ניטור חוות גידול הפורלים והחדקנים באגן הכנרת

סיכום שנתי 2018

כולל השוואה רב שנתית לשנים 2013-2018

יהונתן בר-יוסף[1], פיראס תלחמי[2], דפנה עמר[2], יגאל נאור[2] ובעז זימן[3].

1- חברת "אביב ניהול והנדסה" ; 2- רשות המים – תחום כינרת ; 3- מעבדת מילודע-מיג"ל.

הדו"ח מוגש לרשות המים – תחום כנרת

פרויקט מס' 4501728545

מאי 2019

1. תוכן העניינים:

1. תוכן העניינים: 2

2. תקציר מנהלים 5

2.1. עיקרי הממצאים 5

2.1.1. ספיקות 5

2.1.2. ריכוזי הזרחן הכללי 5

2.1.3. ריכוזי הזרחן המומס 6

2.1.4. עומסי זרחן כללי 6

2.1.5. עומסי זרחן מומס 6

2.1.6. ניצולת המזון והזיהום הסגולי 6

2.2. עיקרי המסקנות וההמלצות 7

4. מבוא 8

4.1. תיאור חוות גידול הפורלים 9

4.1.1. חוות הפורלים בקבוץ דן 9

4.1.2. חוות הפורלים בקבוץ דפנה 11

4.1.3. חוות הפורלים 'שיאון' (יוקי) 13

4.1.4. חוות גידול החדקנים בבריכות דן מזרח 15

5. שיטת הניטור 16

5.1. מיקום נקודות הדיגום 19

5.1.1. חוות הדן 19

5.1.2. חוות דפנה 20

5.1.3. חוות שיאון 20

5.1.4. חוות החדקנים בחוות דן מזרח 21

6. תוצאות ודיון 22

6.1. ספיקות 22

6.1.1. ספיקות בחוות הפורלים בקיבוץ דן 22

6.1.2. ספיקות בחוות הפורלים דפנה ושיאון 22

6.1.3. ספיקות בחוות החדקנים – דן מזרח 24

6.2. ריכוזי המזהמים 24

6.2.1. ריכוזי הזרחן הכללי 24

6.2.2. השפעת החוות על ריכוז הזרחן הכללי 26

6.2.3. ריכוזי הזרחן המומס 27

6.2.4. השפעת החוות על ריכוז הזרחן המומס 29

6.3. עומסים 29
6.3.1. עומסי הזרחן בחוות דן (חודשי ושנתי) 30
6.3.2. עומסי הזרחן בחוות דפנה ושיאון (חודשי ושנתי)..... 34
6.3.3. עומסי הזרחן מכלל חוות הפורלים..... 36
7. פליטת זרחן סגולית וניצולת מזון..... 38
8. מסקנות והמלצות..... 44
8.1. חוות דן פורלים –..... 44
8.2. חוות דפנה –..... 44
8.3. חוות שיאון – 44
8.4. דן חדקנים –..... 45
9. נספח א' – דו"ח תקלות לשנת 2018. דווח ע"י פקח רשות המים יגאל נאור 46
10. נספח ב' - מיקום תחנות ניטור מזהמים של יחידת אגן ההיקוות של חברת "מקורות", ביחס לחוות הדגים: 47
10.1. מבט ממוקד: 47
10.2. מבט מרחבי: 48
11. נספח ג': דוגמא לצו הרשאה - צו ההרשאה לחוות גידול הפורלים – קיבוץ דן: 49

רשימת טבלאות:

טבלה 1. סיכום נתוני חוות פורלים דן לשנים 2013-2018..... 9
טבלה 2. סיכום נתוני חוות הפורלים של קיבוץ דפנה, לשנים 2013-2018..... 11
טבלה 3. סיכום נתוני חוות הפורלים שיאון, לשנים 2013-2018..... 13
טבלה 4. סיכום נתוני חוות החדקנים של דן, לשנים 2013-2018. 15
טבלה 5. פירוט דגימות המים (ידני ואוטומטי) מחוות הדגים בשנת 2018.. 18
טבלה 6. סיכום נתוני מים (נפלטים), דגים ומזון בבריכות החדקנים בשנים 2013-2018. 24
טבלה 7. יחס TDP/TP במוצאי חוות דן פורלים וממוצע שנתי, בשנים 2013-2018..... 33
טבלה 8. סיכום שנתי של עומסי הזרחן הכללי (בטון), שנפלטו מהמוצאים בחוות שיאון ודפנה בשנים 2013-2018..... 34
טבלה 9. סיכום שנתי של עומסי הזרחן המומס (בטון), הנפלטים מהמוצאים בחוות שיאון ודפנה, בשנים 2013-2018..... 35
טבלה 10. יחס TDP/TP במוצאי חוות דפנה ושיאון, בשנים 2013-2018..... 36

טבלה 11. עומסי הזרחן הנפלטים מחוות הדגים בשנים 2013-2018. 38
טבלה 12. ניצולת המזון ותרומת המזהמים הסגולית בחוות הפורלים והחדקנים בשנים 2013-2018..... 42

רשימת איורים:

איור 1. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים דן..... 10
איור 2. כיווני הזרימה, נקודות הדיגום ומבנה חוות הפורלים של קיבוץ דפנה. 12
איור 3. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות 'שיאון' (יוקי)..... 14
איור 4. חוות דן חדקנים- תיאור מבנה החווה המזרחית, בריכות החדקנים ונקודות הדיגום..... 16
איור 5. תצלום אויר של חוות דן ונקודות הדיגום(א') ומערכת המסננים במוצא דן 2 (ב')..... 19
איור 6. תצלום אויר של חוות דפנה (א') ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב')..... 20
איור 7. תצלום אויר של חוות 'שיאון' (יוקי) (א') ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב')..... 20
איור 8. תצלום אויר של בריכות החדקנים. מוצא הבריכות –חדקנים 4 (א) ותצלום אויר של כל הבריכות עם נקודות הדיגום (ב)..... 21
איור 9. נפחי המים השנתיים בשמורת הטבע של נחל דן ובחוות הפורלים של דן. 22
איור 10. ספיקה חודשית ממוצעת מצטברת במוצא חוות שיאון ב 2018..... 23
איור 11. תיאור סכמתי של מבנה מערכת המים בבריכות החדקנים, נקודות הדיגום (3+1), מוצא המים להשקיה (2) ונקודת מדידת הספיקה (4)..... 24
איור 12. ריכוזי הזרחן הכללי (TP) בחוות הפורלים בקיבוץ דן בשנים 2013-2018..... 25
איור 13. ריכוזי הזרחן הכללי (TP) בחוות הפורלים – קיבוץ דפנה וחוות שיאון בשנים 2013-2018. תוצאות חריגות מוקפות בעיגול אדום..... 26
איור 14. הפרשי הריכוזים של הזרחן הכללי (מג"ל), במוצאי חוות הגידול השונות, בהשוואה לריכוז בכניסה לכל חווה. השוואה רב-שנתית של ממוצע הריכוז השנתי בשנים 2013-2018..... 27
איור 15. ריכוזי הזרחן המומס (TDP) בחוות הפורלים בקיבוץ דן בשנים 2013-2018..... 28
איור 16. ריכוזי הזרחן המומס (TDP) בחוות הפורלים – קיבוץ דפנה וחוות שיאון בשנים 2013-2018..... 28
איור 17. הפרשי הריכוזים של הזרחן המומס (מג"ל), במוצאי חוות הגידול השונות, בהשוואה לריכוז בכניסה לכל חווה. השוואה רב-שנתית של ממוצע הריכוז השנתי בשנים 2013-2018..... 29
איור 18. עומס פליטת הזרחן הכללי (TP) החודשית מתחנות דן, במהלך 2018.. 31
איור 19. עומס פליטת הזרחן הכללי (TP) השנתית מתחנות דן, בשנים 2013-2018..... 31
איור 20. עומס פליטות הזרחן המומס (TDP) החודשיות מתחנות דן בשנת 2018. מוצגים נתוני כל תחנה בנפרד וסה"כ חודשי (טון)..... 32
איור 21. עומס פליטות הזרחן המומס (TDP) השנתיות מתחנות דן, בשנים 2013-2018. 33
איור 22. עומס פליטות הזרחן המומס (TP) החודשיות מחוות דפנה ושיאון במהלך שנת 2018..... 34
איור 23. עומס פליטות הזרחן המומס (TDP) החודשיות מחוות דפנה ושיאון במהלך שנת 2018.. 35
איור 24. עומסי TP (טון), שנפלטו מחוות דן, דפנה ושיאון במהלך השנים 2013-2018..... 36

איור 25. עומסי TDP (טון), שנפלטו מחוות דן, דפנה ושיאון במהלך השנים 2013-2018..... 37
איור 26. ניצולת המזון בכל החוות בשנים 2013-2018. טון מזון לטון ביומסת דגים שנוספה במהלך השנה..... 39
איור 27. התרומה הסגולית של הזרחן הכללי (TP) בכל החוות בשנים 2013-2018. ק"ג TP הנפלט לסביבה, לטון ביומסת דגים שהתווספה במהלך השנה..... 40
איור 28. התרומה הסגולית של הזרחן המומס (TDP) בכל החוות בשנים 2013-2018. ק"ג TDP הנפלט לסביבה, לטון ביומסת דגים שהתווספה במהלך השנה..... 40

2. תקציר מנהלים

ניטור הכנרת ואגן ההיקוות הכרחי לצורך תפעולה הנכון של הכנרת כמקור לאספקת מים ובמיוחד במצב הנוכחי (נכון ל 2018), של תפעול במפלסים נמוכים והשינויים במערכת האקולוגית. החשש הקיים מאאוטרופיקציה ופריחה של כחוליות בכנרת כתוצאה מתוספת זרחן שמקורו מאגן ההיקוות, מחייב מאמץ מיוחד להקטנת כמויות הזרחן המגיעות לאגם, בין היתר גם מחוות הגידול של הדגים בצפון אגן ההיקוות.

בדו"ח זה מוצגים הממצאים, אשר נמדדו במהלך שנת 2018, בחוות הפורלים והחדקנים של קיבוץ דן, בחוות הפורלים והחדקנים שיאון ובחוות הפורלים של קיבוץ דפנה.

הדיגומים התבצעו באופן ידני ואוטומטי ע"י פקח רשות המים – יגאל נאור, והאנליזות הכימיות בוצעו ע"י מעבדת מילודע-מיג"ל בקריית שמונה.

הריכוזים והעומסים המותרים לפליטה, הוגדרו עד לשנת 2015, ע"י "ועדת הפורלים". כיום מוגדרים ריכוזים בלבד, ע"י ועדת צווי ההרשאה להזרמה לנחלים (דוגמא בנספח ג').

2.1. עיקרי הממצאים

2.1.1. ספיקות

1. ישנה מדידת ספיקה תקנית ומדויקת בכניסה לחוות פורלים דן. הספיקות בחווה ירדו מ 49 מלמ"ק בשנת 2017, ל 44 מלמ"ק בשנת 2018 (לעומת 68 בשנת 2016). נתונים אלה מחדדים את חוסר הדיוק במדידה אשר בוצעה בחווה עד להסדרתה, בתחילת 2017.
2. ישנה מדידת ספיקה תקנית ומדויקת בכניסה לחוות פורלים דפנה. הצריכה ב 2018, עמדה על 9 מלמ"ק. נתון זה מלמד כי ההערכה אשר בוצעה במהלך השנים, היתה קרובה מאוד למציאות (החל מ 2015 בוצעה הערכה של 9.8 מלמ"ק).
3. נכון לשנת 2018, עדיין לא היתה קיימת מדידה של הספיקה הנכנסת, בחוות שיאון, בניגוד להוראת ועדת צווי ההרשאה. עניין זה יוסדר במהלך 2019.

2.1.2. ריכוזי הזרחן הכללי

1. למעט חריגות בחודשים נובמבר ודצמבר, לא נצפה שינוי מגמה בריכוז הזרחן הכללי, הנפלט מחוות **פורלים דן** בשנת 2018.

2. למעט חודש אפריל, לא נצפה שינוי בריכוזי הזרחן הכללי, הנפלטים מחוות **שיאון** בשנת 2018.
3. לא נצפה שינוי בולט בריכוזי הזרחן הכללי, הנפלטים מחוות **דפנה** בשנת 2018.

2.1.3. ריכוזי הזרחן המומס

1. מגמת ירידה בריכוזי הזרחן המומס, בחוות **פורלים דן**, בשנת 2018.
2. ללא שינוי ברור בריכוזי הזרחן המומס, בחוות **דפנה ושיאון** ב 2018.

2.1.4. עומסי זרחן כללי

1. נצפתה ירידה של כ12% בעומס הזרחן הכללי הנפלט מחוות **פורלים דן** - 1.9 טון ב 2018 לעומת 2.2 טון ב 2017.
2. נצפתה ירידה של 20% בעומס הזרחן הכללי הנפלט מחוות הפורלים והחדקנים **שיאון** - 0.29 טון ב 2018 לעומת 0.36 טון ב 2017.
3. נצפתה ירידה של 21% בעומס הזרחן הכללי הנפלט מחוות הפורלים **דפנה** - 0.44 טון ב 2018 לעומת 0.56 טון ב 2017.
4. סה"כ ירידה של 15% בעומס הזרחן הכללי הנפלט **מכלל חוות הדגים**, 2.64 טון ב 2018, לעומת 3.1 טון ב 2017.

2.1.5. עומסי זרחן מומס

1. נצפתה ירידה של 28% בעומס הזרחן המומס הנפלט מחוות **פורלים דן** – 0.74 טון ב 2018 לעומת 1 טון ב 2017.
2. נצפתה ירידה של 29% בעומס הזרחן המומס הנפלט מחוות הפורלים **דפנה** - 0.22 טון ב 2018 לעומת 0.31 טון ב 2017.
3. נצפתה ירידה של 12% בעומס הזרחן המומס הנפלט מחוות הפורלים **שיאון** - 0.15 טון ב 2017 לעומת 0.17 טון ב 2017.
4. סה"כ ירידה של 26% בעומס הזרחן המומס הנפלט **מכלל חוות הדגים**, 1.1 טון ב 2018, לעומת 1.5 טון ב 2017.

2.1.6. ניצולת המזון והזיהום הסגולי

1. ירידה של 3% בזיהום הסגולי של הזרחן הכללי, מחוות **פורלים דן** – 4.85 ק"ג זרחן כללי נפלט לטון ביומסת דגים ב 2018, לעומת 4.98 ק"ג ב 2017.
2. ירידה של 43% בזיהום הסגולי של הזרחן הכללי, מחוות הפורלים של **דפנה** – 9.71 ק"ג זרחן כללי נפלט לטון ביומסת דגים ב 2018, לעומת 16.92 ק"ג ב 2017.
3. ירידה של 28% בזיהום הסגולי של הזרחן הכללי, מחוות הפורלים והחדקנים של **שיאון** – 9.02 ק"ג זרחן כללי נפלט לטון ביומסת דגים ב 2018, לעומת 12.46 ק"ג ב 2017.
4. ירידה של 20% בזיהום הסגולי של הזרחן המומס, מחוות **פורלים דן** ב 2018, לעומת 2017 – מ 2.35 ל 1.87 ק"ג זרחן מומס, לטון ביומסת דגים.
5. ירידה של 47% בזיהום הסגולי של הזרחן המומס, מחוות הפורלים של **דפנה** ב 2018, לעומת 2017 – מ 9.29 ל 4.94 ק"ג זרחן מומס לטון ביומסת דגים.

6. ירידה של 19% בזיהום הסגולי של הזרחן המומס, מחוות הפורלים והחדקנים **שיאון** ב 2018, לעומת 2017 – מ 5.91 ל 4.76 ק"ג זרחן מומס לטון ביומסת דגים.
7. סה"כ עליה של 5% בזיהום הסגולי של הזרחן הכללי וירידה של 9% בזיהום הסגולי של הזרחן המומס, הנפלטים **מכלל חוות הדגים**.
8. ירידה של 1% בניצולת המזון בחוות **פורלים דן** – מ 1.51 טון מזון בשנת 2017, ל 1.53 טון מזון בשנת 2018, לטון ביומסת דגים.
9. שיפור של 25% בניצולת המזון בחוות **דפנה** – מ 2.42 טון מזון בשנת 2017, ל 1.82 טון מזון בשנת 2018, לטון ביומסת דגים.
10. ירידה של 7% בניצולת המזון בחוות **שיאון** – מ 1.38 טון מזון בשנת 2017, ל 1.47 טון מזון בשנת 2018, לטון ביומסת דגים.
11. ניצולת המזון הכללית, של **כלל החוות**, ירדה ב 11%, לאחר תקופה של 5 שנים, בהן היא נשארה קבועה.

2.2. עיקרי המסקנות וההמלצות

1. מדידה לא מדויקת של הספיקה בחוות שיאון – לא מאפשרת התייחסות אמתית ומדויקת לנתוני העומס. יצוין, כי החל משנת 2017, בחוות דן מתבצעת מדידה תקנית ומאושרת של צינורות ההטיה אל החווה ובמהלך שנת 2018 הותקנה יכולת מדידה גם בחוות דפנה.
2. הפליטה לסביבה מחוות החדקנים של קיבוץ דן, אינה זניחה, והיא עומדת על כ 2.5 מלמ"ק בשנה. יש להקפיד לדגום ולנטר גם את המוצא הזה.
3. המעבר של ניהול חוות דפנה לידי קיבוץ דן, שיפר את נתוני הזיהום וניצולת המזון של החווה.
4. "ועדת הפורלים", אשר התקיימה עד 2015, קבעה הגדרות עומסים לפליטה המותרת, בנוסף להגדרת הריכוזים המקסימליים המותרים כפי שמוגדר כיום על ידי ועדת צווי הרשאה (ראה נספח ג'). להערכתנו, יש צורך ברור בהתייחסות גם לעומסים ולא רק לריכוזים.

4. מבוא

ניטור הכנרת ואגן ההיקוות הכרחי לצורך תפעולה הנכון של הכנרת ושימורה כמקור אסטרטגי לאספקת מים במדינת ישראל.

החשש הקיים מאאוטרופיקציה (העתרה) ופריחה 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 הדגים בצפון אגן ההיקוות – פורלים וחדקנים. גידול החדקנים והפורלים מבוסס על זרימת מים קרים בספיקה גבוהה וברמות חמצן גבוהות. מכאן נגזר כי זמן השהות של המים בחווה קצר ביותר (פחות משעה) והמים מוחזרים כמעט מידית 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 הנפלטת מהחוות אל הירדן והכנרת ולנסות להביא למזעורה. הניטור בחוות הגידול נערך בהתאם לתוכנית קבועה ובהתאם לדרישות ועדת צווי ההרשאה, המשותפת למשרד הגנ"ס ורשות המים, המספקת היתרים להזרמת מים נחותים למקורות מים. אחד הקריטריונים מתיחס לריכוז המזהמים החודשי – הממוצע והמירבי. בדו"ח זה מוצגים גם נתוני העומסים, על אף שאינם מופיעים בדרישות צו ההרשאה (מצורף בנספח ג').

במסגרת הניטור נדגמים מי בריכות חוות הפורלים בקבוץ דן, בריכות הפורלים בקבוץ דפנה ובריכות הפורלים והחדקנים בחוות "שיאון" (יוקי). בנוסף לאלה נדגמו גם הברכות המזרחיות של קיבוץ דן בהן מגדלים חדקנים. בריכות אלו מקבלות את מימיהן מנחל הדן ומזרימות אותם לבריכות הקרפיונים ומשם למאגר שיקוע ולהשקייה (במידה וישנם עודפים, הם מוזרמים לנחל חרמון). ניטור בריכות הדגים של דפנה, חוות שיאון ודן מאפשר מעקב אחר המזהמים הנפלטים מבריכות הפורלים והחדקנים בהמשך מסלול זרימתם אל הכנרת.

יחידת הפקוח של תחום כנרת ברשות המים, עוקבת אחר פעולתם ותקינותם של המסננים המטפלים במים המוחזרים לנחלים בחוות הפורלים.

נושא שיפור מדידות הספיקה חווה המספר שינויים לאחרונה. בחוות הפורלים של קיבוץ **דן**, במהלך שנת 2016 הותקנה יכולת מדידה אולטראסונית ע"ג הצינורות המביאים את המים לחווה. איכות המדידה נבדקה ע"י הגורמים המקצועיים ברשות המים ועברה את אישורם. המדידות במכשיר זה נעשו רלבנטיות החל משנת 2017. בחוות שיאון הותקן מד מפלס המאפשר חישובי ספיקה במוצא החווה. מדידה זו סובלת מאי-דיוקים בשל שינויים פיזיים המתבצעים מדי פעם בנקודת המדידה במוצא החווה. בחוות **דפנה** התבצעה הערכה של הספיקה עד לשנת 2017. מדידת הספיקה באופן מדויק, החלה בשנת 2018, הודות להתקנת מד מים ביציאה מהחווה. ראוי לציין כי החוות מחויבות להתקין אמצעי מדידה בנקודת כניסת המים, בהתאם לועדת צווי ההרשאה. כפי האמור לעיל – נכון להיום (אמצע 2019) עדיין אין מד מים בכניסה לחוות **שיאון**.

