

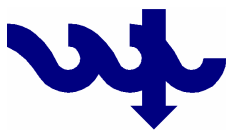


**תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת
2019**

ניטור פסולת ימית

דו"ח חיא"ל H22/2020

דו"חות חיא"ל
I O L R REPORTS



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ (חל"צ)
Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.
תל-שקמונה, ת"ד 8030, חיפה 31080, P.O.B. 8030, Haifa
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8565200 טלפון :
<http://www.ocean.org.il>

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2019 ניטור פסולת ימית

דו"ח חיא"ל H22/2020

כתיבת הדוח: דר' יעל סגל

תמיכה מדעית בכתיבת הדוח: ד"ר הדס לובינבסקי ועפרת רוזה
דיגום: ירון גרטנר, ארסני מורוב ויעל סגל.
ספירה ואפיון פסולת חופים: ירון גרטנר, דני לב, דבורה בורד ויעל סגל
ספירה ואפיון פסולת קרקעית: לינה טיקלן, לנרט נרינה, אולגה לאור, נעמי קיפרווס.
ספירה ואפיון מיקרופלסטיק: עפרת רוזה.

**תכנית הניטור מוגשת
וועדת ההיגוי לניטור הלאומי בים תיכון**

מאי 2020

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Segal Y. 2020. The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters – Scientific Report on Marine litter for 2019, Israel Oceanographic and Limnological Research, IOLR Report H22/2020.

תוכן הדוח

4	מבוא	.1
5	ממצאי הדוח	1.1
6	המלצות	1.2
7	שיטות ודיגום	.2
10	פסולת חוף	.3
14	פסולת קרקעית	.4
14	פסולת קרקעית במדף היבשת	4.1
18	פסולת קרקעית במדרון היבשת ובים העמוק	4.2
21	פסולת קרקעית דיון ומסקנות	4.3
23	מיקרופלסטיק	.5
23	מיקרופלסטיק צף (מי שטח)	5.1
34	מיקרופלסטיק בקרקעית הים	5.2
38	מיקרופלסטיק דיון ומסקנות	5.3
Error! Bookmark not defined.	בבליוגרפיה	.6
41	נספח 1 – שיטות הדיגום והמדידה	

1. מבוא

תופעת האשפה בים ובחופים (marine litter) מהווה בעיה גלובלית ופוגעת בחופים ובמערכת האקולוגית הימית. לפי הערכה, בשנת 2010, 5-13 מיליון מ"ק של פסולת פלסטית תגיע לאוקיינוסים (Jambeck et.al. 2015). האשפה בים ובחופים מחוללת נזקים כלכליים, חברתיים, בריאותיים, סביבתיים ואסתטיים כבדים. הים התיכון בכללו וחופי מדינת ישראל בפרט סובלים אף הם מבעיה זו, אולם, היקף הבעיה בארץ עדיין לא נבדק לעומק. צפיפותו הנמוכה של פלסטיק ונטייתו לצוף הופכת את בעיית הפסולת לחוצת גבולות המושפעת לא רק ממגמות מקומיות, אלא גם מתופעות אזוריות. לכן, זיהוי מקורות הפסולת הימית הוא מורכב, ודורש הירתמות של כל מדינות האגן בפעילויות ניטור ודיווח. מקור הפלסטיק הוא בפסולת מספינות וממקור יבשתי ומוסע לים באמצעות נחלים, מערכות שפכים, ופסולת שנשארה בחוף (Ryan et. al. 2009). הבנה טובה יותר של מקורות הפסולת מאפשרת פיתוח מדיניות סביבתית ואמצעי הפחתה ממוקדים ואפקטיביים יותר.

תכניות בינלאומיות של האו"ם (United Nations Environment Program – UNEP) ושל האיחוד האירופי (Marine Strategy Framework Directive – MSFD) עוסקות ביעדים אקולוגיים (Ecological Objectives-EO) והנחיות עבודה לבחינת מצב הסביבה הימית בכלל ובהקשר לפסולת ימית בפרט (UNEP 2016, Veiga, et al 2016). היעד האקולוגי שנקבע ע"י UNEP לפסולת ימית הוא EO10. ליעד האקולוגי נקבעו מאפיינים (indicators) אותם מומלץ לבחון במערכת הימית. דוח זה מטפל בשני מאפיינים:

מאפיין 22: מגמות בכמות הפסולת הנסחפת לחוף או המצטברת עליו (כולל בדיקה של הרכב הפסולת, פיזור במרחב והיכן שניתן - מקורה).
מאפיין 23: מגמות בכמות הפסולת לאורך עמודת המים ובקרקעית, כולל מיקרופלסטיק.

