

# ניטור חוות גידול הפורלים באגן הכנרת

סיכום רב-שנתי  
2006-2010



עידן ברנע<sup>1</sup>, דורון מרקל<sup>2</sup>, דפנה עמר<sup>2</sup>,  
יגאל נאור<sup>3</sup>, אורן רייכמן<sup>1</sup> וגרשון מלמן<sup>1</sup>

1- מיג"ל – מרכז ידע גליל

2- רשות המים – תחום כינרת

3- מנהלת הכינרת

דצמבר 2011

מוגש לרשות המים



## תוכן העניינים

### עמוד

1	1. מבוא
2	1.1 תיאור חוות גידול הפורלים
2	1.1.1 חוות הפורלים בקבוץ דן
4	1.1.2 חוות הפורלים בקבוץ דפנה
6	1.1.3 בריכות הפורלים בחוות "שיאון" (יוקי)
8	2. שיטת הניטור
11	2.1 מיקום נקודות הדיגום
11	2.1.1 חוות הדן
12	2.1.2 חוות דפנה
12	2.1.3 חוות 'שיאון'
13	3. תוצאות
13	3.1 תרומת מזהמים כוללת מחוות הפורלים
15	3.2 תרומת מזהמים מחוות פורלים קבוץ דן
17	3.3 תרומת מזהמים מחוות פורלים קבוץ דפנה ומחוות שיאון
19	3.4 תרומת מזהמים סגולית
21	3.5 השוואה בין זרחן כללי לזרחן מומס
22	4. סיכום
23	5. מסקנות

תמונת שער - המסנן התופי במוצא דן 4 (צילם: יגאל נאור).

## רשימת טבלאות

### עמוד

2.....	סיכום נתוני חוות פורלים דן לשנים 2006-2010	טבלה 1
4.....	סיכום נתוני חוות פורלים דפנה לשנים 2006-2010	טבלה 2
6.....	סיכום נתוני בריכות פורלים חוות שיאון לשנים 2006-2010	טבלה 3
9.....	פירוט דגימות המים (ידני ומורכב) מחוות הדן בשנים 2006-2010	טבלה 4
10.....	פירוט דגימות המים (ידני ומורכב) מחוות דפנה ושיאון בשנים 2006-2010	טבלה 5
13.....	תרומת מזהמים מכלל חוות הפורלים בשנים 2006-2010 (טון\שנה)	טבלה 6
15.....	תרומת המזהמים מחוות פורלים דן בשנים 2006-2010 (טון\שנה)	טבלה 7
19.....	תרומת מזהמים סגולית מחוות הפורלים בשנים 2006-2010	טבלה 8

## רשימת איורים

### עמוד

3.....	כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים דן	איור 1
5.....	כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים דפנה	איור 2
7.....	כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים "שיאון"	איור 3
11.....	תצלום אויר של חוות דן, נקודות הדיגום ומערכת המסננים במוצא דן 2	איור 4
12.....	תצלום אויר של חוות דפנה, נקודות הדיגום והמסנן במוצא	איור 5
12.....	תצלום אויר של חוות "שיאון" (יוקל) ונקודות הדיגום והמסנן במוצא	איור 6
14.....	תרומה שנתית של המזהמים מחוות גידול הפורלים בשנים 2006-2010	איור 7
16.....	פילוג חודשי של תרומות המזהמים מחוות הדן בשנים 2006-2010	איור 8
18.....	פילוג חודשי של תרומות המזהמים מחוות דפנה ושיאון בשנים 2006-2010	איור 9
	תרומה שנתית סגולית של הזרחן כללי והמומס הכללי מחוות הפורלים	איור 10
20.....	בשנים 2006-2010	
21.....	היחס בין זרחן מומס לכללי הנתרם מחוות הפורלים בשנים 2006-2010	איור 11

## 1. מבוא

ניטור הכנרת ואגן ההיקוות הכרחי לצורך תפעולה הנכון של הכנרת כמקור לאספקת מים ובמיוחד במצב הנוכחי של תפעול במפלסים נמוכים והשינויים במערכת האקולוגית. החשש הקיים מפריחה של כחוליות בכנרת כתוצאה מתוספת זרחן שמקורו מאגן ההיקוות (בשילוב עם ריכוזי חנקן נמוכים באגם), מחייב מאמץ מיוחד להקטנת כמויות הזרחן המגיעות לאגם, בין היתר גם מחוות הגידול של הפורלים. חוות גידול הפורלים דורשות גידול המבוסס על זרימת מים קרים בספיקה גבוהה וברמות חמצן גבוהות. משום כך, ממשק הגידול של הפורלים שונה ממשק הגידול של דגים אחרים בישראל בכך שזמן השהות של המים בחווה קצר ביותר (פחות משעה) והמים מוחזרים כמעט מיידית לנחל. יש לכך חסרון מבחינת פליטת זיהום מאחר והספיקה הגבוהה גורמת להעברת כל יתרת המזון ופליטת הדגים למוצא החווה ומשם לנחל ולכנרת.

עקב כך החל ניטור איכות המים ביציאה מבריכות הפורלים בגליל העליון כבר בשנת 1994, במימון משותף של רשות המים (נציבות המים דאז) ומגדלי הפורלים, במגמה להעריך את כמות המזהמים הנפלטים מהחווה אל הירדן והכנרת ולנסות להביא למזעורה. הניטור בחוות הגידול נערך בהתאם לתוכנית קבועה ובהתאם לסיכומים ולהחלטות של ועדת הפורלים המשותפת לרשות המים, המשרד לאיכה"ס, רשות הטבע והגנים, מנהלת הכנרת ומגדלי הדגים. המלצות ועדת הפורלים מועברות למנהל רשות המים לשם קבלת החלטות תפעוליות לצמצום הזיהום הנגרם לכנרת.

במסגרת הניטור נדגמים מי בריכות חוות הפורלים בקבוץ דן, בריכות הפורלים בקבוץ דפנה ובריכות הפורלים בחוות "שיאון" (יוקל). בנוסף לאלה נדגמו גם הברכות המזרחיות ובתוכן בריכות החדקנים. בריכות אלו מקבלות את מימיהן ממעין הדן ומזרימות אותם לבריכות הקרפיונים ומשם למאגר שיקוע ולנחל חרמון. ניטור בריכות הדגים של דפנה ודן מאפשר מעקב אחר המזהמים הנפלטים מבריכות הפורלים בהמשך מסלול זרימתם אל הכנרת. יחידת הפקוח של מנהלת הכנרת עוקבת אחר פעולתם ותקינותם של המסננים המטפלים במים המוחזרים לנחלים בחוות הפורלים.

בעבר אימצה ועדת הפורלים את התקן הדני העוסק בתוספת **ריכוז** הנוטריינטים למים. אולם, נכון להיום ובדומה לנהוג בעולם, מונהג תקן העוסק ב**עומס** (ריכוז הנוטריינט כפול ספיקת המים) הנוטריינטים הנפלט מהחווה. הסיבה כי נבחר תקן המתייחס לתוספת העומס ולא לתוספת הריכוז נעוצה בכך שהכנרת כאגם אינה מושפעת משינוי רגעי של ריכוז זרחן או חנקן, אלא משינויים בעומסים של נוטריינטים אלו לאורך תקופות של חודש עד שנה.

ועדת הפורלים קבעה תקן עומסי פליטה שלא יעלו על 420, 85 ו 70 ק"ג זרחן כללי לחודש מחוות פורלים דן, חוות דפנה וחוות שיאון בהתאמה. בנוסף קבעה הועדה ספי פליטה שנתיים של 0.6 ו- 0.5 טון זרחן כללי בשנה מחוות פורלים דן, דפנה ושיאון בהתאמה. למרות החרגיגות שאירעו מעת לעת בפליטה החודשית, התייצבה הפליטה השנתית על ערכי הסף שנקבעו, דבר שהביא את הפליטה הכוללת ב 2010 לרמה של 4.1 טון זרחן כללי לשנה ואף נמוך מכך בשנים 2008-2010 לעומת 5.5 טון זרחן כללי ב 2006.

הניטור והמעקב הקבוע אחר פליטת המזהמים מבריכות גידול הפורלים, מאפשר להעריך ביתר דיוק את השפעת גידול הפורלים על איכות המים בכנרת ולהמליץ על שיפורים שונים כמו שינויים בתזונת הדגים והכנסת המסננים במוצאי החוות לשם הפחתת עומסי הזיהום הנפלטים מהחוות.

## 1.1 תאור חוות גידול הפורלים

### 1.1.1 חוות גידול - קבוץ דן

שטח החווה עומד על כ- 15 דונם, ייצור הדגים עלה מ- 2006 ועד 2010 בהדרגה מ- 360 טון לשנה ועד ל- 422 טון דגים לשנה, גידול של כ- 15% במשך כ- 5 שנים (טבלה 1). השימוש במים התייצב על כ- 50 מלמ"ק בשנים האחרונות לעומת כ- 70 מלמ"ק בתחילת העשור. ניצולת המזון אף היא השתפרה ועומדת על יחס של כ- 1.35 (טון מזון/טון דגים משווקים). המים המסופקים לחווה עוברים את הבריכות ומוחזרים לנחל דן בשלושה מוצאים כפי שמתואר באיור 1:

**במוצא ראשון - דן 2** (תעלת הבטון) - מוחזרים לנחל דן, לאחר מעבר בגוש הבריכות הראשון והשני. מים אלה עוברים דרך שני מסנני סרט ומסנן תופי גדול המרחיקים חלקיקים בגודל  $80\mu\text{m}$  ומעלה.