4.1. תיאור חוות גידול הפורלים

4.1.1. חוות הפורלים בקבוץ דן

שטח החווה עומד על כ- 15 דונם, כמות הדגים שיוצרה, עמדה השנה על 395 טון. השימוש במים הגיע ל 44 מלמ"ק. ניצולת המזון עומדת על יחס של כ- 1.5 (טון מזון\טון דגים מיוצרים, טבלה 1). המים המסופקים לחווה עוברים את הבריכות ומוחזרים לנחל דן בשלושה מוצאים (כפי שמתואר באיורים 5+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 80µm ומעלה.

במוצא השני - דן 3 (צינור) - המים החוזרים לנחל עוברים שימוש בגוש בריכות שני, ואח"כ טפול במסנן סרט (80µm) קטן יותר מהראשון.

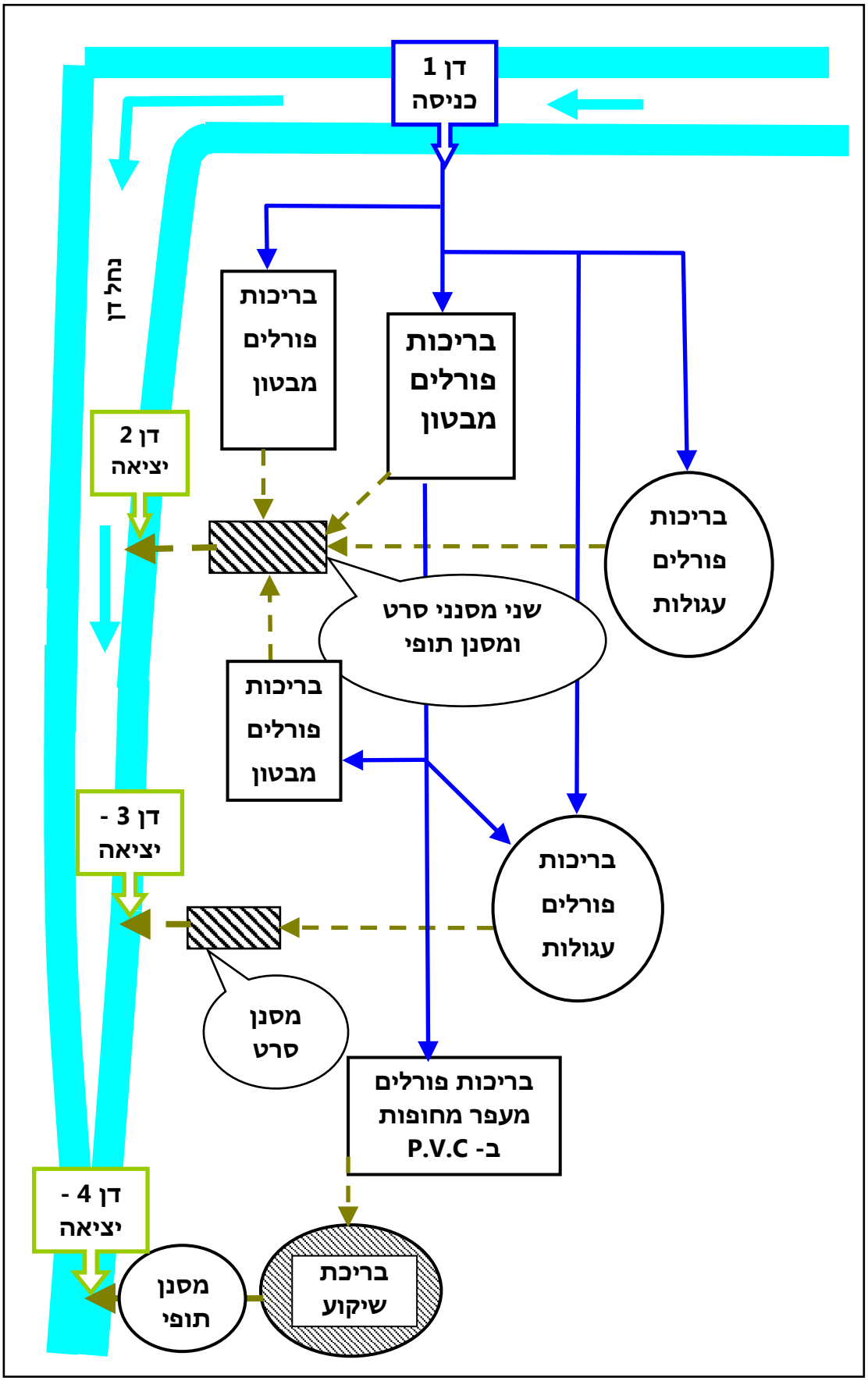
במוצא השלישי - דן 4 (תעלת העפר) - המים עוברים את גוש הבריכות השלישי ומוחזרים לאחר טיפול במסנן תופי המרחיק חלקיקים הגדולים מ- 80µm.

הבוצה המצטברת במסננים המותקנים במוצאים השונים ואשר נאמדת בכ- 800 מ"ק לשנה, נאספת ומסולקת אל המערכות האזוריות המטפלות בשפכים, דהיינו מט"ש הגושרים.

מדידות ספיקה במוצאים אלה נעשתה בעבר ע"י השרות ההידרולוגי. כיום לא מתבצעת שם מדידת ספיקה, מלבד מדידה המתבצעת באמצעות אמצעים אולטראסונים, על גבי 3 צינורות ההזנה של החווה. מדידה זו אושרה ע"י השירות ההידרולוגי כתקינה ואמינה.

טבלה 1. סיכום נתוני חוות פורלים דן לשנים 2013-2018.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2013	445	61.6	711	1.60
2014	452	63.8	724	1.60
2015	443	66.3	730	1.65
2016	440	68.2	750	1.70
2017	438	49	660	1.51
2018	395	44	603	1.53



איור 1. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות פורלים דן.

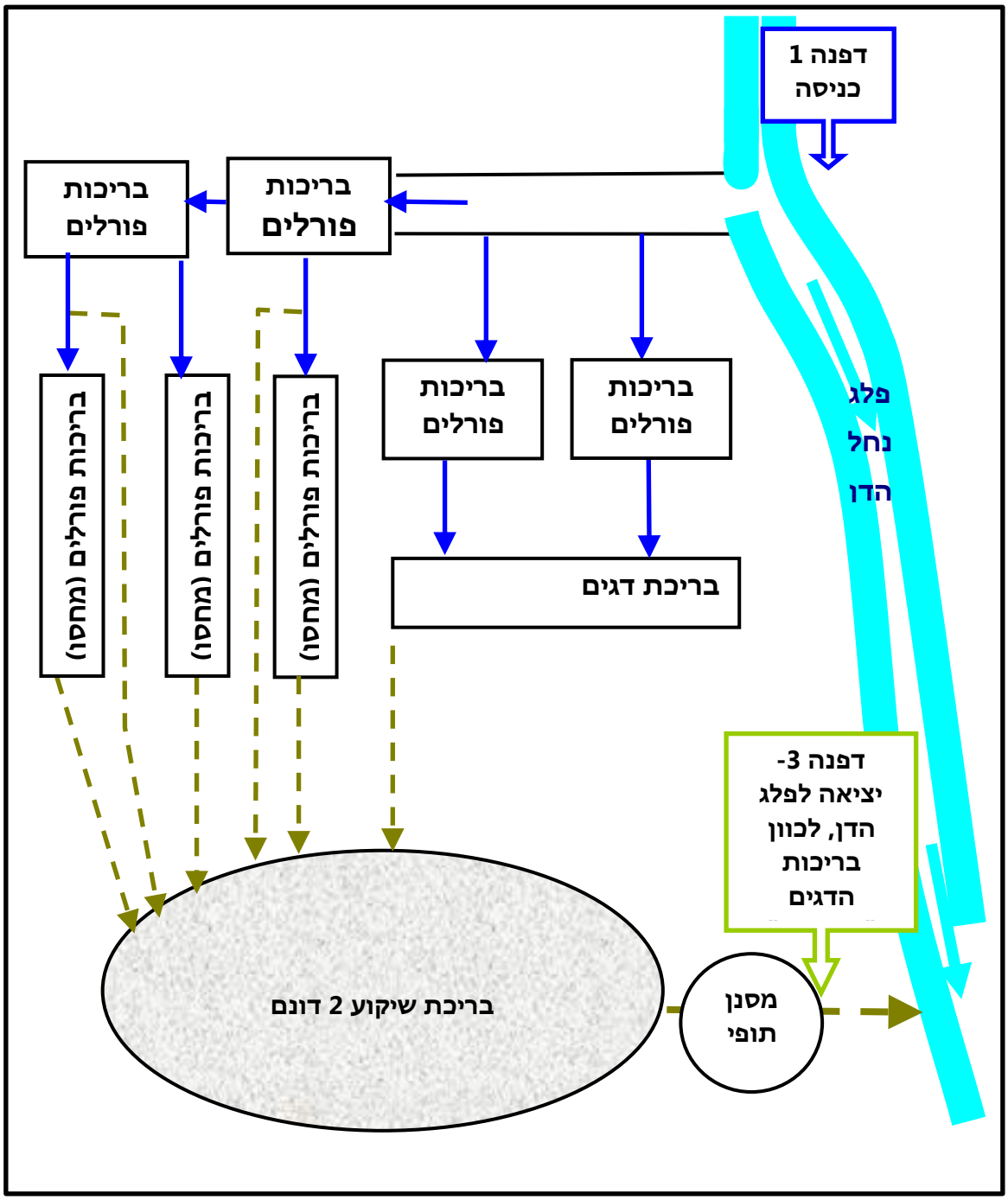
4.1.2. חוות הפורלים בקבוץ דפנה

שטח בריכות חוות הפורלים של קבוץ דפנה עומד על כ- 1.3 דונם. החווה ניזונה ממים שמקורם ב"פלג דפנה" אחד מפלגי נחל הדן (מתפצל מהדן במורד מוצאי בריכות הפורלים של קבוץ דן) בכמות של כ- 10 מלמ"ק בשנה (הערכה).

ביציאה מחוות הפורלים קיים מסנן תופי המרחיק חלקיקים בגודל 80µm ומעלה. הבוצה מהמסנן התופי מועברת בצינור למט"ש הגושרים. המים מוזרמים מהמוצא חזרה אל הפלג המזין, בהמשך לכוון בריכות דגי הקרפיונים של קבוץ דן (בשטח "מנצורה") ומשם חזרה אל נחל הבניאס (איורים 2+6). עד סוף שנת 2017 לא התבצעה מדידת ספיקה בכניסה או ביציאה מהבריכות. הנושא תוקן במהלך שנת 2018 והצריכה השנתית המדודה בחוות דפנה עומדת על 9 מלמ"ק. כמות הדגים שיוצרה ב 2018, עמדה על 45 טון דגים, וכמות המזון עמדה על 82 טון (טבלה 2).

טבלה 2. סיכום נתוני חוות הפורלים של קיבוץ דפנה, לשנים 2013-2018.

שנה	דגים (טון)	הערכת מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2013	69	13.8	115	1.67
2014	54	11	102	1.89
2015	45	10	87	1.93
2016	46	10	81	1.76
2017	33	10	80	2.42
2018	45	9 (מדוד)	82	1.82



איור 2. כיווני הזרימה, נקודות הדיגום ומבנה חוות הפורלים של קיבוץ דפנה.

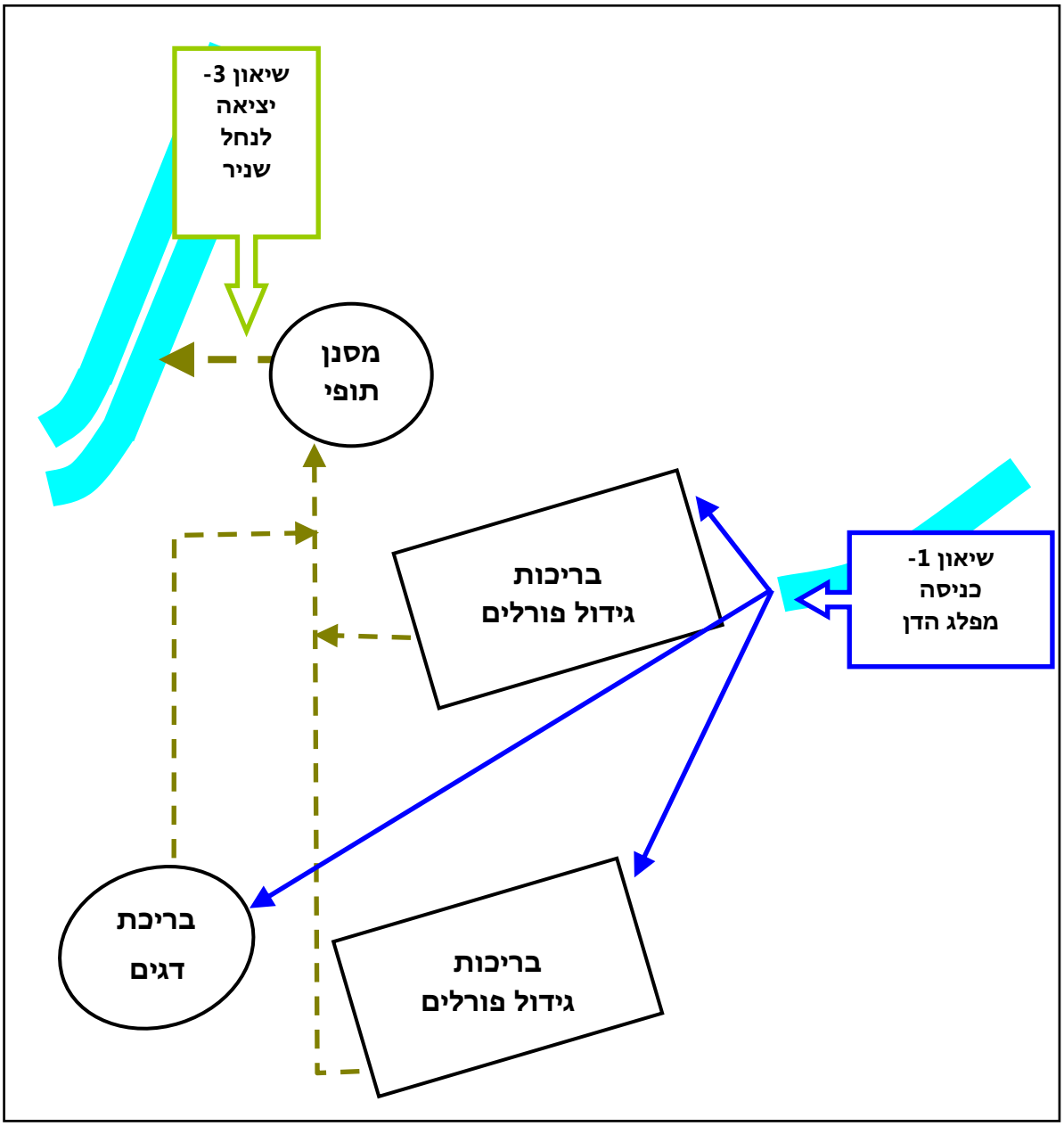
4.1.3. חוות הפורלים 'שיאון' (יוקי)

הגידול בחוות 'שיאון' מתבסס על כ- 1.2 דונם בריכות. כמות הפורלים המגודלים בחווה ירדה באופן משמעותי החל משנת 2015 (טבלה 3). החל משנה זו מגדלים בחווה גם חדקנים. בשנת 2017 הוכנסה לחישוב ביומסת הדגים גם תוספת הביומסה של החדקנים בחווה ולכן העליה בביומסת הדגים והירידה ביחס מזון/דגים החל משנה זו, כולל 2018. לצורך הגידול נעשה שימוש ב – 7.15 מלמ"ק מים (טבלה 3). מקור המים הוא באחד מפלגי הדן, הממשיך בזרימתו לכוון נחל שניר (החצבאני) (איורים 7+3). במוצא החווה, 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). הספיקה נמדדת ביציאה בלבד, באמצעות מדידת גובה המפלס והחתך בנקודת שיאון 3. בשל ביצוע שינויים מדי פעם בחתך המפל, מדידת הספיקה אינה מדויקת.

ניתן לראות בטבלה 3, כי חלה עליה קלה בביומסת הדגים המגודלים בחווה, אך כמות המזון עלתה באופן לא יחסי, ולכן הירידה בניצולת המזון (יותר מזון לביומסת דג). צריכת המים ירדה באופן משמעותי, כפי הניתן לראות באיור 9.

טבלה 3. סיכום נתוני חוות הפורלים שיאון, לשנים 2013-2018.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2013	44	8.0	82	1.86
2014	41	8.8	82	2.02
2015	29	9.6	64	2.18
2016	20	8.5	53	2.66
2017	29	8.4	40	1.38
2018	32	7.2	47	1.47



איור 3. כיווני הזרימות ונקודות הדיגום בחוות 'שיאון' (יוקי).

4.1.4. חוות גידול החדקנים בבריכות דן מזרח

בריכות החדקנים ממוקמות בחווה המזרחית של קיבוץ דן. הגידול הינו גידול אינטנסיבי המתבצע בבריכות בטון התופסות שטח של כ-14.2 דונם ואשר ממוקמות בקצה הצפון מזרחי של החווה (איורים 8+4). בשנת 2018 כמות הדגים שיוצרה בחווה הגיעה ל 55 טון דגים שהואכלו ב 344 טון מזון. יחס של 6.25. ירידה קיצונית זו ביעילות הגידול וניצולת המזון, נבדקה ע"י המגדלים מקיבוץ דן. הסתבר כי כמות גדולה של דגים "נעלמו" מהחווה. העניין נמצא בבדיקה.

המים לבריכות מסופקים ממעיינות הדן בתעלה העוברת דרך קיבוץ דן (דן A). בנוסף למים אלה, קיימת אפשרות של סחרור מים מכיוון בריכות הקרפיונים אל בריכות החדקנים, זאת לצורך וויסות טמפ' המים כך שתתאים לסוג הגידול. ממוצא הבריכות ולאחר שיקוע, מוזרמים המים לכיוון הבריכות התחתונות בחווה (קרפיונים) ומשם, אחרי טיפול אקולוגי ושיקוע, לכיוון הבניאס באזור מושב שאר ישוב. בנקודה 2 באיור 4 נמצא מכון השקיה ששואב מים להשקיה ישירה של שטחי החקלאות של קיבוץ דן. בהתאם לצורך, ניתן להטות חלק ממי הדן כך שלא יעברו דרך בריכות החדקנים ויזרמו ישירות לבריכות התחתונות. בפועל רוב המים מופנים להשקייה , אך עדיין כ 2.5 מלמ"ק מוזרמים לסביבה. חשוב לחדד את הניטור ולחזור לדגום במוצא החווה. כרגע לא קיימים נתונים לגבי ריכוזי המזהמים בשנים 2017-2018.

בשנת 2010 נבנה במוצא הסופי של הבריכות לבניאס מתקן מדידת ספיקה הנותן מדידה רציפה .

חדקנים 1 - מייצג את מי הדן בכניסה למערכת.

חדקנים 2 – מכון ההשקייה.

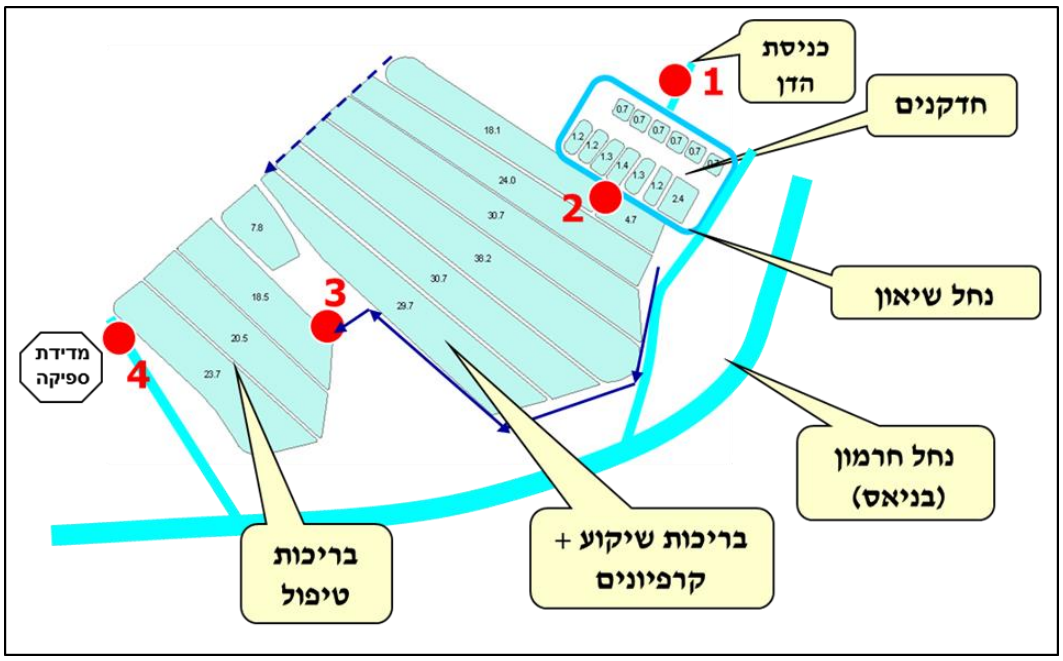
חדקנים 3 - מים במוצא בריכות החדקנים ולאחר בריכות הקרפיונים.

