המהירה והטובה בחלק מהמינים. עלות שיטת הסימון על ידי חיתוך מסתכמת ב 0.78 ₪ לדג. מחיר חומר הגלם הינו זניח, והמרכיב המרכזי בעלויות הינו עבודת הסימון עצמה המהווה 67.3% מסך העלויות. אין דרך מכאנית לסמן מספר רב של פרטים, ונדרשת עבודה ידנית. מבחינה כלכלית סימון דגים בשיטת חיתוך נמצאה כשיטה זולה. סימון בעזרת חיתוך נמצא ככלי לא מתאים לסימון אמנון הגליל לתקופה של יותר משנה בשל קצב ואיכות רמת התחדשות הסנפיר. מומלץ להמשיך ולבדוק האם שיטות חיתוך "אלומות" יותר נותנות אחוזים טובים יותר ללא פגיעה בביצועי הגדילה באמנון הגליל.

סימון כימי באוקסיטרהציקלין (OTC)

סימון בעזרת OTC מקובל בעולם כדרך לסימון כמויות גדולות של דגיגים ללא צורך בעבודה ידנית פרטנית (Tsukamoto 1988, Taylor et al. 2005). בישראל בוצעו בעבר שתי עבודות מקדמית לסימון דגיגי אמנון הגליל בעזרת OTC. הראשונה (סונין 1998) בחנה התכונות לסימון הדגיגים ע"י הוספת החומר הפלורוסנטי דרך המזון, כמו גם חשיפת הדגיגים לחומר הפלורוסנטי ע"י הוספתו למים וטבילת הדגיגים במים בריכוז גבוה של החומר הפלורוסנטי במים. מסקנות מחקר מקדמי זה המליצו על סימון בעזרת טבילה בריכוז שבין 500-800 מ"ל חומר פעיל לליטר מים למשך 24 ש'. מחקר המשך (פרוימן 2006) חזר בחלקו על העבודה המקורית ובחן את שרידות הדגיגים בשיטות הסימון השונות אך לא הבשיל לבחון את הצלחת זיהוי הסמן בדגיגים לאחר סימוןם.

במחקר הנוכחי מצאנו שבטבילה בריכוז גבוה המומלץ לשימוש לאורך 8 ש' אין השפעה שלילית על ביצועי הגדילה והשרידות של הדגים. אבקת אוקסיגל המכילה 50% חומר פעיל של OTC ומאושרת לשימוש ע"י משרד הבריאות בתעשיית הדגים נבדקה והראתה זריחה פלורוסנטית במכשיר ספקטרופלורומטר. בתנאי הניסוי הנוכחי לא הצלחנו להגיע לזיהוי הסמן הפלורוסנטי בהתבוננות באוטוליטים דרך מיקרוסקופ פלורוסנטי. השיטה נמצאה כשיטה מורכבת מאוד עם טווח טעויות רחב ובעייתי. שימוש בספקטרופלורומטר כחלופה לזיהוי הסמן הפלורוסנטי באוטוליט או בכל איבר גרמי אחר בדג כדוגמת קוץ בסנפיר נמצא כלא מתאים בתנאי הניסוי הנוכחי. הסבר אפשרי לכך הוא הרמה הנמוכה של החומר הפלורוסנטי בדוגמה שלא ניתן לקריאה ע"י המכשיר.

עלות הסימון ב-OTC מסתכמת ב 3.02 ₪ לדג. חומר הגלם ועבודת הסימון ביחד מהווים פחות מאחוז אחד מסך העלויות, כאשר עבודת זיהוי הסמן מסתכמת ב 99.2% מסך העלויות. נדרשת עבודה ידנית רבה, עם ציוד ייעודי יקר לזיהוי הסמן. סימון בעזרת OTC נמצא כשיטת עבודה מורכבת, עם טווח גדול של טעויות אפשריות. נדרשת התמחות באופן מקצועי ביישום הפרוטוקול במעבדה שעובדת באופן שוטף בצורה זו. היתרון בשיטה זו הוא שניתן בקלות לסמן את כלל הדגיגים המאוכלסים, בעלויות זניחות, ועיקר העבודה והעלויות הם בזיהוי הסמן. היתרון בהשקעת העבודה בשלב הזיהוי הוא שניתן לעבוד עם דגים מתים ואין לחץ של זמן, אך בסיכומו של דבר סך עלות הסימון בשיטה זה יקרה מאוד.

CWT

סימון בעזרת CWT החל בשנות ה 60 של המאה הקודמת והשימוש בו במגמת עליה עם השנים, כאשר רק בצפון אמריקה, מסומנים מידי שנה כ 50,000,000 דגיגים, בעיקר פורל (*Oncorhynchus mykiss*) וסלמון (*Oncorhynchus tshawytscha*), ב 47 מחוזות שונים (Nandor et al., 2010). כיום שיטה זה היא הנפוצה ביותר לסימון דגים המשוחררים לטבע (Nandor et al., 2010), והיא נמצאת בשימוש במגוון רחב של מיני

דגים, כגון: באס (Buckmeier, 2001), סלמונים (Nandor et al., 2010), פורלים (Nandor et al., 2010), בורים (Leber et al., 1995), צלופחים (Simon & Domer, 2011), אמנונים (Klar & Parker, 1986). אזור הסימון המועדף בדגים, הינו האזור עם הסיכוי הנמוך ביותר להיאכל ע"י האדם. עם זאת יש לבצע בדיקה פרטנית לכל מין דג באשר למידת ההתאמה של האזור לסימון.

בניסוי 2 של המחקר הנוכחי סומנו דגים במשקל ממוצע של 80 ג' באופן ידני באזור החוטם. נמצא שמספר הפרטים שהכילו את הסמן לאחר 30 ימי גידול היה נמוך. לאחר הרחבת הניסיון בעבודה של הזרקת התג בצורה ידנית, כמו גם למידה מדויקת יותר של מבנה הדג והגדרת אזורי החדרת התג, סומנו מחדש דגיגים במשקל 15 ג'. בניסוי 3 נמצא ש 100% מהדגים שסומנו בארבעה אזורי סימון שונים הכילו את התג הפנימי בתום הניסוי, 444 ימים מיום הסימון. לא נמצא פגיעה בביצועי הגדילה בסימון בעזרת CWT לעומת קבוצת הביקורת שלא סומנה בניסוי הראשון. מתוצאות עבודה זאת ניתן ללמוד שניתן לסמן את דגיגי אמנון הגליל בארבע אזורים שונים שנבדקו, ללא פגיעה בביצועי הגדילה וללא ירידה באחוז גילוי הסמן. סה"כ עלות הסימון מסתכמת ב 0.62 ₪ לדג, כלומר זו השיטה הזולה ביותר מבין כל השיטות הנבדקות. חומר הגלם זול יחסית (0.34 ₪), עלות הסימון בעזרת מכונה אוטומטית נמוך מאוד (0.035 ₪), ועבודת הזיהוי שמרכיבה 40% מסך העלויות גם לא יקרה (0.25 ₪).

תוצאות המחקר הנוכחי מלמדות אותנו שבסבירות גבוהה, הן מההיבט הביולוגי, והן מההיבט הכלכלי, ניתן לבחור בשיטת סימון מסוג CWT כשיטה המומלצת לסימון דגיגי אמנון הגליל לאגם הכנרת. קיימת כיום מכונה אוטומטית לסימון דגיגים בשיטת זו עם יכולת סימון של 1,000 דגיגים בשעה. דרושה בדיקת התכנות לסימון במכונה של מספר פרטים רב של אמנון הגליל, בתנאי הגידול בישראל בעונת האכלוס. כדי ליישם את השיטה יש להסדיר את הנושא מול הרשויות (שירותים וטרינריים/משרד הבריאות), להכין תכנית עבודה לביצוע האיכלוס וניטור דגים מסומנים באגם, להצטייד במיכשור הנדרש, להתאימו לתנאי העבודה עם אמנון הגליל, לתכנן פרוטוקול עבודה לסימון הדגים לקראת אכלוס ודיגום הדגים באגם לאחר האכלוס, ולצאת לדריך.

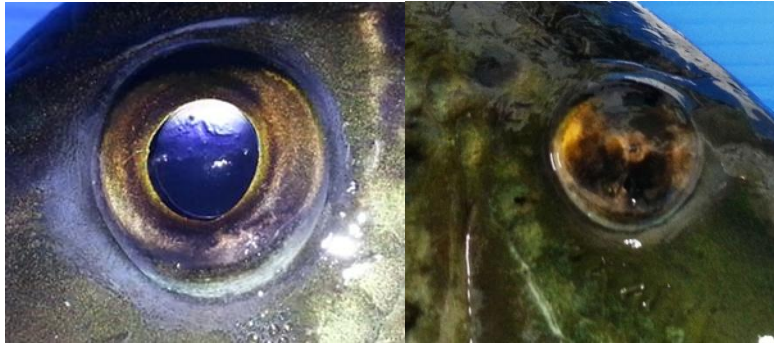
ספרות:

- Buckmeier, D. 2001. Coded wire tag insertion sites for small fingerling black bass. *North American Journal of Fisheries Management* 21(3):696-698.
- El-Sayed, A. 2006. *Tilapia Culture*. CABI Publishers, Wallingford, UK, 277.
- Fielder, D.G. 2002. Methodology for immersion marking Walleye Fry and fingerlings in oxytetracycline hydrochloride and its detection with fluorescence microscopy. State of Michigan, Fisheries Div., technical report. No. 2002-1.
- Klar, G. Parker, N. 1986. Marking fingerling striped bass and blue tilapia with coded wire tags and microtaggants. *North American Journal of Fisheries Management* (6):439-444.
- Leber, K. Brennan, M. Arce, S. 1995. Marine enhancement with striped mullet: Are hatchery releases replenishing or displacing wild stocks. *American Fisheries Society Symposium* 15:376-387.
- Lorenzen, K. Blankenship, H. L. Leber, K. 2010. A responsible approach to marine stock enhancement, an update. *Fisheries Science*, 18(2):189-210.
- Nandor, G. Longwill, J. Webb, D. 2010. Overview of the coded wire tag program in the Greater Pacific region of North America. *Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership Special Publication* 2: 5, 23-24.
- Simon, J. Dorner, H. 2011. Growth, mortality and tag retention of small *Anguilla anguilla* marked with visible implant elastomer tags and coded wire tags under laboratory conditions. *Journal of Applied Ichthyology* 27(1):94-99.
- Taylor, M. D. Fielder, D. S. Suthers, I. M. 2005. Batch marking of otoliths and fin spines to assess the stock enhancement of *Argyrosomus japonicus*. *Journal of Fish Biology* 66: 1149-1162.
- Tsukamoto, K. 1988. Otolith tagging of Ayu embryo with fluorescent substances. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish* 54: 1289-1295
- Wohlfarth, G. Hulata, G. 1983. Applied genetics of tilapias. *Iclarm studies and Reviews*. 6: 1-26.

פרק 2: "תופעת העיוורון" בדגי הכנרת

רמה פלק¹, מרגריטה סמירנוב¹, דוד קמינגס², נדב דוידוביץ¹ ותמיר אופק¹
¹המעבדה המרכזית לבריאות דגים ניר-דוד, אגף הדיג וחקלאות המים, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
²המעבדה לחקר הכנרת, חי"א"ל

החל מקיץ 2011 דיווחו דיגי הכנרת על תופעת ה"עיוורון" בדגי אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*), שהולכת ומתפשטת. למעבדה לבריאות דגים בניר-דוד הובאו לבדיקה פרטים של אמנון גליל, לחלקם עין אחת שנראתה פגועה. מופע העין הפגועה היה לא אחיד, אולם ברב הפרטים נצפתה עין עכורה, מעט שקועה (תמונה 1). בבדיקות של עיניים פגועות נמצאו גראנולומות רבות בכל רקמת העין. כאשר נבדקו עיניים פגועות אלה בהיסטולוגיה נמצאו טפילים מקבוצת ה- Myxozoa ומקבוצת ה-Trematoda (Digenea).



תמונה 1: עיניים של פרט אמנון גליל בוגר (חוף צינברי, 08.04.2013). משמאל – עין ללא ממצא פתולוגי. מימין – עין "פגועה" בסופו של התהליך הדלקתי.

מחקרים רבים בעולם מוצאים קשר בין יציבות המערכת האקולוגית לבין שינויים בהרכב אוכלוסיית טפילים במקורות מים טבעיים- ימים, אגמים ונהרות (Paperna 1997). הטפילים שמהווים סמנים רגישים ביותר ליציבות המערכת האקולוגית הם אלו התלויים במספר מאכסנים לצורך קיומם, שכן קיומם מצריך הימצאותם של מגוון מאכסני-ביניים המייצגים נישות אקולוגיות שונות (Djikowski 2003). ההתערבות המואצת של האדם בכנרת ושינויים דרמטיים במפלס המים השפיעו על המערכת האקולוגית באוכלוסיות ברמות הטרופיות השונות (Gazith 2000, Zohary & Ostrovsky 2011). סקר נרחב שכלל את כל קבוצות הטפילים בארץ נערך בין השנים 1958 ל-1963 ע"י פרופ' אילן פפרנה (Paperna 1964). בסקר זה נכללו דגים מאתרים שונים בכנרת. סקר הטפילים האחרון בכנרת נערך בין השנים 2002-1999, ובו התמקדו החוקרים בטפילים מקבוצת ה-trematodes, להם מחזור חיים מורכב, הכולל לרב שלב בוגר המצוי בעופות, שלב של צרקריה שעובר בעזרת פונדקאי שהינו רכיכה, ושלב של מטצרקריה, שעובר דרך הדג (Djikowski 2003). מאז לא נלמדו השינויים באוכלוסיית הטפילים בדגי הכנרת.

לאור האמור עולה כי יש חשיבות רבה לבירור היקף הפגיעה בעיניים בדגי הכנרת תוך כדי סקירה מקפת לטפילים ומתוך התייחסות לשינויים האקולוגיים שחלו באגם. לאור החשש שהועלה לגבי המצאות גורם מחלה שקשור לירידה בשלל ולתופעת ה"עיוורון", והיות שמשנת 2002 לא נבדקו דגים מהאגם לטפילים, נאספו דגי אמנון לסריקה מיקרוסקופית, לבדיקות היסטופאתולוגיות, ולמעקב בתנאי מעבדה. מתוך ממצאי מחקר זה עולה כי אכן חלו שינויים משמעותיים באוכלוסיית הטפילים בדגי האגם. כך נמצא שמספר מינים שנעלמו מהאגם החל מסוף שנות ה-90, חזרו בשכיחות גבוהה מאוד וברמות נגיעות גבוהות.

מטרות המחקר

1. קביעת היקף תופעת הפגיעה בעיניים בדגי הכנרת
2. בחינה של הנזק לו גורמים הטפילים לעיניים
3. הגדרת חלקם של הטפילים כגורמי המחלה וכחלק מהמערכת האקולוגית של הכנרת

שיטות: איסוף דגים והכנה והתרשמות חיצונית, מעקב אחר דגיגים במעבדה, סריקה מיקרוסקופית לטפילים, היסטולוגיה ואבחון מולקולרי של טפילים- תוארו בדוחות הקודמים.

תוצאות

תדירות הופעת תופעת העיוורון:

לאורך כל תקופת המחקר נבדקו כ-30,000 אמנונים מהאגם, לרובם (> 95%) מצב גופני תקין (2.0). מתוכם נמצאה תופעת העיוורון רק בדגים בוגרים (וכלל לא בדגיגים), בשיעור שנע בין 0.5 ל- 1 אחוזים בשנים 2012 ו-2013. ב-2014 נצפו כ-10,000 דגים: 4,000 בוגרים והשאר דגיגים. מתוכם לא נמצא אפילו דג אחד עם תופעת העיוורון. חלק מהדגים (2,000 סה"כ) נשמרו במכלים במעבדה בניר-דוד לתצפית. לא ניכרו תמותות לאורך זמן, וכמו כן לא התפתחו תופעות של עיוורון בדגים שנשמרו במעבדה. בנוסף לדגימות אמנונים מהכנרת נערכו תצפיות אחר דגי אמנון בתחנה למדגה אינטנסיבי בגינוסר בה מגדלים את הדגים במים שמקורם באגם. גם כאן לא נצפו תמותות חריגות במהלך שלוש שנות המחקר.