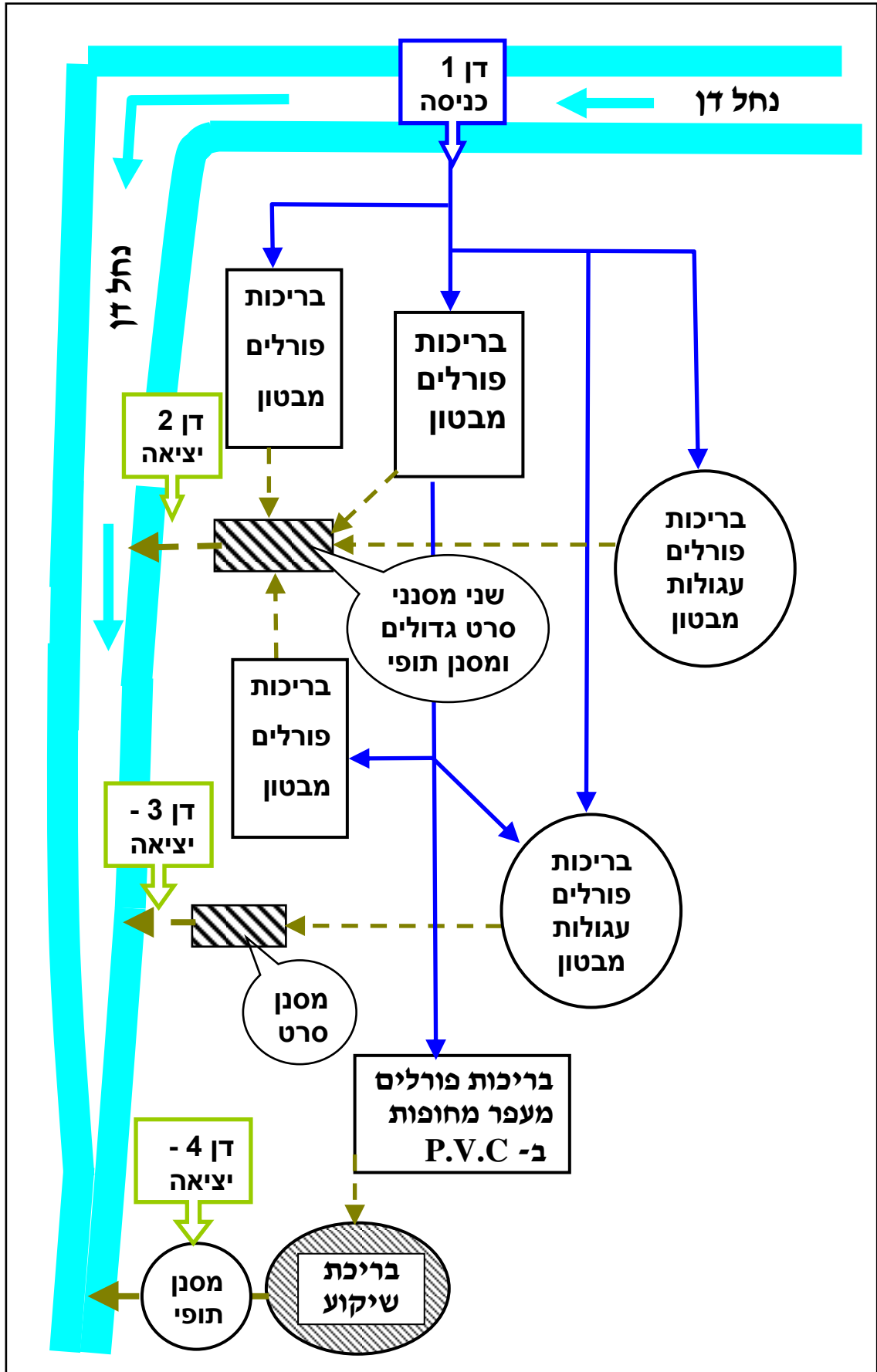
**במוצא השני - דן 3** (צינור) - המים החוזרים לנחל עוברים שימוש בגוש בריכות שני, ואח"כ טפול במסנן סרט ( $80\mu\text{m}$ ) קטן יותר מהראשון.

**במוצא השלישי - דן 4** (תעלת העפר) - המים עוברים את גוש הבריכות השלישי ומוחזרים לאחר טיפול במסנן תופי המרחיק חלקיקים הגדולים מ-  $80\mu\text{m}$ .

הבוצה המצטברת במסננים המותקנים במוצאים השונים ואשר נעמדת בכ- 800 מ"ק לשנה, נאספת ומסולקת אל המערכות האזוריות המטפלות בשפכים, דהיינו מט"ש הגושרים. מדידות ספיקה במוצאים אלה נעשות ע"י השרות ההידרולוגי אך לעיתים קרובות לוקה המדידה בחוסר דיוק בגלל תנאי הזרימה והשטח. מדידת הספיקה בכניסה מנחל דן אל חוות הפורלים (דן 1) עדיין אינה מתבצעת. רשות המים (השרות ההידרולוגי) פועלת להתקנת אמצעי מדידה מתאים אולם, עד כה לא הותקן.

**טבלה 1.** סיכום נתוני חוות פורלים דן לשנים 2006-2010.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2006	360	68	612	1.7
2007	369	52.1	614	1.66
2008	394	46.1	647	1.64
2009	415	50.3	625	1.51
2010	422	50	570	1.35



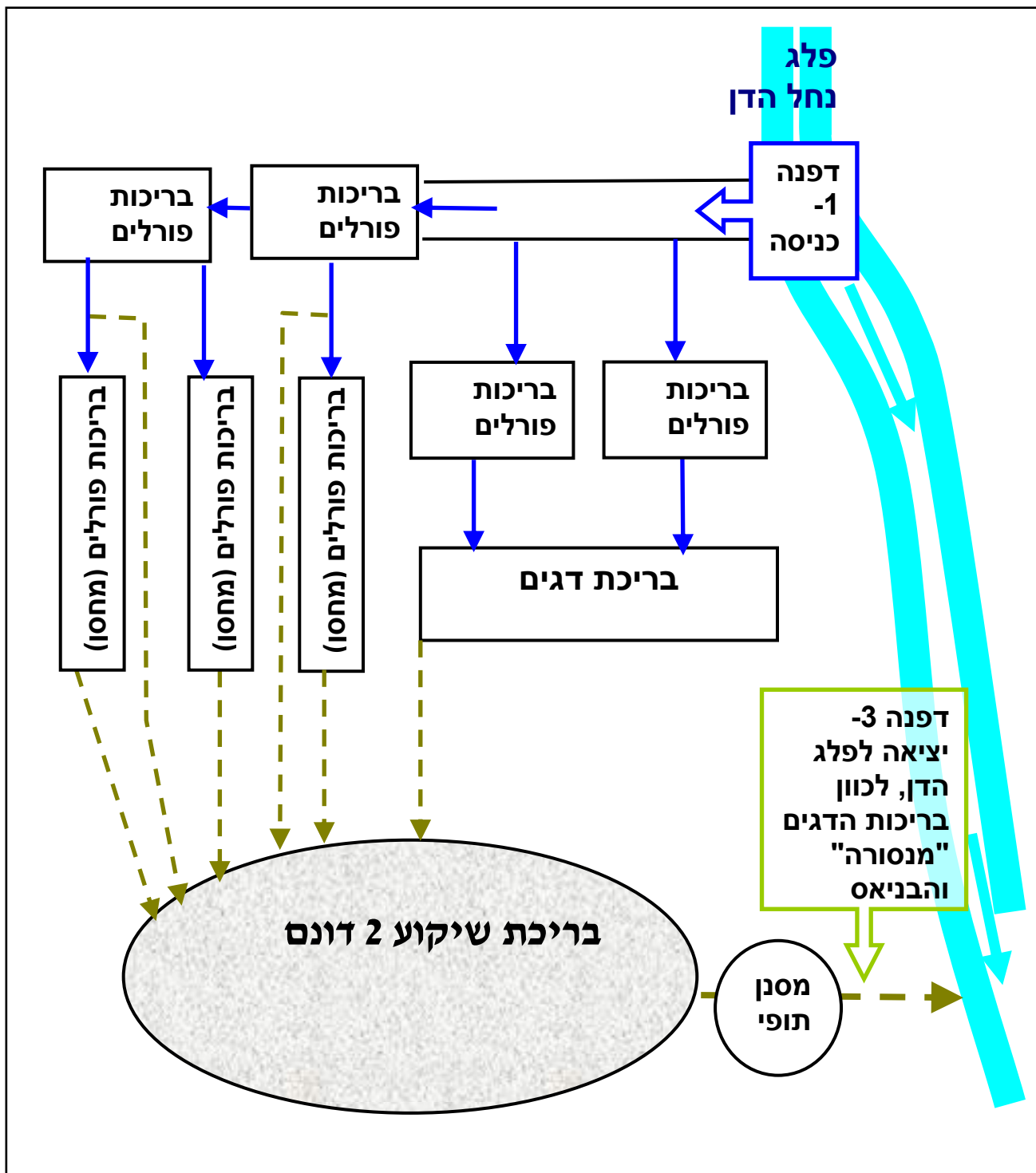
איור 1. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים דן.

### 1.1.2 חוות פורלים קבוץ דפנה

שטח בריכות חוות הפורלים של קבוץ דפנה עומד על כ- 1.3 דונם. החווה ניזונה ממים שמקורם ב"פג דפנה" אחד מפלגי נחל הדן (מתפצל מהדן במורד מוצאי בריכות הפורלים של קבוץ דן) בכמות של כ- 12 מלמ"ק בשנה (הערכה) (איור 2). ביציאה מחוות הפורלים קיים מסנן תופי המרחיק חלקיקים בגודל  $80\mu\text{m}$  ומעלה. הבוצה מהמסנן התופי מועברת בצינור למטי"ש הגושרים. המים מוזרמים מהמוצא חזרה אל הפלג המזין, בהמשך לכוון בריכות דגי הקרפיונים של קבוץ דן (בשטח "מנסורה") ומשם חזרה אל נחל הבניאס. עד כה, אין מדידת ספיקה בכניסה או ביציאה מהבריכות ונושא זה ראוי לתיקון. כמות הדגים המשוקת ירדה מכ- 80 טון דגים לשנה ב- 2006 עד ל- 65 טון דגים בשנה ב- 2010. כמות המזון לא ירדה באותו אופן ועל כן גם ניצולת המזון ירדה עם השנים (טבלה 2).

טבלה 2. סיכום נתוני חוות פורלים דפנה לשנים 2006-2010.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2006	80	13.8	125	1.56
2007	75	13.8	105	1.4
2008	65	13.8	110	1.72
2009	64	13.8	112	1.75
2010	65	13.8	115	1.77