חדקנים 4 – מוצא סופי לבניאס.

בנוגע לניצולת המזון – ניתן לראות בטבלה 4, כי חלה ירידה (בהשוואה ל 2017), בכמות המזון שפוזרה בחווה, אך ירידה קיצונית ביבול הדגים, אשר גרמו לירידה חדה בניצולת. כאמור לעיל – הנושא בבדיקה. מבחינת כמות המים ניתן לראות ירידה משמעותית בספיקה הנכנסת לחווה בשנת 2018.

טבלה 4. סיכום נתוני חוות החדקנים של דן, לשנים 2013-2018.

שנה	דגים (טון)	מים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2013	75	8.0	260	3.47
2014	74	8.8	224	3.03
2015	106	9.6	298	2.81
2016	169	8.5	351	2.08
2017	149	8.4	406	2.72
2018	55	6.5	344	6.25



איור 4. חוות דן חדקנים- תיאור מבנה החווה המזרחית, בריכות החדקנים ונקודות הדיגום.

5. שיטת הניטור

הדיגום בחוות גידול הפורלים מתבצע על בסיס קבוע ב- 9 נקודות ע"י יגאל נאור, פקח רשות המים. הדיגום מתחלק לדיגום אוטומטי (ע"י דוגם אוטומטי) ודיגום ידני, כאשר הדיגום האוטומטי אמור לתת תמונה רציפה ואמתית 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 בכלל החוות מופיע בטבלה 5.

האנליזות נערכות במעבדת הכימיה של מילודע-מיגל בקריית שמונה. הפרמטרים הנבדקים כוללים זרחן כללי (TP), זרחן מומס (TDP), מוצקים מרחפים (TSS), חנקן כללי (TN) וחנקן אמוניקלי.
חישוב הכמות החודשית הנתרמת (= העומס) 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 בשבע. כאשר בנקודה מסוימת לא נלקחו דגימות במהלך החודש (או שנלקחה רק דגימה בודדת) הערך המוצג הוא הממוצע השנתי באותה נקודה.

מדידת נתוני מזון ודגים –נתוני המזון מיצגים את משקל המזון שפוזר בבריכות הגידול במהלך השנה על פי דיווחי המגדלים. נתוני הדגים מיצגים את כמות הדגים שיוצרה בחווה מתחילת השנה

ועד סופה. נתון זה מחושב ע"י הפרש הביומסה המחושבת בבריכות (מס' דגים X משקל ממוצע) בין סוף השנה לתחילת השנה.

בבריכות החדקנים – מהנקבות הבוגרות מפיקים את הביצים (קוויאר) ומוכרים את בשרן ביחד עם בשרם של חלק מהזכרים.

טבלה 5. פירוט דגימות המים (ידני ואוטומטי) מחוות הדגים בשנת 2018. במהלך שנת 2018 בוצעו 224 ימי דיגום עם דוגם אוטומטי ו 292 ימי דיגום ידני. בסה"כ 516 ימי דיגום.

שנה	תחנה	אוטומטי								ידני								סה"כ
		סה"כ	שיאון	דפנה	דן					סה"כ	שיאון	דפנה	דן					
	חודש		3	3	3	4	2	1			3	3	4	3	2	1		
2018	1	14						5		36	4	4	4	5	5	4		50
	2	21	7	7	7	7		5		28	4	4	4	3	3	4		49
	3	21			7	7		3		28	4	4	4	3	3	4		49
	4	14	7				7	2		16	2	2	2	2	2	2		30
	5	14			7		7	3		20	2	2	2	3	3	2		34
	6	21	7	7		7		1		16	3	3	3	1	1	3		37
	7	21			7	7		3		28	4	4	4	4	3	4		49
	8	21	7	7			7	5		36	4	4	4	5	5	4		57
	9	14			7	7		2		12	1	1	1	2	2	1		26
	10	14	7	7		7		4		28	3	3	3	4	4	3		42
	11	21			7	7		2		24	4	4	4	2	2	4		45
	12	28	7	7			7	3		20	2	2	2	3	3	2		48
	סיכום	224	42	42	42	42	49	36		292	37	37	37	36	36	37		516

5.1. מיקום נקודות הדיגום

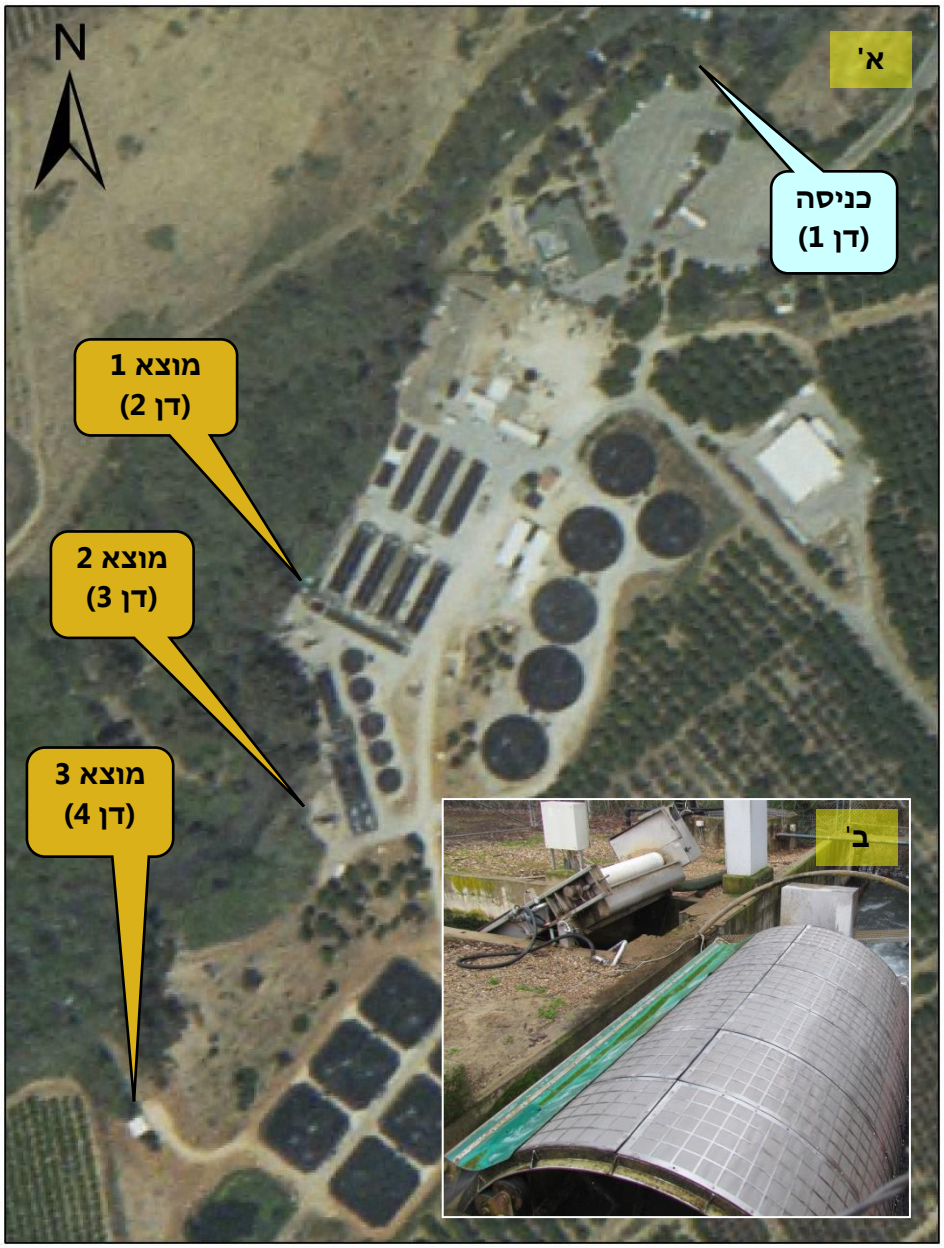
5.1.1. חוות הדן

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.

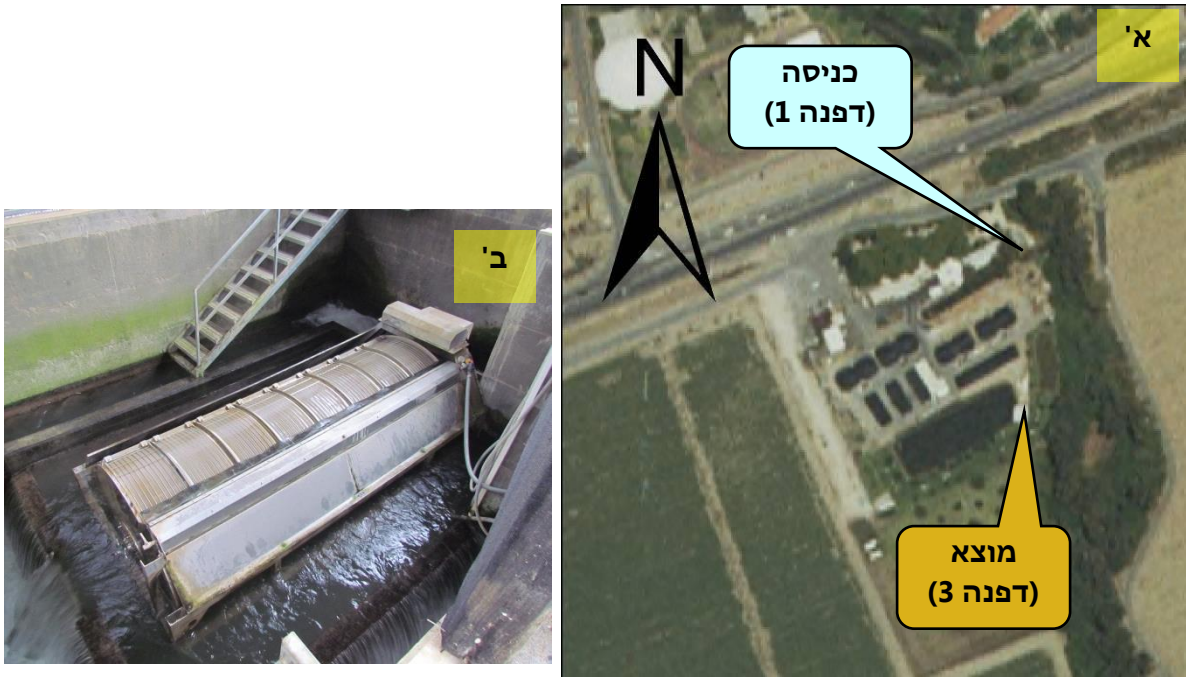


איור 5. תצלום אויר של חוות דן ונקודות הדיגום(א') ומערכת המסננים במוצא דן 2 (ב').

5.1.2. חוות דפנה

דפנה 1 - נ.צ. 209926/292348 - כניסה מפלג הדן אל בריכות הפורלים של דפנה.

דפנה 3 - נ.צ. 209928/292270 - מוצא בריכות פורלים דפנה אחרי בריכת השקוע והמסנן התופי, חזרה אל פלג הדן לכיוון בריכות דגים "מנסורה" ולנחל בניאס.

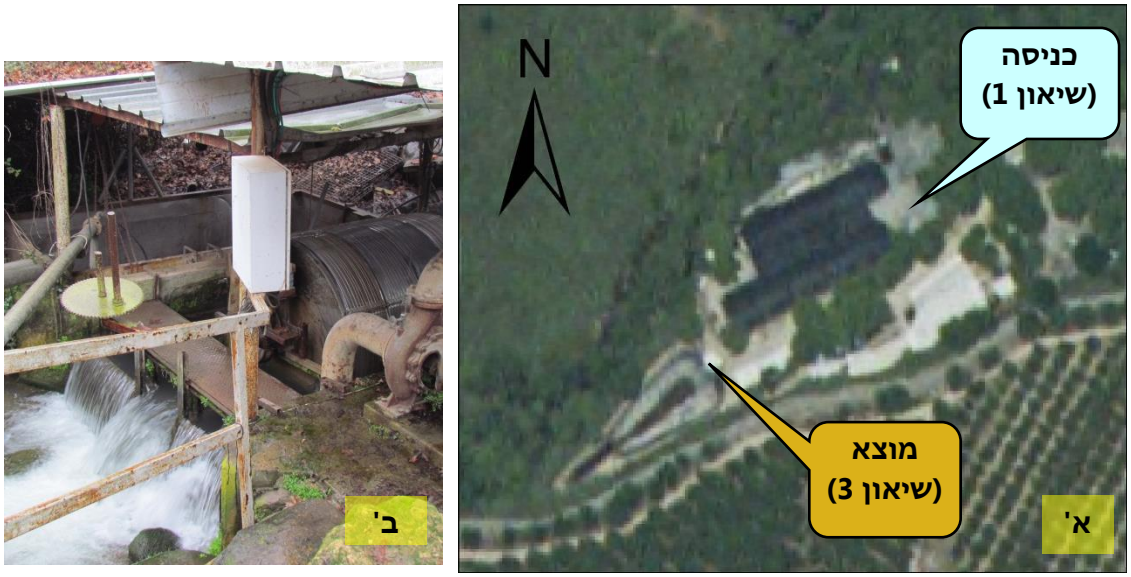


איור 6. תצלום אויר של חוות דפנה (א') ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב').

5.1.3. חוות שיאון

שיאון 1 - נ.צ. 208375/292886 - כניסה מפלג נחל דן אל בריכות הפורלים של חוות "שיאון" (שוחה מרובעת).

שיאון 3 - נ.צ. 208315/292863 – מוצא בריכות פורלים חוות "שיאון" אחרי הטפול במסנן התופי אל נחל שניר (חצבאני).



איור 7. תצלום אויר של חוות 'שיאון' (א') ונקודות הדיגום והמסנן התופי במוצא (ב').

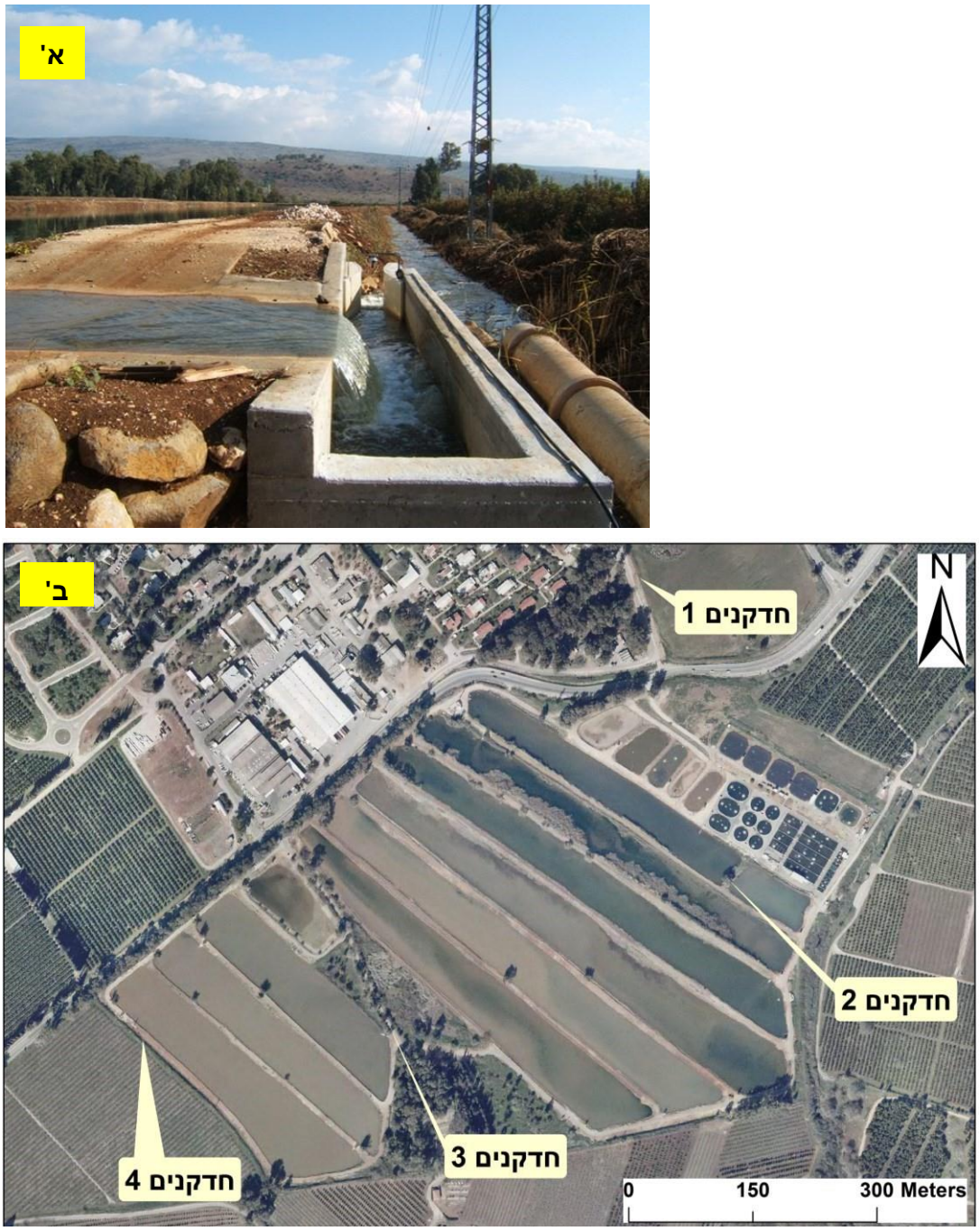
5.1.4. חוות החדקנים בחוות דן מזרח

דן חדקנים 1 - נ.צ. 261669/793840- כניסת נחל דן לבריכות החדקנים בחוות דן מזרח.

דן חדקנים 2 - נ.צ. 261872/793749 – מעבר מבריכות החדקנים אל בריכות הקרפיונים.

דן חדקנים 3 - נ.צ. 261380/793273 - מוצא מבריכות הקרפיונים ומעבר למאגר השיקוע.

דן חדקנים 4 - נ.צ. 261094/793263 - מוצא ממאגר השיקוע אל תעלת עפר לכיוון נחל הבניאס (איור 8). המוצא תוכנן ונבנה בהשקעה של קיבוץ דן על מנת לבצע מדידה מדויקת ורציפה של ספיקת המים.



איור 8. תצלום אויר של בריכות החדקנים. מוצא הבריכות –חדקנים 4 (א) ותצלום אויר של כל הבריכות עם נקודות הדיגום (ב).

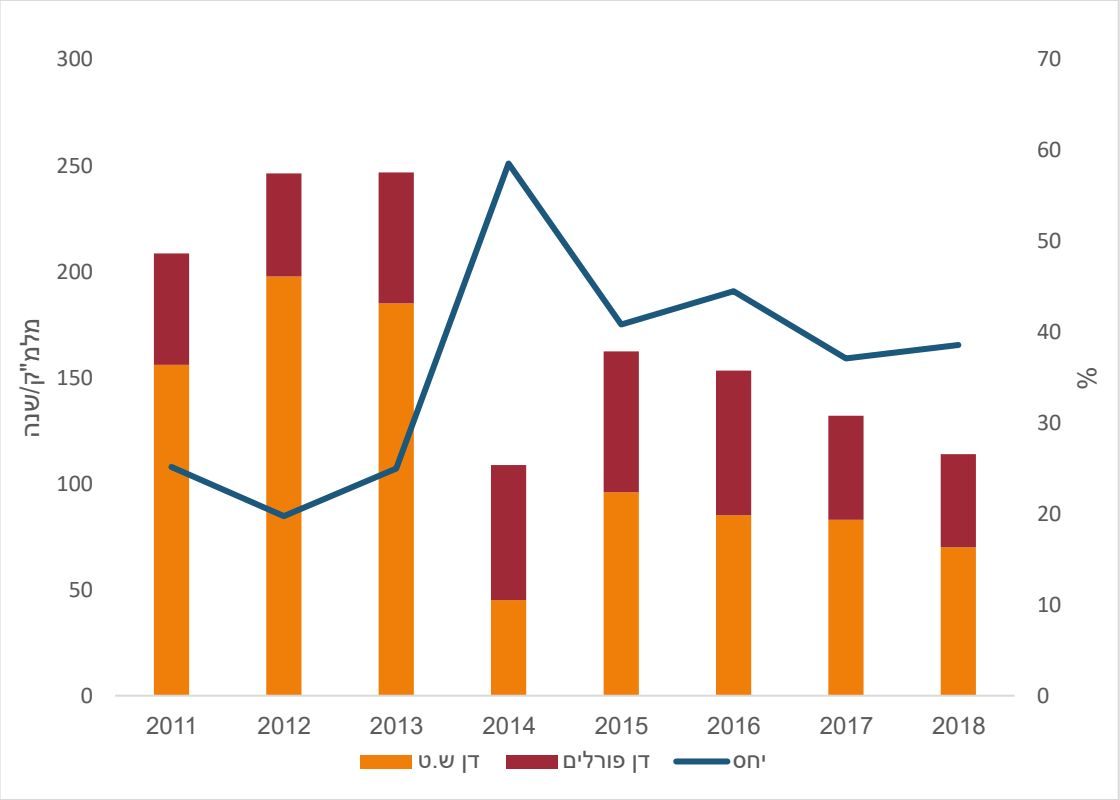
6. תוצאות ודיון

6.1. ספיקות

6.1.1. ספיקות בחוות הפורלים בקיבוץ דן

המדידה מתבצעת ע"י קריאה של שלושה מוני מים אולטראסונים, המותקנים על שלושת הצינורות המזינים את החווה. סכום שלושת המונים נקרא "דן 1".