סריקה מיקרוסקופית לטפילים מקבוצת ה-Trematoda (Digenea)

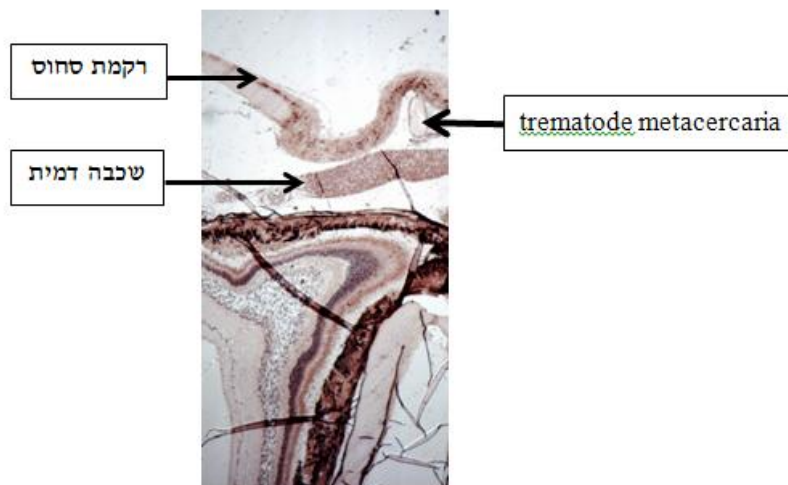
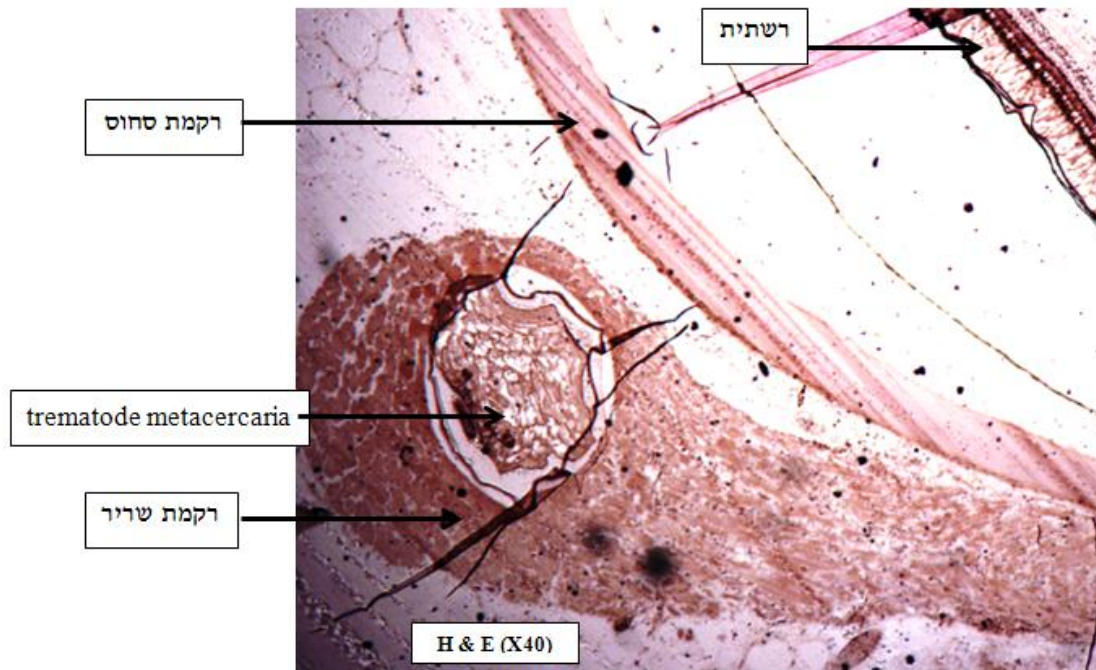
בסריקה מיקרוסקופית נבדקו 550 דגים. מגוון הטפילים שנמצאו השנה היה דומה לשנים שעברו. בטבלה 1, מוצגים שיעורי הנגיעות בטפילים שזוהו לרמת הסוג מקבוצת ה- trematode-metacercaria - בהשוואה לממצאי מחקרים קודמים בכנרת. במהלך הסריקות נמצאו גם שני טפילים שונים שלא זוהו ששכיחותם לא מוצגת בטבלה שכן אין דרך לדעת האם הם זהים לאלה שנמצאו במחקרים קודמים.

טבלה 1: שיעורי הנגיעות (%) בטפילים מקבוצת ה-trematode-metacercaria במחקר הנוכחי בהשוואה למחקרים קודמים (Djikowski 2003).

Metacercariae sp.	1982-1984	1999-2001	2012-2014
<i>Centrocestus</i> sp.	16.0	67.3	38
<i>Bolbophorus levantinus</i>	48.6	0	20
<i>Neascus</i> sp.	54.6	0	42
<i>Clinostomum</i> sp.	7	0	6
<i>Euclinostomum</i> sp.	3.8	0	14
<i>Ascocotyle</i> sp.	--	--	0.3
<i>Sanguinicola</i> sp.	--	--	9.2
<i>Transversotrema</i> sp.	--	--	0.2

היסטופתולוגיה של עיניים

במהלך השנה האחרונה נבדקו עיניים של דגים להם עיניים תקינות, בהן נמצאו בסריקה מיקרוסקופית טפילים מקבוצת ה-trematode-metacercaria. בחתכים היסטולוגיים בעיניים של דגיג אמנון בהן נמצאו בסריקה מיקרוסקופית טפילים מקבוצה זו, נמצא כי הטפילים מצויים ברקמת הסחוס וברקמת השריר שעוטפת את העין, ולא בתוך העין עצמה, כפי שניתן לראות באיור 2 למעלה. באיור 2 למטה נראה חתך בעין בה טפיל מקבוצת ה-trematode-metacercaria נמצא בין רקמת הסחוס לשכבה הדמית.



איור 2 למעלה: חתך בעין של דגיג: טפיל מקבוצת ה-trematode-metacercaria נמצא בין רקמת הסחוס לבין השכבה הדמית. למטה: חתך באזור העין של דגיג אמנון: נראה טפיל מקבוצת ה-trematode-metacercaria.

תדירות תופעת העיוורון: תוצאות מחקר זה מעידות על כך שתופעת העיוורון נדירה, לא נמצאה כלל בדגיגים, ושהיא נעשתה נדירה עוד יותר ב-2014. במהלך השנים האחרונות לא ניכרות תופעות של תמותות אמנונים באגם, וכל האמנונים שנבדקו נמצאו במצב גופני תקין, כולל דגים בהם ניכרת תופעת העיוורון. תצפיות על אמנונים בתחנת אגף הדיג בגינוסר, שגדלים במי האגם, תומכות אף הן בכך שלא נשקפת לאמנונים שגדלים במי הכנרת סכנה בריאותית בשנים האחרונות.

הנגיעות בטפילים – מגוון המינים: קבוצת ה- trematode-metacercaria תואמת לקריטריון של טפילים התלויים במספר רב יחסית של מאכסנים לצורך קיומם ומהווים מדד ליציבות של מערכות אקולוגיות מימיות. מתוך ממצאי המחקר עולה כי אכן חלו שינויים משמעותיים באוכלוסיית הטפילים השייכים לקבוצה זו בדגי האגם. כך נמצא שמספר מינים, שלא נמצאו באגם החל מסוף שנות ה-90, כגון *Neascus sp.*, *Bolbophorus*, *Euclinostomum sp.*, *levantinus*, *Clinostomum sp.*, נמצאו במהלך המחקר הנוכחי בשכיחות גבוהה מאוד וברמות נגיעות גבוהות. בעבר הועלתה ההשערה שטפילים אלו נעלמו מהאגם לאור היעלמותו של החילזון *Bulinus truncates*, מאכסן הביניים שלהם. מעניין יהיה לגלות מה השינויים שהביאו לשובם של הטפילים הללו ובשיעורים כה ניכרים באגם בשנים האחרונות. לעומת זאת מינים אחרים לא זוהו כלל. הטפיל *Transversotrema sp.*, שלא היה מוכר בכלל בישראל עד לשנת 2005, נמצא עד כה באזור עמק בית-שאן, נמצא במהלך מחקר זה לראשונה בכנרת, ולא ידוע מי החילזון המשמש לו כפונדקאי ביניים באגם. טפיל משמעותי מקבוצת ה-trematode-metacercaria, שנמצא בכ-25% מהדגיגים, הוא *Clinostomum sp.* בכנרת תוארו עד כה שלושה מינים מסוג זה: *C. cutaneum*, *C. complanatum*, ו- *C. tilapiae*. טפילים שנאספו במהלך המחקר הוגדרו לראשונה בכנרת כמין נוסף: *Clinostomum phalacrocoracis* במעבדתה של פרופ' מ. פירובנטי (Department of Veterinary Medical Sciences, Alma Mater Studiorum University of Bologna באיטליה). טפיל נוסף שנמצא בכ-25% מהדגים שנבדקו הוא הטפיל *Bolbophorus sp.* מעגל החיים שלו בישראל ידוע: המאכסן הסופי של טפיל זה הן אנפות, הצרפריות מתפתחות בחילזון *Bulinus truncates* והמטצרקריה מתפתחת באמנוניים (Djikowski et al, 2003). בכדי לזהות טפיל זה לרמת המין, פותחו פריימרים ספציפיים המבוססים על האזור הפולימורפי של ה-rDNA SSU. בדגים הבוגרים נמצא שיעור נגיעות של 10% של הטפיל *Sanguinicola* בלב וברמת נגיעות גבוהה. ידוע כי טפיל זה גורם לתמותות של אמנונים, כפי שדווח בעבר (Paperna, 1996). שיעור ההמצאות של טפיל זה דומה למדווח לגבי שכיחותו בכנרת בעבר (Paperna 1964). בקבוצות אחרות של טפילים, כגון ריסניות, תולעים שטוחות מקבוצת ה-monogenea, תולעים מקבוצת ה-nematoda, וטפילים מקבוצת ה-myxozoa, לא נערכו הגדרות לרמת הסוג ולרמת המין, גם בשל היעדר מחקר קודם הנוגע למגוון המינים מקבוצות אלה באגם לצרכי השוואה.

הנגיעות בטפילים – שיעורי הנגיעות: נמצאו שיעורי נגיעות גבוהים בטפילים מקבוצת ה-trematode-metacercaria בדגיגים (91.4%). שיעור זה היה גבוה משמעותית מהנגיעות שנמצאה בקרב הדגים הבוגרים (48%). שיעורי הנגיעות הגבוהים הללו מתאימים לסביבה בה חיים הדגיגים - במים רדודים ובקרבה לחלזונות המהווים פונדקאי-ביניים, ובהתאמה לידוע מהספרות (Paperna 1996). בדגיגים הייתה נגיעות במספר איברים, לעיתים באותו טפיל או בטפילים שונים, ובנגיעות גבוהה. בחלק מהמדגמים בהם נמצאה נגיעות גבוהה בטפילים אלו ניכרה תמותה משמעותית באקווריונים במעבדה. שיעור הנגיעות של טפילים מקבוצת ה-trematode-metacercaria בעיניים (42%) ובמח (13%) היה גבוה בדגיגים. לאור הידוע מהספרות לגבי הקשר בין נגיעות בטפילים, בעיקר מקבוצת ה-trematoda בעיניים לבין היווצרות מעטה שמקיף את העין (Paperna 1996, Nordic Council of Ministers, 2009), עלתה ההשערה כי בדגיגים בהם נגיעות טפילים גבוהה בעיניים, תתפתח תופעת "העיוורון". במעקב אחר 1,000 דגיגים, בהם גם דגיגים שנמצאו כנוגעים

ברקמת העין בסריקה מיקרוסקופית, לא התפתחה תופעת העיוורון בתנאי המעבדה. הסבר לכך ניתן בדיון בתוצאות ההיסטולוגיה.

היסטולוגיה של עיניים: בבדיקות ההיסטולוגיות נמצאו סימנים לתחילת התהליך, אז הוא בלתי נראה כלפי חוץ ללא מיקרוסקופ. בשלבים ראשונים אלה חודרים טפילים מקבוצת ה-myxozoa או מקבוצת ה-trematode-metacercaria אל השכבה הדמית (Choroid), העצבים ואל הגוף הזגוגי (vitreous body) שבעין, מתחילה תגובה דלקתית, ונוצרות גראנולומות סביב הטפילים. סופו של התהליך בגראנולומות משמעותיות באזורים אלה של העין, בתוכן נמצאים שיירי הטפילים, ובהצטברות פיגמנט כהה (מלאנין). סוף התהליך ניכר לעין גם ללא מיקרוסקופ ("תופעת העיוורון"). בבדיקות ההיסטולוגיה נוספות נמצא כי בחלק מהמקרים בהם ניכרים טפילים בעיניים של דגיגים בסריקה מיקרוסקופית, הטפילים נמצאים למעשה ברקמות שמקיפות את העין- בסחוס ו/או בשריר. חלק מהטפילים התמקמו באזור בצמוד לשכבה הדמית, וחלקם נכנסו אל תוך השכבה הדמית. ממצאים אלו יכולים לספק הסבר לכך שלא התקבלה תופעת העיוורון בדגיגים שנשמרו בתנאי המעבדה, שכן ככל הנראה שהמדגם שנשמר במעבדה לא כלל דגיגים בהם הטפיל חדר והגיע אל השכבה הדמית או אל השכבה העצבית שבעין עצמה, אלא נותר בחלקים שמקיפים את העין. ניתן לשער כי רק בחלק קטן מהדגים חודרים הטפילים אל תוך רקמת העין פנימה, ורק אז מתקבל המופע של העין הפגועה כפי שנראה בתמונה 1א' בדג הבוגר.

מסקנות והמלצות תפעוליות

היות שמגוון מיני הטפילים בדגים, ובעיקר טפילים להם מחזור חיים מורכב הכולל פונדקאים שונים, מהווה מדד מקובל בכל העולם למידת יציבות המערכת האקולוגית, והיות שבמחקר נמצא כי חל שינוי במגוון המינים של טפילים מקבוצת ה-trematode metacercaria בהשוואה לשנים קודמות, מומלץ להמשיך ולעקוב אחר מגוון הטפילים בדגי האגם. אנו ממליצים לערוך מספר מדגמים מהליטוראל מחופים שונים בעונות שונות בכל שנה כמקובל במקומות אחרים בעולם.

ההכרה בחשיבות הרבה של הבנה מקיפה יותר של השפעות שינויי אקלים, הופעה של מחלות חדשות וירידה במגוון הביולוגי על המערכת האקולוגית כמכלול הביאה לכך שבמדינות מפותחות רבות תוגברה ההשקעה בתחום מחקר טפילים של דגים (Scholz and Choudhury, 2014). בנוסף לכך התבהר כי יש בהזנחה של תחום זה משום איבוד של תחום ידע שישפיע על המחקר הביולוגי בכללו (בתחום האקולוגיה, ביולוגיה מולקולרית אבולוציה ועוד) וכי יכולות להיות לכך השלכות גם לגבי בריאות הציבור. מכאן עולה כי חשוב להשקיע ולחזק את תחום ההתמחות והמחקר של טפילי דגים בישראל כמו במדינות מפותחות אחרות.