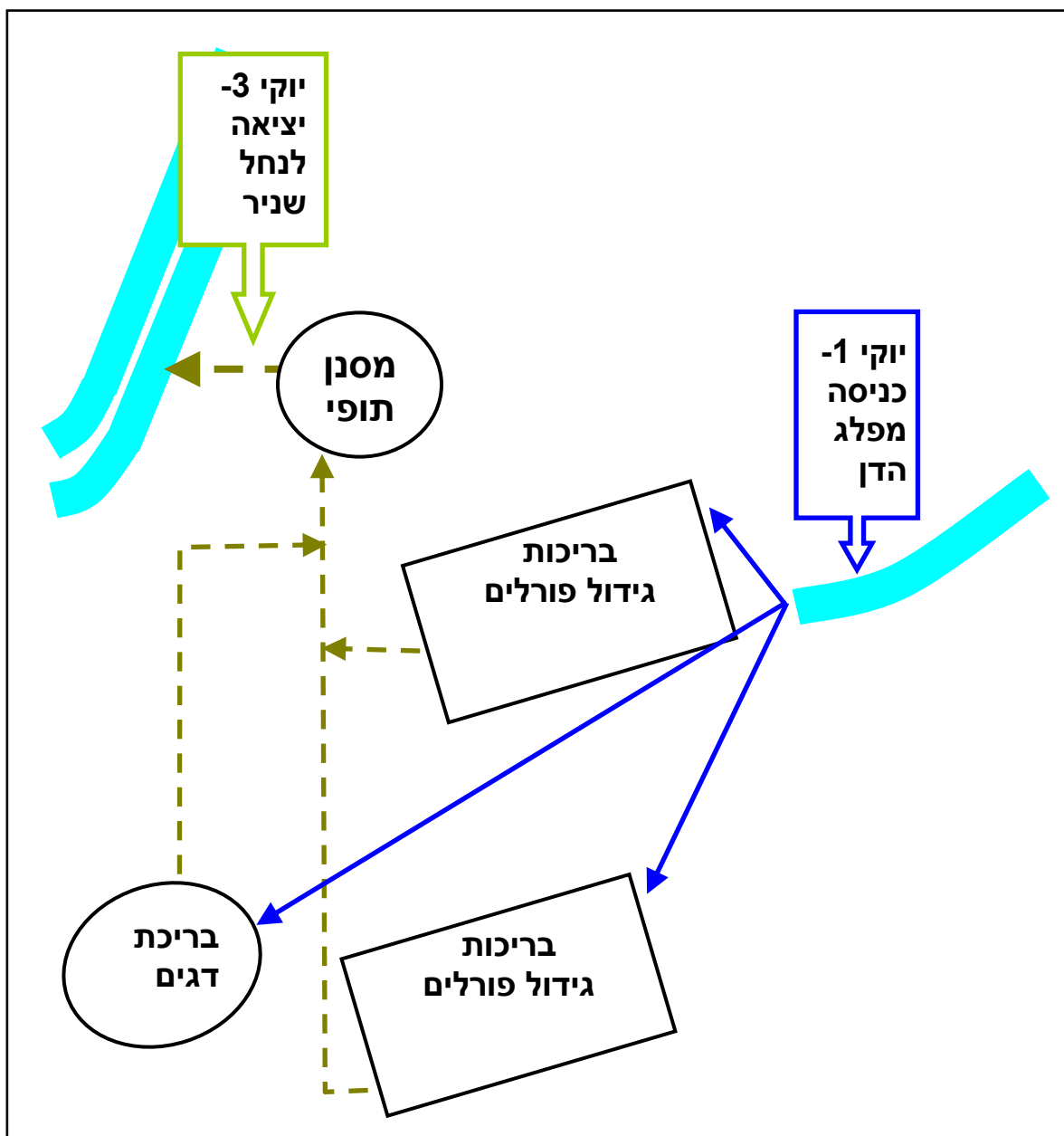
איור 2. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות הפורלים בקיבוץ דפנה.

### 1.1.3 בריכות פורלים חוות "שיאון" (יוקי)

הגידול בחוות 'שיאון' מתבסס על כ- 1.2 דונם בריכות (בעומק כ- 1 מ'). גם בחווה זו כמות הדגים ירדה עם השנים ועומדת ב- 2010 על כ- 53 טון, כמות המזון אומנם ירדה עם השנים באותה מגמה כך שניצולת המזון נשארה יציבה יחסית עם עליה קטנה. לצורך הגידול נעשה שימוש בכ- 10 מלמ"ק מים בשנה (הערכה). מקור המים באחד מפלגי הדן, הממשיך בזרימתו לכוון נחל שניר (החצבאני) (איור 3). המים עוברים דרך מסנן תופי לפני שחרורם אל נחל שניר, חלקיקים מעל גודל של 80µm מופרדים והבוצה מהמסנן התופי מפונה למט"ש הגושרים (משנת 2010). המזון מיוצר באקסטרוזיה במכון התערובת בצמח או במילובר ("שיווק רענן").

**טבלה 3.** סיכום נתוני בריכות פורלים חוות שיאון לשנים 2006-2010.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2006	67	10.2	98	1.46
2007	79	10.2	112	1.42
2008	54.5	10.2	93.5	1.72
2009	50.6	10.2	82.9	1.64
2010	53	10.2	81.3	1.53



איור 3. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות גידול הפורלים - "שיאון" (יוק).

## 2. שיטת הניטור

הדיגום בחוות גידול הפורלים מתבצע על בסיס קבוע ב- 9 נקודות ע"י יגאל נאור, פקח מנהלת הכנרת. הדיגום מתחלק לדיגום מורכב (ע"י דוגם אוטומטי) ודיגום ידני, כאשר הדיגום האוטומטי אמור לתת תמונה רציפה ואמיתית יותר לריכוזי המזהמים הנפלטים חזרה לנחל. הדוגם האוטומטי המוצב במוצא המים אוסף 200 מ"ל כל 4 שעות במשך 7 ימים ומועבר בתום כל שבוע לנקודת הדיגום הבאה. במקביל נלקחות דגימות ידניות בכל נקודות הדגימה, כשלושה ימים לאחר הפעלת הדוגם האוטומטי, ע"מ לשמר את רצף הניטור. דוגמת מים ידנית נלקחת מהמוצא שהותקן בו הדוגם האוטומטי לצורך השוואה. פירוט הדיגומים בחוות דן מופיעים בטבלה 4 ופירוט הדיגומים בחוות דפנה ו'שיאון' בטבלה 5.

האנליזות נערכות במעבדת הכימיה במיג"ל בקריית שמונה. הפרמטרים הנבדקים כוללים זרחן כללי (TP), זרחן מומס (TDP) ומוצקים מרחפים (TSS). תוצאות חריגות של ריכוזי המזהמים שהתקבלו מהאנליזה לא הוכנסו לממוצעים ע"מ לא לעוות את התמונה הכוללת. חישוב הכמות החודשית הנתרמת נעשה ע"י הכפלת הספיקה החודשית בהפרש בריכוז המזהם בין מוצא לכניסה. לדוגמא:

**תרומת מזהם = (ריכוז ממוצע של המזהם במוצא - ריכוז ממוצע של המזהם בכניסה) \* ספיקה חודשית במוצא**

בכדי להגדיל את משקלן היחסי של הדגימות המורכבות (שבוע ימים) תוצאות האנליזה שלהן הוכפלו 7 פעמים. כאשר בנקודה מסוימת לא נלקחו דגימות במהלך החודש (או שנלקחה רק דגימה בודדת) הערך המוצג הוא הממוצע השנתי באותה נקודה.

טבלה 4. פירוט דגימות המים (ידני ומורכב) מחוות הזן בשנים 2006-2010.

שנה	חודש	דיגום מורכב				דיגום ידני					סה"כ	
		דן 5	דן 4	דן 3	דן 2	סה"כ	דן 5	דן 4	דן 3	דן 2		דן 1
2006	1		1		1	5	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1		15	3	3	3	3	3	2
	3			1	1	10	2	2	2	2	2	3
	4	1	1			10	2	2	2	2	2	4
	5				1							5
2007	1				1	7	1	1	1	3	1	1
	2	1	1	1		15	3	3	3	3	3	2
	3				1	6	1	1	1	2	1	3
	4			1		5	1	1	1	1	1	4
	5	1	1			10	2	2	2	2	2	5
	6		1	1	1	15	3	3	3	3	3	6
	7	1			1	10	2	2	2	2	2	7
	8	1	1	1		15	3	3	3	3	3	8
	9			1	1	10	2	2	2	2	2	10
	10	1	1			10	2	2	2	2	2	11
	11			1	1	9	2	2	1	2	2	12
	2008	1	1	1			10	2	2	2	2	2
2			1	1	1	15	3	3	3	3	3	2
3		1				5	1	1	1	1	1	3
4					2	10	2	2	2	2	2	4
5		1	1	1	1	10	2	2	2	2	2	5
6					1	5	1	1	1	1	1	6
7		1	1	1		15	3	3	3	3	3	7
8				1	1	10	2	2	2	2	2	8
9		1	1			10	2	2	2	2	2	9
10				1	1	15	3	3	3	3	3	11
11		1				6	1	2	1	1	1	12
2009		1					15	3	3	3	3	3
	2	1	1			5	1	1	1	1	1	2
	3		1	1	1	20	4	4	4	4	4	3
	4	1				20	4	4	4	4	4	5
	5		1	1	1	5	1	1	1	1	1	6
	6	1			1	15	3	3	3	3	3	7
	7	1	1	1		17	3	3	4	4	3	8
	8					1		1				9
	9			1	1	10	2	2	2	2	2	10
	10	1	1			10	2	2	2	2	2	11
	11		1	1		16	3	3	3	4	3	12
	2010	1	1				5	1	1	1	1	1
2			1	1	1	15	3	3	3	3	3	2
3		1				5	1	1	1	1	1	3
4				1	1	14	2	3	3	3	3	4
5			2			5	1	1	1	1	1	5
6					1	21	2	5	5	4	5	6
7						12		3	3	3	3	7
8			1	1	1	12		3	3	3	3	8
9				1	1	4		1	1	1	1	9
10			1			4		1	1	1	1	10
11				1	1	12		3	3	3	3	11
12			1			4		1	1	1	1	12
סה"כ	94	20	25	23	26	510	88	106	104	108	104	

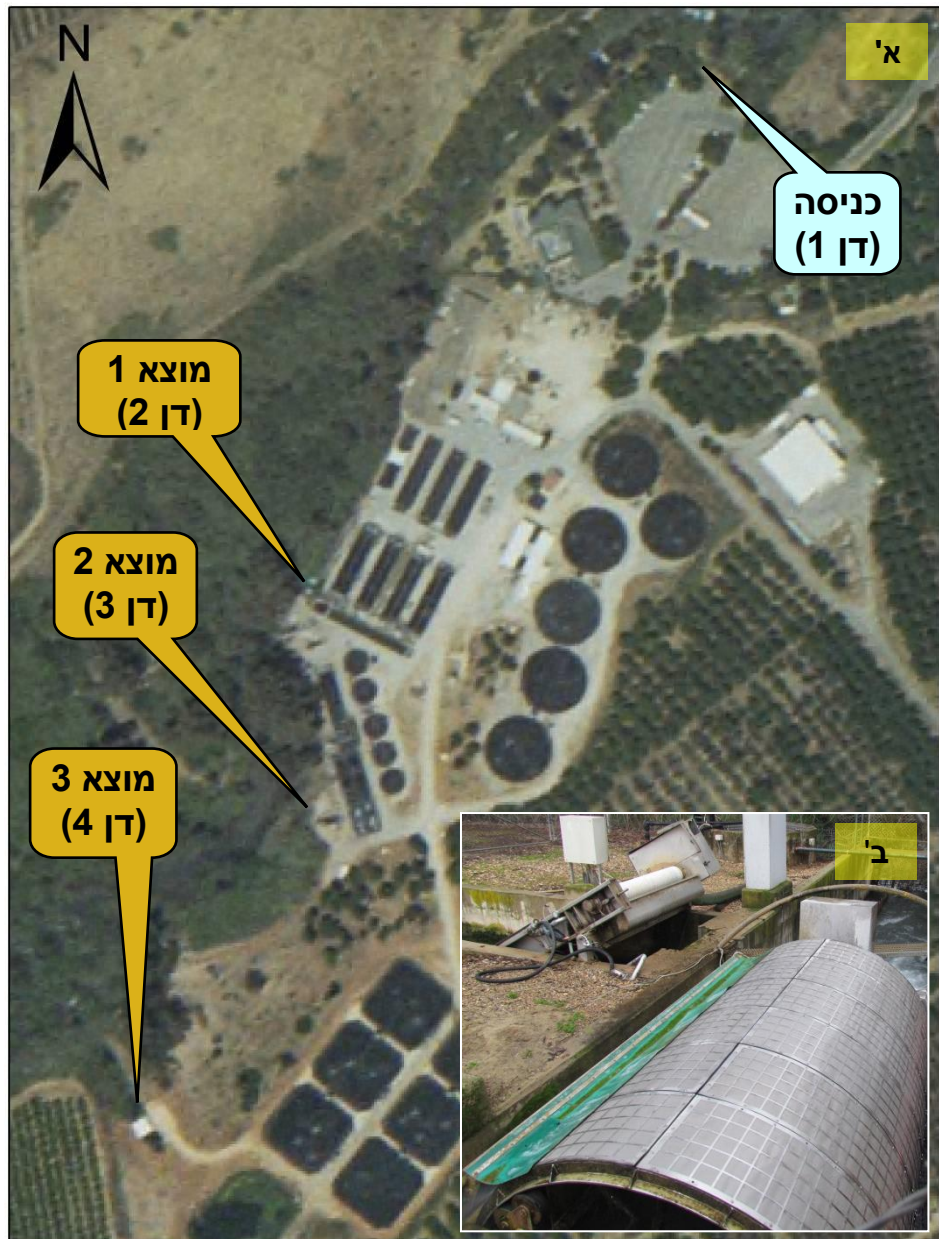
טבלה 5. פירוט דגימות המים (ידני ומורכב) מחוות דפנה ושיאון בשנים 2006-2010.