בטבלה 1 ניתן לראות כי צריכת המים בחוות דן פורלים ב 2018, נמוכה מהצריכה ב 2017 (44 מלמ"ק לעומת 49) זאת לאחר "ההפחתה" הגדולה בצריכת החווה, עקב שינוי שיטת המדידה. מכיוון שמדי המים אושרו מבחינה מקצועית ע"י רשות המים, ומכיוון שמדובר בשנה שניה ברצף עם צריכת מים נמוכה – יש להניח כי הנתונים מדויקים יותר מבשנים עברו.



איור 9. נפחי המים השנתיים בשמורת הטבע של נחל דן ובחוות הפורלים של דן (מלמ"ק/שנה). הקו הכחול מייצג את היחס (%) בין הנפח שעבר בחווה, לבין הנפח הכללי בנחל הדן (חווה+שמורה), באותה שנה.

באיור 9 ניתן לראות את נפחי המים, שהיו בשימוש בחוות הפורלים של דן, בהשוואה לנפחי המים שזרמו בשמורת הטבע של נחל הדן, במבט רב שנתי. ניתן לראות כי החל מ 2014 חל שיפור ביחס הצריכה בחווה, והוא התייצב סביב 40% (שנתי).

6.1.2. ספיקות בחוות הפורלים דפנה ושיאון

בחוות דפנה לא הותקנה מדידה בשנת 2017 ובוצעה הערכה של הספיקה החודשית לפי המפתח הבא: חודשים ינואר-מרץ 1.15 מלמ"ק לחודש, לחודשים אפריל-יוני 0.8 מלמ"ק לחודש, לחודשים יולי-ספטמבר 0.5 מלמ"ק לחודש ולחודשים אוקטובר-דצמבר 0.8 מלמ"ק לחודש. בסה"כ ספיקה

שנתית של כ – 10 מלמ"ק. במהלך 2018 הותקנה יכולת מדידה במוצא החווה, והצריכה השנתית המדודה, עמדה על 9 מלמ"ק.

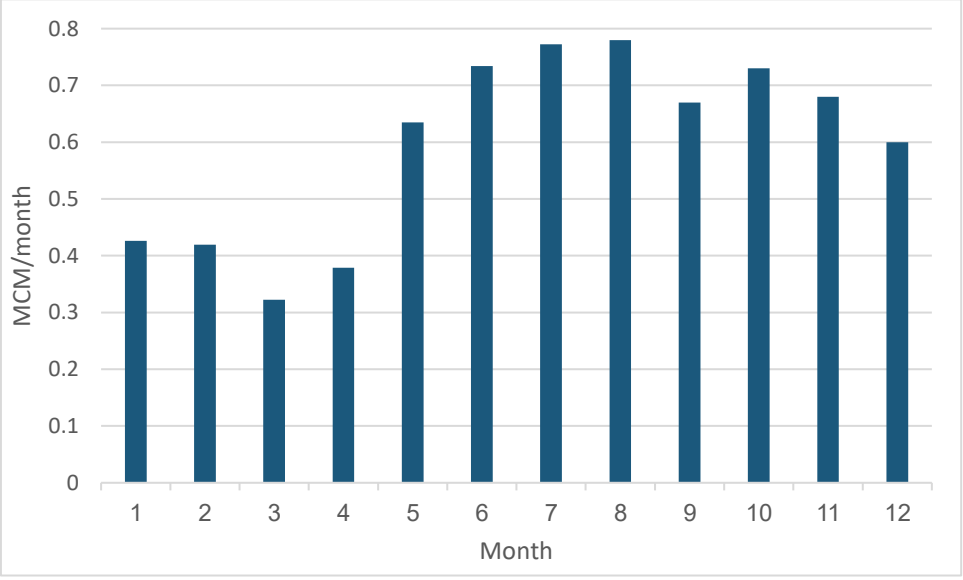
בחוות שיאון יש מדידת ספיקה קבועה ורציפה באמצעות מכשיר Diver. המכשיר מודד את גובה עמודת המים במעבר, מעל המפל החופשי, והספיקה מחושבת בנוסחת Kindsvater-Carter (1957) לנפילה חופשית בחתך מלבני:

$$Q = \frac{2}{3} L \times C_v \times \sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}}$$

כאשר:

Q	ספיקה (m3/sec)
L	רוחב חתך הזרימה (m)
Cv	קבוע (0.88)
g	תאוצת הכובד (9.8 m/sec2)
H	גובה המפל (m)

מעיון באיור 10, בו מוצגים תוצאות מדידת הספיקה במוצא חוות שיאון, ניתן לראות כי הספיקה החודשית הממוצעת המצטברת נעה בין 0.32-0.78 מלמ"ק לחודש וכ 7.15 מלמ"ק לשנת 2018. מדובר בירידה של כ 1 מלמ"ק בצריכה, בהשוואה ל 2017. ניתן לראות כי הצריכה בחודשי החורף היתה נמוכה באופן משמעותי מאשר ביתרת השנה. חלק מההבדל ניתן להסביר ע"י שינויים טכניים במדידה, אשר נובעים משינוי חתך המפל ביציאה מהחווה.



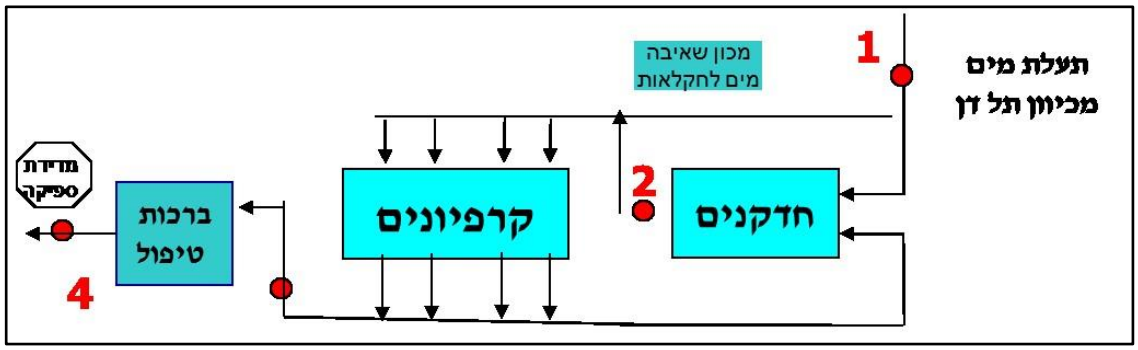
איור 10. ספיקה חודשית ממוצעת מצטברת במוצא חוות שיאון ב 2018.

6.1.3. ספיקות בחוות החדקנים – דן מזרח

בשנת 2010 נבנה במוצא הסופי של הבריכות, לתעלה המוליכה לבניאס, מתקן מדידת ספיקה הנותן מדידה רציפה (איור 8א) ומספטמבר 2011 מתקבלים נתוני המדידה ומשמשים להערכת העומסים הנפלטים מהחווה. בחווה מותקנות משאבות המפנות את עודפי המים להשקיה. בחודשים דצמבר-מאי ישנם עודפים המוזרמים לבניאס. במהלך שנת 2018 הספיקה ביציאה מהחווה לכיוון הבניאס, עמדה על כ 2.5 מלמ"ק (שנתי). עם זאת, בשל הערכה שגויה, לא נלקחו דגימות במוצא חוות החדקנים ואין נתוני כימיה של הזיהום הנפלט מהחווה לפלג של הבניאס. הספיקה בכניסה לחווה הינה קבועה, ועומדת על כ 900 מק"ש בחודשים ינואר-יולי ו 700 מק"ש בחודשים אוגוסט-דצמבר. בחישוב אבדן מים בתעלת אוסישקין, מדובר בכ – 6.5 מלמ"ק בשנה. כפי המוצג בטבלה 6, ניתן לראות כי ישנה ירידה חדה בניצולת המזון. כפי שכבר הוסבר לעיל, הנושא בבדיקה של קיבוץ דן, מכיוון שמדובר ב"היעלמות" של כמות גדולה של דגים. בנוסף לכך, כאמור, לא בוצעו דיגומים במים הנפלטים מהחווה ולכן לא ניתן להתייחס לרמת הזיהום הנפלט.

טבלה 6. סיכום נתוני מים (נפלטים), דגים ומזון בבריכות החדקנים בשנים 2013-2018.

שנה	דגים (טון)	מים נפלטים (מלמ"ק)	מזון (טון)	ניצולת מזון
2013	75	3.27	260	3.5
2014	74	1.23	224	3.0
2015	106	1.10	298	2.8
2016	169	0.80	351	2.1
2017	149	1.13	406	2.4
2018	55	2.5	344	6.3



איור 11. תיאור סכמתי של מבנה מערכת המים בבריכות החדקנים, נקודות הדיגום (3+1), מוצא המים להשקיה (2) ונקודת מדידת הספיקה (4).

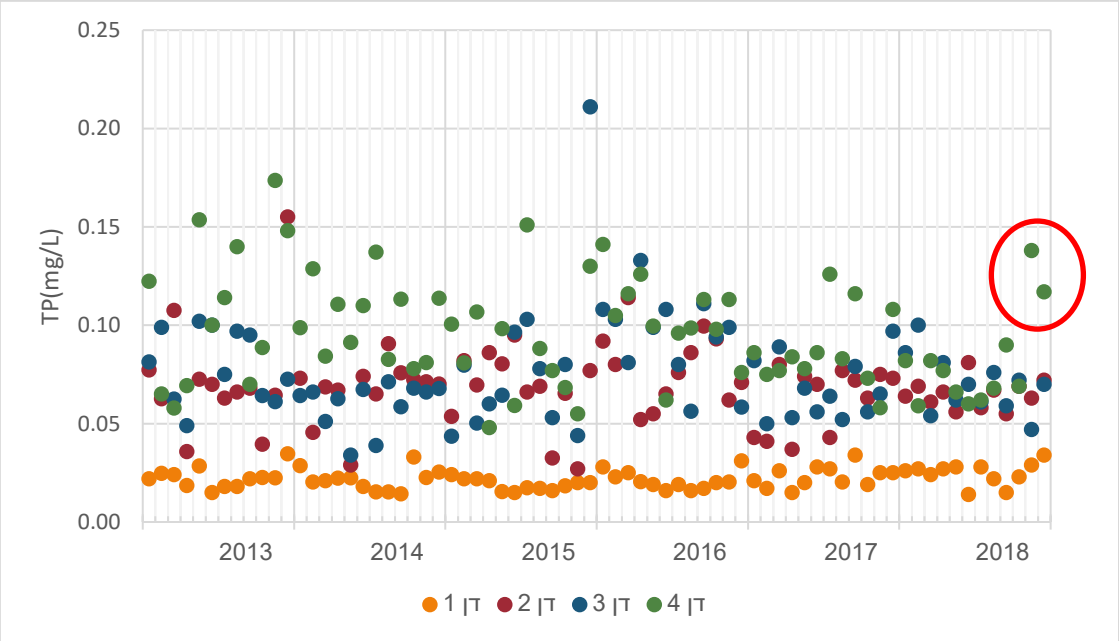
6.2. ריכוזי המזהמים

6.2.1. ריכוזי הזרחן הכללי

ריכוז הזרחן הכללי הוא מדד עיקרי ומשמעותי בניטור הזיהום הנפלט מחוות גידול הפורלים. כאמור לעיל – הוא גם הנתון הקובע לגבי צו ההרשאה. ממוצע חודשי של ריכוזי הזרחן הכללי מכלל הדגימות מוצג באיורים הבאים עבור כל אחת מהחוות.

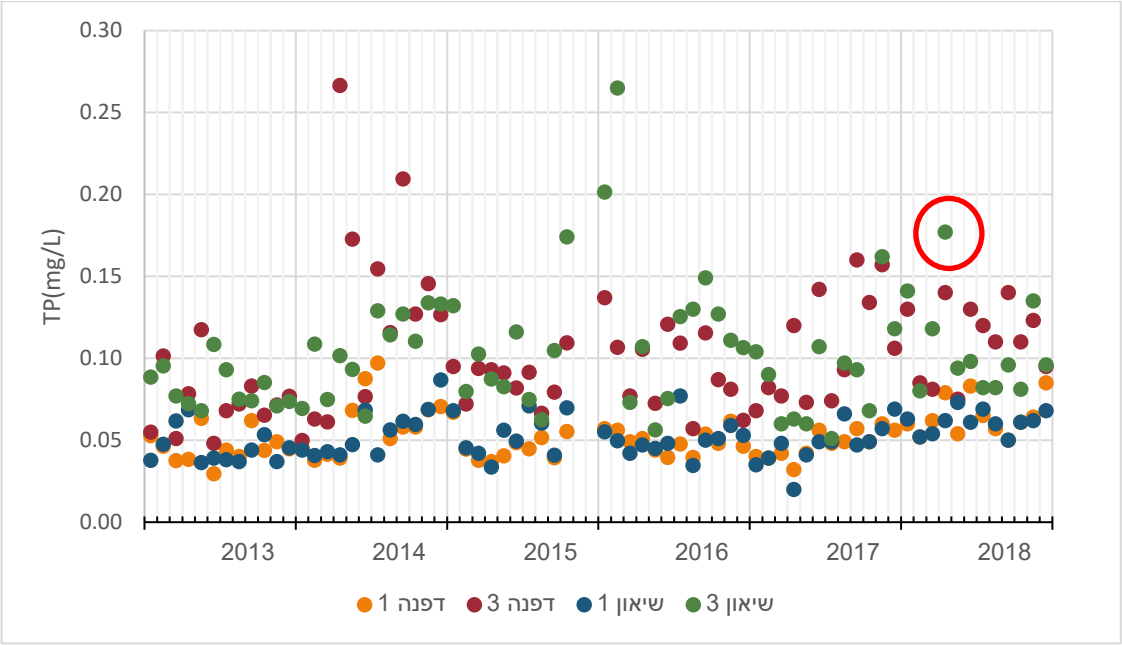
ריכוזי הזרחן הכללי יכולים להצביע על ארועי זיהום חריגים, אשר במעקב אחר העומסים לא יבואו לביטוי בגלל ספיקות נמוכות. לעומת זאת עומסים גבוהים, בספיקות גבוהות, עם ריכוזים נמוכים - לא יזוהו כחריגים במדידות הריכוז.

באיור 12 מוצגים ריכוזי הזרחן הכללי בחוות פורלים דן מתחילת 2013 ועד סוף 2018. ריכוז הזרחן הכללי בדן 1 מתאר את רמת הזרחן הכללי בנחל הדן טרם הזיהום מבריכות הפורלים. כצפוי – ריכוזי הזרחן במוצאים השונים (דן 2,3,4) גבוהים מאלה שבכניסה לחווה. תוצאות חריגות יחסית נמדדו בחודשים נובמבר ודצמבר במוצא 4. נתון זה מתקבל על הדעת, מכיוון שהמים הנפלטים ממוצא זה, הם מים שנעשה בהם שימוש חוזר בבריכות החווה השונות ובנוסף מופעל סחרור של כלל המים בחווה, ממוצא 2 חזרה, במהלך חודשי הקיץ. עם זאת, החריגה אינה גבוהה וגם אינה משפיעה באופן חריג על העומסים, מכיוון שהספיקה במוצאים אלה נמוכה בהרבה מהספיקה במוצא 2 (על פי הערכה).



איור 12. ריכוזי הזרחן הכללי (TP) בחוות הפורלים בקיבוץ דן בשנים 2013-2018. ריכוזים מעט גבוהים בדן 4 מוקפים בעיגול אדום.

באיור 13 מוצגים ריכוזי הזרחן הכללי בחוות דפנה ושיאון. ניתן לראות כי למעט חודש אפריל בחוות שיאון, לא נמדדו ריכוזים חריגים בחוות אלה.



איור 13. ריכוזי הזרחן הכללי (TP) בחוות הפורלים – קיבוץ דפנה וחוות שיאון בשנים 2013-2018. תוצאות חריגות מוקפות בעיגול אדום.

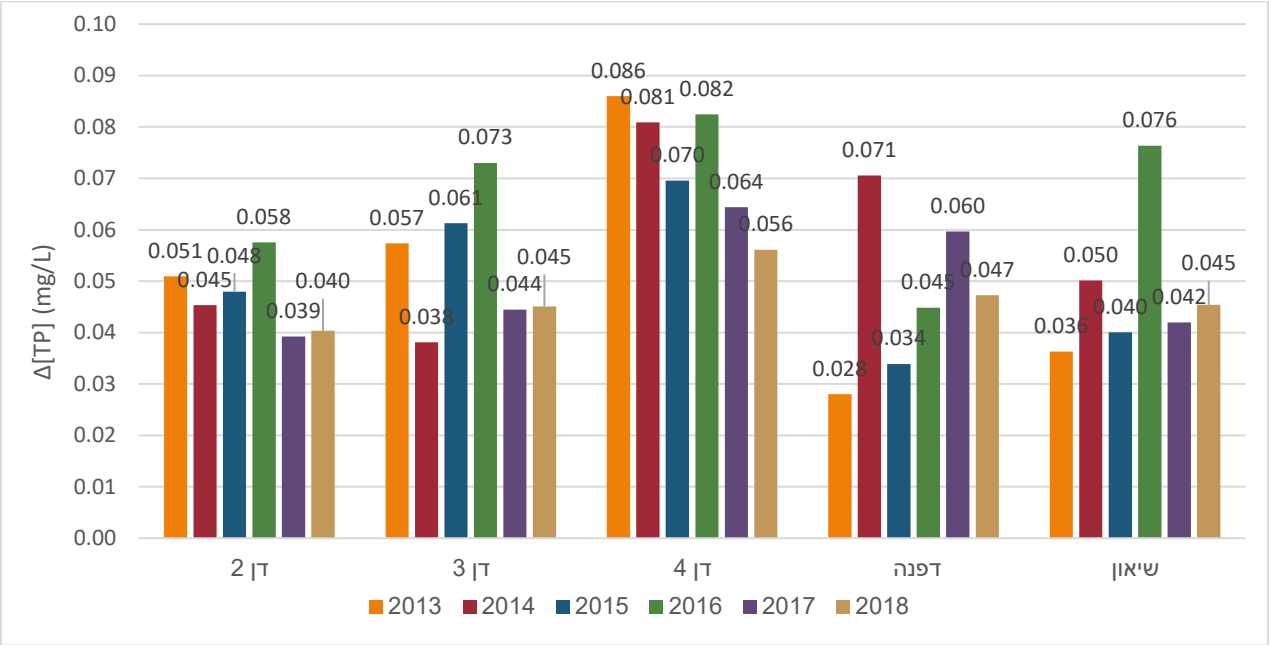
6.2.2. השפעת החוות על ריכוז הזרחן הכללי

בדיון של ועדת צוי ההרשאה לפליטה לסביבה, אשר נערכה ברשות המים, בתאריך 16/7/2018, נתבקשנו להציג בדו"ח זה, את הפרשי הריכוזים של הזרחן הכללי בין הכניסה ליציאה של כל חווה. זאת על מנת להציג לכל חווה את תרומתה לריכוז הזרחן באופן יחסי. מכיוון שחוות דפנה ושיאון מקבלות מים, אשר כבר נעשה בהם שימוש (בין היתר בחוות דן), ישנה חשיבות לנרמל את הנתונים לריכוז הזרחן בכניסה, לצורך השוואה אמיתית.

באיור 14 ניתן לראות את הפרשי הריכוזים (ממוצע שנתי) של הזרחן הכללי, בין נקודת הדיגום בכניסה לבין נקודת הדיגום ביציאה של חוות דן, שיאון ודפנה. בחוות דן מוצגת חלוקה בין שלושת המוצאים השונים (2,3,4), מכיוון שישנה שונות בריכוז הזרחן הכללי בין המוצאים (הנובעת מהשונות בשימושים הנעשים למים בחווה).