Caffara et al., 2014, Redescription of *Clinostomum phalacrocoracis* metacercariae (Digenea: Clinostomidae) in cichlids from Lake Kinneret, Israel. Parasite 21:32.

Djikowki et al. 2003, Genetic and morphologic differentiation of *Bolbophorus confusus* and *B. levantinus* (Digenea: Diplostomatidae), based on rDNA SSU polymorphism and SEM. Dis Aquat Organ. 57(3):231-5.

Gasith, A., Gafny, S. And Goren, M. 2000, Response of fish assemblage of rocky habitats to lake level fluctuations: possible effect of varying habitat choice. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 55, pp. 217-331.

Heller et al., 2014, Invasion dynamics of the snail *Pseudoplotia scabra* in Lake Kinneret. Biol. Inv. 16:7-12.

Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2009. Looking fish in the eye - cataract as a problem in fish farming.

Paperna I., 1964, The Metazoan Parasite Fauna of Israel Inland Water Fishes. Bamidgheh 16:1-66.

Paperna I., 1996. Parasites, infections and diseases of fishes in Africa—an update. Central Institute of Freshwater Aquaculture, Technical Paper 31, Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome.

Scholz T., A. Choudhury 2014. Parasites of freshwater fishes in North America. J. Parasitol. 100:26-45.

פרק 3: לא מומן, לא בוצע

פרק 4: תזונת דגים

גדעון גל (המעבדה לחקר הכנרת, חי"א"ל) וג'ימי שפירו (אגף הדיג)

מחקרי העבר, שבוצעו לפני השינויים האקולוגיים בכנרת, הראו שאמנון הגליל ניזון בעיקר מאצת הפרידיניום. עקב העלמות הפרידיניום התעורר חשש להיווצרות מחסור במזון לאוכלוסיית אמנון הגליל. למעט עבודות שנעשו טרום השינויים באגם, ועבודות בודדות שהתמקדו בתזונת הלבנון, לא פורסמו לאחרונה עבודות הבודקות את מקורות המזון של הדגים המסחריים החשובים כגון אמנון הגליל. מחקר זה בא לתת מענה לפער ידע זה. במחקר קודם במימון רשות המים, נבדקו הקשרים הטרופיים במארג המזון של הכנרת באמצעות איזוטופים יציבים. נמצא שבהעדר פרידיניום אמנון הגליל ניזון ממקורות מזון אחרים, כולל אצות, דטריטוס וזואופלנקטון, אך לא ניתן היה לקבוע מה חלקו של הזואופלנקטון. נמצא גם דמיון בין ההרכב האיזוטופי של אמנון הגליל ושל כסיף, מה שהצביע על אפשרות שבהעדר פרידיניום מתעוררת תחרות בין כסיף לאמנון על מקורות מזון. בניגוד לשימוש באיזוטופים, שיטת ניתוח תכני הקיבה נותנת תמונה של החומר שנבלע עד כדי זיהוי המין בתנאים מסוימים. אך השיטה דורשת עבודה רבה והפרטים שנאכלו אינם תמיד ניתנים לזיהוי.

מטרת המחקר הנוכחי הייתה בחינת השפעת השינויים שחלו בכנרת על תזונת הדגים המסחריים באגם, תוך בדיקת תמורות בהרכב המזון והתחרות בין המינים השונים על מקורות המזון ובעקבות כך ההשפעה האפשרית על מארג המזון. נבחנו תוכני קיבה ומעי של מספר רב של מיני דגים, תוך שימת דגש על אמנון הגליל וכסיף על מנת לנסות לאמוד את הפוטנציאל לתחרות ביניהם.

שיטות

דגים נדגמו משלל הדיג המסחרי של ספינת הדיג של עין גב. לפיכך מיקום הדיגום ושעות הדיגום היו תלויים באתרי הדיג ושעות הפעילות של מפעילי הספינה. אתרי הדיגום כללו את האזור דרומית לשפך הירדן, בית-צידה, גופרה, רמות, קורסי, עין-גב, ואזור מרכז האגם שבין צינברי להאון (טבלה 1). הדיג נעשה ברשת הקפה, בה הדגים אינם לכודים ברשת במים למשך פרק זמן ארוך אלא נלכדים ומועלים ישירות לספינה. הדגים נלקחו מתוך הרשת עם הוצאת הרשת מהמים. הדגים שנאספו זוהו לרמת המין, משקלם (לדיוק של ± 10 ג') ואורכם (± 1 ס"מ) תועדו, והם קובעו בצנצנות עם פורמלין (8%) עד להמשך טיפול במעבדה. הטיפול במעבדה כלל:

- א. ניתוח הדג להוצאת המעי בשלמותו
- ב. מדידת אורך המעי (כל המינים)
- ג. שקילת תוכן קיבה (למינים עם קיבות)
- ד. בדיקה ראשונית של תוכן הקיבה במיקרוסקופ
- ה. במינים ללא קיבות- מתוך ה-12 ס"מ הקדמיים של המעי תוכן המעי נשקל ושומר. שקילת התוכן של יתרת המעי נעשה לצורך אומדן משך הזמן שעבר בין זמני האכילה שלהם לדיגום.

שימור הקיבות והמעי נעשה ב-90% אלכוהול ובמקרים שבהם נערכו בדיקות ראשוניות של תוכני קיבה הרי שהתכנים נשמרו בפורמלין. ספירת הפרטים בתכני הקיבות או המעיים נעשתה במיקרוסקופ תוך שימוש בתוכנת פלנקטומטריקס המשמשת לניטור הזואופלנקטון והאצות באגם. בעזרת התוכנה, שדה הראיה של המיקרוסקופ מוקרן על מסך המחשב המאפשר למשתמש לזהות את הפרטים השונים ולספור אותם. בתום הספירה, התוצאות ניתנות לייצוא לקובץ אקסל. זיהוי הפרטים במעי או בקיבות נעשה ברזולוציה של מין או קבוצה טקסונומית גבוהה יותר, עפ"י יכולת הזיהוי. על בסיס הספירות חושבה שכיחות ההופעה של מין או קבוצה טקסונומית מסוימת בדגי אמנון הגליל ובדגי הכסיף.

טבלה 1: פירוט תאריכי הדיגום כולל המיקום, שעה, עומק ומינים שנדגמו.

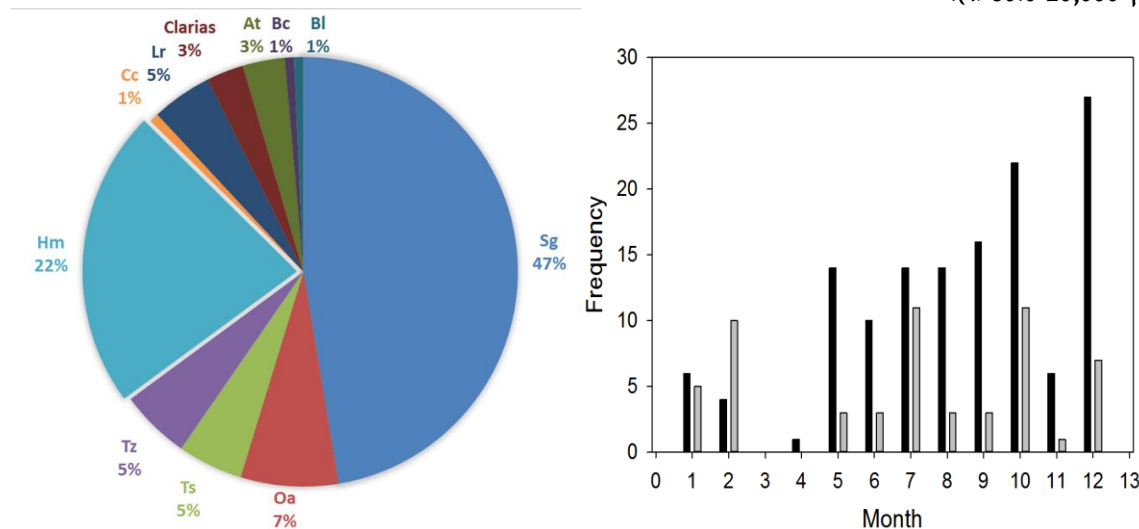
מס' דגים	מינים שנדגמו*	עומק (מ')	אתר דיגום	שעה	תאריך
1	Clarias	15	קורסי	12:00	12.10.2010
8	Sg, Hm, Clarias	12.5-13.5	רמות	13:30	
1	Sg	15	דרומית לירדן	10:00	11.11.2010
4	Hm, Sg	10	בית-צידה	9:30-12:30	1.12.2010
9	Sg, Oa, Ts, Tz	13-14	דרומית לירדן	12:00	25.7.2012
5	Hm, Oa, Sg, Ts, Tz	14	דרומית לירדן	14:00	7.8.2012
1	Sg	15	ברניקי	11:45	16.8.2012
8	Oa, Sg, Ts, Tz	17	צינברי-האון	13:00	
4	Sg	14.5-17.5	קורסי	14:45	27.8.2012
6	Cc, Lr, Sg, Clarias	11.5-15.5	בית-צידה	10:30	12.9.2012
5	Sg, Tz	18	רמות	11:15	
5	Sg, Oa, Tz	17-21	עין גב	15:30	
6	Hm, Sg	14-19	קורסי	9:30	10.10.2012
6	Oa, Sg, Tz	11.5-16.5	רמות	13:00	
7	Sg, Hm, Clarias	12.5-18.5	צינברי-האון	15:00	
7	Sg, Hm, Clarias	15-20	קורסי	13:05	17.11.2012
5	Sg, Hm	11.6	דרומית לירדן	11:30	14.1.2013
			קורסי		
2		21		10:45	
4	Hm	21-24	דרומית לירדן	13:30	26.2.2013
1	Sg	1.5	בריכות דגים- ליטוראל	08:00	20.4.2013
2	Hm	17	צינברי-האון	13:00	20.5.2013
11	Sg, Hm, Cat, Oa, Ts	21	גופרה	09:00	13.6.2013
1	Sg	22	גופרה	09:00	14.6.2013
14	Sg, Hm	13-18.5	רמות	10:30-13:00	4.7.2013
11	Sg, Hm, Lr	16-23	דרומית לירדן	11:30-13:30	24.7.2013
10	Sg, Hm, Cc	16-18.5	דרומית לירדן	10:30-12:15	26.8.2013
11	Sg, Hm, Tz	16-24	עין-גב, רמות	10:45-12:20	16.9.2013
15	Sg, Hm, Bc, Bl, Mc	14.5-15	דרומית לירדן, האון	11:30-14:30	9.10.2013
11	Sg, Hm, Oa, Ts	17	רמות	11:40	30.10.2013
11	Sg, Hm, Mc	13.5-17	דרומית לירדן, עין-גב	11:15-14:10	17.12.2013
15	At, Sg, Oa	0-14	טבריה	13:00	21.1.2014
14	Lr, At, Hm, Bc, Oa, Sg	19	עין גב	11:30	11.2.2014
1	Sg	6	טבחה	11:30	7.5.2014
14	Sg, Lr, Hm, Oa, Ts, Tz	13-21	עין גב	9:30	14.5.2014
			האון	10:30	
			מרכז הכנרת	12:15	

10	Lr, Sg, Ts, Clarias, Oa	6	טבחה	20:00	27.5.2014
7	Clarias, Sg, Oa, Tz	6	טבחה	05:00-09:00	28.5.2014
11	Sg, Hm	20, 8	קורסי	09:00	17.6.2014
			מסעודיה		
10	Sg	10.5, 8	מסעודיה	15:30	16.12.2014
			זאכי		

*מקרא: Sg- אמנון הגליל, Cc- קרפיון, Hm- כסיף, Ts- טברנון, Tz- אמנון מצוי, Oa- אמנון הירדן, Clarias - שפמנון, Bc- בינית ארוכת ראש, Bt- בינית גדולת קשקשים, Mc- קיפון בורית, Lr- קיפון טובור, At- לבנון

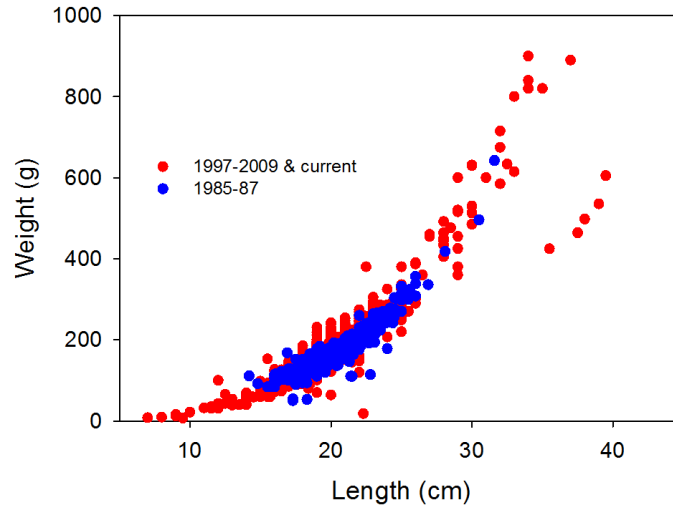
תוצאות ודיון

בסך הכל נדגמו ונבדקו במהלך הפרויקט 274 דגים מתוכם דגי אמנון הגליל היוו 47% וכסיף -22% (איור 1). רוב הדגים שנדגמו, נאספו בין מאי לדצמבר, בתלות בזמינות ימי דיג עם הספינה המסחרית של עין-גב ובולט היעדר דגימות בחודשים מרץ-אפריל (איור 2). האורך הממוצע (\pm סטטיית תקן) של דגי אמנון הגליל היה 20.1 ± 4.0 ס"מ (טווח 2.0-29.0 ס"מ) והמשקל הממוצע היה 174.3 ± 76.9 ג' (טווח בין 7.0-380.0 ג'). האורך הממוצע של דגי הכסיף שנדגמו היה 57.3 ± 24.3 ס"מ (טווח בין 18.5-112.0 ס"מ) והמשקל הממוצע היה 3401.5 ± 3933.0 ג' (טווח בין 20,000-60.0 ג').



איור 1 (משמאל). התפלגות מיני הדגים שנדגמו במהלך הפרויקט. ראה מקרא של טבלה 1 לצורך זיהוי שמות המינים. איור 2 (מימין). התפלגות עפ"י חודשים של דגי אמנון הגליל (עמודות שחורות) והכסיף (עמודות אפורות) שנדגמו במהלך הפרויקט.

השוואה בין עקומות המשקל-אורך של אמנון הגליל, של דגים שנדגמו במהלך הפרויקט ובין השנים 1997-2009 (אחרי השינויים האקולוגיים באגם) ע"י ג'מי שפירו, אגף הדיג, לבין אלו שנדגמו בין השנים 1985-1987 (לפני השינויים האקולוגיים באגם) מעידה על דמיון רב ביחס אורך-משקל בתקופות השונות (איור 3). משמעות הדבר שמצב הגוף של הדגים לא השתנה לרעה, למרות שהמזון העיקרי של אמנון הגליל, אצת הפרידיניום, היה חסר באגם רוב השנים מאז 1997. חוסר השינוי ביחסי אורך-משקל ובמצב הגוף מעיד יותר מכל על היכולת של אמנוני הגליל להפיק את הנדרש ממקורות מזון שאינם פרידיניום.