שנה	חודש	דיגום ידני			דיגום מורכב			
		דפנה 1	דפנה 3	יוקי 1	סה"כ	דפנה 3	יוקי 3	סה"כ
2006		1	1	1	4	1	2	1
		1	1	1	4	1	2	3
		1	1	1	4	1	1	5
2007		1	1	1	4	1		1
		1	1	1	4	1		2
		1	1	1	4	1	1	3
		1	1	1	6	2	1	5
		1	1	1	6	2	1	7
					2	1		8
		1	1	1	4	1	1	9
					2	1		11
		1	1	1	4	1	1	12
		1	1	1	4	1	1	1
2008					2	1		2
		1	1	1	4	1	1	3
		1			2	1	1	4
		1	1	1	4	1	1	6
					4	1		7
		1	1	1	2	1	1	8
					4	2		9
		1	1		2	1	1	10
		1	1		2		1	11
		1	1	1	6	2	1	12
2009					8	2	2	1
		1	1	1	6	2	1	2
					4	2		3
		1	1	1	4	1	1	4
					2	1		5
		1	1	1	6	2	1	6
					6	3		7
					10	4	1	8
					4	1	1	9
		1	1	1	2	1		10
2010		1	1	1	7	2	1	11
		1			6	3		12
		1	1	1	7	3	1	1
					6	3		2
		1	1	1	9	4	1	3
					4	2		4
		1	1	1	8	3	1	5
					14	4	3	6
					12	3	3	7
					12	3	3	8
				2	1	1	9	
	1	1	1	10	3	3	10	
	1	1	1	10	4	1	11	
	1	1	1	11	3	2	12	
סה"כ		24	25	254	86	44	82	42

## 2.1 מיקום נקודות הדיגום

### 2.1.1 חוות הדן

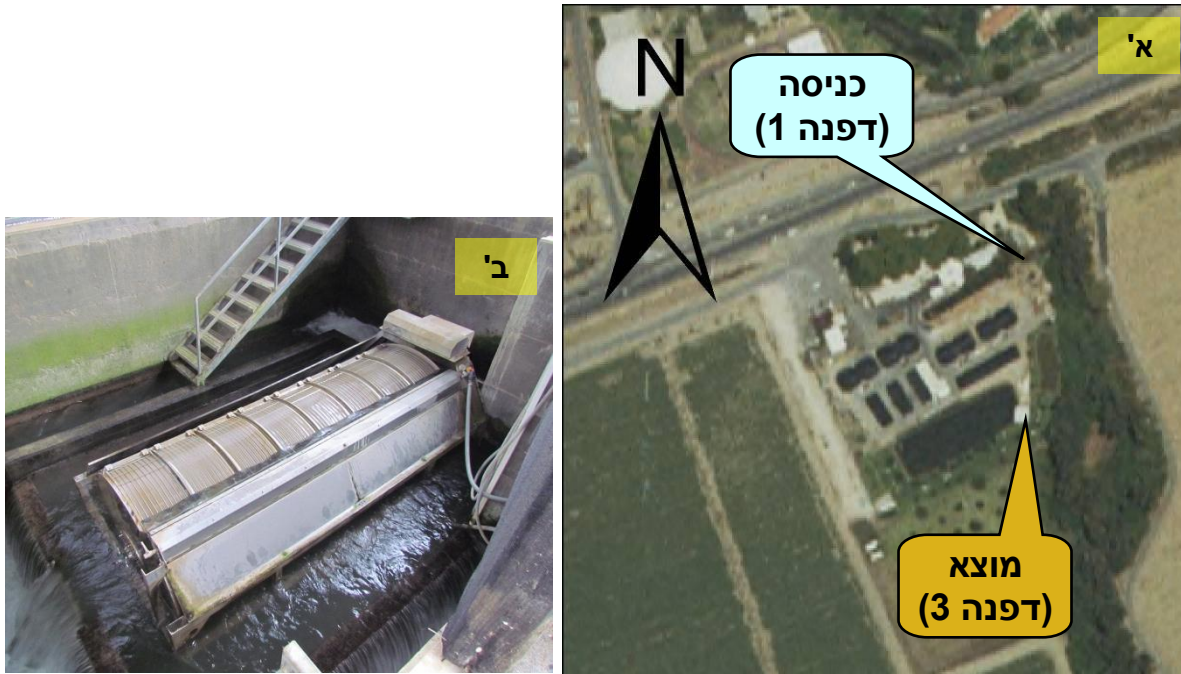
- דן 1 - נ.צ. 210845/294530 - כניסת נחל דן לבריכות הפורלים בקבוץ דן.  
דן 2 - נ.צ. 210688/294313 - מוצא בריכות הפורלים בדן (תעלת הבטון) אחרי טפול בשני מסנני הסרט והמסנן התופי הגדול אל נחל דן.  
דן 3 - נ.צ. 210696/294233 - מוצא בריכות הפורלים בדן אחרי מסנן הסרט (צינור) אל נחל דן.  
דן 4 - נ.צ. 210601/294138 - מוצא מבריכות פורלים דן אל תעלת עפר לכיוון נחל דן, אחרי המסנן התופי.  
דן 5 - נ.צ. 209977/293624 - מורד נחל דן לפני הפיצול למפעל ה"דן המערבי".



איור 4. תצלום אוויר של חוות דן ונקודות הדיגום (א') ומערכת המסננים במוצא דן 2 (ב').

### 2.1.2 חוות דפנה

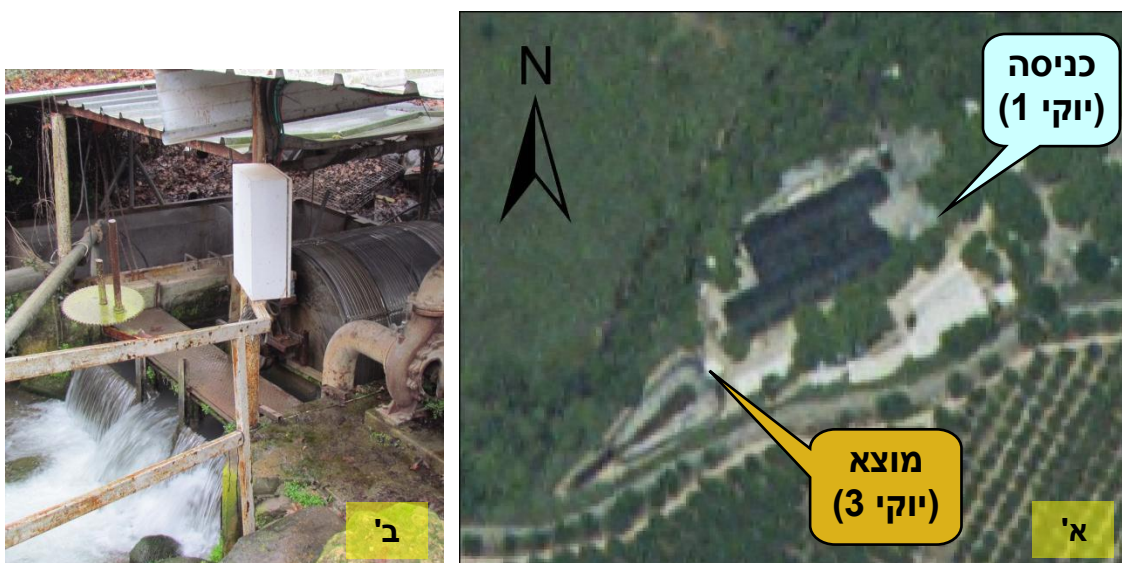
**דפנה 1** - נ.צ. 209926/292348 - כניסה מפלג הדרך אל בריכות הפורלים של דפנה.  
**דפנה 3** - נ.צ. 209928/292270 - מוצא בריכות פורלים דפנה אחרי בריכת השקוע והמסנן התופי, חזרה אל פלג הדרך לכיוון בריכות דגים "מנסורה" ולנחל בניאס.



איור 5. תצלום אוויר (א') של חוות דפנה ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב').

### 2.1.3 חוות שיאון

**יוקי 1** - נ.צ. 208375/292886 - כניסה מפלג נחל דן אל בריכות הפורלים של חוות "שיאון" (שוחה מרובעת)  
**יוקי 3** - נ.צ. 208315/292863 - מוצא בריכות פורלים חוות "שיאון" אחרי הטפול במסנן התופי אל נחל שניר (חצבאני).



איור 6. תצלום אוויר (א') של חוות 'שיאון' (יוקי) ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב').

### 3. תוצאות

#### 3.1 תרומת מזהמים כוללת מחוות הפורלים

תרומת המזהמים השנתית מכל חוות גידול הפורלים בשנים 2006 - 2010 מופיעה בטבלה 6 ובאיור 7.