ניתן לראות כי תרומת הזרחן (מבחינת העליה בריכוז), של המוצאים דן 2+3 וגם של חוות דפנה ושיאון, דומה מאוד (0.04,0.045,0.047,0.045 מג"ל, בהתאמה). לעומת זאת, כצפוי, תרומת ריכוז הזרחן של מוצא דן 4 גבוהה יותר ועומדת על עליה בריכוז של 0.056 מג"ל. נתון זה מייצג את העובדה כי המים עוברים מספר שימושים חוזרים בחווה, עד ליציאתם במוצא 4, ולכן ריכוז הזרחן הכללי גבוה מבשאר המוצאים בחווה ומשאר החוות. יעילות הסינון במוצא זה אמורה להיות גבוהה יותר, על מנת להתמודד עם הריכוז הגבוה.

התרומה לריכוז הזרחן, במוצאים דן 2+3 ושיאון, בשנת 2018, נשארה דומה לשנת 2017. ארעה ירידה בהפרשי הריכוזים בין הכניסה ליציאה בחוות דפנה ובמוצא דן 4, ביחס לשנת 2017.

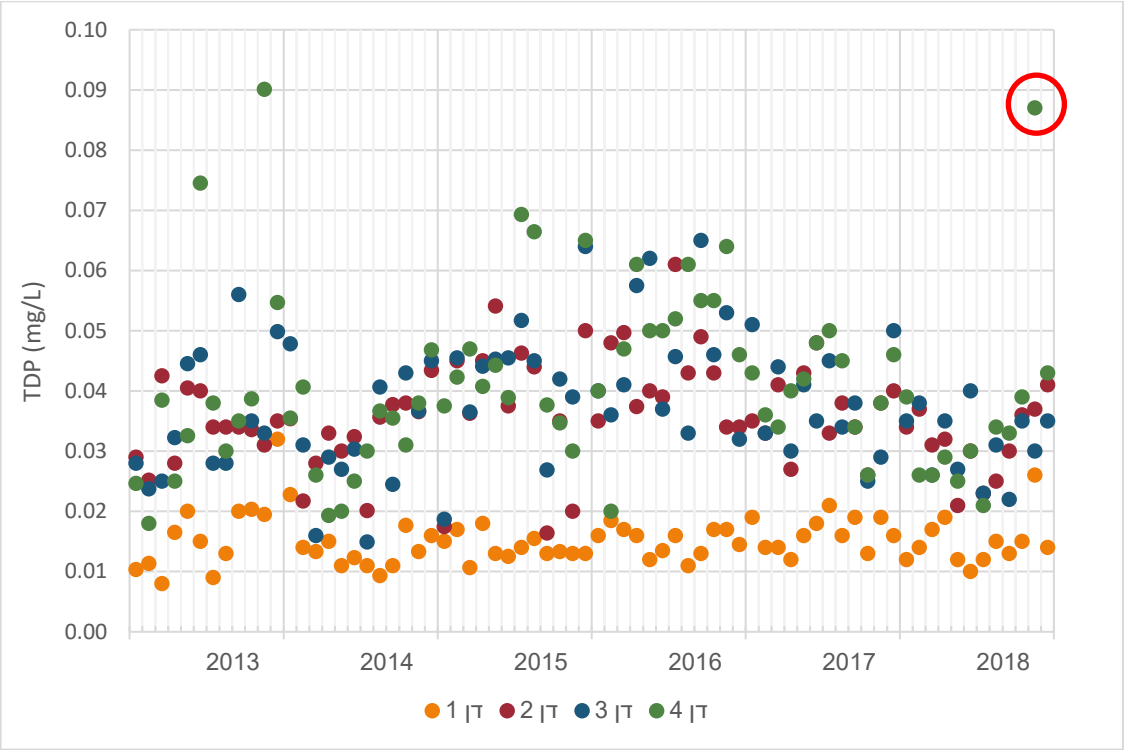


איור 14. הפרשי הריכוזים של הזרחן הכללי (מג"ל), במוצאי חוות הגידול השונות, בהשוואה לריכוז בכניסה לכל חווה. השוואה רב-שנתית של ממוצע הריכוז השנתי בשנים 2013-2018.

6.2.3. ריכוזי הזרחן המומס

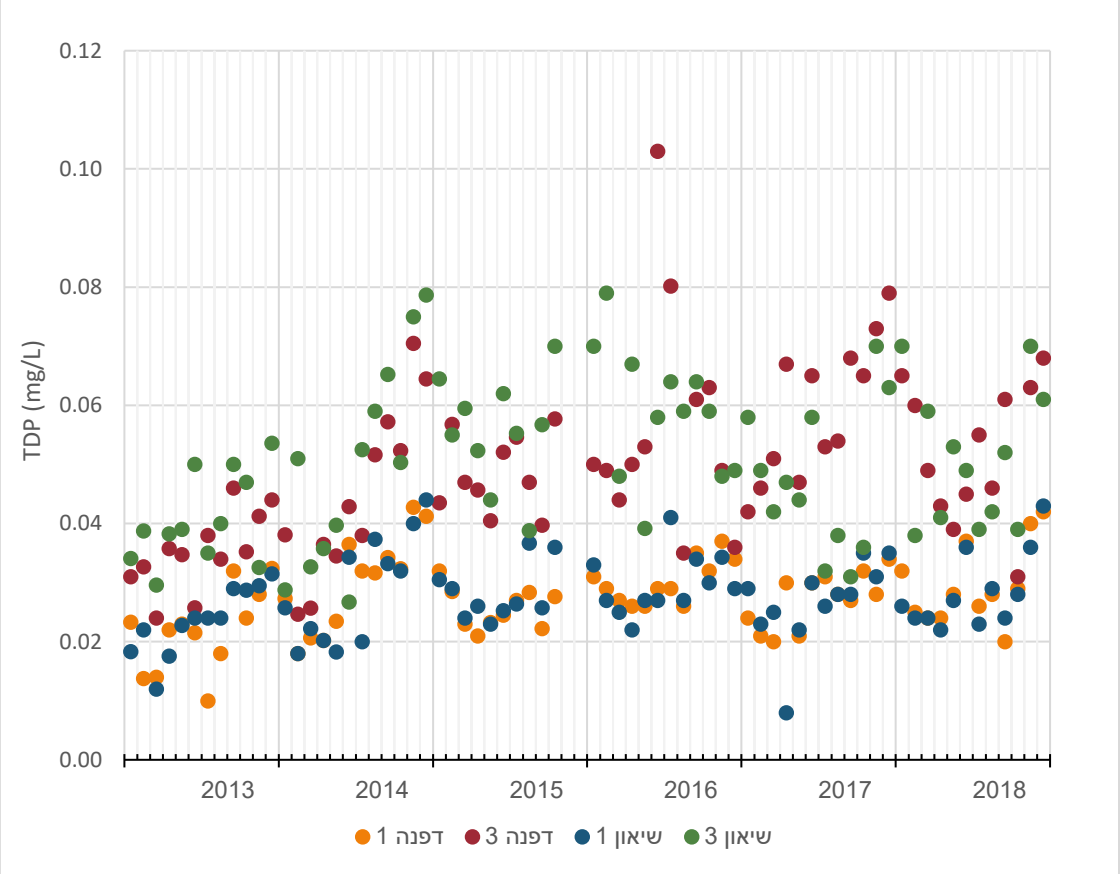
ריכוז הזרחן המומס (TDP) הוא מדד אשר יכול ללמד על רמת הזיהום "המקורית", אשר אינו מושפע מהפילטרציה, ועל שינוי ביעילות ניצולת המזון, מכיוון שמסנני התוף לא מסוגלים לסלק את הזרחן המומס. בדומה לריכוז הזרחן הכללי, ריכוזי הזרחן המומס יכולים להצביע על ארועי זיהום חריגים. ממוצע חודשי של ריכוזי הזרחן המומס מכלל הדגימות מוצג באיורים הבאים עבור כל אחת מהחוות.

בחוות דן פורלים (איור 15) ניתן לראות מגמת שיפור כללית בריכוזי ה TDP בשלושת מוצאי הפליטה של התחנה – דן 2,3,4. כצפוי – הריכוזים במוצאים 3+4 גבוהים בד"כ מאלה של מוצא 2, בשל הצטברות הזיהום במי החווה לאחר שימושים חוזרים. תוצאה חריגה מאוד, במוצא דן 4, בחודש נובמבר, מוקפת בעיגול. נתון זה מתאים לריכוז הזרחן הכללי, המוצג באיור 12, אשר גם כן היה גבוה באופן חריג בנובמבר. הסבר אפשרי לכך יכול להיות בשל ריכוז מזון גבוה למשך כמה ימים, או צפיפות גבוהה של דגים בחווה, באותם ימים, מכיוון שהריכוזים של הזרחן אינם חריגים במהלך החודשים לפני ואחרי כן.



איור 15. ריכוזי הזרחן המומס (TDP) בחוות הפורלים בקיבוץ דן בשנים 2013-2018.

בחוות שיאון ובדפנה (איור 16), ניתן לראות כי הנתונים ללא חריגות משמעותיות בריכוזים.



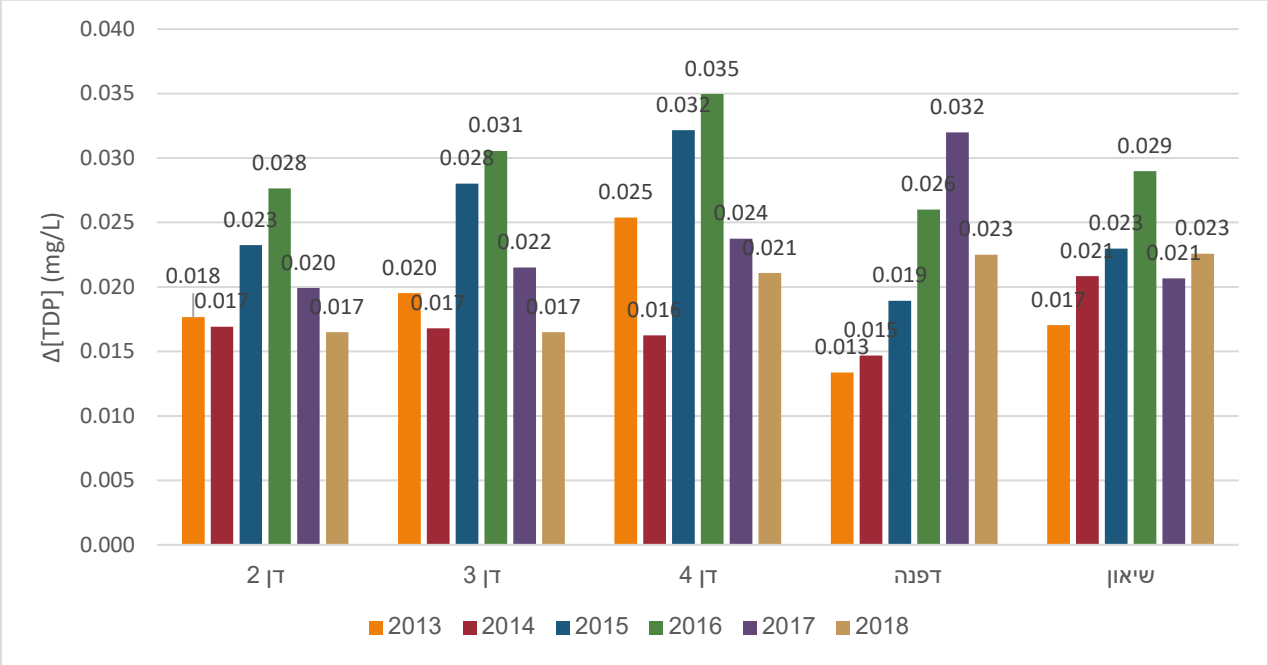
איור 16. ריכוזי הזרחן המומס (TDP) בחוות הפורלים – קיבוץ דפנה וחוות שיאון בשנים 2013-2018.

6.2.4. השפעת החוות על ריכוז הזרחן המומס

בהתאם לאמור לעיל, באיור 17 ניתן לראות את הפרשי הריכוזים (ממוצע שנתי) של הזרחן המומס, בין נקודת הדיגום בכניסה לבין נקודת הדיגום ביציאה של חוות דן, שיאון ודפנה. בחוות דן מוצגת חלוקה בין שלושת המוצאים השונים (2,3,4), מכיוון שישנה שונות בריכוז הזרחן המומס בין המוצאים (הנובעת מהשונות בשימושים הנעשים למים בחווה).

ניתן לראות הבדלים קלים בתרומה של החוות השונות והמוצאים השונים, לריכוז הזרחן המומס במים –

1. חוות שיאון ודפנה תרמו ב 2018, בממוצע, את אותו הריכוז של זרחן מומס (0.023 מג"ל).
2. מוצאים 3+2 של חוות דן תרמו ב 2018 בממוצע, את אותו הריכוז של זרחן מומס (0.017 מג"ל).
3. מוצא 4 של חוות דן תרם ב 2018 בממוצע, 0.021 מג"ל.
4. בכל החוות ישנה ירידה בתרומת ריכוז הזרחן המומס, למעט עליה קלה בחוות שיאון.
5. הפרש ריכוז הזרחן המומס, מלמד כי ניצולת המזון ואיכות הגידול מעט יותר טובות בחוות דן מאשר בדפנה ושיאון.



איור 17. הפרשי הריכוזים של הזרחן המומס (מג"ל), במוצאי חוות הגידול השונות, בהשוואה לריכוז בכניסה לכל חווה. השוואה רב-שנתית של ממוצע הריכוז השנתי בשנים 2013-2018.

6.3. עומסים

חישוב העומס החודשי הנתרם 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 בשבע. כאשר בנקודה מסוימת לא נלקחו דגימות במהלך החודש, הערך המוצג הוא הממוצע השנתי באותה נקודה.

6.3.1. עומסי הזרחן בחוות דן (חודשי ושנתי)

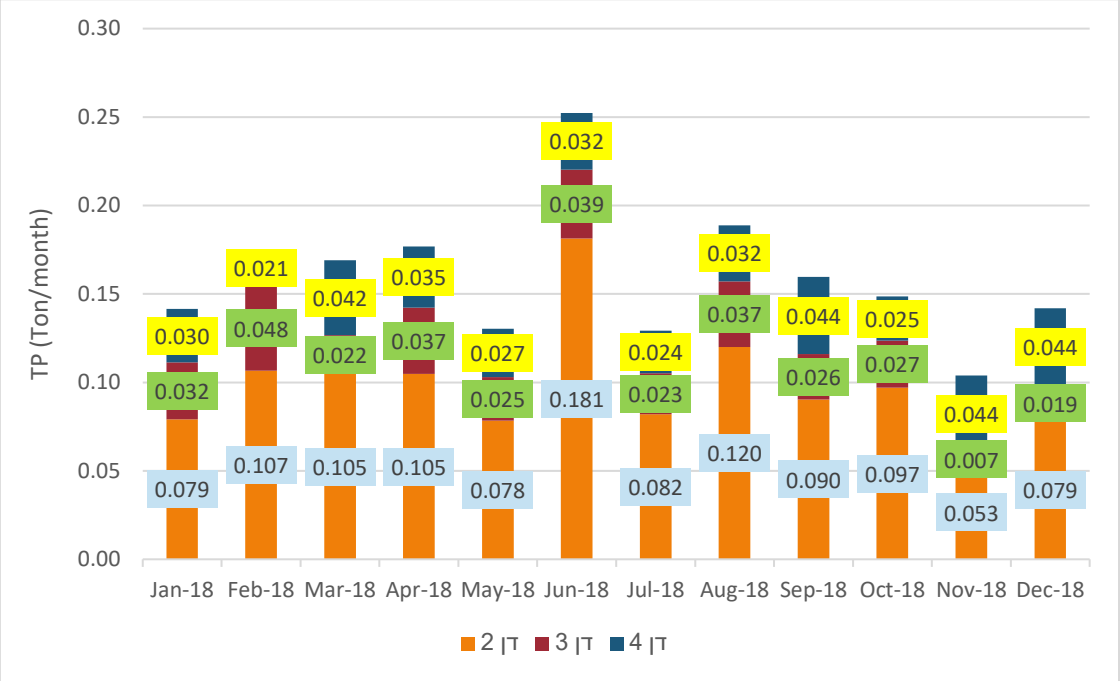
כפי הנאמר לעיל, הספיקה בתחנה דן 2 גבוהה באופן ניכר מתחנות 4+3, מכיוון שזהו המוצא המרכזי מהחווה לנחל. מכיוון שהחל משנת 2017 מתבצעת מדידת ספיקה באמצעות שעוני מים רק בכניסה לחווה ולא במוצאים השונים – אין נתוני ספיקה לכל מוצא בנפרד. בהתחשב בכך, כל חישובי הספיקה והעומס של המוצאים הנפרדים הם בגדר הערכה בלבד. הספיקה במוצאים הוערכה בהתאם לחלוקת ספיקות בשנים קודמות להלן:

- מוצא 2 = 66% מספיקת הכניסה.
- מוצא 3 = 17%מספיקת הכניסה.
- מוצא 4 = 17% מספיקת הכניסה.

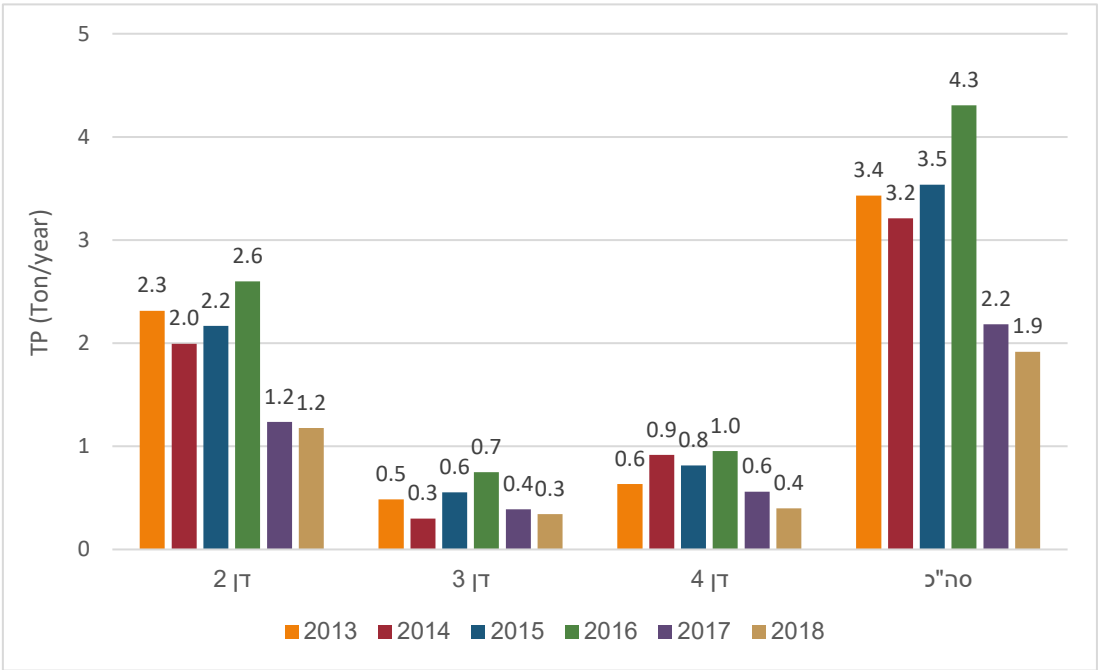
יש לציין שספיקת הכניסה לחווה מדודה באופן מדויק (המדידה אושרה ע"י חטיבת אסדרה והשרות ההידרולוגי) וכמובן נתוני הריכוזים. בהתאם לכך גם נתוני העומס הכללי הנפלט מהחווה מבוסס על מדידות ולא על הערכה (ההערכה מתבצעת רק בחלוקה הפנימית של הספיקה בין 3 המוצאים).

עומס זרחן כללי

ניתן לראות באיור 18 כי העומסים החודשיים של TP, הנפלטים מהחווה ב 2018 הם נמוכים מעט מהנתונים של 2017 (ראה דו"ח שנת 2017). באף חודש לא נחצה קו ה 0.42 טון. כפי שנאמר לעיל, סף זה הוגדר בעבר, בעת קיומה של "ועדת הפורלים" כסף מכסימלי. העומס הגבוה יחסית (של כלל החווה) בחודש יוני, מוסבר ע"י העומס הגבוה הנמדד במוצא 2 בחודש זה, אשר מושפע מהריכוז הגבוה יחסית, הנמדד בחודש זה (איור 12). הספיקה היחסית במוצא 2, בחודש זה, לא היתה גבוהה במיוחד. העומס הגבוה במוצא 4, המוצג בחודשים נובמבר ודצמבר, מייצג את הריכוז הגבוה, הנמדד במוצא זה בחודשים אלה (איור 12). העומס הגבוה יחסית במוצא 2, מייצג באופן כללי את העובדה שהספיקה במוצא זה גבוהה בערך פי 4 מזו שבמוצאים 3+2.