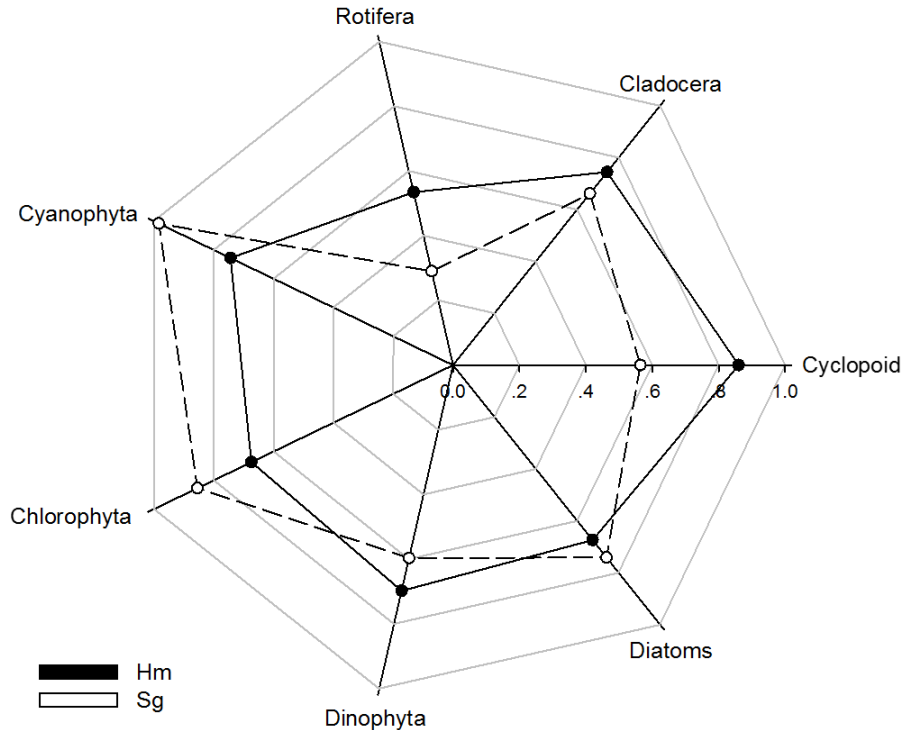


איור 3. עקומות אורך-משקל של דגי אמנון הגליל שנדגמו בפרויקט זה ובשנים 1997-2009 (באדום) ושל דגי אמנון הגליל שנדגמו במהלך השנים 1985-1987 (בכחול) ע"י ג'ימי שפירו, אגף הדיג.

המסקנות שניתן להסיק ממחקרים שבחנו בעבר את מקורות המזון של אמנון הגליל אינן בהכרח עקביות. המחקר הראשון בנושא התזונה של האמנונים בכנרת (Spataru 1976) דיווח, על בסיס תכני קיבה, על הפרידניום כמקור מזון עיקרי של האמנונים כולל גם בעונות שבהם כמעט ולא היה פרידניום באגם. מאוחר יותר דרנר וחוב' (Drenner et al. 1982) דיווחו, על בסיס ניסויי האכלה, שאמנונים צעירים ניזונים מזואופלנקטון, בעיקר עד גודל גוף של 62 מ"מ. ויניארד ושותפיו (Vinyard et al. 1988), דיווחו, על בסיס ניסויי מזוקוזם, על תזונה של זואופלנקטון ופרידניום ע"י אמנון הגליל. מעט מאוחר יותר, וגם על בסיס ניסויי מזוקוזם, המברייט וחוב' (Hambright et al. 2002) הראו שאמנונים ניזונים מפרידניום כמעט לחלוטין במהלך פריחת האביב, בעוד שבקיץ-סתיו הם עוברים למינים אחרים ובאופן מוגבל לזואופלנקטון. אבל, לטענתם תמונה זאת היא תוצאת לוואי של ייצוג חסר של זואופלנקטון במערכת המזוקוזם ביחס לאגם. הם גם מצביעים על דוגמאות שבהם הזואופלנקטון מהווה 50% או יותר מהתזונה של האמנונים.

במחקר זה בחנו את מקורות המזון של אמנון הגליל ושל דגי הכסיף באגם במטרה לבחון האם האמנונים ניזונים מזואופלנקטון, ואם כן, האם קיימת תחרות פוטנציאלית עם דגי הכסיף. תוצאות בחינת תכני הקיבה של דגי האמנון והכסיף הצביעו על כך ששניהם ניזונים במידה רבה מזואופלנקטון אבל גם מפייטופלנקטון. בהשוואה של מיני הזואופלנקטון שנמצאו במערכת העיכול של דגים אלו ניתן לראות הבדלים בנפיצות של קבוצות הזואופלנקטון השונות (איור 4). בשני מיני הדגים, זואופלנקטון מקבוצת הציקלופואידים, המונים שני מינים באגם ומהמינים הגדולים ביותר בכנרת, הם השכיחים ביותר ונמצאו במעיים של 57% מהאמנונים ו-86% מהכסיפים. השכיחות היחסית של תזונה של המינים האחרים שונה בין הדגים. דגי האמנון ניזונים בעיקר משתי קבוצות של קלדוצירה הכוללים את המואינה (61% שכיחות) והבוסמינה שנמצאה בכ-30% מהדגים שנבדקו עם תרומה קטנה יותר של דיאפנוזומנה (גם שייך לקבוצת הקלדוצירה) ושל רוטיפרים, בעיקר סינכטה. במקרה של דגי הכסיף, אנו מזהים תרומה גדולה של הבוסמינה (נמצאה ב-65% מהדגים), צריודפניה (37%) והרוטיפר קרטאלה (49%). נציגים של קבוצות הפייטופלנקטון השונות נמצאו בחלק גדול מהדגים. הדבר בולט בעיקר לגבי נציגים של הכחוליות שנמצאו בכמעט 100% מדגי האמנונים שנבדקו ובכ-75% מדגי הכסיף. גם מינים של ירוקיות (כלורופיטה), דינופלגלטים וצורניות נמצאו בשכיחות דומה בכסיפים. השכיחות אצל האמנונים היה גבוה יותר בכל קבוצות הפייטופלנקטון למעט הדינופלגלטים. למרות השכיחות הגבוהה, אין הדבר מעיד על התרומה היחסית לביומסה שנאכלת ע"י הדגים. אנו לא מציגים כאן ערכי ביומסה בגלל הצורך

בהמשך עיבוד נתונים אלו אבל מניתוח ראשוני עולה כי ישנה תרומה מכרעת של זואופלנקטון לביומסה הנאלת ע"י הדגים ותרומה יחסית קטנה של הפיטופלנקטון.



איור 4. השכיחות היחסית (באחוזים) של דגי אמנון הגליל (קו מקוקו) ושל דגי כסיף (קו רציף) שבמעי שלהם נמצאו נציגים משבע קבוצות הזואופלנקטון והפיטופלנקטון השונות. למשל, ציקלופואידים נמצאו ב-85% מדגי הכסיף וב-55% מדגי האמנון שנבדקו.

תוצאות בדיקות תכני הקיבה של הדגים שנדגמו במהלך הפרויקט מצביעות על כך שאמנון גליל וכסיף ניזונים מזואופלנקטון ומפיטופלנקטון. תוצאה זאת בשילוב של חוסר השינוי במצב הגוף וביחס אורך-משקל של האמנונים עשויות להעיד על שני תהליכים המתרחשים במערכת האקולוגית של הכנרת. הראשון, עליה בלחץ הטריפה המופעל על הזואופלנקטון באגם בעקבות לחץ הטריפה של אמנון הגליל והנמסיף. זוהי טריפה שכמעט ולא הייתה קיימת בעבר. התהליך השני קשור בתחרות פוטנציאלית הנובעת מכך ששני מיני הדגים ניזונים ממקורות מזון חופפים. התחרות הופכת לתחרות ממשית כאשר ישנה חפיפה בזמן ובמרחב בתזונה של הדגים וכן מחסור במקורות המזון. על בסיס המחקר הנוכחי ואחרים לא ניתן לקבוע האם ישנה תחרות בין שני המינים מכיוון שאין מידע זמין על השעות והמקומות בהם כל מין ניזון. השמירה על יחסי אורך-משקל ובמצב הגוף ביחס לתקופות מוקדמות יותר מצביעה על כך שגם אם קיימת תחרות היא אינה משפיעה על קצבי הגידול של האמנונים. בנוסף, אין עדות ברורה לעליה בלחץ הטריפה על הזואופלנקטון ובעקבות כך פגיעה באוכלוסייה. יתכן שהשינויים הרבים בגורמים הביולוגיים והאביוטיים שחלו בכנרת בעשורים האחרונים חזקים יותר ומשפיעים במידה רבה יותר על אוכלוסיית הזואופלנקטון ועל כן אין קשר ברור בין מצב אוכלוסיית הזואופלנקטון ולחץ הטריפה של הדגים עליהם.

הכסיף, *Hypophthalmichthys molitrix*, מאוכלס בכנרת מאז 1969 למעט הפסקה בין השנים 1981-1984. הדגים שאוכלסו הציגו קצבי גידול מרשימים ובעקבות כך ערכי שלל גבוהים, בעיקר באביב ותחילת הקיץ. הדגים שאוכלסו ניזונו בשנה הראשונה לחייהם מזואופלנקטון ועברו לתזונה מבוססת אצות אחרי השנה

הראשונה (Shapiro 1985). לפני כ-5 שנים החלו דיווחים על שינויים במאפיינים המורפולוגיים וההתנהגותיים של כסיפי הכנרת, כולל תדירות גבוהה של קוצים מעוגלים ולא ישרים, ירידה בקצבי הגידול, שינויים ביחס אורך/משקל, וצמצום תופעת קפיצות הדגים בעת לכידתם ברשתות ההקפה. במחקר הנוכחי התברר שזואופלנקטון מהווה את עיקר מזונם ללא תלות בגיל וגודל הדג. המעבר לדיאטה מבוססת זואופלנקטון מהווה שינוי מהותי ומסמן שינוי באינטראקציות במארג המזון בכנרת. השינוי במקורות המזון לכסיף מעלה את שאלת כדאיות המשך אכלוסו. סיבה עיקרית לאכלוסו הייתה הרצון לשמר ולשפר את איכות המים ע"י צמצום כמות האצות באגם. בעקבות הממצאים הנוגעים למקור המזון של הכסיף נערכו מספר בדיקות נוספות על מנת לזהות את המין המאוכלס. נבדקו באופן יסודי יותר פרמטרים מורפולוגיים, מבנה מסרקי הזימים, אורך המעי ועוד. תוצאות כל הבדיקות הצביעו על כך שהדג המאוכלס באגם אינו מין כסיף טהור אלא מכלוא של שני מינים (*H. molitrix* and *H. nobilis*) ונקרא נמסיף. תוצאות בדיקות דנ"א שנערכו על בסיס 8 דגים בהשוואה למידע מארה"ב אוששו את הממצאים המורפולוגיים והצביעו על כך שחלק מהדגים בכנרת האמורים להיות כסיפים הם נמסיפים.

סיכום, מסקנות והמלצות

מוצגות כאן תוצאות ראשונות של בחינת מקורות המזון של שני המינים הללו מאז השינויים המהותיים שחלו באוכלוסיית הפיטופלנקטון באגם. התוצאות מאששות את תוצאות חלק מהמחקרים שנערכו בשנות ה-80 וה-90 שהצביעו כל כך שאמנון הגליל ניזון גם מזואופלנקטון ולא רק מפיטופלנקטון בדגש על פרידיניום.

תוצאת לוואי של המחקר הייתה זיהוי פרטים של כסיף אשר אינם מין טהור אלא מכלוא. דגי הכסיף מאוכלסים באגם זה שנים רבות בראש ובראשונה על מנת לשפר את איכות המים באגם ע"י צמצום ריכוז הפיטופלנקטון במים וכמטרה משנית, לשמש כמקור לדיג מסחרי. תוצאות המחקר הנוכחי מראות שלפחות במטרה הראשונה האכלוס אינו משיג את יעדו מכיוון שהדגים ניזונים במידה רבה גם מזואופלנקטון.

- יש להעמיק את המחקר בנושא התזונה על מנת לצייר תמונה מלאה של מקורות המזון והכמויות וכן לבחון האם אכן קיימת תחרות בין אמנון הגליל לבין דגי הכסיף באגם. לצורך כך יש לבחון גם את מקורות התזונה של דגים הנלכדים באזור החופי וכן בשעות שונות של היום.
- יש לצמצם למינימום את אכלוס הכסיף עד שיתברר האם הדגים המאוכלסים מהווים תחרות לדגי האמנון ופוגעים במקורות המזון שלהם. לחלופין, יש להפסיק את האכלוס עד הגעה למצב שבו הדגים המאוכלסים הם מהמין הטהור הנדרש.
- יש לבצע בחינה של מקורות המזון של מינים נוספים וחשובים למערכת האקולוגית כגון השפמנונים
- יש לקיים בחינה של מקורות המזון של הדגים העיקריים באגם באופן תקופתי (כל חמש שנים) על מנת לזהות שינויים.

ספרות

- Drenner, R., Vinyard, G., Gophen, M., McComas, S., 1982. Feeding behavior of the cichlid, *Sarotherodon galilaeum*: selective predation on Lake Kinneret zooplankton. *Hydrobiologia* 87, 17-20.
- Hambright, K.D., Blumenshine, S.C., Shapiro, J., 2002. Can filter-feeding fishes improve water quality in lakes? *Fresh. Biol.* 47, 1173-1182.
- Shapiro, J. (1985). Food and intestinal contents of the silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), in Lake Kinneret between 1982-1984. *Israeli Journal of Aquaculture- Bamidgeh* 37, 3-18.
- Spataru, P., 1976. The feeding habits of *Tilapia galilaea* (Artemi) in lake Kinneret (Israel). *Aquaculture* 9, 47-59.
- Vinyard, G.L., Drenner, R.W., Gophen, M., Pollinger, U., Winkelman, D.L., Hambright, K.D., 1988. An experimental study of the plankton community impacts of two omnivorous filter-feeding cichlids, *Tilapia galilaea* and *Tilapia aurea*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45, 685-690.

פרק 5: אפיון העדפת אתרי קינון בהקשר של לצמחייה מוצפת באמנוני הכנרת (אמנון גליל, א. ירדן, א. מצוי)

דייב קמינגס^{1,2}, תמר זהרי², אביטל גזית¹, מנחם גורן¹,
¹אוניברסיטת ת"א, ²המעבדה לחקר הכנרת, חי"א"ל

הקדמה

רביית אמנונים בכנרת נחקרה בעבר, עם דגש על אמנון מצוי, אך עבודות אלו נעשו לפני כמעט שלשה עשורים, כאשר טווח תנודות המפלס היה קטן מהנוכחי וכאשר התשתית והכסות הצמחית ברצועת הליטורל, בה הדגים מקננים, היו שונים מהקיים בשנים האחרונות. לשם הבנת צורכי הרבייה של מיני האמנון השונים ובעיקר של אמנון הגליל נדרש מחקר ששלב ראשון בו הוא איתור אתרי ההטלה והערכת התאמתם על ידי מדידת צפיפות הקינון באתרים אלה ואיפיונם (תכסית, צמחיה, עומק).

מטרות המחקר: (1) לאתר את אתרי ההטלה של האמנונים הבולטים בכנרת, א. גליל, א. ירדן וא. מצוי; (2) לאפיין את אתרי ההטלה מבחינת התשתית, הצמחיה, עומק המים; (3) לכמת את צפיפות הקינים באתרי ההטלה בעלי מאפיינים שונים; (4) לקבוע את עונתיות הרבייה ולברר את הקשר בין עוצמת הרבייה לעונתיות.