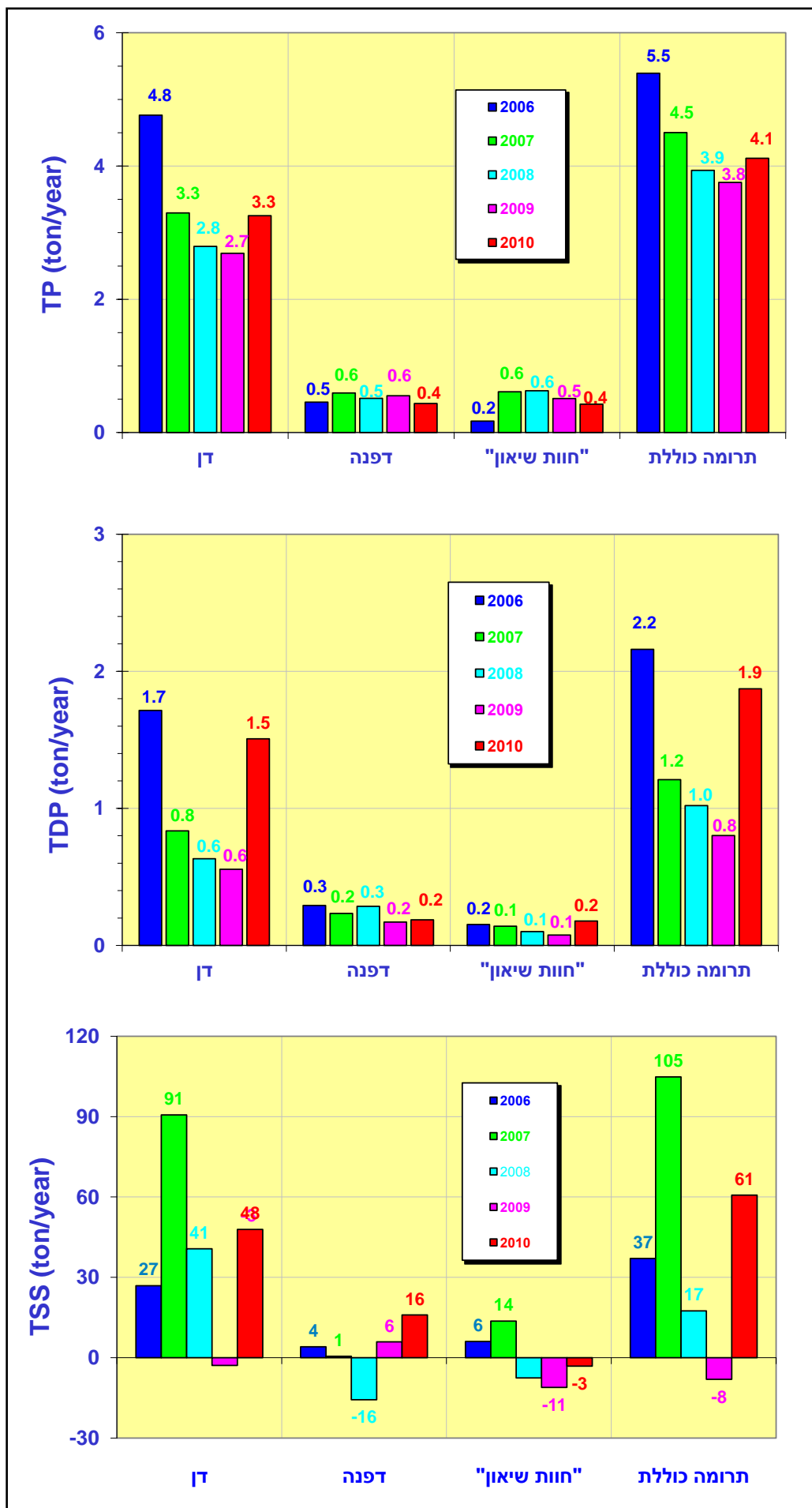
ניתן לראות כי חוות הפורלים של קיבוץ דן, הגדולה משמעותית מחוות בדפנה ושיאון הן בכמויות הדגים והן בכמות המים המועברת בחווה, מהווה גם את המרכיב העיקרי בתרומת המזהמים. חוות דן משווקת כמות דגים הגדולה פי 7 עד 8 יותר בהשוואה לחוות האחרות (מעל 400 טון דגים בשנה בדן בהשוואה ל- 65 ול- 50 טון בשנה בחוות דפנה ושיאון, בהתאמה). לכן, כל שינוי ברמת תרומות המזהמים המגיעות מחוות דן משפיעה בצורה משמעותית על המגמה הכללית.

כאשר בוחנים את התרומה הכללית של חוות הפורלים לאורך השנים 2006-2010, ניתן לראות מגמה של ירידה משמעותית משנת 2006 (שהייתה שנת שיא בכמות התרומות) ועד 2009, אולם ב- 2010 התרחשה עלייה קלה בתרומת המזהמים בהשוואה ל-2009.

בחוות דן יש ירידה בפליטה מ- 4.8 טון זרחן כללי ב- 2006 עד ל- 2.7 טון זרחן כללי ב- 2009 ועליה ל- 3.3 טון זרחן כללי ב- 2010. בחוות דפנה יש שימור של פליטה שנתית סביב 0.5 טון זרחן כללי לשנה ובחוות שיאון עלייה מ- 0.2 טון זרחן כללי ב- 2006 (ייתכן וקשורה להערכת חסר בשל מיעוט דיגומים ב- 2006) ל- 0.6 טון ב- 2007 ואח"כ שיפור והפחתת פליטה ל- 0.4 טון זרחן כללי ב- 2010. תוצאות פליטת החומר המרחף מראות שרגישות המדידה אינה מאפשרת בדיקה אמיתית (התוצאות מראות כביכול הפחתה של החומר המרחף) ולכן שופרה רגישות המדידה ב- 2011.

**טבלה 6.** תרומת מזהמים (טון\שנה) מכלל חוות הפורלים בשנים 2006-2010 (הערכים המודגשים בצהוב אינם סבירים ונובעים ככל הנראה, משגיאת מדידה).

מוצקים מרחפים	זרחן מומס	זרחן כללי	שנה	חוות הפורלים
<b>טון\שנה</b>				
26.892	1.715	4.764	2006	<b>דן</b>
90.643	0.836	3.296	2007	
40.664	0.632	2.794	2008	
-2.876	0.555	2.692	2009	
47.893	1.507	3.256	2010	
4.104	0.292	0.457	2006	<b>דפנה</b>
0.528	0.234	0.595	2007	
-15.669	0.286	0.513	2008	
5.915	0.170	0.552	2009	
15.968	0.187	0.435	2010	
6.045	0.153	0.172	2006	<b>חוות "שיאון"</b>
13.652	0.140	0.611	2007	
-7.524	0.101	0.627	2008	
-11.126	0.076	0.511	2009	
-3.175	0.178	0.426	2010	



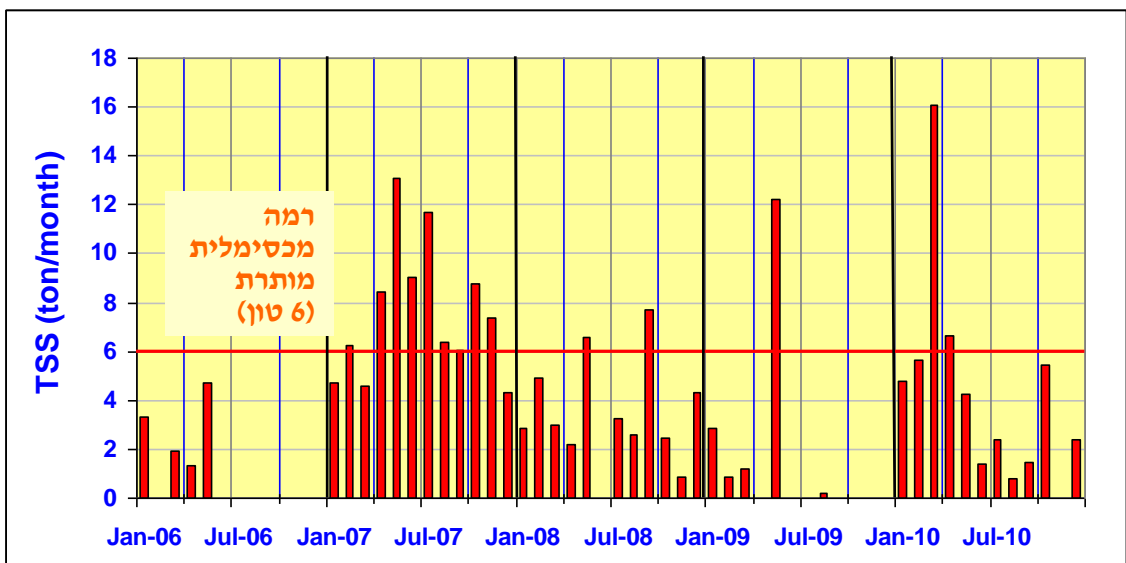
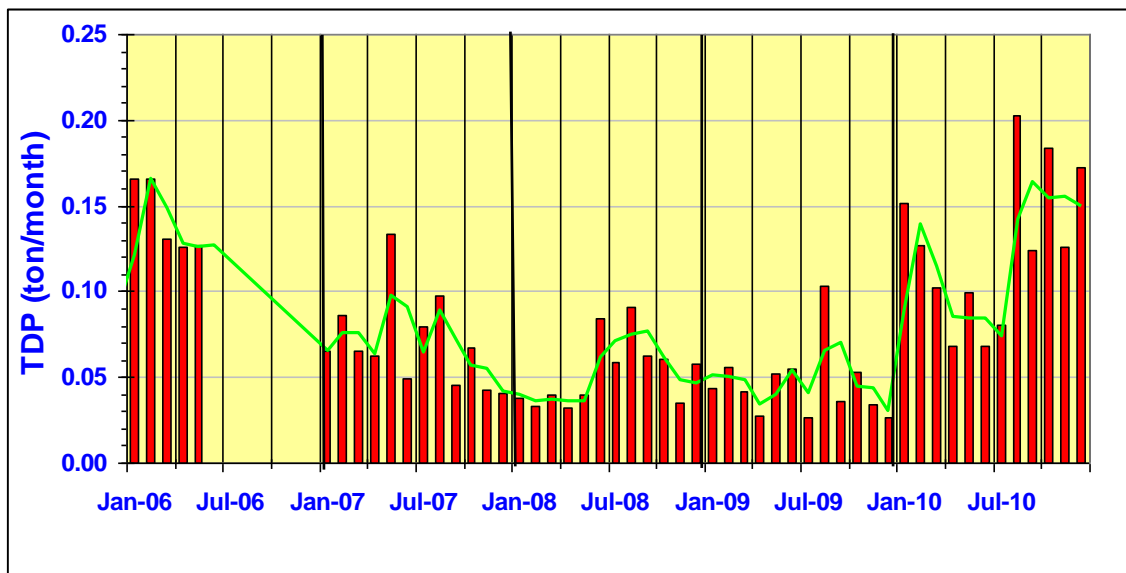
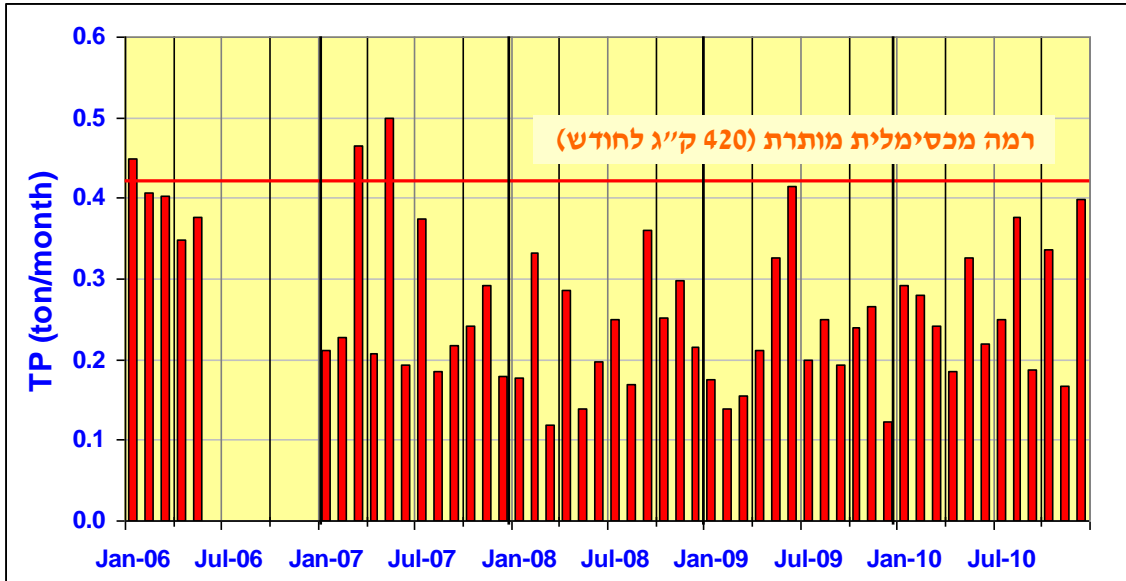
איור 7. תרומה שנתית של המזהמים (זרחן כללי, זרחן מומס כללי וחומר מרחף בטון לשנה) אשר נפלטו מחוות גידול הפורלים בשנים 2006-2010.