איור 18. עומס פליטת הזרחן הכללי (TP) החודשית מתחנות דן, במהלך 2018. מוצגים נתוני כל תחנה בנפרד וסה"כ חודשי (טון).

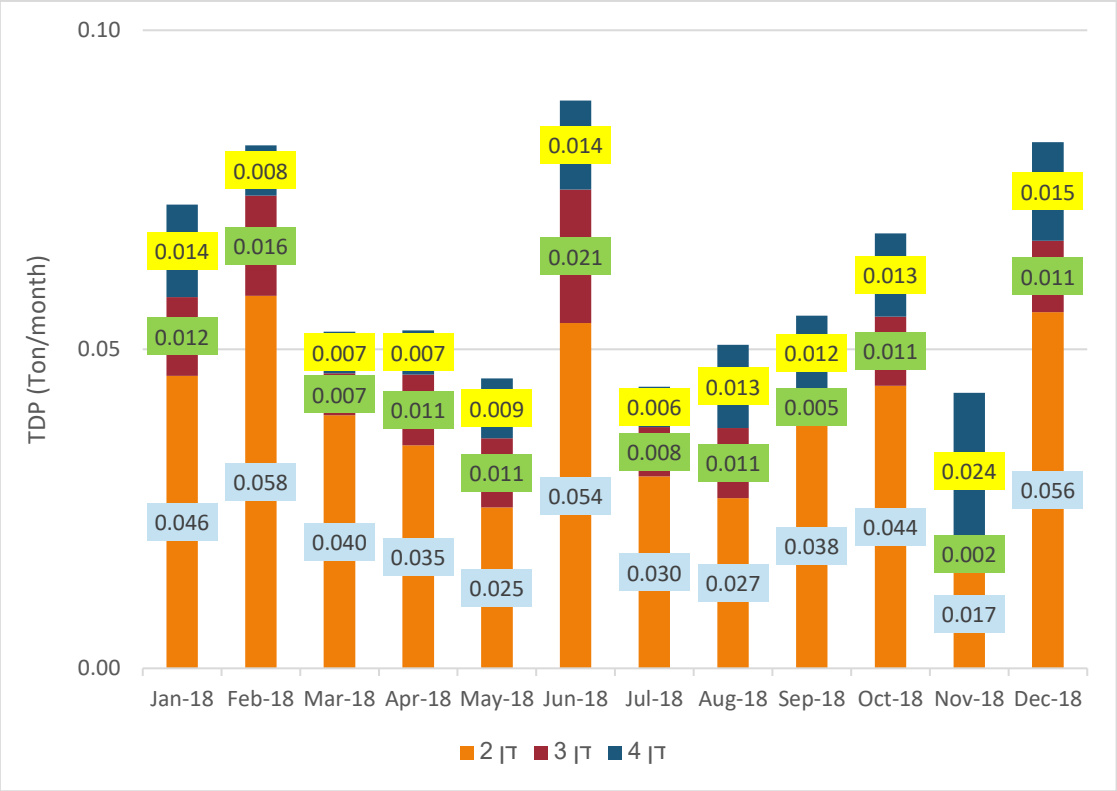


איור 19. עומס פליטת הזרחן הכללי (TP) השנתית מתחנות דן, בשנים 2013-2018.

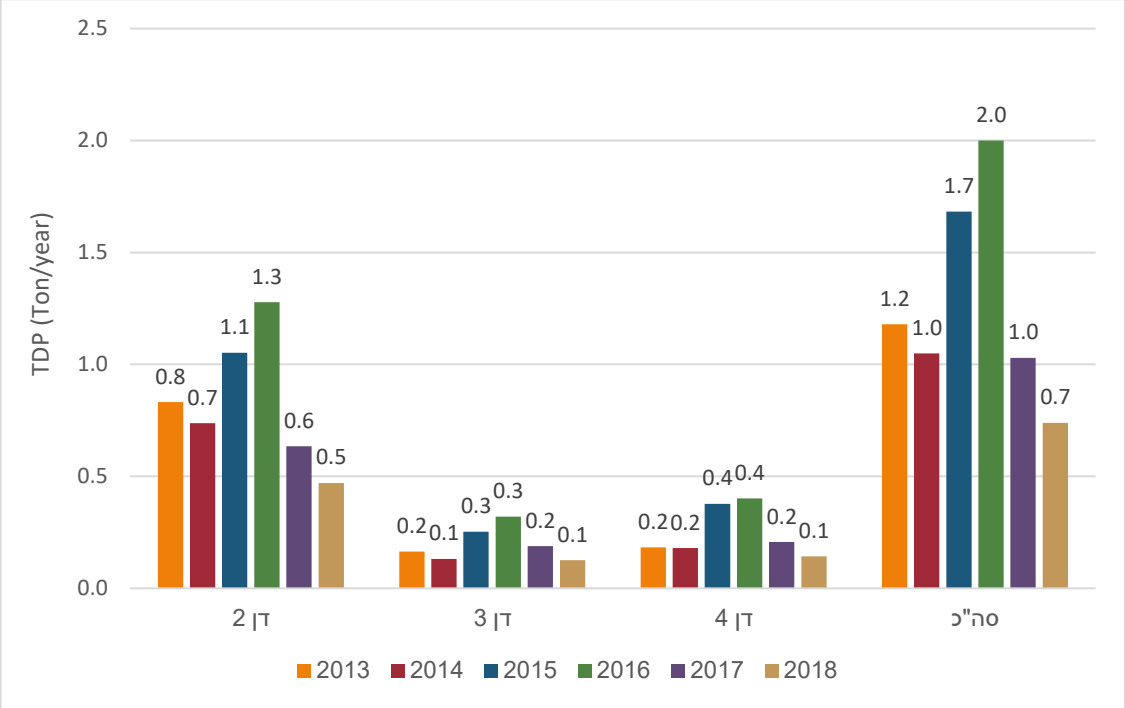
במבט שנתי וחודשי, המוצגים באיורים 18-19, ניתן לראות כי חלה בשנת 2018 ירידה כללית בעומס השנתי של זרחן כללי TP הנפלט מחוות הפורלים של דן. כפי הנראה באיור 12, אין מגמת ירידה ברורה בריכוזים של TP הנפלטים, ולכן נראה כי הירידה הנוספת בספיקה בחווה (בהשוואה לשנת 2017) היא הגורם העיקרי לירידה בעומסים.

עומס זרחן מומס

ניתן לראות באיור 20 כי העומסים החודשיים של TDP, הנפלטים מהחווה ב 2018 הם נמוכים מעט מהנתונים של 2017 (ראה דו"ח שנת 2017). העומס הגבוה יחסית (של כלל החווה) בחודש יוני, מוסבר ע"י העומס הגבוה הנמדד במוצאים 3+2. העומס במוצא 2 בחודש יוני, מוסבר ע"י ההפרש הגדול יחסית בין הריכוז של הזרחן המומס בכניסה וביציאה (ערך נמוך מאוד בכניסה). ערך זה מוכפל בספיקה, בהתאם לאמור לעיל, ולכן העומס המחושב גבוה יחסית. העומס הגבוה במוצא 3 בחודש יוני, נובע מריכוז גבוה יחסית של TDP במוצא זה. העומס הכללי הגבוה בחודשים פברואר+דצמבר, מוסבר ע"י העומס הגבוה במוצא 2. עומס זה נובע מריכוז גבוה יחסית, אשר נמדד במוצא זה.



איור 20. עומס פליטות הזרחן המומס (TDP) החודשיות מתחנות דן בשנת 2018. מוצגים נתוני כל תחנה בנפרד וסה"כ חודשי (טון).



איור 21. עומס פליטות הזרחן <u>המומס</u> (TDP) השנתיות מתחנות דן, בשנים 2013-2018.

במבט שנתי וחודשי, המוצגים באיורים 20+21, ניתן לראות כי בדומה לזרחן הכללי התרחשה בשנת 2018 ירידה גם בעומסי ה TDP (זרחן מומס) הנפלטים מחוות דן פורלים. בכל המוצאים נמדדה ירידה בעומסים. באופן כללי נמדדה ירידה של 30% בסה"כ עומס הזרחן המומס. גם כאן חשוב לציין כי הנתון המדוד היחיד הוא המייצג את סה"כ העומס. הנתונים של המוצאים הנפרדים הם תוצאה של הערכת ספיקה במוצאים השונים.

ירידה זו בעומסים מוסברת ע"י ירידה קלה בספיקה (המדודה) הכללית של החווה, וירידה נוספת בריכוזים הנמדדים במוצאים השונים (למעט החריגה בנובמבר 2018, המוצגת באיור 15).

טבלה 7. יחס TDP/TP במוצאי חוות דן פורלים וממוצע שנתי, בשנים 2013-2018.

שנה	דן 2	דן 3	דן 4	ממוצע
2013	0.359	0.340	0.288	0.329
2014	0.370	0.442	0.196	0.336
2015	0.486	0.456	0.463	0.468
2016	0.491	0.427	0.421	0.446
2017	0.552	0.484	0.370	0.469
2018	0.400	0.366	0.358	0.375

בטבלה 7 ניתן לראות כי חלה ירידה ביחס העומסים של הזרחן הכללי והמומס (TDP/TP). ירידה זו מובנת עפ"י המוצג באיורים 19+21, בהם ניתן לראות כי חלה ירידה בעומסים הכלליים של שני

הפרמטרים, אך עומס TDP ירד באופן בולט יותר (כ 10% בעומס TP וכ 30% בעומס TDP), ולכן הירידה ביחס ביניהם.

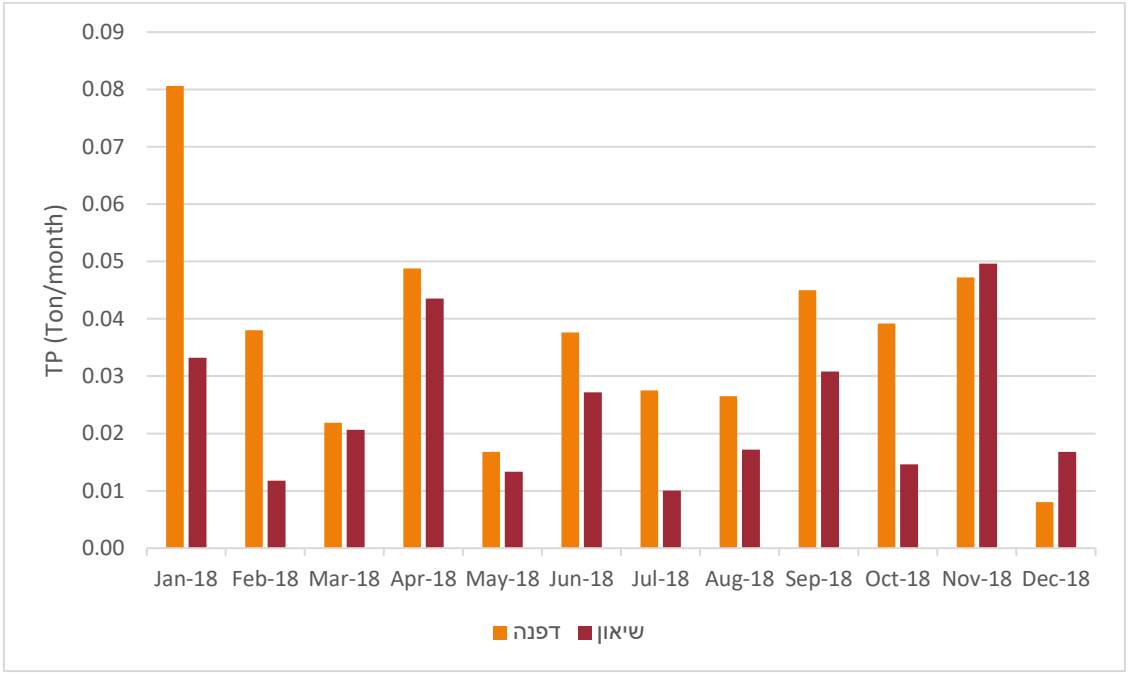
6.3.2. עומסי הזרחן בחוות דפנה ושיאון (חודשי ושנתי)

עומסי זרחן כללי

טבלה 8. סיכום שנתי של עומסי הזרחן הכללי (בטון), שנפלטו מהמוצאים בחוות שיאון ודפנה בשנים 2013-2018.

שנה	דפנה	שיאון
2013	0.388	0.326
2014	0.975	0.436
2015	0.334	0.386
2016	0.444	0.652
2017	0.558	0.361
2018	0.437	0.289

ניתן לראות בטבלה 8, כי עומס הזרחן הכללי (TP) הנפלט מחוות שיאון, ירד ביחס לשנת 2017, והינו הנמוך ביותר מאז 2013. ניתן ליחס שינוי זה בעיקר לירידה המשמעותית בספיקה של החווה (איור 10). יש להתיחס לנתון זה באופן מוגבל, מכיוון שמדובר במדידה שאינה מדויקת, בשל השינויים המתבצעים מדי פעם במפל הגלישה שבמוצא החווה. באיור 22 ניתן לראות כי החודש שבו נפלט העומס הגדול ביותר, הינו נובמבר (בדומה ל 2017). נתון זה נובע מתוך שילוב של ספיקה יחסית גבוהה בחודש זה (איור 10), וגם ריכוז די גבוה (איור 13). לעומת זאת, בחודש אפריל נמדד ריכוז גבוה יותר, אך הספיקה היתה נמוכה באופן משמעותי, ולכן העומס החודשי נמוך יותר.



איור 22. עומס פליטות הזרחן המומס (TP) החודשיות מחוות דפנה ושיאון במהלך שנת 2018.

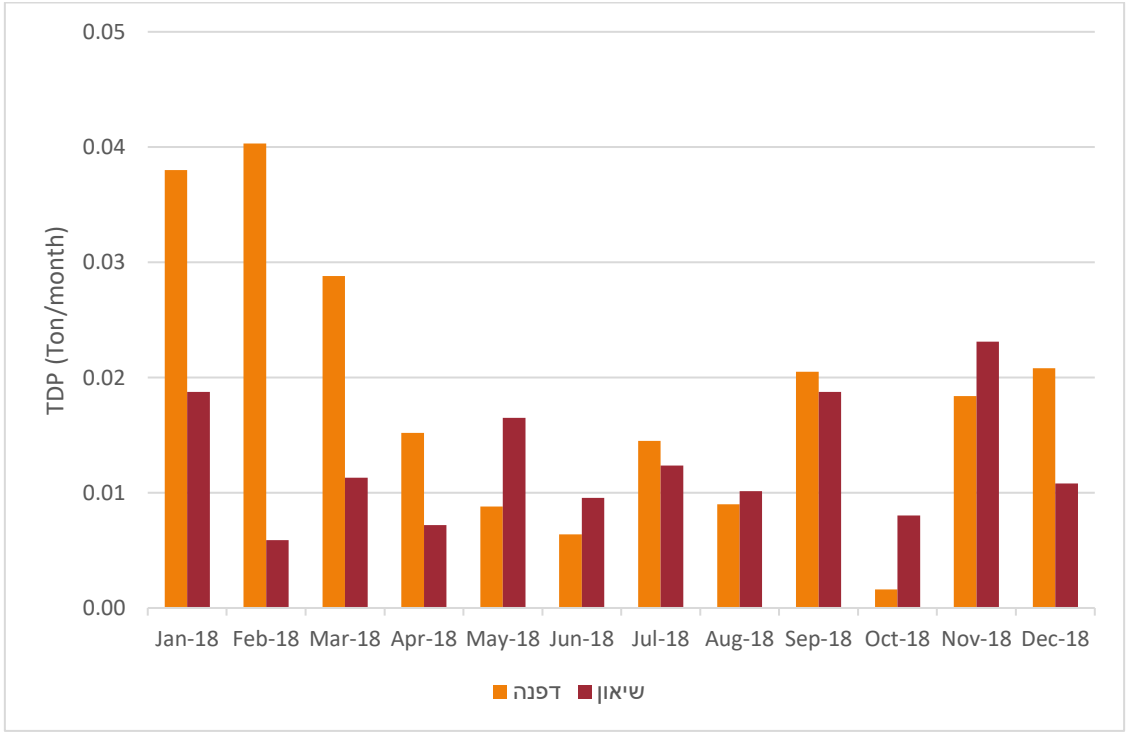
עומס ה TP ירד בחוות דפנה, יחסית לשנה הקודמת. באיור 22 ניתן לראות כי בחודש ינואר חושב עומס גבוה יחסית, בעיקר בשל הספיקה הגבוהה באותו חודש, אך גם הריכוז היה גבוה, כמו בחודשים אפריל, ספטמבר ונובמבר (איור 13). בחודש דצמבר חושב עומס נמוך מאוד. נתון זה נובע מכך שבחודש זה ריכוז ה TP הנכנס לחווה היה יחסית גבוה, והריכוז ביציאה לא היה חריג, ולכן תרומת העומס הנפלט היתה נמוכה יחסית.

עומסי זרחן מומס

טבלה 9. סיכום שנתי של עומסי הזרחן המומס (בטון), הנפלטים מהמוצאים בחוות שיאון ודפנה, בשנים 2013-2018.

שנה	דפנה	שיאון
2013	0.185	0.148
2014	0.203	0.179
2015	0.185	0.224
2016	0.244	0.246
2017	0.307	0.171
2018	0.222	0.152

ניתן לראות כי בשנת 2018, בחוות דפנה ושיאון, חלה ירידה בעומס הזרחן המומס.



איור 23. עומס פליטות הזרחן המומס (TDP) החודשיות מחוות דפנה ושיאון במהלך שנת 2018.

ניתן לראות באיור 23, כי בחוות שיאון, בחודש נובמבר, חושב עומס גבוה יחסית של TDP. נתון זה מוסבר ע"י הריכוז הגבוה, אשר נמדד בחודש זה, כפי הניתן לראות באיור 16.

בחוות דפנה חושב עומס TDP נפלט, יחסית גבוה, בחודשים ינואר-מרץ. נתון זה מוסבר ע"י ספיקה גבוהה יותר בחודשי החורף. לא נמדדו נתונים חריגים של ריכוז TDP בחודשים אלה.

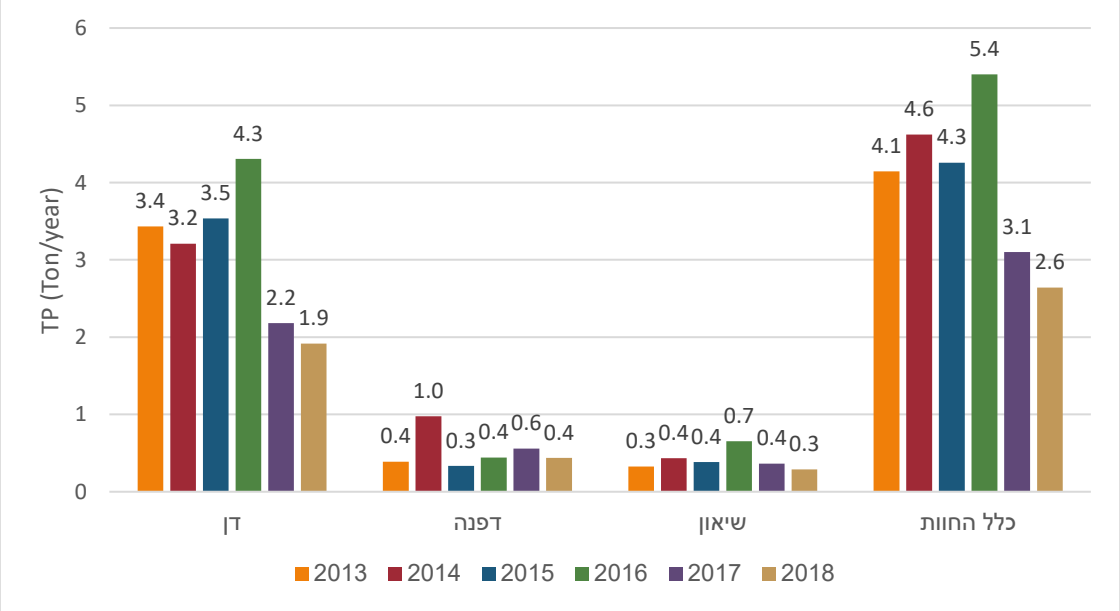
בחוות דפנה חלה גם כן ירידה בעומס ה TDP הנפלט. ניצולת המזון, היא המשפיעה בעיקר על ריכוז ה TDP המומס, וניתן לראות כי נתון זה השתפר במידה ניכרת בחוות דפנה, במהלך 2018. ניתן לראות באיור 17, כי הפרש הריכוזים הממוצע השנתי, של TDP בחוות דפנה, בין הכניסה ליציאה, ירד בצורה משמעותית. נתון זה נובע בעיקר מעליה בריכוז הנכנס ולא מירידה בריכוז הנפלט.

טבלה 10. יחס TDP/TP במוצאי חוות דפנה ושיאון, בשנים 2013-2018.