שיטות

שיטת הדיגום התבססה על ביצוע חתכים אנכיים לחוף באתרים בעלי מאפיינים שונים סביב הכנרת וספירת קיני האמנונים לאורכם, תוך התקדמות לאורך החתך מקו החוף לתוך הכנרת ב-1 מ' כל פעם ובדיקת משבצות שטח של 2 מ"ר (מטר מרובע מכל צד של החתך) לנוכחות קינים. כל משבצת אופיינה גם לפי העדר/נוכחות צומח חופי בה, לפי 4 קטגוריות: Veg0=ללא צומח, Veg1=צומח דליל, Veg2=צומח בצפיפות בינונית, Veg3=צומח סבך. בשנים 2012 ו-2013 מיקום החתכים בכל אתר נבחר באופן אקראי, אופן ביצוע החתכים מתואר בהרחבה בדוחות השנתיים לשנים אלו. שיטת דיגום אקראית זו הייתה יעילה בבחינת הקשר בין צפיפות קינים וצמחיה מוצפת בקנה מידה מרחבי קטן, אך מוגבלת באפשרות ניתוח התוצאות בקנה מידה מרחבי גדול יותר. כך למשל, משבצת ללא צמחיה (Vego) קבלה אותה חשיבות בין אם הייתה בקרבת צמחיה או אם הייתה באזור חשוף לגמרי מצמחיה.

ב-2014 המחקר התמקד בקשר שבין צמחיה מוצפת לקינון: רצינו לברר האם אמנוני הכנרת מעדיפים לקנן בינות צמחיה מוצפת או בקרבתה על פני קינון באזורים חשופים לגמרי מצמחיה. כדי להתגבר על המגבלה שתוארה לעיל, בחרנו ב-2014 אתרי דיגום בהם היו אזורים מכוסים צמחיה אך גם אזורים חשופים לגמרי מצמחיה ובחרנו את מיקום חתכי הדיגום כך שמול כל חתך שחוצה צמחיה יהיה גם חתך באזור חשוף מצמחיה (הוגדר כאזור שבו מכל צד של החתך לכל אורכו לפחות 5 מ' נקיים מכל צומח). לאורך החתכים, הדיגום נעשה כמו בשנים קודמות, מה שמאפשר השוואת התוצאות עם אלו של שנים קודמות – אך גם השוואת נתונים מחתכים עם צמחיה לעומת חתכים ללא צמחיה. ב-2014 רצינו גם לבדוק את תפקידם של בתי גידול לגונאריים (אזור מים רדודים מוקף צמחיה וע"י כך חשוף פחות למים הפתוחים ולתנועת גלים וטמפ' המים בו עשויה להיות גבוהה יותר מאשר באזורים בלתי מוגנים).

לפיכך התמקדנו בארבעה אתרי דיגום (איור 1): שניים בחופים פתוחים עם/בלי צמחיה (צאלון ושיזף) ושניים בלגונות (צינברי-דרום וזאכי). ארבעתם באזורים בעלי תשתית דקה וזאת כדי לבודד את השפעת הצמחיה המוצפת מהשפעות של סוג התשתית. התחנות נדגמו אחת לשבועיים, בכל דיגום ואתר בוצעו לפחות 6 חתכים באזור שכולל צמחיה ועוד 6 חתכים באזור נקי לגמרי מצמחיה. חתכים "ללא צמחיה" מוקמו כך

שיהיו מרוחקים לכל אורכם מכל צמחייה במרחק של לפחות 5 מ'. תקופת הדיגום צומצמה לחודשים אפריל מאי ויוני בעקבות ממצאינו הקודמים שאלה הם חודשי הפעילות העיקרית של אמנון גליל.



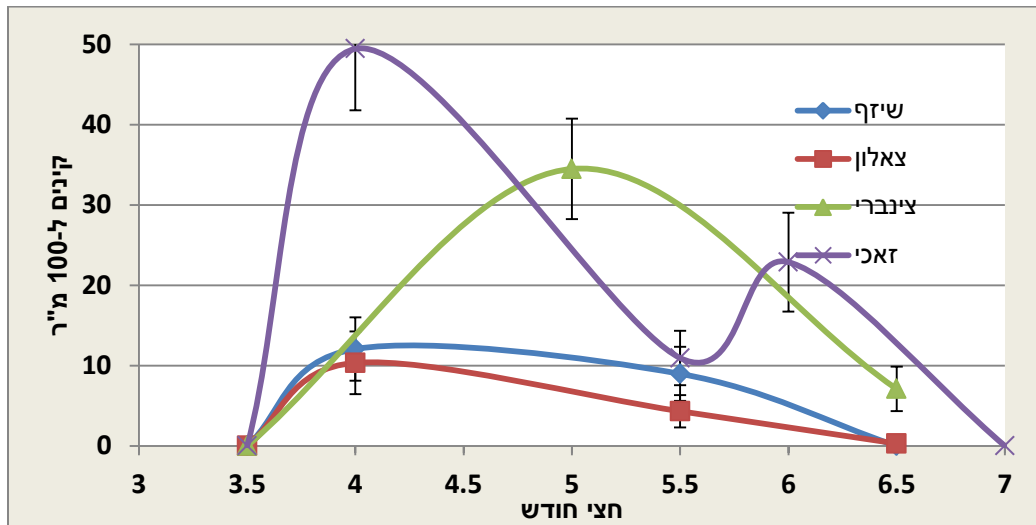
איור 1: פריסת תחנות הדיגום לשנת 2014.

תוצאות:

הממצאים לגבי צפיפות קינון מתייחסים בעיקר לפעילות רבייה של אמנון ירדן ואמנון מצוי, מכיון שאמנון גליל כמעט ולא בונה קן מובהק הבולט בשטח כפי שנוהגים שאר המינים. תוצאות המתייחסות לאמנון גליל מתבססות על תצפיות של נוכחותו בשטח הדיגום והתנהגות חיזור ורבייה שלו.

דינמיקה עונתית לשנת 2014:

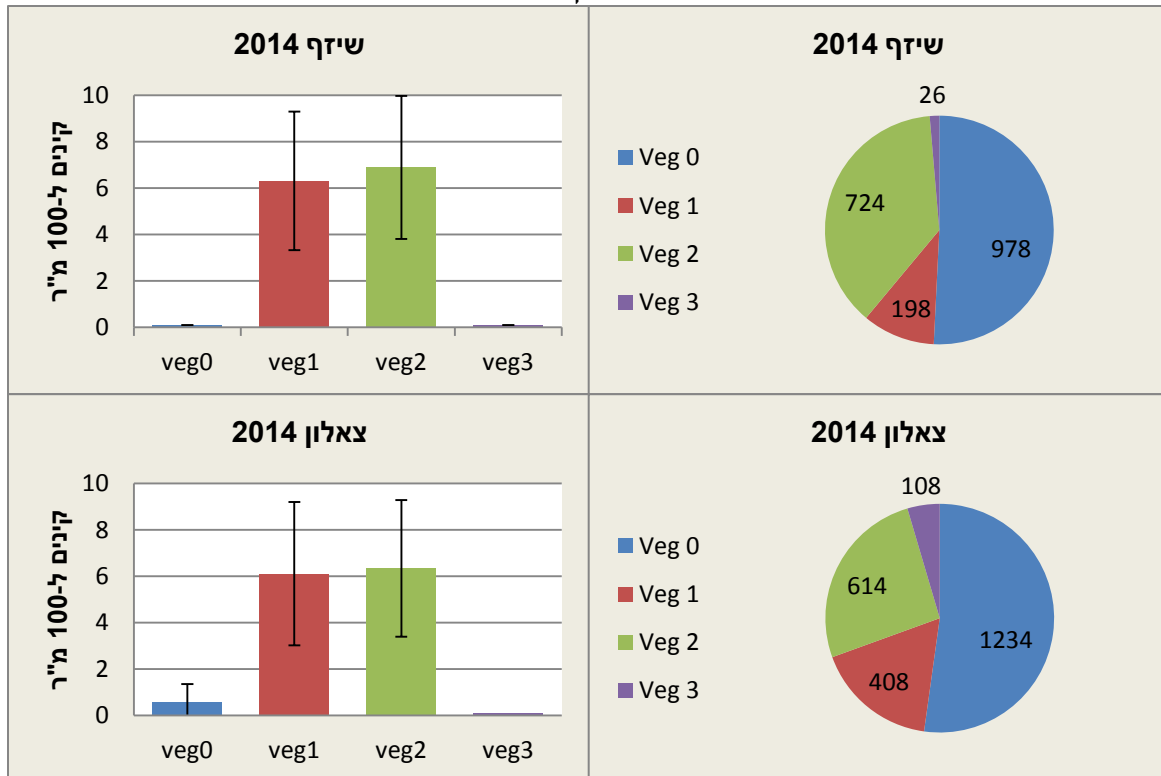
כמו בשנים קודמות – שיא עונת הרבייה תועד לחודשים אפריל ומאי כאשר פעילות הרבייה הראשונה זוהתה ב-6 לאפריל. שיא שני וחלש יותר תועד בלגונת הזאכי בתחילת חודש יוני (איור 2). עונת הרבייה הסתיימה בתחנות החוף הפתוח עד לאמצע חודש יוני ואילו בתחנות הלגונאריות העונה נמשכה מעט יותר עד לחצי הראשון של חודש יולי.



איור 2: צפיפות קיני אמנון גליל ל-100 מ"ר בארבע תחנות הדיגום, מרץ-יולי 2014 (ממוצעים וסטיות תקן).

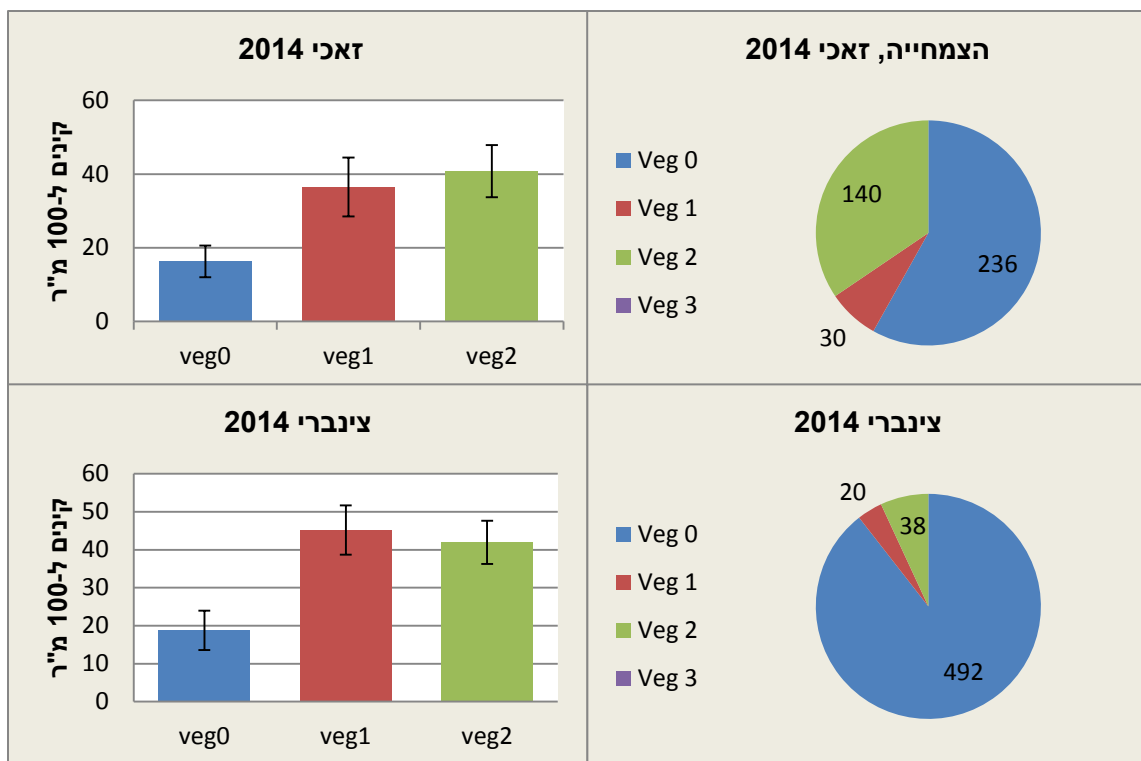
הקשר בין צפיפות הצמחייה וצפיפות הקינים

בחופים פתוחים: הצמחייה המוצפת נצפתה כאתר מועדף לקינון של אמנונים באתרי החופים הפתוחים. צפיפות הקינים הגבוהה ביותר תועדה בצמחייה בינונית, Veg2, ודלילה, Veg1 (איור 3). צפיפות אפסית בלבד נצפתה באזורים ללא צמחייה מוצפת, Veg0. לגבי צמחייה בצפיפות גבוהה, Veg3 – נצפתה צפיפות קינים אפסית אך עם זאת אזורים אלה כמעט שלא היו זמינים לדיגום ב-2014 לעומת שנים קודמות בהן היה ייצוג רב הרבה יותר לצפיפות צמחייה כזו. שטחים בעלי צפיפות צמחייה בינונית, דלילה ואזורים משוללי צמחייה נדגמו בכמויות גדולות כמו בשנים קודמות.



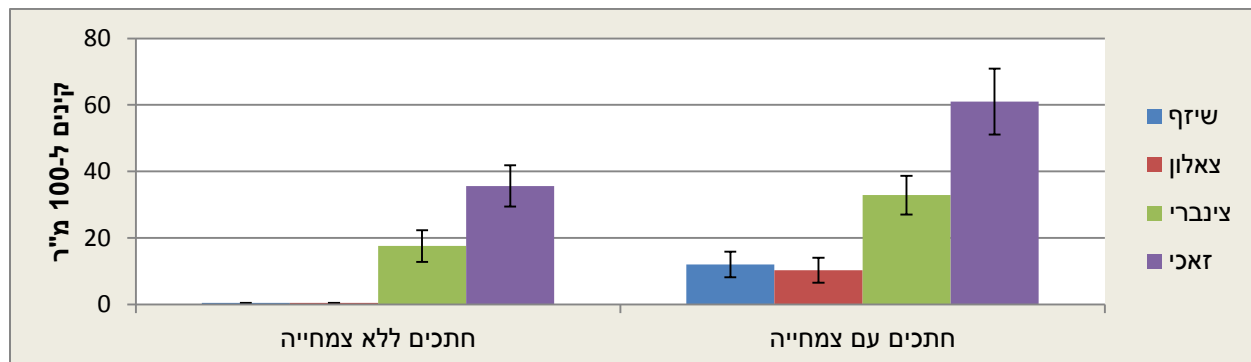
איור 3: משמאל: הקשר בין צפיפות הצמחייה לצפיפות הקינים בתחנות חוף פתוח. מימין: כמות השטח במ"ר אשר נדגם מכל קטגוריית צפיפות צמחייה (veg0=ללא צמחייה, veg1=צמחייה דלילה, veg3=צמחייה בינונית ו-veg3=צמחייה צפופה).

בחופים לגונאריים: הלגונות התאפיינו בכך שמלבד הקפן, רוב שטחן היה חשוף מצמחייה (איור 4 מימין): כ-60% מכלל השטח שנדגם בזאכי ו-90% מכלל השטח בצינברי דרום היה ללא כל צמחייה. לפיכך, בלגונות בלטה במיוחד העדפת האמנונים לקינון בקרבת בצמחייה מוצפת: צפיפות הקינים הגבוהה ביותר תועדה בצמחייה בצפיפות בינונית ודלילה, לעומת צפיפות נמוכה הרבה יותר שנצפתה באזורים ללא צמחייה (איור 4 משמאל), למרות זמינותם הגבוהה בהרבה. בנוסף, ניתן להתרשם כי אתרים אלה פעילים הרבה יותר מבחינת צפיפות הקינים מאשר האתרים הפתוחים עם צפיפות קינים מרבית של כ-45 קינים ל-100 מ"ר לעומת צפיפות מרבית של כ-7 קינים ל-100 מ"ר בחופים הפתוחים. צמחייה בצפיפות גבוהה (Veg3) לא הייתה זמינה לדיגום באתרים הלגונאריים של 2014 ועל כן קטגוריה זו לא קיימת בעיבוד הנתונים. נציין כי הקטגוריה כן הייתה זמינה לדיגום באתרים הלגונאריים של השנים הקודמות ותוצאות לגביה מוצגות בדוחות הקודמים.