### 3.2 תרומת מזהמים מחוות פורלים קבוץ דן

המים מדן 1 מהווים את "הרקע" לחישוב תרומת המזהמים מחוות הפורלים. תרומת המזהמים השנתית מחוות הפורלים של קיבוץ דן (דן 4-2) בשנים 2006-2010, מופיעה בטבלה 7 ובאיור 8. דן 2 המהווה את המוצא העיקרי מהחווה ואשר דרכו עוברים כ- 62% מכלל המים המשמשים לצרכי הגידול, תורם גם את כמויות הזרחן הגבוהות ביותר כאשר חלקו נע בין 40 ל- 80 אחוז מכלל הזרחן הכללי שמקורו בחווה. מוצא זה גם נותן את הטון המרכזי באופן התנהגות התרומות מהחווה לאורך השנים כפי שהוזכר למעלה וב- 2008 שודרג הטיפול במוצא זה בהכנסת מסנן תופי נוסף לשני מסנני הסרט). במוצא 2 ירדה הפליטה השנתית מ- 2.8 טון זרחן ב- 2006 ל- 1.7 טון ב- 2009 (ככל הנראה בשל הוספת המסנן התופי), אך עלתה ל- 2.3 ב- 2010. במוצא דן 3 ירדה הפליטה השנתית מ- 0.41 טון זרחן ב- 2006 ל- 0.28 טון זרחן ב- 2009 ועלתה ל- 0.37 ב- 2010. במוצא דן 4 ירדה הפליטה השנתית מ- 1.58 טון זרחן ב- 2006 ל- 0.58 טון ב- 2010. כאמור, השיפור בתפקוד מסנן דן 2 קשור באופן ישיר לשינויי הטכני שבוצע בו ב- 2008, הוספת המסנן התופי לשני מסנני הסרט. השיפור במסנן דן 3 נובע ככל הנראה מהורדת עומס המים על מסנן זה והעברת העומס למסנן 2 לאחר השדרוג שעבר. השיפור במסנן 4 נובע מהחלפת הרשתות במסנן מרשתות פלסטיק לנירוסטה וכן מצמצום ימי התקלות שהושג ע"י העמדת חלקי חילוף ושיפור התחזוקה הטכנית של המסנן. באופן כללי ניתן לומר שהשיפורים שהוכנסו במסננים בחוות הדן וכן שיפורים תחזוקתיים נתנו תוצאה טובה של ירידת העומס הנפלט בכ- 44% (מ- 4.8 טון זרחן בשנה ל- 2.7 טון ב- 2009). נשאלת השאלה, שנדונה גם בועדת הפורלים, מדוע חלה עליה בתרומת המזהמים בחוות דן בסוף 2010. כתשובה לכך הועלתה השערה כי השינוי נובע עקב הוספת הבריכות בדן 3 והעברת המים למסנן 2.

**טבלה 7.** תרומת המזהמים (טון/שנה) מחוות פורלים דן בשנים 2006-2010 (הערכים המודגשים בצהוב אינם סבירים ונובעים ככל הנראה, משגיאת מדידה).

מוצקים מרחפים	זרחן מומס	זרחן כללי	שנה	חוות דן
<b>טון/שנה</b>				
-1.983	1.047	2.774	2006	דן 2
64.121	0.552	2.078	2007	
30.971	0.526	2.029	2008	
-3.663	0.333	1.671	2009	
30.889	1.114	2.305	2010	
5.705	0.044	0.409	2006	דן 3
14.266	0.082	0.433	2007	
1.755	0.047	0.351	2008	
-1.088	0.078	0.277	2009	
8.185	0.208	0.369	2010	
23.171	0.624	1.582	2006	דן 4
12.256	0.203	0.785	2007	
7.938	0.059	0.414	2008	
1.875	0.144	0.743	2009	
8.820	0.186	0.581	2010	

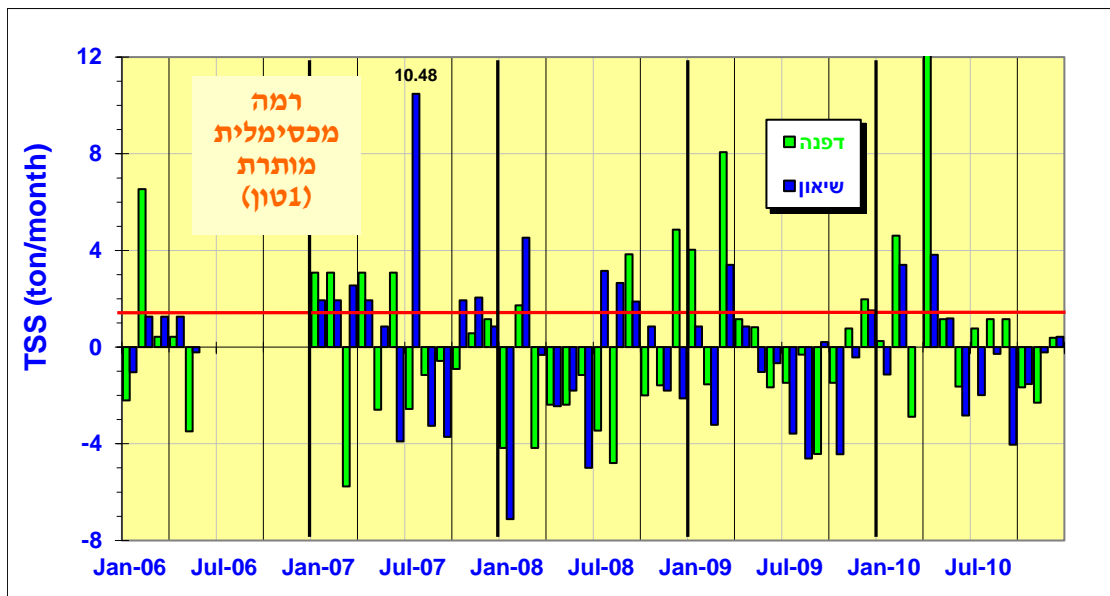
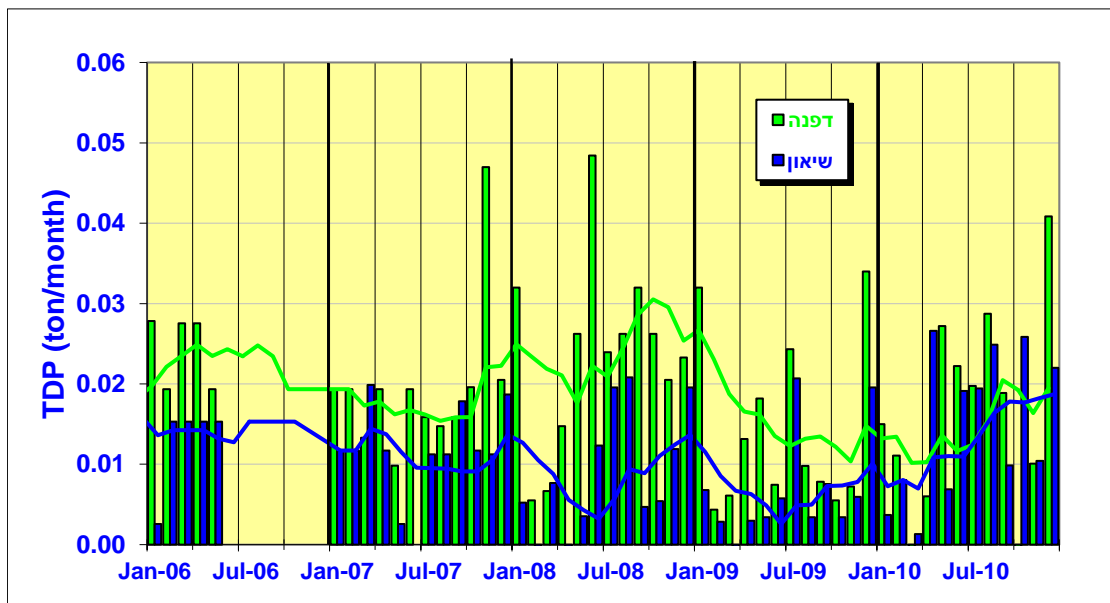
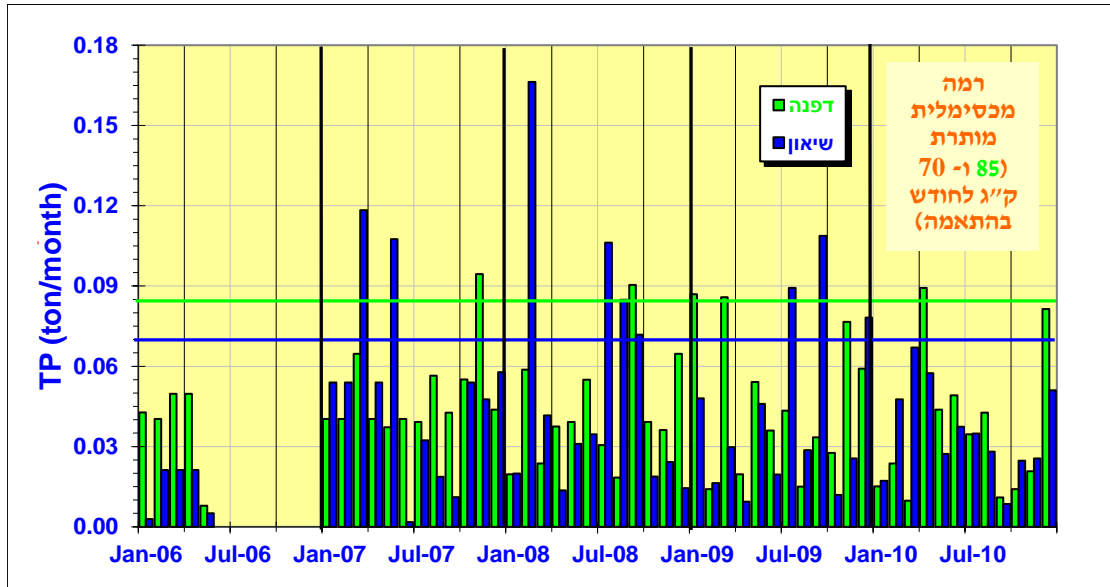


איור 8. פילוג חודשי של תרומות המזהמים מחוות הפורלים של דן בשנים 2006-2010.