שנה	**דפנה**	**שיאון**
2013	0.477	0.454
2014	0.208	0.411
2015	0.554	0.581
2016	0.549	0.377
2017	0.549	0.474
2018	0.509	0.528

על פי המוצג בטבלה 10, ניתן לראות כי יחס TDP/TP בחוות דפנה ירד ב 2018. העומס המחושב של שני הפרמטרים ירד, אך העומס של TDP ירד בצורה יותר משמעותית, ולכן הירידה ביחס ביניהם. בחוות שיאון היחס עלה מעט, זאת בעיקר הודות לירידה הגדולה יותר, בעומס ה TP הנפלט (טבלה 8).

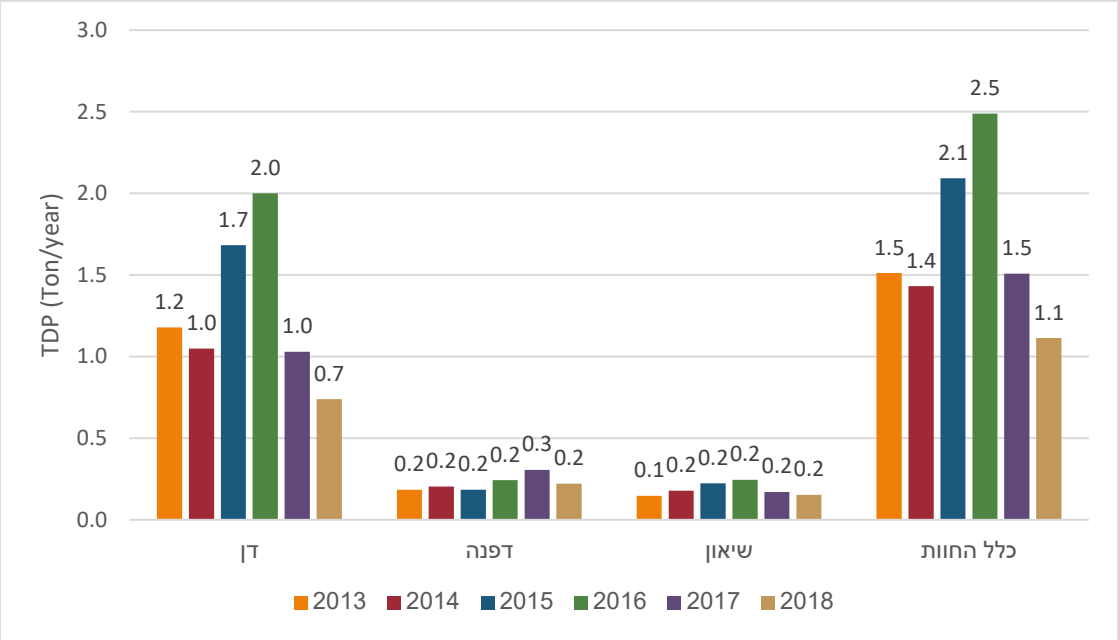
6.3.3. עומסי הזרחן מכלל חוות הפורלים



איור 24. עומסי TP (טון), שנפלטו מחוות דן, דפנה ושיאון במהלך השנים 2013-2018.

כפי הנראה באיור 24, בשנת 2018 חלה ירידה נוספת בעומס TP הנפלט מכלל החוות, והוא עמד על 2.6 טון. נתון זה נמוך במיוחד ולא נמדד לפחות מאז 2013.

הירידה מוסברת ע"י שלוש החוות באופן יחסית שווה. בכולן חושבו עומסים נמוכים יותר של TP, בהשוואה ל 2017. בחוות דן ושיאון, הירידה מוסברת בעיקר ע"י הירידה בספיקה השנתית. בחוות דפנה, ההסבר העיקרי הוא הפרש קטן יותר של ריכוזים בין הכניסה ליציאה (עליה בריכוז הנכנס).



איור 25. עומסי TDP (טון), שנפלטו מחוות דן, דפנה ושיאון במהלך השנים 2013-2018.

באיור 25 ניתן לראות כי חלה ירידה משמעותית גם בעומס הכללי של הזרחן המומס TDP, הנפלט מכלל החוות. ניתן לראות גם כי מקור ההבדל הוא בעיקר בחוות דן. שינוי נוסף נמדד בחוות דפנה. את השינוי בחוות דן, ניתן לתלות בירידה הנוספת בספיקה המדודה, אך בנוסף לכך, כפי הנלמד מאיור 17, ניתן לראות ירידה בכל המוצאים של חוות דן, בהפרש הריכוזים של TDP הנפלט לעומת זה הנכנס לחווה.

גם את השינוי בחוות דפנה ניתן להסביר ע"י הירידה בהפרשי הריכוזים הנפלטים לעומת הנכנסים, כפי שמוצגת באיור 17.

ריכוזי ועומסי ה TDP אינם מצביעים על תפקוד מערכת הסינון, אשר אינה מסוגלת להסיר את הזרחן המומס. ניתן לומר כי ריכוזי ועומסי ה TDP מצביעים על תפקוד כללי של החווה בהיבט של שימוש מושכל במזון ותחזוקה וגם על סחרור מים, המתבצע בכל החוות בשל המיעוט במשקעים בשנים האחרונות. נראה כי חל שיפור נוסף בשנת 2018.

טבלה 11. עומסי הזרחן הנפלטים מחוות הדגים בשנים 2013-2018.

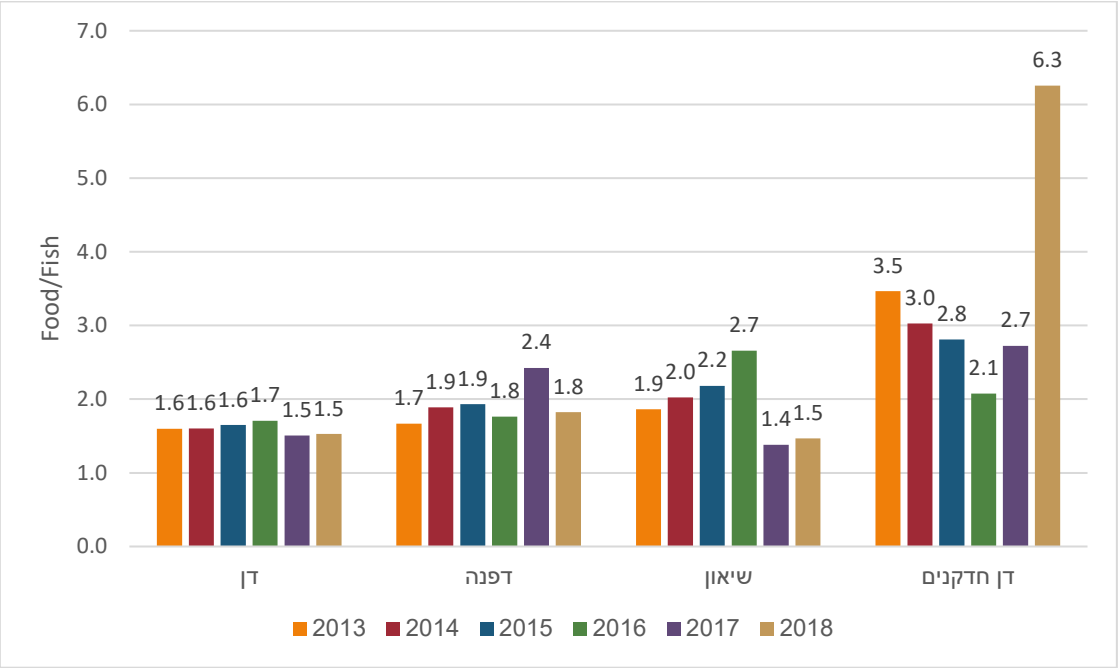
חוות הפורלים	שנה	זרחן כללי - (TP) טון/שנה	זרחן מומס - (TDP) טון/שנה	TDP/TP
דן	2013	3.43	1.18	0.34
	2014	3.21	1.05	0.33
	2015	3.54	1.68	0.48
	2016	4.31	2.00	0.46
	2017	2.18	1.03	0.47
	2018	**1.92**	**0.74**	**0.39**
דפנה	2013	0.39	0.18	0.48
	2014	0.98	0.20	0.21
	2015	0.33	0.19	0.55
	2016	0.44	0.24	0.55
	2017	0.56	0.31	0.55
	2018	**0.44**	**0.22**	**0.51**
שיאון	2013	0.33	0.15	0.45
	2014	0.44	0.18	0.41
	2015	0.39	0.22	0.58
	2016	0.65	0.25	0.38
	2017	0.36	0.17	0.47
	2018	**0.29**	**0.15**	**0.53**
כלל החוות	2013	4.14	1.51	0.36
	2014	4.62	1.43	0.31
	2015	4.26	2.09	0.49
	2016	5.40	2.49	0.46
	2017	3.10	1.51	0.49
	2018	**2.64**	**1.11**	**0.42**

בטבלה 11 ניתן לראות באופן מסכם כי הירידה הכללית בעומס הזרחן המומס והכללי הנפלטים מחוות הדגים, ניתנת להסבר בירידה הנמדדת בכלל החוות. באופן כללי ישנה ירידה ביחס TDP/TP וזאת בשל הירידה הגדולה יותר בעומס ה TDP. נתון זה מלמד על שיפור אמיתי בהורדת הזיהום, אשר אינו תלוי בעבודת המסננים, אלא בהורדת נפחי המים העוברים בחוות וירידה מסוימת בתרומת חלק מהחוות לריכזים הנפלטים.

7. פליטת זרחן סגולית וניצולת מזון

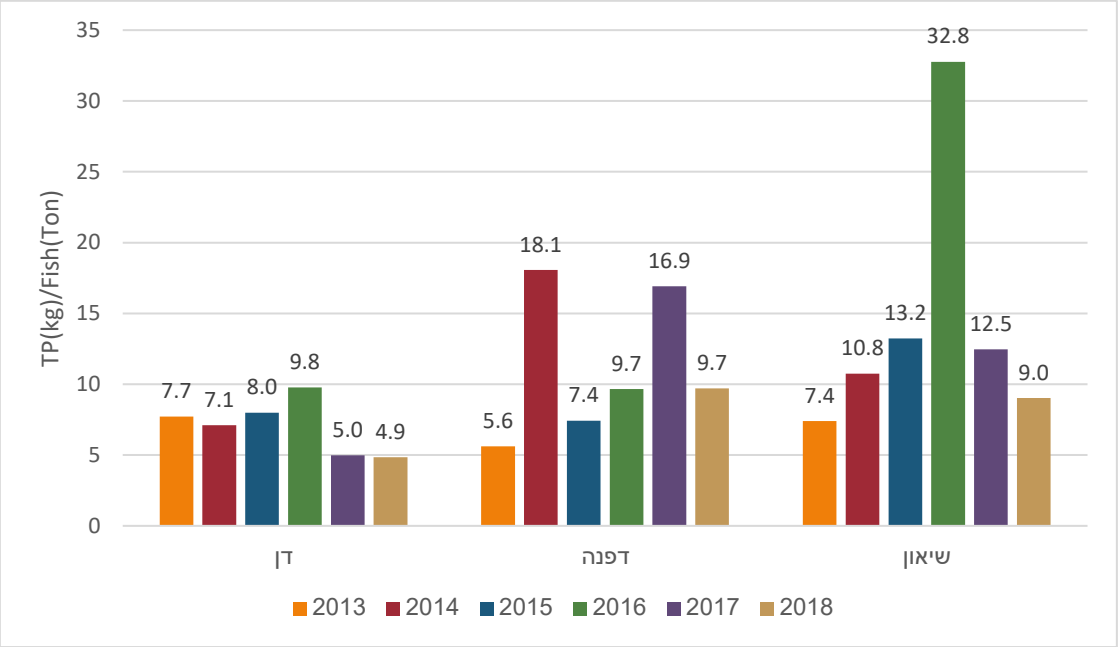
הפליטה הסגולית של הזרחן מחושבת כיחס בין העומס הנפלט (טון זרחן) לגידול השנתי בביומסת הדגים (טון). נתון זה מאפשר לבחון את יעילות גידול הדגים (מבחינת הזרחן הנפלט – מומס וכללי), בכל חווה, בהשוואה לחוות האחרות, אשר אינן זהות בגודלן או במינים הגדלים בהן. נתון זה מציג בעצם את ה"יעילות הסביבתית" של כל חווה. בהנחה כי חלק מסוים מהפליטה נובע ממזון לא מנוצל, אשר מוחדר למערכת החווה ונפלט במוצא, ניתן להניח כי ניצולת מזון גבוהה יותר מעידה על חווה

"חסכונית" יותר בפליטות. ניצולת המזון נמדדת כיחס בין כמות המזון אשר ניתנה לדגים במהלך השנה (טון), לבין הגידול בביומסה של הדגים (טון).

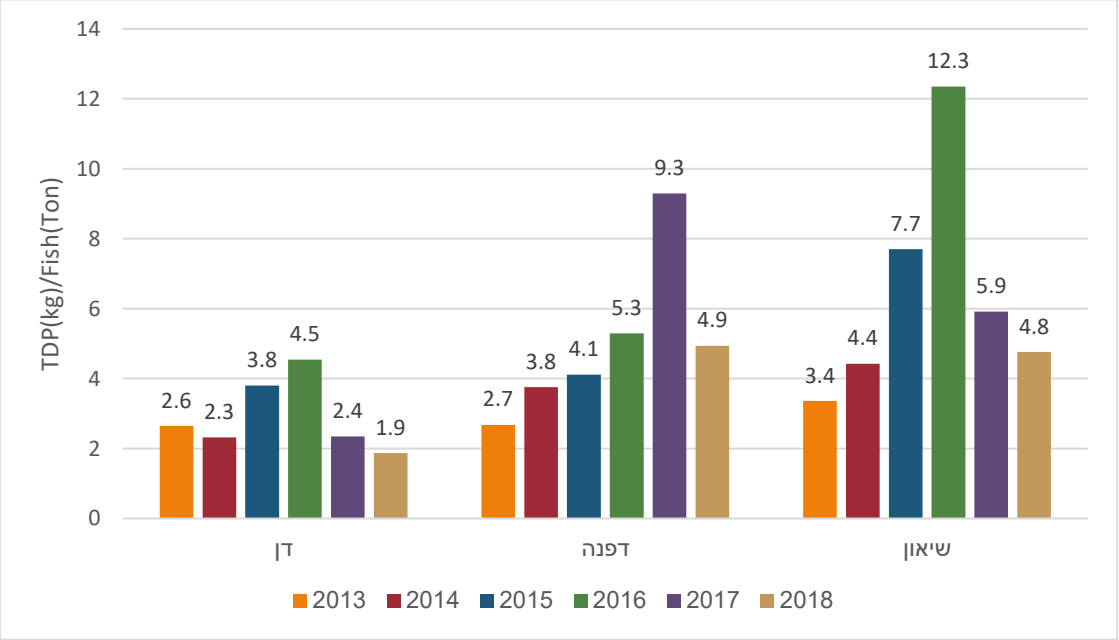


איור 26. ניצולת המזון בכל החוות בשנים 2013-2018. טון מזון לטון ביומסת דגים שנוספה במהלך השנה.

באיור 26 ניתן לראות כי לא חל שינוי משמעותי בניצולת המזון של חוות דן. ישנו שיפור בניצולת המזון בחוות דפנה והנתונים דומים למצב בשנת 2016 ולפני כן. מדובר בעיקר בעליה משמעותית בביומסת הדגים, עם שינוי קל בלבד בכמות המזון – נתון המלמד על התייעלות בתפעול החווה. בחוות שיאון חלה הרעה קלה בניצולת המזון – יתכן וישנו קשר לשינוי שחל בהרכב הדגים בחווה – יותר חידקנים ופחות פורלים. ידוע משנים קודמות, כי ניצולת המזון בגידול החדקנים יעילה פחות. כפי האמור לעיל, בחוות החידקנים עדיין מנסים להבין את הסיבה להעלמותם של כמות דגים גדולה, אשר גרמה באופן מלאכותי לניצולת המזון לרדת בצורה קיצונית.



איור 27. התרומה הסגולית של הזרחן הכללי (TP) בכל החוות בשנים 2013-2018. ק"ג TP הנפלט לסביבה, לטון ביומסת דגים שהתווספה במהלך השנה.



איור 28. התרומה הסגולית של הזרחן המומס (TDP) בכל החוות בשנים 2013-2018. ק"ג TDP הנפלט לסביבה, לטון ביומסת דגים שהתווספה במהלך השנה.

באיורים 27+28 ניתן לראות כי בשנת 2018, חלה ירידה של נוספת בזיהום הסגולי של TP+TDP, הנפלטים מכלל החוות (למעט חוות החידקנים).

בחוות דן אמנם חלה ירידה מסוימת בביומסת הדגים שנתווספה במהלך 2018, בהשוואה לשנים הקודמות, אך מכיוון שחלו ירידות בעומסי ה TP ו ה TDP הנפלטים, התרומה הסגולית שלהם ירדה.

בחוות דפנה חלה הירידה המשמעותית ביותר בתרומה הסגולית של TDP+TP, בעיקר בשל התייעלות כללית של תפעול החווה – עליה בביומסה שנוספה ב 2018 וירידה בעומסי המזהמים הנפלטים.
בחוות שיאון חלה עליה קלה בביומסת הדגים, ובנוסף העומסים ירדו, ולכן ישנו גם כן שיפור בתרומה הסגולית של המזהמים.

טבלה 12. ניצולת המזון ותרומת המזהמים הסגולית בחוות הפורלים והחדקנים בשנים 2013-2018.

חוות הפורלים	שנה	כמות דגים מיוצרת (טון)	כמות מזון (טון)	כמות מזון\ כמות דגים	ק"ג זרחן כללי\טון דגים	ק"ג זרחן מומס\טון דגים
דן	2013	445	711	1.60	7.71	2.65
	2014	452	724	1.60	7.10	2.32
	2015	443	730	1.65	7.98	3.80
	2016	440	750	1.70	9.78	4.55
	2017	438	660	1.51	4.98	2.35
	2018	**395**	**603**	**1.53**	**4.85**	**1.87**
דפנה	2013	69	115	1.67	5.62	2.68
	2014	54	102	1.89	18.06	3.76
	2015	45	87	1.93	7.43	4.11
	2016	46	81	1.76	9.65	5.30
	2017	33	80	2.42	16.92	9.29
	2018	**45**	**82**	**1.82**	**9.71**	**4.94**
שיאון	2013	44	82	1.86	7.40	3.36
	2014	41	82	2.02	10.76	4.42
	2015	29	64	2.18	13.24	7.70
	2016	20	53	2.66	32.75	12.35
	2017	29	40	1.38	12.46	5.91
	2018	**32**	**47**	**1.47**	**9.02**	**4.76**
דן חדקנים	2013	75	260	3.47		
	2014	74	224	3.03		
	2015	106	298	2.81		
	2016	169	351	2.08		
	2017	149	406	2.73		
	2018	**55**	**344**	**6.25**		
כלל החוות	2013	633	1168	1.84	6.55	2.39
	2014	621	1132	1.82	7.45	2.31
	2015	623	1179	1.89	6.83	3.36
	2016	675	1235	1.83	8.00	3.69
	2017	649	1186	1.83	4.78	2.32
	2018	**527**	**1076**	**2.04**	**5.02**	**2.11**

בטבלה 12 ניתן לראות כי בחוות דן חלה ירידה קלה בביומסת הדגים, אך בהתאם גם השימוש במזון, ולכן היחס נשמר. הירידה הקלה בספיקה בחווה ב 2018, באה לידי ביטוי בירידה קלה בעומסים ומתוך כך גם בזיהום הסגולי.

חוות דפנה עברה לניהולו של קיבוץ דן, במהלך 2018. ניתן לראות חזרה לערכי הביומסה הגדלים בחווה, כפי שהיו לפני 2017, וערכים יציבים של כמות המזון החל מ 2015 – מכאן השיפור בניצולת

המזון. ערכי הריכוזים דומים לשנת 2016, והספיקה קבועה – לכן ניתן לראות ערכי זיהום סגולי דומים לשנת 2016. זהו שיפור ניכר בהשוואה ל 2017.

בחוות שיאון חלה עליה קלה בביומסת הדגים, אך עליה חדה יותר בכמות המזון – לכן הירידה הקלה בניצולת המזון. הירידה בספיקה בחווה זו ב 2018, באה לידי ביטוי בירידה בעומס המזהמים ולכן גם בזיהום הסגולי.

בחוות החדקנים של קיבוץ דן, ניצולת המזון בשנת 2018 צנחה באופן חריג, בשל ירידה חדה בביומסת הדגים, עקב "העלמותם" של כ 100 טון דגים. כפי האמור לעיל – אין נתונים לגבי הזיהום הנפלט מהחווה ב 2018.

במבט על כלל החוות ניתן לראות כי כמות הדגים והמזון וניצולת המזון הכללית, נשארות די קבועות לאורך השנים. השינוי העיקרי בשנת 2018 הוא בכמות הדגים של חוות החדקנים של דן, אשר משפיע על הפרמטרים האחרים.