איור 4: משמאל: הקשר בין צפיפות הצמחייה לצפיפות הקינים בתחנות לגונאריות. מימין: כמות השטח במ"ר אשר נדגם מכל קטגוריית צפיפות צמחייה (veg0=ללא צמחייה, veg1=צמחייה דלילה, veg3=צמחייה בצפיפות בינונית ו-veg2=צמחייה צפופה).

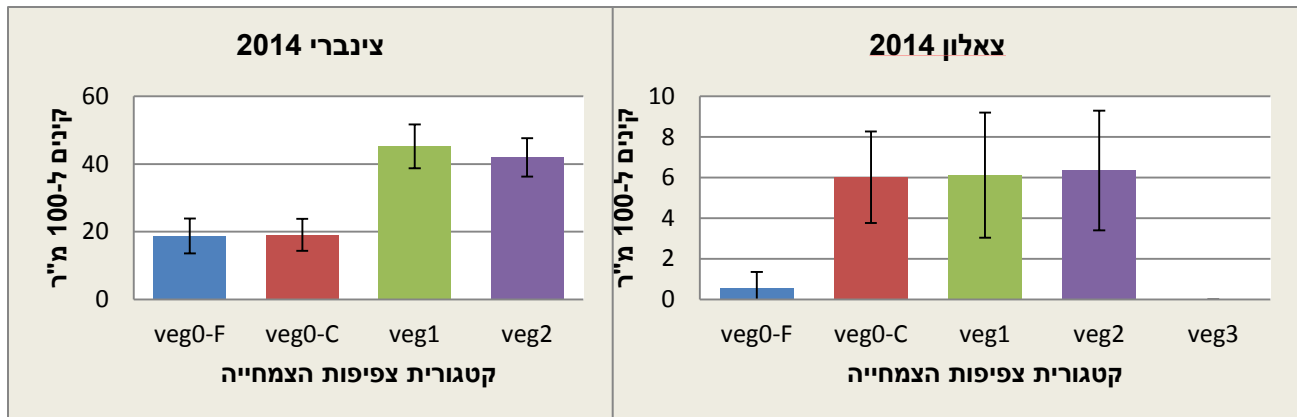
הקשר בין צפיפות הצמחייה וצפיפות הקינים בסקאלה נרחבת (עשרות מ"ר): בקנה מידה רחב נמצא קשר הדוק בין נוכחות צמחייה מוצפת וצפיפות הקינן (איור 5). בחופים הפתוחים ההבדל שנצפה היה הקיצוני ביותר – בחתכים מרוחקים מצמחייה לא נמצאו קיני אמנונים כלל למרות כשהבדיקה כוונה לתקופת פעילות הרבייה האינטנסיבית ביותר. לעומת זאת בחתכים בעלי או בקרבת צמחייה מוצפת נמצאה פעילות קינן בתחנות הלגונאריות המצב היה דומה בכך שבחתכים המכילים או הסמוכים לצמחייה מוצפת, פעילות הקינן הייתה גבוהה יותר, אך שלא כמו בחופים הפתוחים פעילות הקינן נצפתה גם בחתכים הנקיים מצמחייה (אפקט מסתור) - אך ברמה מתונה יותר. שוב ניתן להתרשם באופן כללי כי פעילות הקינן אינטנסיבית הרבה יותר באתרים הלגונאריים.



איור 5: התפלגות צפיפות הקינים (מס' קינים ל-100 מ"ר) בחתכים עם צמחייה בהשוואה להתפלגותם בחתכים נקיים ומרוחקים מצמחייה בכל התחנות. טווחי הטעות מציינים סטיית תקן.

הקשר בין הקרבה לצמחייה מוצפת במשבצת חשופה על צפיפות הקינים בה:

בדיגום המשבצות שלאורך חתכים נמצאו גם תאי שטח חשופים מצמחייה (Veg0) בסקאלה קטנה של 2 מ"ר אך הם סמוכים (5 מ' לכל היותר) לשטח בו קיימת צמחייה מוצפת כלשהי. הקרבה לצמחייה המוצפת השפיעה באופן שונה על האזור החשוף באתרים הלגונאריים ואתרים פתוחים (איור 6). בראשון שטחים אלה אופיינו בצפיפות קינים דומה לזו של שטחים חשופים ומרוחקים מהצמחייה ואילו בשני הם אופיינו בצפיפות קינים הדומה מאד לזו של אזורים המכילים צמחייה מוצפת בצפיפות דלילה או בינונית.

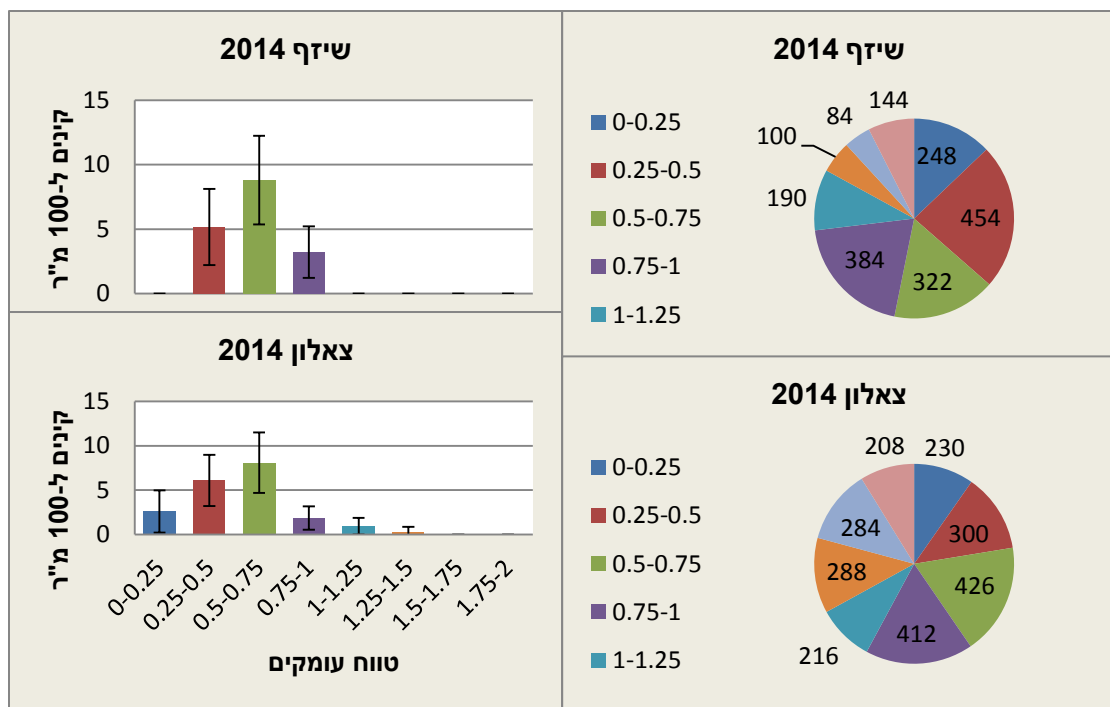


איור 6: הקשר בין צפיפות הצמחייה וצפיפות הקינים והקרבה של שטח חשוף לצמחייה וצפיפות הקינים בו באתר לגונארי (צינברי) ואתר חוף פתוח (צאלון). Veg1,2,3 = כמו באיור 3. Veg0-F = שטח נקי ומרוחק בלפחות 5 מטר מצמחייה, Veg0-C = שטח נקי וקרוב לצמחייה ב-5 מטר לכל היותר ("חורים" ללא צמחייה בינות צמחייה). טווחי הטעות מציינים סטיית תקן.

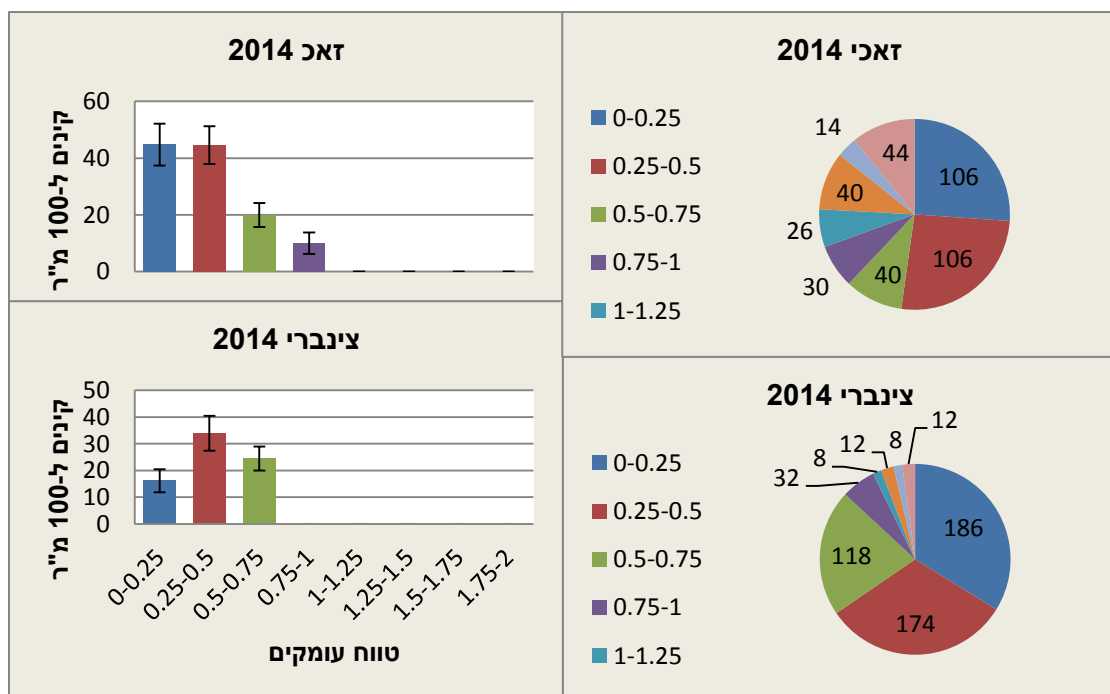
2. הקשר בין עומק המים וצפיפות הקינים

באתרי חוף פתוח: לעומק המים השפעה רבה על צפיפות הקינים בחופים הפתוחים. מרבית פעילות הקינון נצפתה בעומק מים של עד מטר אחד וכל פעילות הקינון עד עומק של מטר וחצי. בעומקים הרדודים מאד כמעט שאין פעילות קינון כך שבעצם מרבית הקינים שנספרו היו בטווח עומקים מצומצם של בין 0.25 – 1.0 מ' (איור 7). כל קטגוריות העומק קיבלו ייצוג הולם בדיגום של שנת 2014.

באתרים הלגונאריים: גם כאן לעומק המים השפעה רבה על צפיפות הקינים שנמצאה. שוב נראה כי מרבית פעילות הקינון מתרכזת במים הרדודים (עד מטר אחד). ישנו הבדל בצפיפות הקינון במים הרדודים מאד אשר הייתה גבוהה הרבה יותר באתרים הלגונאריים מאשר באתרי החוף הפתוח (איור 8). ניתן גם לראות כי קטגוריות העומק העמוקות יותר מיוצגות בחסר וזאת עקב אופי האתרים הלגונאריים.



איור 7: הקשר בין העומק וצפיפות הקינים באתרי חוף פתוח וכמות השטח במ"ר אשר נדגם מכל עומק. טוחי הטעות מציינים סטיית תקן.



איור 8: הקשר בין העומק וצפיפות הקינים באתרים לגונאריים וכמות השטח במ"ר אשר נדגם מכל עומק. טוחי הטעות מציינים סטיית תקן.

דיון ומסקנות:

עיקר עונת הרבייה של אמנון הגליל מתפרסת על החודשים אפריל עד יוני כאשר שיאה בין אמצע אפריל ועד לסוף מאי. אי לכך תקנת איסור הדייג מתוזמנת נכון כדי למלא את תפקידה שהוא הסרת לחץ הדייג מהאמנונים בתקופת הרבייה הרגישה. עם זאת, רביית אמנונים (המידע בעיקר מתייחס למינים אמנון מצוי וירדן) מתקיימת בכל היקף האגם ולא דווקא בבטחה בלבד וזאת על פי תוצאות הסקרים משלוש השנים האחרונות. באזורים אלה הדגים המתרבים הם חסרי הגנה ונתונים ללחץ דייג כבד אשר פוגע בהם בתקופה רגישה זו. בנוסף לכך, כאשר מפלס הכנרת בסוף החורף נמוך מ-210.5 מ', רוב שטחה של בקעת הבטחה נותר יבש ולא זמין לפעילות רבייה של אמנונים. בשנים כאלה רלוונטיות תקנת איסור הדייג זניחה. הרחבה של תקנת איסור הדייג בחודשים אפריל ומאי לכלל האגם עשויה לסייע רבות לרבייה הטבעית של אמנון הגליל ובפרט בשנים עם מפלס נמוך.

צמחייה מוצפת מהווה ככל הנראה אתר רבייה מועדף לאמנוני הכנרת. במגבלות הדיגום בסבך צפוף של צמחייה נראה כי הדגים מעדיפים יותר צמחייה שאינה צפופה ביותר סיבת המשיכה של הדגים לרבייה בצמחייה מוצפת קשורה כנראה להגנה מפני טורפים, ייצוב הקרקעית והגנה מפעילות הגלים. הסרה גורפת של כלל הצמחייה המוצפת שלחופי הכנרת תגרום לאובדן אתרי רבייה מועדפים. כיסוח צמחייה מתון אשר מתבצע במסדרונות מוגדרים ישמר חלק גדול מהצמחייה המוצפת וגם יגדיל את אזורי הגבול בין הצמחייה למים הפתוחים – שטחים אשר גם נמצאו כאתרי רבייה. עצמת פעילות הרבייה גבוהה יותר באתרים בעלי אופי לגונארי כגון לגונת הזאכי והלגונה אשר נוצרה ב-2014 דרומית לחוף צינברי. כיסוח מושכל של סבך צמחייה בצורה כזו שתיצור מבנה לגונארי לקו החוף עשויה לשפר גם היא את רביית האמנונים הטבעית. כיסוח כזה בוצע בחוף קיבוץ גינוסר, ואכן נראתה בחוף זה בחודשים אפריל עד יוני פעילות רבייה ענפה של אמנונים – כמו גם פעילות דייג אינטנסיבית.

גם לעומק המים השפעה רבה על פעילות הרבייה. הרוב הגדול של הקינים נמצא בעומק מים של פחות ממטר אחד וכל הקינים ב-2014 נמצאו בעומק של פחות ממטר וחצי. לגובה המפלס השפעה רבה על זמינות של שטחים רדודים. במפלסים נמוכים טופוגרפית הקרקעית הופכת תלולה יותר וכמות השטח הרדוד מצטמצמת. עובדה זו באה לידי ביטוי במיוחד באזור הבטיחה – אתר הרבייה הטוב ביותר. שמירה על מפלסים גבוהים ככל הניתן תבטיח שטח מספיק של מים רדודים בעונת הרבייה. הימצאות צמחייה מוצפת בעומק עשויה לאפשר לאמנונים ניצול של מים עמוקים יותר לצורכי רבייה כפי העולה מהשוואת נתוני צפיפות הקינים לעומת עומק בין השנים 2013 ו-2014. עצמת פעילות הרבייה הזו קטנה אמנם מזו הקיימת במים הרדודים אך היא בכל זאת קיימת ופרוסה על שטח נרחב למדי כך שהיא עשויה להיות משמעותית. כיסוח גורף של הצמחייה המוצפת תבטל לחלוטין אפשרות זו של הרחבת השטח הזמין לרביית אמנונים.