### 3.3 תרומת מזהמים מחוות פורלים קבוץ דפנה ומחוות שיאון

תרומת המזהמים מחוות פורלים דפנה ושיאון מופיעה בטבלה 6 ובאיור 9. עיון בטבלה 6 עבור **חוות דפנה** מראה כי לפי הסכימה השנתית של עומס הזרחן הכללי הערכים די קבועים, פרט לשנת 2007 בה הייתה הפליטה הכי גבוהה לאורך השנים הודות לשיא פליטה בחודש נובמבר 2007. בסה"כ, נראה כי מאז התקנת המסנן התופי במוצא החווה ב- 2004 יש ירידה משמעותית מהתרומה שהייתה קודם לכן (קרוב ל- 1 טון זרחן כללי בשנה) והתייצבות על רמת פליטה של כ- 0.5 טון לשנה. אולם, בחינה חודשית של עומסי הזרחן הכללי (איור 9) מגלה כי משנת 2007 ואילך, פרט ל- 2009, לרוב לקראת תום השנה האזרחית מתקבלת חריגה קבועה בפליטת הזרחן הכללי במהלך של חודש עד חודשיים בשנה, מעבר לרמה המכסימלית שנקבעה (80 ק"ג זרחן כללי בחודש). גם ב- 2009 בה לא הייתה חריגה ישנה עלייה בפליטה בחודש נובמבר. יש מקום לבחון תופעה זו, אולי קשורה בריקון או ניקויי בריכות, יש צורך לנסות לצמצם את הפליטה המרוכזת בחודש אחד. מאידך, בחינת הזרחן המומס מראה ערכים יציבים בשנים 2006 - 2008 וירידה משמעותית בשנים 2009 - 2010 (טבלה 6). מאזן המוצקים המרחפים אינו מראה תמונה ברורה, ההתנהגות השונה בין הזרחן הכללי והמוצקים המרחפים, אינה תואמת את המצב המקובל בד"כ כאשר קיים מתאם במגמות המאפיינות את שני הפרמטרים. היינו מצפים לראות עלייה במוצקים המרחפים בחודשים מקבילים לחודשים בהם היו חריגות בזרחן הכללי. יש צורך לבחון את אופן הדגימה, האנליזה ואת רמת רגישותה מכיוון שבאופן זה לא ניתן לחבר בין הנתונים. הנושא נבדק מול המעבדה והוחלט על נפח דגימה גדול יותר שיאפשר אנליזה מדויקת יותר, התוצאות החדשות יבחנו בסיכום 2011.

מטבלה 8 בולט כי **בחוות שיאון** חלה עלייה משנת 2007 בפליטת הזרחן הכללי והחל מ- 2009 יש ירידה בעומס הזרחן הכללי. מאידך עומסי הזרחן המומס די קבועים לאורך השנים ובשנת 2010 יש עלייה משמעותית בפליטת הזרחן המומס. בחינה חודשית של עומסי הזרחן הכללי (איור 9) מראה כי משנת 2007 ישנן חריגות מסף הפליטה (70 ק"ג זרחן כללי בחודש) שנקבע בוועדה בשניים עד ארבעה חודשים בשנה ולא בתקופות קבועות כפי שניתן היה לראות בחוות דפנה. חריגות אלו שנבעו ברובן מתפעול לקוי של המסנן התופי שפועל כבר יותר מ- 12 שנה טופלו במסגרת ועדת הפורלים. המגדל שידרג את המסנן והחליף את ציר התוף ואת רשתות הסינון מרשתות פלסטיק לרשתות נירוסטה. בשנת 2010 החריגה הייתה בחוות שיאון רק בחודש מרץ ובשאר חודשי השנה יש בעומס הזרחן הכללי ירידה מתחת לסף הפליטה, ככל הנראה בשל שיפורים אלו.



איור 9. פילוג חודשי של תרומות המזהמים מחוות הפרלים דפנה ושיאון בשנים 2006-2010.

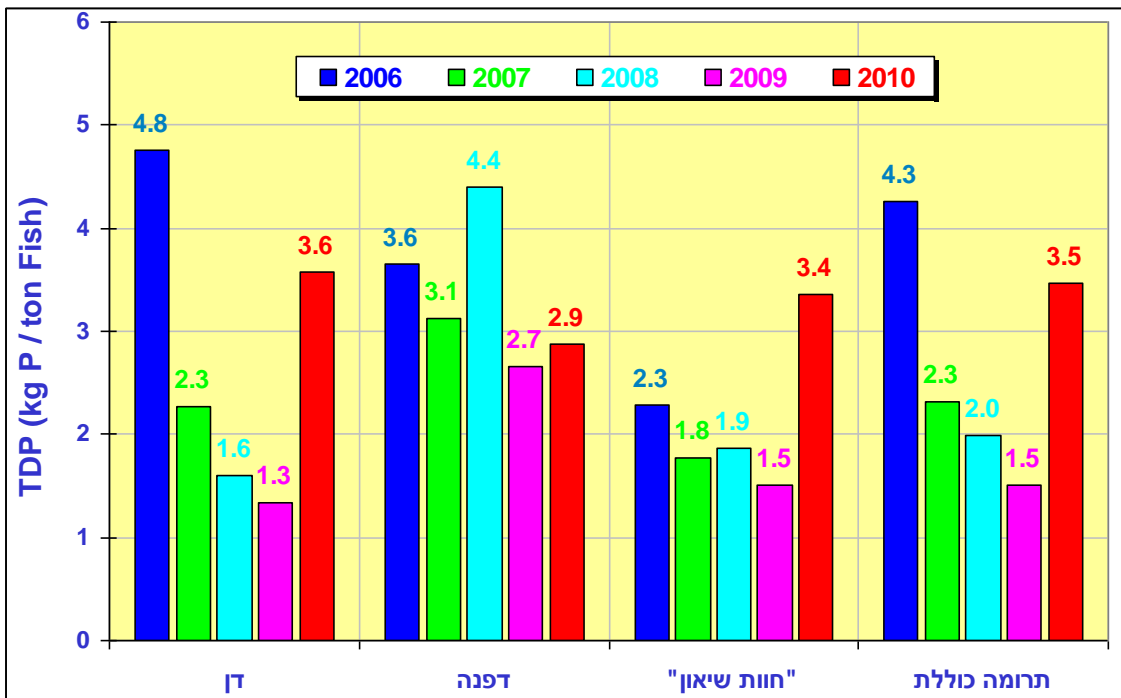
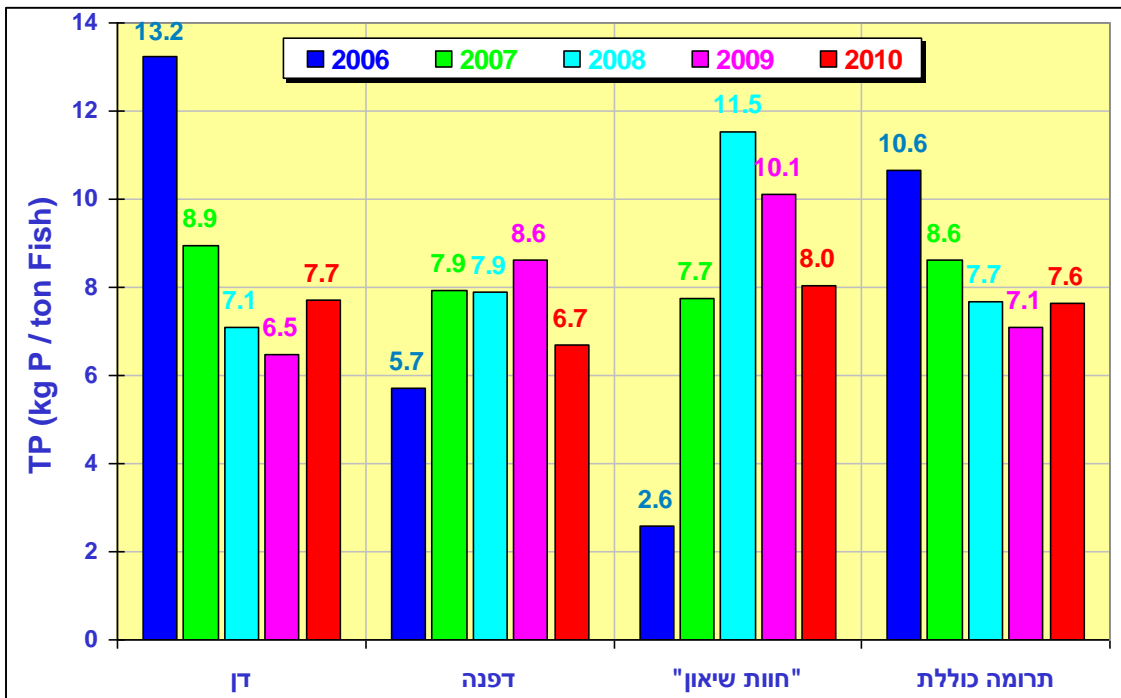
### 3.4 תרומת מזהמים סגולית

באמצעות חישוב של תרומת המזהמים הסגולית (תרומה מזהם שנתית בק"ג \ כמות דגים מיוצרת בטון) ניתן להעריך את תרומת הזיהום היחסית של כל חווה. שיטה זו מסייעת גם בהערכת יעילות השימוש במזון וסילוק המזהמים. ככל שההזנה וסילוק המזהמים יהיו יעילים יותר כך תקטן התרומה הסגולית. תוצאות חישוב התרומה הסגולית מחוות הפורלים בשנים 2006 - 2010 מופיעה בטבלה 8 ובאיור 10.