8. מסקנות והמלצות

8.1. חוות דן פורלים –

בשנת 2018 ריכוזי המזהמים הנפלטים מחוות דן נשארו דומים לאלה של 2017. נראה כי שיפור ברמת התפעול, וניצולת המזון המשופרת, אשר ניכרו ב 2017, המשיכו גם ב 2018.

בשנת 2018 חלה ירידה נוספת בספיקת הכניסה לחווה. עובדה זו מחזקת את ההבנה כי המדידה המדויקת, שהחלה ב 2017 הינה עקבית ושונה בתכלית מהערכים הנמדדים בשנים הקודמות. הירידה בספיקה והעקביות בריכוזים, הביאו לירידה נוספת בעומסים הנפלטים ב 2018. לראשונה (מאז 2013) חושבו עומסים הנמוכים מ 2 טון לשנה של זרחן כללי וטון לשנה של זרחן מומס מחווה זו.

8.2. חוות דפנה –

במהלך שנת 2018 התבצעה מדידת ספיקה בחווה, אבל בשל חוסר זמינות הנתונים, בוצעה אותה הערכה כמו ב 2017. אמנם הערכה זו מתבססת על מדידות מדגמיות וסביר להניח שמייצגת את המציאות בצורה טובה.

במהלך 2018 עבר ניהול החווה לידי קיבוץ דן. עובדה זו נתנה את אותותיה בשיפור ניצולת המזון ובחזרה לערכי הזיהום הסגולי, הקודמים ל 2017. גם ערכי העומסים חזרו להיות דומים לאלה של 2016. תוספת הריכוז של המזהמים בחווה, בהשוואה למים בכניסה, ירדה בהשוואה ל 2017. ישנה תקווה כי השימוש במזון הייעודי, כפי שמיושם בחוות דן, יוביל לירידה נוספת בריכוזים בשנת 2019.

8.3. חוות שיאון –

למרות המדידה המתבצעת לספיקה, באמצעות מכשיר "דייבר" במוצא החווה, יש צורך בהתקנת מדידה מדויקת בכניסה לחווה. בשל שינויים המתבצעים מדי פעם במבנה מפל מוצא המים מהחווה, ישנם אי-דיוקים רבים במדידה ומתבצעות הערכות שונות לתיקון החריגות. ייתכן כי הירידה המדודה ב 2018, בספיקה בחווה זו, אינה אמיתית והינה רק תוצר של אי-דיוקים במדידה. על כן הירידה בעומסים המחושבים אינה ודאית. בהתחשב בעליה הקלה של הפרשי הריכוזים של המזהמים בין הכניסה ליציאה, בהשוואה ל 2017, ניתן להניח שהעומסים היו אמורים להיות אפילו מעט גבוהים בהשוואה ל 2017. עם זאת, בהתחשב בנתוני הספיקה הנמוכים – ישנה ירידה בעומסים הנפלטים. במידה והנתונים מיצגים מצב אמתי – מדובר בשינוי מבורך.

יש לשים לב בשנים הקרובות, כי ניצולת המזון לא ממשיכה לרדת – תופעה הצפויה עקב המעבר לגידול חדקנים.

ניתן לראות כי נכון להיום, הזיהום הסגולי של חוות דפנה ושיאון הוא בערכים דומים. הערכים בחוות דן הינם נמוכים באופן משמעותי. עובדה זו חשובה, מכיוון שרוב פעילות הגידול מתבצעת בחוות דן ויש לה השפעה חיובית על ערכי הזיהום הסגולי. ייתכן ולגודל החווה ישנה השפעה – ככל שהחווה יותר גדולה, ישנה יכולת איגום וניצול משאבים בצורה טובה יותר, כגון גידול צפוף יותר וניצולת מזון טובה יותר.

8.4. דן חדקנים –

תופעת "העלמותם" של כ 100 טון דגים, הינה חריגה ביותר, ובעלת השפעה גדולה לרעה על נתוני היעילות והזיהום הסביבתי של החווה. בהתחשב בכמות המזון הנמוכה יחסית ב 2018, ניתן לשער כי ניצולת המזון יכולה היתה אף להשתפר בהשוואה ל 2017.

בהעדר נתוני דיגום כימיה, לא ניתן להתיחס לזיהום הנפלט מהחווה אולם מאחר והסיבה להעדר הנתונים היא מיעוט כמות המים היוצאים מהחווה ניתן להעריך כי כמות הזיהום שנפלטה מהחווה ב 2018 היתה קטנה ביותר. יש להקפיד במהלך 2019 לדגום את המים הנפלטים מהחווה, גם אם מדובר בכמות קטנה ובדיגום לא סדיר.

לסיכום, בשנת 2018 נשמרה המגמה החיובית של השיפור בריכוזים ובעומסים הנפלטים, בהמשך ל 2017. בחוות שיאון יש להתקין מד מים תקני. ללא שינוי זה לא ניתן יהיה לחשב בצורה אמתית את העומסים הנפלטים מחווה זו. בחוות דן ודפנה חל שיפור נוסף בתפעול, והמעבר לניהול חוות דפנה ע"י קיבוץ דן הינו מבורך. בחוות החדקנים של דן, התרחש אירוע חריג, אשר נמצא עדיין בחקירה.

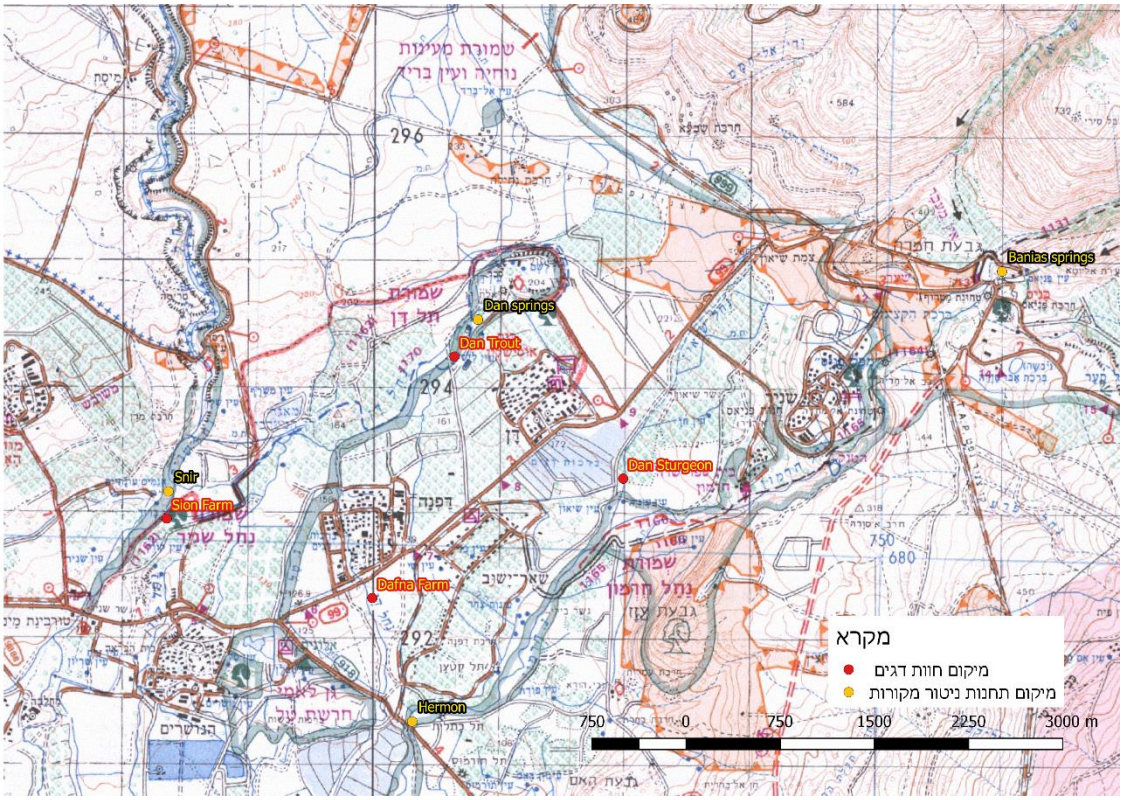
9. נספח א' – דו"ח תקלות לשנת 2018. דווח ע"י פקח רשות המים יגאל נאור

מס'	שם האתר	ממצאים ותקלות	תחילת תקלה	סיום תקלה	משך תקלה בימים	הערות
1	חוות שיאון	תקלה במסנן	05/07/18	05/07/18	1	תקלת חשמל במסנן
2	חוות פורלים דן	תקלה במסנן טופי בדן 2	15/07/18	08/08/18	25	שבר בציר המסנן

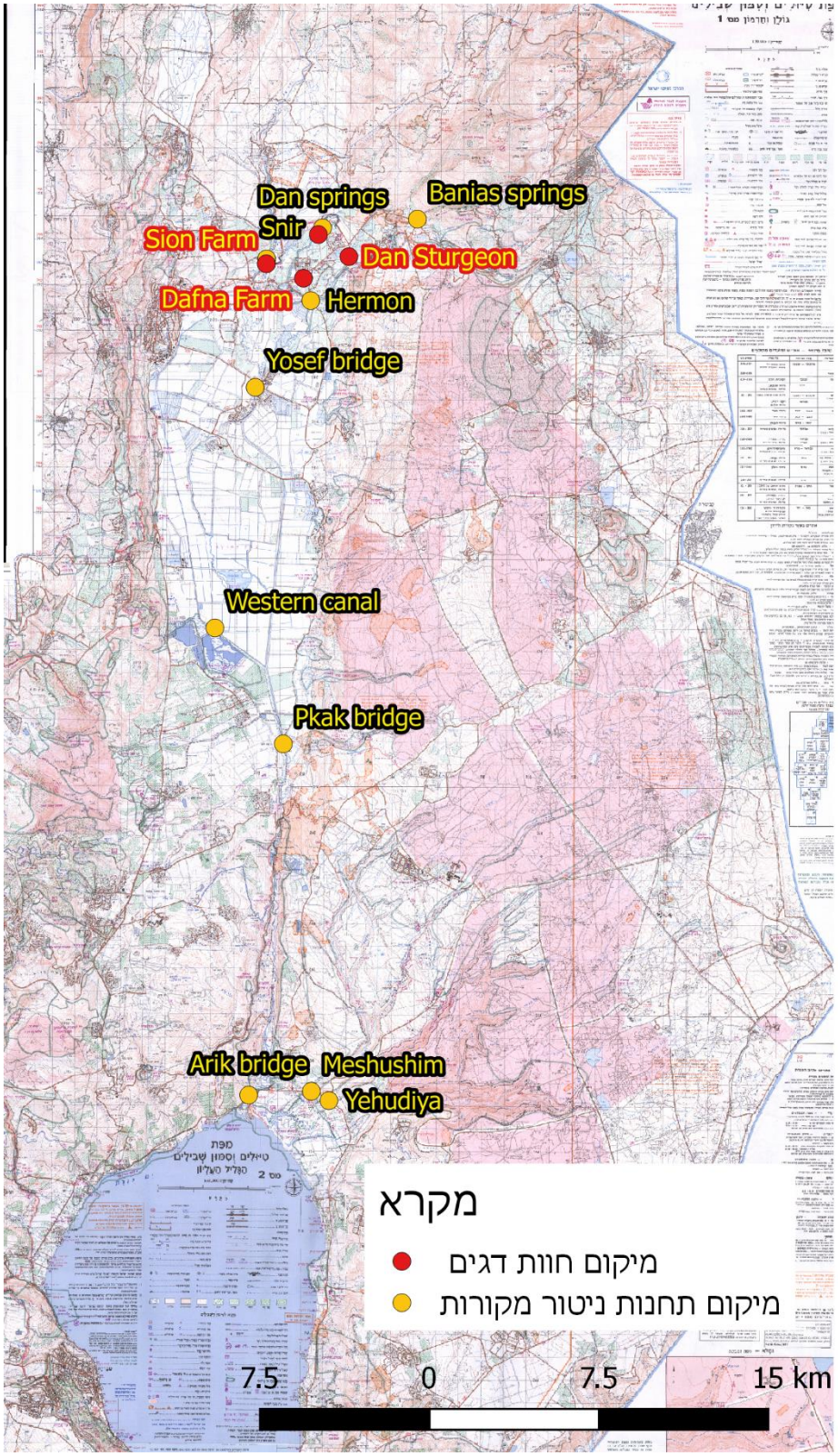
*ראוי לציין כי לא נצפתה עליה משמעותית או חריגה כלשהי בריכוזי המזהמים, הנפלטים מחוות הפורלים של דן, במהלך התקלה הארוכה.

10. נספח ב': מיקום תחנות ניטור מזהמים של יחידת אגן ההיקוות של חברת "מקורות", ביחס לחוות הדגים:

10.1. מבט ממוקד:



10.2. מבט מרחבי:



11. נספח ג': דוגמא לצו הרשאה - צו ההרשאה לחוות גידול הפורלים – קיבוץ דן:

מדינת ישראל

רשות המים
לשכת מנהל הרשות

כ"ה אייר תשע"ז
21 מאי 2017

לכבוד

מר גיל רביץ
מנכ"ל מדגה דן

באמצעות דוא"ל: gil@forel-dan.co.il

א.נ.,

הנדון: **צו הרשאה למדגה קיבוץ דן להזרמת מי המדגה ממערך גידול הפורלים לנחל הדן לפי חוק המים, התשי"ט-1959**

בתוקף סמכותי לפי סעיף 20 יא לחוק המים, התשי"ט – 1959 (להלן: החוק) הריני להודיעכם כי בקשתכם להזרמת מי המדגה של קיבוץ דן ממערך גידול הפורלים לנחל הדן התקבלה במשרדנו. לאחר התייעצות עם משרד הבריאות והמלצת הוועדה המייעצת, שוכנעתי כי נסיבות העניין מאפשרות מתן צו הרשאה כמשמעו בחוק ונסיבות העניין אינן מאפשרות ברירה אחרת.

צו ההרשאה מותנה בכך כי תקיימו את התנאים הבאים:

1. **תוקף צו ההרשאה:** מתאריך 24.5.2017 ועד לתאריך 20.5.2018.

2. **כמות המים להזרמה**: ההזרמה של מי המדגה ממערך דגי הפורלים אל נחל דן תיעשה תוך עמידה בתנאים הבאים:
   a. הספיקה היומית הממוצעת לא תעלה על 168,000 מ"ק והספיקה היומית המרבית לא תעלה על 194,000 מ"ק.
   b. הכמות השנתית לא תעלה על הנקוב ברישיון ההפקה.
   c. הספיקה המוזרמת אל החווה לא תעלה על שהספיקה במורד התחנה ההידרומטרית "דן שמורת הטבע" כהגדרתה בכללי המים (הסדר מפורט לאזור קיצוב) (אזור מעלה הכנרת ואזור סובב כנרת) (הוראת שעה), תשע"ז-2017.

3. **מועדי ההזרמה**: הזרמת מי המדגה של מערך דגי הפורלים תהיה באופן רציף.

4. **נקודת ההזרמה**: הזרמת מי המדגה של מדגה הפורלים אל נחל דן תתבצע באמצעות תעלת בטון או באמצעות צינור "24 ולאחר טיפול במים המושבים לנחל.

הרשות הממשלתית למים ולביוב ■ רח' המסגר 14 ת"ד 20365 תל-אביב יפו 61203 ■ טל' 03-6369600/5 ■ פקס 03-6369750

טבלה מספר 1: אופן ההזרמה ואתרי ההזרמה לנחל דן:

המדגה	נ. צ.	נ.צ.	אופן הזרמת המים מהמדגה לנחל דן
דן 2	294313	210688	מוצא ראשי של בריכות הפורלים בדן (תעלת הבטון) אחרי טפול בשני מסנני סרט ומסנן תופי
דן 3	294233	210696	מוצא בריכות הפורלים בדן אחרי מסנן הסרט
דן 4	294138	210601	מוצא מבריכות פורלים דן אל תעלת עפר לכיוון נחל דן, אחרי מסנן תופי

5. **<u>איכות מי המדגה</u>:** ממדגה דגי הפורלים יוזרמו המים לנחל דן אם הם עומדים במדדי איכות המים כמפורט בטבלה מס' 2:

טבלה מספר 2: איכות מי המדגה המותרים להזרמה לנחל:

המדד	תקן מרבי (מ"ג/ל)	תקן ממוצע חודשי (מ"ג/ל)
pH	7.8	7.5
מוצקים מרחפים	6	3.6
BOD_5[1] כללי	20	10
COD כללי	30	20
שמן מינרלי FTIR	0.3	0.1
חנקן אמוניאקלי כ-N	0.5	0.25
חנקן כללי כ-N	5	2.6
חמצן מומס	8.5	6.5
קולי צואתי	1000יח' ל-100 מ"ל	600יח' ל-100 מ"ל
זרחן כ– P	0.2	0.12
אבץ	0.08	0.05
ניקל	< 0.025	< 0.025
כרום	<0.025	<0.025
קדמיום	<0.025	<0.025
עופרת	<0.025	<0.025
נחושת	<0.025	<0.025
כספית	<0.025	<0.025

הרשות הממשלתית למים ולביוב ■ רח' המסגר 14 ת"ד 20365 תל-אביב יפו 61203 ■ טל' 03-6369600/5 ■ פקס 03-6369750

6. **<u>חובות נוספות החלות על מדגה דן</u>:**
6.1 פעולות לסחרור המים המופקים מהנחל לצורך השבתם לשימוש נוסף בחווה מותרת בתנאי שאיכות המים המוחזרת לנחל תעמוד בדרישות האיכות המוגדרות בצו ובתנאי שזמן השהיה הכולל של המים בחווה בטרם הזרמתן לנחל לא יעלה 24 שעות.
6.2 ביצוע הניטור ייערך לפי תוכנית ניטור שתיקבע על ידי מנהל הרשות שתצורף כנספח לצו והיא מהווה חלק אינטגרלי מצו זה. תוכנית הניטור תתייחס לתפעול שגרתי טרום הסחרור ובמהלכו.
6.3 מדידות ספיקת צריכת מי הנחל בכניסה לחוות הגידול ייעשו על פי הנחיית רשות המים.

7. **<u>פעולות נדרשות במדגה ובהזרמה</u>:**
7.1 יש לדווח **באופן מידי** על כל תקלה בתהליך הזרמת הנמים לנחל למוקד הסביבה של המשרד להגנת הסביבה בטלפון: ולפקח רשות המים האחראי על פיקוח חוות הדגים (יגאל נאור 050: 6221307).
7.2 יש לדווח על כל תקלה בהזרמת מים לא ראויים מהמדגה אל נחל דן: ליחידת כנרת רשות המים, אגף מים ונחלים, מחוז צפון, לרשות הניקוז והנחלים, משרד הבריאות, ורשות הטבע והגנים.
7.3 יש להעביר **דיווח חודשי** בכתב לגבי ההזרמה אל הנחל כולל כמות המים המוזרמים ודיווח תקלות לגורמים הבאים: יחידת כנרת ברשות המים, משרד להגנת הסביבה (מחוז צפון), רט"ג (הלל גלזמן) ולמרכזת הוועדה.
7.5 יש לנקוט באמצעים על מנת למנוע הגעה של פאונה כגון: דגים, דגיגים ופלורה כגון: אצות, מהמדגה אל הנחל.

8. **<u>תדירות דיגום ובדיקות נוספות</u>:**
   א. יש לבצע דיגום ואנליזה כימית של מדדי איכות המים הנקלטים, המוזרמים אל נחל דן ובמורד הנחל על פי תוכנית הניטור בנספח.
   ב. הבדיקות יבוצעו באמצעות מעבדה מוסמכת על ידי הרשות הלאומית להסמכת מעבדות ודוגם מוסמך ויש להעביר את התוצאות למשרד להגנת הסביבה ולרשות המים. מקבל הצו יבצע על חשבונו, עפ"י דרישת משרד הבריאות את הבדיקות הנוספות הנדרשות נוכח ההזרמה לנחל זה.

9. **<u>אחריות</u>:** אין באמור בצו זה כדי להטיל אחריות כלשהי על המדינה בשל פעילות שיבצע מקבל הצו בכל הקשור לצו זה. על מקבל הצו מוטלת האחריות הבלעדית לכל פעילות שינקוט בקשר לצו זה לרבות בכל הקשור לנושאי בטיחות.

10. אי עמידה בתנאי מתנאי צו זה מהווה עבירה על חוק המים ועלולה לגרום לביטול הצו ולנקיטה בצעדי אכיפה.

11. צו זה לא יבוא במקום כל אישור אחר הנדרש עפ"י דין.

בכבוד רב,
משה גראזי
מנהל הרשות (בפועל)

הרשות הממשלתית למים ולביוב ■ רח' המסגר 14 ת"ד 20365 תל-אביב יפו 61203 ■ טל' 03-6369600/5 ■ פקס 03-6369750