פרק 6: לא קיבל מימון, לא בוצע מחקר

פרק 7. טריפת קורמורנים: שימוש בכלים מורפומטריים ופיתוח כלים מולקולאריים לניטור הרגלי התזונה של קורמורנים ובחינת השפעתם על הרכב אוכלוסיית הדגה

נעם לידר¹, יפעת ארצי¹, דנה מילשטיין¹, ליאור דוד², גילה כחילה בר-גל³, גדעון חולתא⁴
¹חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים, ²המחלקה למדעי בעלי חיים ו-³ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט, האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה למדעי החקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, ⁴המחלקה לעופות ומדגה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי

רקע ותאור הבעיה

מבין עופות המים טורפי הדגים בכנרת בולט הקורמורן הגדול (*Phalacrocorax carbo sinensis*), עוף מוגן מסדרת השקנאיים. האוכלוסייה החורפת של הקורמורן הגדול בישראל מונה כ-15,000 פרטים, שכרבע מהם לנים בצפון הכנרת וניזונים בה בכל עונה, כפי שעולה מספירות שנתיות אותן עורכת רשות הטבע והגנים. התדרדרות מצב הדגה בכנרת ומקומם של הקורמורנים כטורפי דגים טבעיים, הביא לשאלות רבות על חלקם של עופות אלו בהתמעטות הדגה המסחרית באגם. רשות הטבע והגנים החלה לפני מספר שנים במחקר שמטרתו לזהות את מיני הדגים מהם ניזונים הקורמורנים ולהעריך את כמות הדגים הנצרכת על-ידם מדי שנה. המחקר מתבסס על זיהוי מיני הדגים מתוך צניפות, שמכילות חלקי מזון קשים לעיכול, כמו עצמות ואוטוליטים, אשר נפלטים כגוש מהפה של הציפור. לאוטוליט שונות מורפולוגית בין-מינית גדולה ולכן משמש ככלי לזיהוי מין הדג וגודלו. בגלל הדמיון הרב במבנה האוטוליטים של מיני אמנוניים שונים, קשה להעריך בשיטה זו את חלקו היחסי של אמנון הגליל לעומת מיני אמנוניים אחרים.

מטרות המחקר

1. ניטור כמותי ומעקב אחר אוכלוסיות הקורמורנים שלנים וניזונים בכנרת.
2. פיתוח שיטה מולקולארית רגישה לזיהוי איכותי וכמותי של מיני הדגים בשרידי רקמות הנמצאות בצנפות.
3. אפיון איכותי וכמותי של מיני הדגים השונים בתזונת הקורמורנים בכנרת באמצעות שילוב שיטות מורפומטריות (מדידות אוטוליטים) עם כלים מולקולאריים רגישים.
4. בדיקה של גורמים טבעיים המשפיעים על התנהגות ציד והרכב תזונה של קורמורנים כגון עונה וגודל האוכלוסיית הדגים (כפי שימצא בחלקי המחקר הנוספים).

תוצאות

ניטור ומעקב אחר אוכלוסיית הקורמורנים שלנים וניזונים בכנרת

במקביל למחקר המולקולארי המשיכה רט"ג בחודשי החורף במעקב שבועי אחר גודל אוכלוסיית הקורמורנים הניזונים בכנרת וכן באיסוף צניפות באתרי הלינה (מחקר זה אינו מתוקצב במסגרת הקול הקורא). ניתוח הצניפות כלל את הוצאת האוטוליטים לצרכי זיהוי מיני הדגים וגודלם. שיטה זו נמצאה כיעילה בזיהוי דפוסי התזונה של קורמורנים מבחינת מיני דגים וכמותם, וכן בזיהוי שינויים בתזונה לאורך העונה שבה חורפים קורמורנים בכנרת. יחד עם זאת, כצפוי, שיטה זו אינה רגישה מספיק על-מנת להבדיל באופן ספציפי בין אוטוליטים של חלק ממיני האמנוניים, ובמיוחד אלו של אמנון הגליל לעומת מיני אמנון אחרים, דוגמת אמנון ירדן. צניפות הועברו לכן לאוניברסיטה העברית לשימוש במחקר המולקולארי.

איסוף דוגמאות דגים ממיני הכנרת והרכבת מאגר מידע לזיהוי מולקולארי

על מנת לזהות מולקולארית באמצעות דנ"א מיני דגים בצנפות קורמורנים או בכל דוגמה אחרת, ראשית יש צורך בהקמת מאגר מידע לזיהוי מולקולארי. בשנה השלישית השלמנו כמיטב יכולתנו את דיגום דגי הכנרת על מנת להשלים את בניית מאגר המידע לזיהוי מולקולארי של הדגים (טבלה 1). דגמנו כך שלכל אחד ממיני הכנרת יש ייצוג של יותר מפרט אחד כיון שלמרות שהזיהוי הוא ברמת המין, ישנה לעיתים שונות בין פרטים מאותו מין ואנו רוצים וריאנטים שבסבירות גבוהה מייצגים את כל הפרטים באותו המין. איסוף הדוגמאות

היה איטי ואינו מושלם כיון שאין יכולת מסודרת לדיגום באגם העומדת לרשות המחקר הזה או לרשות מעקב וניטור רוטיני בהמשך.

טבלה 1. מצב דיגום מיני הדגים בכנרת. מתחת לקו המקווקו מינים שדיגומם הושלם.

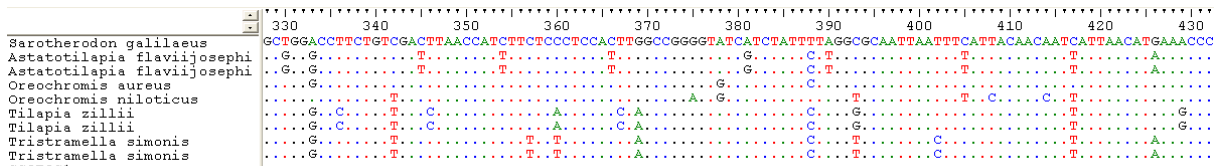
Species	מין	No. of samples	COI Sequenced	Haplotype	Haplotype frequency
<i>Gambusia affinis</i>	גמבוזיה	9	5	Ga	1
<i>Tilapia zillii</i>	אמנון מצוי	29	7	Tz	1
<i>Tristramella simonis simonis</i>	טברנון סימון	15	7	TsA	0.857
				TsB	0.143
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	אמנון גליל	16	16	SgA	0.75
				SgB	0.25
<i>Oreochromis aureus</i>	אמנון ירדן	12	8	OaA	1
<i>Mugil cephalus</i>	קיפון גדול ראש	10	7	Mc	1
<i>Liza ramada</i>	קיפון זהוב	13	9	LrA	0.889
				LrB	0.111
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	כסיף	28	13	HmA	0.769
				HmB	0.231
<i>Garra rufa</i>	עגלסת הנחלים	16	10	GrA(Gg)	0.3
				GrB(Gg)	0.6
				GrC(Gg)	0.1
<i>Clarias gariepinus</i>	שפמנון מצוי	8	5	Cg	1
<i>Cyprinus carpio carpio</i>	קרפיון מצוי	14	8	CcA	1
<i>Barbus longiceps</i>	בינית ארוכת ראש	11	7	BlA	0.571
				BlB	0.429
<i>Barbus canis</i>	בינית גדולת קשקש	14	8	BcA	0.875
				BcB	0.125
<i>Acanthobrama terraesanta</i>	לבנון הכנרת	13	8	AtA	0.625
				AtB	0.125
				AtC	0.125
				AtD	0.125
<i>Capoeta damascina</i>	חפף ישראלי	5	5	CdA	0.6
				CdB	0.4
<i>Salaria fluviatilis</i>	קרנון נחלים	8	8	SfA	0.875
				SfB	0.125
<i>Astatotilapia flavijosephi</i>	אמנונית יוסף	18	8	AfA	0.75
				AfB	0.125
				AfC	0.125

בסה"כ נדגמו 250 דגים מ-17 מינים. עבור כל דג בוצעה הגדרה טקסונומית של המין על סמך מורפולוגיה. מכל המינים הופק דנ"א ורוצף הגן COI, המשמש כברקוד גנטי למינים, בכ-140 דוגמאות המייצגות את 17 המינים שנדגמו. באחד עשר מהמינים נמצא יותר מרצף אחד המייצג את אותו המין (טבלה 1). כל רצף COI שהתקבל נבדק אל מול מאגר המידע העולמי של רצפי ברקוד בדגים כדי לאמת את זהות המין במידה ומידע קודם על מין זה או אחר הופקד בעבר במאגר המידע. במקרים של אי התאמות, נערכה השוואה בין כלל הרצפים של פרטים מאותו המין שנדגמו בכנרת ובמידה שונתרה אי התאמה, נפסל הפרט החריג מן המאגר.

לסיכום מטרה זו, הוקם מאגר לזיהוי מולקולארי של הדגים באגם הכנרת (ובשאר המקומות בהם נפוצים המינים שאופיינו), אשר יכול לשמש בעתיד מטרות שונות כולל ניטור מולקולארי של מינים בצניפות או של מיני דגיגים מאזורי הטלה.

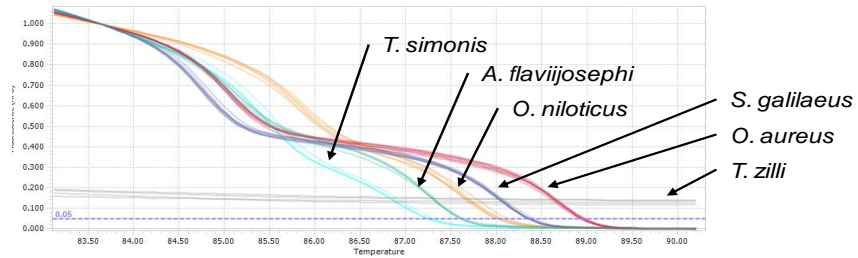
פיתוח שיטה מולקולארית לזיהוי מיני דגים בצניפות

אוטוליטים הוצאו מצניפות קורמורנים לבחינה מורפומטרית. נבחנו דרכים לפירוק הצניפה והוצאת האוטוליט תוך שמירה על הצניפה לצורך הפקת דנ"א. נבחרה הדרך שתאפשר לבצע גם אנליזה מורפומטרית וגם מולקולארית על אותה צניפה תוך פגיעה מינימאלית בדנ"א. נבחנו מספר שיטות להפקת דנ"א משאריות הצניפות שהועברו ונבחרה השיטה שמאפשרת הפקה טובה של דנ"א ממספר גדול של צניפות. על מנת לזהות מולקולארית מיני דגים החלנו בזיהוי של בסיסים פולימורפיים הייחודיים למין זה או אחר. כאן נתקלנו בבעיה של "עודף" וריאציה. כיון שהמינים בכנרת שייכים לסדרות ומשפחות טקסונומיות שונות, מידת השונות בין המינים גבוהה מאוד והרבה מן הבסיסים מראים הבדלים בין המינים אך לאו דווקא באופן ספציפי (איור 1).



איור 1. דוגמא לאזור בגן COI המכיל שונות רבה בין מינים. משמאל - שמות המינים עבורם מוצג הרצף של פרט אחד או יותר (תלוי אם נמצאה שונות בין פרטים בתוך המין). רצף הייחוס העליון שייך לאמנון הגליל ונקודות מתחתיו מציינות בסיסים אלה. בדוגמא זו 6 מיני אמנוניים בלבד. מידת השונות עולה עם הוספת מינים ובמיוחד ממשפחות שונות.

לאור מידת השונות הרבה, פיתחנו בשלב ראשון שיטה לזיהוי מיני האמנוניים השונים בצורה איכותית. שיטה זו מבוססת על הגברה ב-PCR של אזורים השונים גנטית בין המינים וניתוח דגם התכת הדנ"א הדו-גדילי של אזור זה בשיטת ה-High resolution melting (HRM). לכל רצף בעל הרכב שונה של בסיסים ישנה עקומת התכה ייחודית שמאפיינת את המין שממנו הוגבר מקטע זה. בסך הכל פותחה השיטה עבור ארבעה אזורים אשר בנפרד או בשילוב בין זוגות אזורים יזהו את ששת מיני האמנוניים. פיתוח השיטה נעשה על ידי איפיון דוגמאות דנ"א ידועות של כל אחד מהמינים. באיור 2 מוצגת ההפרדה וזיהוי המינים על סמך ניתוח דגמי ההתכה שלהם. בחינת יעילות השיטה נעשה על דוגמאות לא ידועות שהופקו מדגיגים שבשל גילם הצעיר לא ניתן היה לזהות את מינם. על ידי השוואה לעקומות ההתכה של דוגמאות ידועות, ניתן היה לקבוע את מין הדגיג עבור כל אחת מהדוגמאות הלא ידועות.



איור 2. זיהוי איכותי של מיני אמנוניים מהכנרת באמצעות HRM. מוצג הניתוח של עקומות ההתכה עבור מספר פרטים מכל אחד מששת המינים. צבעי העקומות מייצגים את המינים השונים ושמות המינים מקושרים לעקומות בחיצים.

לסיכום מטרה זו, פותחה שיטה לזיהוי איכותי של מיני אמנוניים. יש עדיין לבדוק שיטה זו על תערובות ידועות של דנ"א מהמינים השונים ועל דנ"א שהופק מצניפות כדי לאפשר זיהוי מינים איכותי. שיטה זו, כפי שהראנו יכולה לשמש לזיהוי ומעקב אחר הטלות אמנוניים באזורים ועונות שונות, ככלי לניטור ופיקוח על ייצור הדגיגים באגם. בשל "עודף" הפולימורפיזם שנתגלה בין המינים, זיהוי מינים בשיטה כמותית יצריך פיתוח שיטה אחרת, המבוססת על טכניקות מורכבות ויקרות יותר. מענה להתפתחות לא צפויה זו לא יכול להינתן במסגרת תקציב המחקר הזה ולכן, להמשך פיתוח כזה ידרשו מחקר ותקצוב נוסף.

מסקנות והמלצות לגבי תפעול ממשק הדיג בכנרת

הפרויקט יכול לזקוף לזכותו מספר לא מבוטל של הישגים. אחרי לפחות שני עשורים בהם הדגה בכנרת כמעט שלא זכתה לתשומת לב מחקרית (למרות שקבלה התייחסות רבה בתקשורת), פרויקט זה שם שוב על המפה את מחקרי הדגים בכנרת, כפי שהיה בשנות ה-70 וה-80 של המאה שעברה. נושאים שהועלו בתקשורת וזכו לדיון ציבורי קבלו מענה מחקרי או לפחות התייחסות מחקרית, כמו למשל: תפקיד הצמחייה החופית המוצפת ברביית אמנונים, תופעת האמנונים העיוורים, טריפת אמנונים על ידי קורמורנים, כסיף או נמסיף. בנוסף, ברקוד גנטי לדגי הכנרת עומד לקראת השלמה. פותחה שיטה לסימון דגי אמנון מאוכלסים שתאפשר לכמת את תרומת האכלוס לשלל הדיג. במסגרת הפרויקט הושלמו שלוש עבודות לתואר מוסמך. שיתופי פעולה בין החוקרים ותלמידי המחקר מהמוסדות השותפים השונים (אונ' עברית, אונ' ת"א, אגף הדיג- משרד החקלאות, מנהל המחקר החקלאי, רשות הטבע והגנים, חקר ימים ואגמים לישראל) תרמו להצלחת הפרויקט והביאו להישגיו.

מתבקש שהשיטות והכלים שפותחו בפרויקט ישמשו מעתה והלאה למעקב וניהול ממשק הדגה בכנרת. אם לא תמצא המסגרת הכספית כדי להשתמש בידע, בכלים שפותחו ובאנשים שהוכשרו כדי להשתמש בתוצרי המחקר הזה - ירד לטמיון הישג משמעותי של תכנית מחקר זו.