עיון בטבלה 8 מראה כי התרומה הסגולית הגבוהה ביותר עבור זרחן כללי מתקבלת בשנת 2006 בחוות דן ואילו התרומה הקטנה ביותר מתקבלת בחוות שיאון גם ב- 2006. אולם מגמה זו אינה עקבית לאורך השנים וחוות הגידול, בחוות דן ישנה מגמה של ירידה והתייצבות לאורך השנים. בחוות דפנה אין מגמה ברורה וערכי התרומה הסגולית השנתית נעים בין 5.7 ל- 8.6 ק"ג זרחן לטון דגים ובשונה מחוות דן יש עלייה ניכרת בפליטה הסגולית לאורך השנים עם התמתנות בשנת 2010. ממוצע רב שנתי של הפליטה הסגולית השנתית מכלל חוות הדגים עומד על כ- 8 ק"ג זרחן לטון דגים, כמות הדגים השנתית הממוצעת המיוצרת בכלל חוות הגידול עומדת על כ- 523 טון, בהכפלת שני הממוצעים מתקבל כי בממוצע רב שנתי פליטת הזרחן הכללי אל מערכת הירדן עומדת על מעל לכ- 4 טון זרחן כללי בשנה. חישוב דומה עבור הזרחן המומס מראה כי הממוצע הרב שנתי עומד על כ- 2.7 ק"ג זרחן מומס לטון דגים בשנה וכי תרומת כלל חוות הגידול למערכת הירדן עומדת לפי הממוצע הרב שנתי על כ- 1.4 טון זרחן מומס.

טבלה 8. תרומת מזהמים סגולית מחוות הפורלים בשנים 2006-2010 .

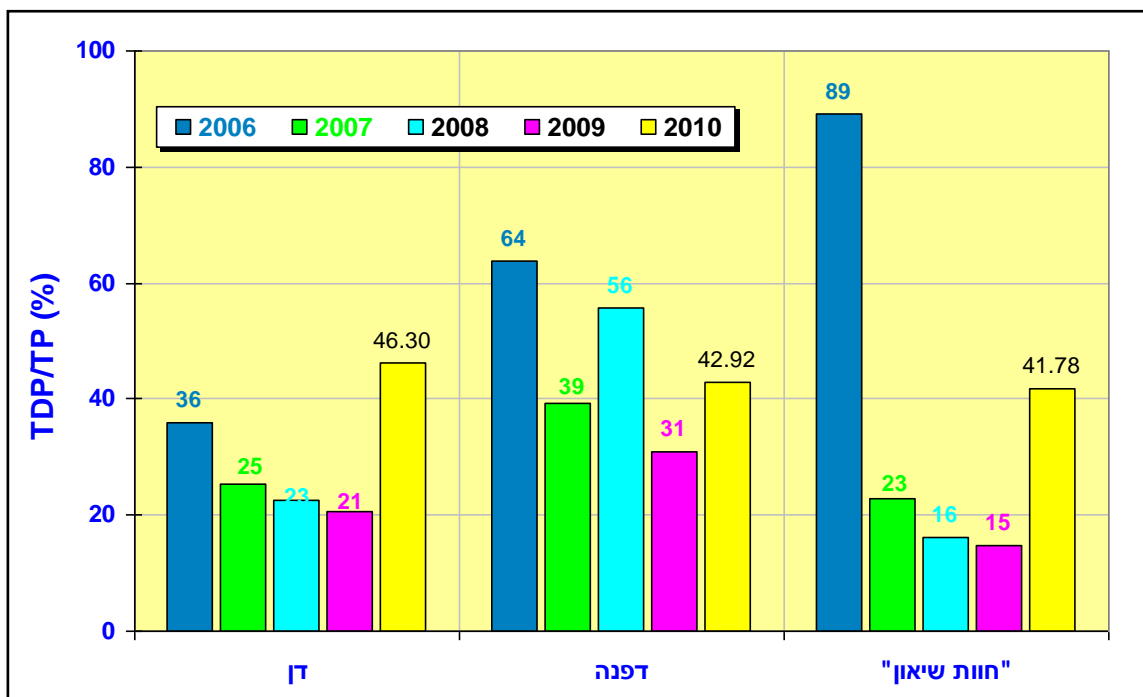
מוצקים מרחפים	זרחן מומס	זרחן כללי	כמות דגים מיוצרת	שנה	חוות הפורלים
			טון\שנה		
ק"ג גטון					
74.7	4.8	13.2	360	2006	דן
245.6	2.3	8.9	369	2007	
103.2	1.6	7.1	394	2008	
-6.9	1.3	6.5	415	2009	
113.5	3.6	7.7	422	2010	
51.3	3.6	5.7	80	2006	דפנה
7.0	3.1	7.9	75	2007	
-241.1	4.4	7.9	65	2008	
92.4	2.7	8.6	64	2009	
245.7	2.9	6.7	65	2010	
90.4	2.3	2.6	67	2006	חוות "שיאון"
172.8	1.8	7.7	79	2007	
-138.0	1.9	11.5	55	2008	
-219.8	1.5	10.1	51	2009	
-59.9	3.4	8.0	53	2010	
73.1	4.3	10.6	507	2006	תרומה כוללת מכל בריכות הפורלים
200.4	2.3	8.6	523	2007	
34.0	2.0	7.7	514	2008	
-15.3	1.5	7.1	530	2009	
112.4	3.5	7.6	540	2010	



איור 10. תרומה שנתית סגולית של הזרחה כללי והמומס הכללי מחוות הפורלים בשנים 2006-2010.

### 3.5 השוואה בין זרחן כללי לזרחן מומס

השוואת תרומת הזרחן המומס לתרומת הזרחן הכללי מאפשרת הערכה של יעילות סילוק הזרחן הכללי ע"י המסננים. ככל שהיחס זרחן מומס/זרחן כללי גבוה יותר יעילות הסילוק גבוהה יותר ורוב הזרחן שנתרם הוא זרחן מומס, שאינו מסולק ע"י המסננים. מאיור 11 ניתן לראות שיעילות הסילוק הגבוהה ביותר התקבלה בחוות שיאון ב-2006. יעילות הסילוק בחוות דן ובחוות דפנה נמוכה יותר בכ- 30% עד 50%. חשוב לזכור שבחוות דן פועלים שלושה מסנני סרט (במוצאים דן 2 ו-3) שיעילות פעולתם נמוכה ורק שני מסנני תוף. בחוות דפנה פועל מסנן תופי, זהה לזה שמותקן בחוות שיאון. מהגרף ניתן לזהות מגמה ברורה של ירידה ביחס זה בכל החוות פרט לחוות דפנה ב-2008. אולם, בשנת 2010 שיפור זה נעצר בכל החוות והיחס בין הזרחן המומס לכללי עמד על כ-42 עד 46 אחוזים.



איור 11. היחס בין זרחן מומס לכללי הנתרם מחוות הפורלים בשנים 2006-2010.

#### 4. סיכום

- התבוננות רב שנתית (2006 - 2010) מראה שיפור ניכר לאורך השנים במרבית הפרמטרים הנבדקים אולם בשנת 2010 נפסקה מגמה זו ואף התקבלה עלייה בפליטת המזהמים.
- בחוות הדן הוכנסו שיפורים במסננים וכן שיפורים תחזוקתיים ואלו הביאו ככל הנראה לירידת עומס הזרחן הכללי הנפלט בכ- 44%, מ- 4.8 טון זרחן בשנה ל- 2.7 טון ב- 2009, אולם כפי שצוין בשנת 2010 הייתה עלייה משמעותית בפליטת הזרחן הכללי.
- בחוות דפנה ושיאון נשמרה מגמת הירידה לאורך השנים ולהתייצבות בפליטת הזרחן הכללי.
- ניתן לזהות מגמה ברורה של ירידה ביחס בין תרומת הזרחן המומס לתרומת הזרחן הכללי בכל החוות פרט לחוות דפנה ב-2008. אולם, בשנת 2010 שיפור זה נעצר בכל החוות והיחס בין הזרחן המומס לכללי עמד על כ- 42 עד 46 אחוזים.
- כמות הדגים בחוות דן גדלה ב- 2010 ביחס ל- 2009 עם שיפור קל בניצולת המזון. בחוות דפנה אין שינוי מהותי ובחוות שיאון שיפור קל בניצולת המזון.
- התבוננות על כלל חוות הגידול מראה כי סך פליטת הזרחן ב- 2010 עמדה על 4.1 טון זרחן כללי לשנה ואף נמוך מכך בשנים 2008-2010 לעומת 5.5 טון זרחן כללי ב- 2006. הפליטה הכוללת של זרחן מומס עלתה מ- 0.8 טון ב- 2009 ל- 1.9 טון ב- 2010.
- בחינה חודשית של עומסי הזרחן הכללי עבור חוות דן מראה כי משנת 2008 אין חריגה מסף הפליטה שנקבע לחווה, מאידך בחינה דומה בחוות דפנה ושיאון מראה כי משנת 2007 ישנן חריגות מסף הפליטה (85 ו- 70 ק"ג זרחן כללי בחודש בהתאמה) שנקבע בוועדה ביותר מחודשיים בשנה. בחוות דפנה הפליטה הייתה לרוב לקראת תום השנה האזרחית ובחוות שיאון הפליטה הייתה פזורה לאורך השנה.
- פליטת הזרחן הסגולית לכלל החוות עלתה מ- 7.1 ק"ג זרחן לטון דגים ב- 2009 ל- 7.6 ק"ג זרחן לטון דגים ב- 2010. הפליטה הסגולית בחוות דן עלתה ובחוות שיאון ובחוות דפנה ירדה ביחס לשנה שעברה.
- ממוצע רב שנתי של הפליטה הסגולית מכלל חוות הדגים עומד על כ- 8 ק"ג זרחן לטון דגים, כמות הדגים המיוצרת השנתית בממוצע רב שנתי לכלל חוות הגידול עומדת על כ- 260 טון, בהכפלת שני ערכים אלו מתקבל כי בממוצע רב שנתי פליטת הזרחן הכללי אל מערכת הירדן עומדת על מעל לכ- 4 טון זרחן כללי בשנה.
- חישוב דומה עבור הזרחן המומס מראה כי הממוצע הרב שנתי עומד על כ- 2.7 ק"ג זרחן מומס לטון דגים בשנה וכי תרומת כלל חוות הגידול למערכת הירדן עומדת לפי הממוצע הרב שנתי על כ- 1.4 טון זרחן מומס לשנה.

## 5. מסקנות

- מגמת העלייה בתרומת הזרחן הכללי מהחוות שהתקבלה בשנת 2010 מחייבת ערנות והקפדה של המגדלים על מנת לנסות ולהחזיר את המגמה של הקטנת העומסים ביציאות שהתקבלה בשנים שקדמו ל-2010 ולהגדיל את יעילות הגידול .
- חריגות חודשיות מסף הפליטה שנקבע עבור כל חווה מדגישות את הצורך בבקרה בזמן אמת על תוצאות הניטור הכימי על מנת שניתן יהיה לעלות על הבעיות בשטח ולטפל בהן מהר ככל הניתן.
- בחוות דפנה ושיאון, חסרות מדידות הספיקה ועל כן עומס המזהמים אינו מדויק ומתבקש כי יותקנו מכשירי מדידה רציפים לצורך כך.
- יש צורך באנליזה קבועה של זרחן כללי (TP) וזרחן מומס (TDP) בכל הבדיקות על מנת להשיג אחידות ומהימנות בדיווח. מכיוון שאין מגמה ברורה בפליטת החומר המרחף ולא מתקבל יחס ברור בינו לבין הזרחן הכללי יש מקום לבחון את מהימנות הבדיקה ולפחות לצמצם את מספר הבדיקות.