המלצות לתפעול אגם הכנרת

1. תפקיד הצמחייה החופית: ממצאי המחקר חיזקו ידע קודם לגבי חשיבות צמחייה מוצפת לרביית דגים. אמנוני הכנרת מעדיפים לקנן בתוך או בקרבת צמחייה. תנאים אלו מצויים במיוחד בלגונות מוגנות צמחייה. בהעדר לגונות הם בוחרים לקנן בקרבת צמחייה מוצפת לעומת אזורים חשופים לגמרי מצמחייה. צמחייה דלילה או בינונית בעוצמתה מועדפת כאתר קינון על פני צמחייה סבוכה מאד המגבילה את תנועת הדגים. המלצה: יש להמנע מסילוק צמחייה חופית שלא לצורך. כשיש דרישה מוצדקת לסילוק צמחייה, יש לתכנן פעולה זו כך שיוצרו מסדרונות (שמגדילים את קו המגע צמחייה-מים, edge effect) ובמידת האפשר תוך יצירת אזורים מוגנים מפני פעולת גלים מכיוון הים הפתוח (לגונות).

2. מפלסים: מתחת מפלס מסוים (בסביבות 210.50- מ') באפריל רוב שטחה של לגונת הבטיחה מתייבש בבת אחת. במצב זה הלגונה הגדולה לא זמינה להטלה. התוצאה: הטלה בחופי האגם כולו, ללא הגנה מדיג וטורפים. המלצה: מזעור טווח תנודות המפלס, והימנעות ממפלסים נמוכים.

3. תקנת הדיג: המחקר הראה שקינון האמנונים מוגבל למים הרדודים מאד, לרוב עד 1.5 מ'. המחקר אישר גם שעונת הרבייה של אמנון גליל ואמנון הירדן מתחילה כשטמפרטורת המים מגיעה ל-20 מעלות, לרוב בתחילת אפריל, ונמשכת עד סוף יוני. תקנת איסור הדיג הקיימת תואמת תאריכים אלו ולכן מתוזמנת טוב. עם זאת, התקנה מוגבלת לאזור הבטיחה ולאזורים מצומצמים באגם בעוד שבשנים בהן הבטיחה יבשה- עיקר רביית האמנונים חלה במים הרדודים סביב האגם כולו. בעונה זו מתקיים לחץ דיג אינטנסיבי על הדגים המקננים שקל לתופסם במים הרדודים, דיג שפוגע ברביית המין. המלצה: הרחבה של תקנת איסור הדיג באביב, לכל הכנרת, כפי שנהוג במדינות רבות בעולם, וזאת כדי לעודד הצלחת רבייה טבעית של אמנונים.

4. תופעת העיוורון: ייתכנו גורמים שונים לעיוורון בדגי אמנון בכנרת, כפי שמוכר ממקומות אחרים בעולם. כך למשל במחקר של השירותים הווטרינריים, דווח על מציאת וירוס באמנונים בכנרת ובבריכות הדגים שקשור לתופעה זו. בבדיקות היסטו-פתולוגיות של עיני אמנונים מהאגם נמצא קשר בין תופעת העיוורון לבין נגיעות בטפילים. לאור השינויים שנצפו במהלך המחקר במגוון מיני הטפילים בדגי האגם במיוחד במגוון הטפילים מקבוצת הדינגאה, ולאור העובדה שמקובל בכל העולם להתייחס אל מגוון הטפילים בדגים כאל מדד

ליציבות המערכת האקולוגית כולה, מומלץ להמשיך ולעקוב אחרי מצבם הבריאותי של דגי האגם ואחר מגוון מיני הטפילים שלהם. מסקנת המחקר היתה שאין צורך להתייחס לתופעת העיוורון כאל תופעה מדאיגה במיוחד, בניגוד למה שפורסם בתקשורת.

5. **סימון דגיגים מאוכלסים בסמן מסוג CWT (coded wire tag):** לאחר בדיקת ארבעה סוגי סימון מקובלים בספרות המקצועית נמצא שהשיטה שמתאימה ביותר לסימון דגיגים של אמנון הגליל היא בשיטת התג הפנימי (CWT) שמוזרק לרקמת השריר של הדג. לאחר יותר משנה שלמה של גידול, הסמן נמצא ב-100% מהדגיגים שסומנו, וקצב הגידול שלהם היה דומה לזה של דגי ביקורת שלא סומנו. המלצה: ליישם את שיטת הסימון הנ"ל לדגיגי אמנון הגליל, לשם אומדן יעילות האכלוס.

6. **שונות גנטית:** השונות הגנטית בדגי אמנון הגליל בישראל כולה ובכנרת בפרט נמצאה נמוכה ביותר, בהשוואה לשונות גנטית של הדגים ממין זה מגאנה. בדיקת שונות גנטית בקשקשי אמנונים מהכנרת משנות ה-80 הראתה שבעבר השונות הגנטית הייתה גבוהה יותר. צמצום השונות הגנטית עלול להשפיע לרעה על רבייה והישרדות המין, בעיקר כאשר ישתנו בעתיד תנאי הגידול ולכן מהווה מקור לדאגה. המלצות: (1) להשקיע בהגדלת המגוון הגנטי של אמנון הגליל בכנרת, על ידי ייסוד חומר רבייה המתבסס על וריאנטים נדירים שנמצאו בעין אפק. (2) לבצע מעקב רב-שנתי (כל 5 שנים) אחר השונות הגנטית והמבנה הגנטי של אוכלוסיות, הן של אמנון גליל והן של מינים מאויימים אחרים

7. **ברקוד גנטי של דגי כנרת:** הוקם מאגר מידע לזיהוי מולקולרי של מיני הדגים בכנרת. מאגר זה מקדם באופן משמעותי את יכולת הזיהוי של דגים לרמת המין גם במקרים שהזיהוי המורפולוגי קשה.

8. **טריפת קורמורנים:** בעזרת ברקודינג גנטי של מיני הדגים בכנרת, פותחה שיטה פשוטה לזיהוי איכותי של מיני הדגים בצניפות של קורמורנים. זיהוי הדגים לרמה של מין בצניפות יחד עם המשך מחקר האוטולטיים שמבצעת רט"ג צפוי לשפר את ההערכות על כמות הדגים מכל מין בכנרת הנטרפים ע"י קורמורנים. שיטה זו תכנס לשימוש רוטיני ע"י רט"ג בעקבות המחקר. מומלץ להמשיך השקעה בפיתוח של שיטה מתקדמת יותר למתן מענה כמותי של מיני הדגים בצנפות קורמורנים, וזאת לצורך פיתוח כלי ניטור כמותי ללחצי הטריפה על המינים השונים.

9. **כסיף או נמסיף?** מבדיקת פרמטרים מורפולוגיים (מבנה מסרקי הזימים, אורך המעי, תדירות קוצים מעוגלים, יחס אורך-משקל), פיזיולוגיים (קצבי גידול), התנהגותיים (קפיצות מעל המים) ומולקולריים – אושרה ההשערה שהכסיף שנמצא כיום בכנרת איננו כסיף טהור (שניזון מאצות) אלא מכלוא שלו, נמסיף, שידוע כמין ניזון בעיקר מזואופלנקטון. מכלוא זה לא ממלא את ייעודו בניקוי מי הכנרת מאצות. המלצה: להפסיק את איכלוסו.

10. **תזונת אמנונים:** ממצאי בדיקת תכני קיבה של יותר מ-100 פרטים של אמנון הגליל, מאיזורים ועונות שונים בכנרת, מעידים על שינוי מהותי בהרכב המזון, שבעבר היה מבוסס על פרידיניום, אך בהעדר אצה זו התזונה של בוגרי מין זה מתבססת במידה גדולה מבעבר על זואופלנקטון. גם כסיף (לטענתנו – נמסיף) ניזון כיום בעיקר מזואופלנקטון, ובכך תתכן תחרות על מקורות מזון בין מינים אלו. יש להמשיך לחקור כדי לאשש טענה זו. במקביל, גם מסיבה זו המלצתנו להפסיק את איכלוס הכסיף/נמסיף.

11 **תזונת דגים:** יש לברר מה מקורות המזון של מינים נוספים בעלי חשיבות למארג המזון בכנרת, בעיקר שפמנונים.

12. ניטור דגים – המחקר הנוכחי הסתיים ואסור לתת למצב הקודם, של 2-3 עשורים ללא מחקרי דגים בכנרת, לחזור לקדמותו. יש צורך בניטור של מספר פרמטרים הקשורים בדגי כנרת, כולל: מגוון מינים וכמותם בליטורל של הכנרת, מקורות מזון למינים העיקריים, טפילים בדגים, שונות גנטית, אתרי הטלה. את רוב הפרמטרים הנ"ל אפשר לנטר בתדירות של אחת ל-5 שנים.

13. כללי:

13.1 יתרון המחקר האינטגרטיבי בכך שהוא מאפשר בחינה של נושא מסוים מזוויות שונות והיבטים שונים. הדיונים שהתפתחו בפגישות צוותי המחקרים השונים הפרו את התוצר של כל אחד מהמחקרים כך שהערך המוסף משיטת עבודה זו היה גבוה. להבנתנו זו דרך טובה לקיים מחקרים המכוונים בסופו של דבר לגיבוש המלצות תפעוליות, ולכן המלצתנו היא כי ה"קולות קוראים" הבאים יבחנו סוגיה מסוימת ממספר היבטים שלה והמחקר כולו יאוגד תחת כנפיו של גורם אחד אשר יהיה אחראי לגיבוש התובנות הכוללות וההמלצות התפעוליות.

13.2 בתכנית מחקר זו פותחו שיטות וכלים אשר יכולים מעתה והלאה לשמש למעקב וניהול ממשק ניהול הכנרת. אם לא תמצא המסגרת הכספית כדי להשתמש בידע, בכלים שפותחו ובאנשים שהוכשרו כדי להשתמש בתוצרי המחקר הזה לניהול הממשק בכנרת, ירד לטימיון הישג משמעותי של תכנית המחקר הזו.

לסיכום, המידע על דגי הכנרת הורחב באופן משמעותי אך עדין יש צורך באישוש וחיזוק הממצאים.

סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת). שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.
הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
צמצום פערי ידע באשר לדגה בכנרת (עם דגש על אמנון הגליל) שיסייעו בקבלת החלטות לגבי ממשק הדייג.
התחומים שהוגדרו כפערי ידע: כימות תרומת האכלוס של אמנון הגליל לשלל הדייג, תופעת העיוורון שנצפתה באמנוני כנרת, תזונת המינים המסחריים במצב של מערכת אקולוגית שמתפקדת שונה מזו שבה נחקרה בעבר תזונת הדגים, התנאים להצלחת הרבייה של אמנונים, והשפעת טריפה על ידי קורמורנים.
עיקרי התוצאות.
השונות הגנטית בדגי אמנון הגליל בישראל קטנה ביותר, מצב שמפחית יכולת עמידות בשינויים סביבתיים.
תופעת העיוורון נדירה יחסית; נמצא קשר לטפילים בעיניים. בתקופת המחקר זואופלנקטון היווה מרכיב מזון עיקרי של אמנון הגליל וגם של כסיף. אמנונים מעדיפים לקנן בינות או בסמיכות לצמחייה מוצפת, עם יתרון בולט לאזורים לגונאריים. בוצע אפיון גנטי של כלל מיני הדגים בכנרת (ברקוד) שיתרום לזיהוי המין בצניפות ציפורים ולמחקרי דגים בכלל.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
הושגו רוב מטרות המחקר שהוצבו. נמצא ששיטת התג הפנימי הזעיר מתאימה לסימון דגיגי א. גליל מאכלוס. לטובת רביית האמנונים, יש לדאוג לשימור הצומח המוצף בליטורל ולאפשר כיסוח שלו רק במסדרונות או ליצירת לגונות וכן למזער את טווח תנודות המפלס. מאגר המידע המולקולארי והשיטה שפותחה לזיהוי איכותי מהווים בסיס חדש למחקרי דגים בכנרת. בניגוד לפרסומים בתקשורת - לא נשקפת סכנה בריאותית לדגי הכנרת.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר
יש להעמיק המחקר לגבי האפשרות של תחרות בין אמנון הגליל וכסיף על מקורות מזון (זואופלנקטון) יש וללמוד את מקורות המזון של מיני מפתח אחרים כמו שפמנון.
יש להוסיף לתכנית ניטור כנרת פרמטרים של דגים: הרכב מינים בליטורל, תזונה, שונות גנטית, טפילים.
יש להמשיך בפיתוח שיטות מולקולריות לזיהוי מיני הדגים בצורה כמותית , בנוסף לשיטה האיכותית שפותחה על ידנו.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
ראו בדף הבא רשימה של 3 תיזות, 4 מאמרים 41 הרצאות בכנסים מדעיים, כולם כתוצאה ממחקר זה.
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
< ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
< חסוי – לא לפרסום: יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -
כן

רשימת תיזות, פרסומים והרצאות כתוצאה מפרוייקט זה:

תיזות:

1. דוד קמינגס – קינון והטלה של אמנוני הכנרת. עבודה לתואר מוסמך באוני' ת"א, בהנחיית מ' גורן ות' זהרי. הגשת התיזה צפויה בשנת הלימודים 2015.
2. תומר בורובסקי - אפיון השונות הגנטית והמבנה האוכלוסייתי של אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*) והקמת בסיס נתונים לזיהוי גנטי של דגי הכנרת. עבודה לתואר מוסמך בפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית, בהנחיית ל' דוד וג' חולתא. הגשת התיזה צפויה בשנת הלימודים 2015.
3. גיא רובינשטיין – פיתוח שיטה לסימון דגי אמנון גליל לצורך מדידת הצלחת אכלוסם בכנרת מההיבט הביולוגי והכלכלי. עבודה לתואר מוסמך באוני' חיפה בהנחיית א' שפניר, מ' גורן, א' אוסטרובסקי וש' פרימן. התיזה הוגשה בנוב' 2014.

מאמרים

- ד קמינגס, ת זהרי, מ גורן, א גזית. 2013. סקר הטלות אמנונים בכנרת. חדשות כנרת 34: 28-33.
- ד מרקל, ת זהרי, א גבאי, א גזית. 2012. מציאת פתרון משמר לבעיית הצמחייה החופית בכנרת. אקולוגיה וסביבה
- Caffara et al. (2014) Redescription of *Clinostomum phalacrocoracis* metacercariae (Digenea: Clinostomidae) in cichlids from Lake Kinneret, Israel. Parasite 21:32.

Zohary, T. and Gasith A. (2014). The Littoral zone. Chap. 29 In: Zohary T., Sukenik A, Berman T, Nishri A. [eds] Lake Kinneret: Ecology and Management, pp. 517-532. Springer, Heidelberg

חלק מתוצאות המחקר הוצגו בע"פ בכנסים הבאים:

- Borovski T., Shapiro J., Rubinstein G., Agyakwah SK., Hulata G., David L. (2013) Low genetic variation and the decline in population size of *Sarotherodon galilaeus* in the Sea of Galilee. In: ISTA 10 – The 10th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Jerusalem, Israel, 6-10 October 2013.
- Cummings D., Zohary T., Gasith A., Rubinstein G., Ofek T., and Goren M. (2013) The utilization of flooded vegetation by cichlids for spawning and recruitment in Lake Kinneret. The 10th annual meeting of the Israeli Association for Aquatic Sciences. May 22, 2014. The Peres Center For Peace, Tel Aviv - Jaffa, Israel
- David L., Borovsky T., Golani D., Rubinstein G. Shapiro J. and Hulata G. (2012) Genetic diversity and population structure of *Sarotherodon galileus* in Israel. In: The 9th annual meeting of the Israeli Association for Aquatic Sciences. June 13-14, 2012. Kinneret College, Zemach, Israel.
- Falk R., Smirnov M., Davidovich N., Ofek T. and Cummings D. (2013) Parasitological survey of Cichlidae in the Sea-of-Galilee. In: ISTA 10 – The 10th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Jerusalem, Israel, 6-10 October 2013.