מטרות ניטור הפסולת בסביבה הימית הן זיהוי מגמות במרחב ובזמן של פסולת בסביבה הימית והחופית, לצורך איתור התנהגויות חריגות, מקורות זיהום והסכנות הכרוכות באלה, על מנת לצמצמן ולחסלן בעתיד. פעולות אלה יסייעו לנו בהערכת פוטנציאל ההשפעה על הסביבה, וכן ההשפעה על בריאות בני האדם. בנוסף, ניטור זה ישמש כערך ייחוס (רמת בסיס) להערכת סיכונים סביבתיים הכרוכים ב פיתוח עתידי.

1.1 ממצאי הדוח

הרכב המאקרו-פסולת העיקרי שנדגם בחופים ובקרקעית הים הוא פלסטיק (<75%), ובפרט שקיות ואריזות. בשלושת אזורי הדיגום מרבית הפרטים שנאספו היו פסולת משנית בגדלים 2.5-50 ס"מ (פסולת מקורית שנשברה או התפרקה) ולא פרטי פסולת מקורית. בפולג נמצא ריכוז גבוהה יותר של פסולת, בהשוואה לחופים האחרים, ככל הנראה בשל קרבה לחוף מוסדר ונגישות גבוהה יותר. ניתוח הפרטים עליהם הופיע ברקוד מראה כי בפולג שני שלישי מכלל הפסולת מקורה מישראל ושליש מקורה מחו"ל. הפסולת המקומית מקורה בעיקר ממתרחצים שהשאירו אחריהם את הפסולת בחוף. בחוף גלים מחצית מהפסולת מקורה מישראל ומחציתה מחו"ל, ובאשדוד נמצאה יותר פסולת שמקורה מחו"ל.

בפסולת שנמצאה בקרקעית הים סמוך לחוף (30-10 מ' עומק מים), נמצאה עליה בעונת החורף, בהשוואה לדיגום בקיץ. העלייה נובעת, ככל הנראה, מהסעת הפסולת מהחוף דרך הנחלים והנקזים בתקופת הגשמים.

ריכוז הפלסטיק גבוה באופן משמעותי בעומק מים 200 ו 500 מ', בהשוואה לעומקי הדיגום האחרים.

הרכב המיקרו-פסולת הצפה מרמז על חלוקה לשלשה אזורים: ים תיכון רדוד, ים תיכון עמוק וים סוף. תחנת אשקלון 30 מ' שונה משמעותית מיתר תחנות החוף הרדודות בים תיכון, ככל הנראה בשל מקורות פסולת מעט שונים, בהשוואה ליתר תחנות החוף (אולי הנילוס). בכל התחנות קיימת העדפה מספרית מובהקת לפרטים קטנים יותר (5-0.3 מ"מ), בהשוואה לפרטים גדולים יותר (<5 מ"מ).

נמצאו ההבדלים בין הפרטים הצפים שנאספו בגדלים השונים (1-0.3 מ"מ, 5-1 מ"מ, 25-5 מ"מ, ו <25 מ"מ) בפילוח הצבעים, בשקיפות ובפילוח צורת הפרטים. נתונים אלו מרמזים על מקור שונה, ולא פרוק הפרטים הגדולים לקטנים יותר במהלך נדודיהם בים.

הטיפול בסדימנט כרוך בזמן ממושך, ובהתאם נמצאו סיבים רבים בדוגמת הרקע. בשל הזיהום הסביבתי הגדול, שכולו כמעט סיבים קטנים, קשה להתייחס לתוצאות הסדימנט כהלכה. על מנת לקבל מידע טוב יותר על זיהום מיקרופלסטיק בסדימנט יש לשקול שינוי המטודולוגיה.

1.2 המלצות

1. יש להמשיך בניקוי הסדיר של החופים ולנסות להוסיף איסוף פרטים קטנים מ 2.5 ס"מ.
2. יש לדאוג לניקוי הנקזים, אפיקי הנחלים ואגני הנחלים לאורך השנה ובעיקר לפני עונת הגשמים.
3. יש להוסיף מלכודות פסולת במוצא הנקזים, למניעת הגעת הפסולת לים בארועי גשם.
4. יש לדאוג למנגנון להקטנת השימוש בשקיות ואריזות פלסטיק.
5. מומלץ להוסיף ניטור מיקרו-פסולת בחופים.
6. מומלץ לבחון שיטה כמותית מהימנה יותר לניטור מיקרופלסטיק (למשל באמצעות סורק ותכנת למידה עצמית).

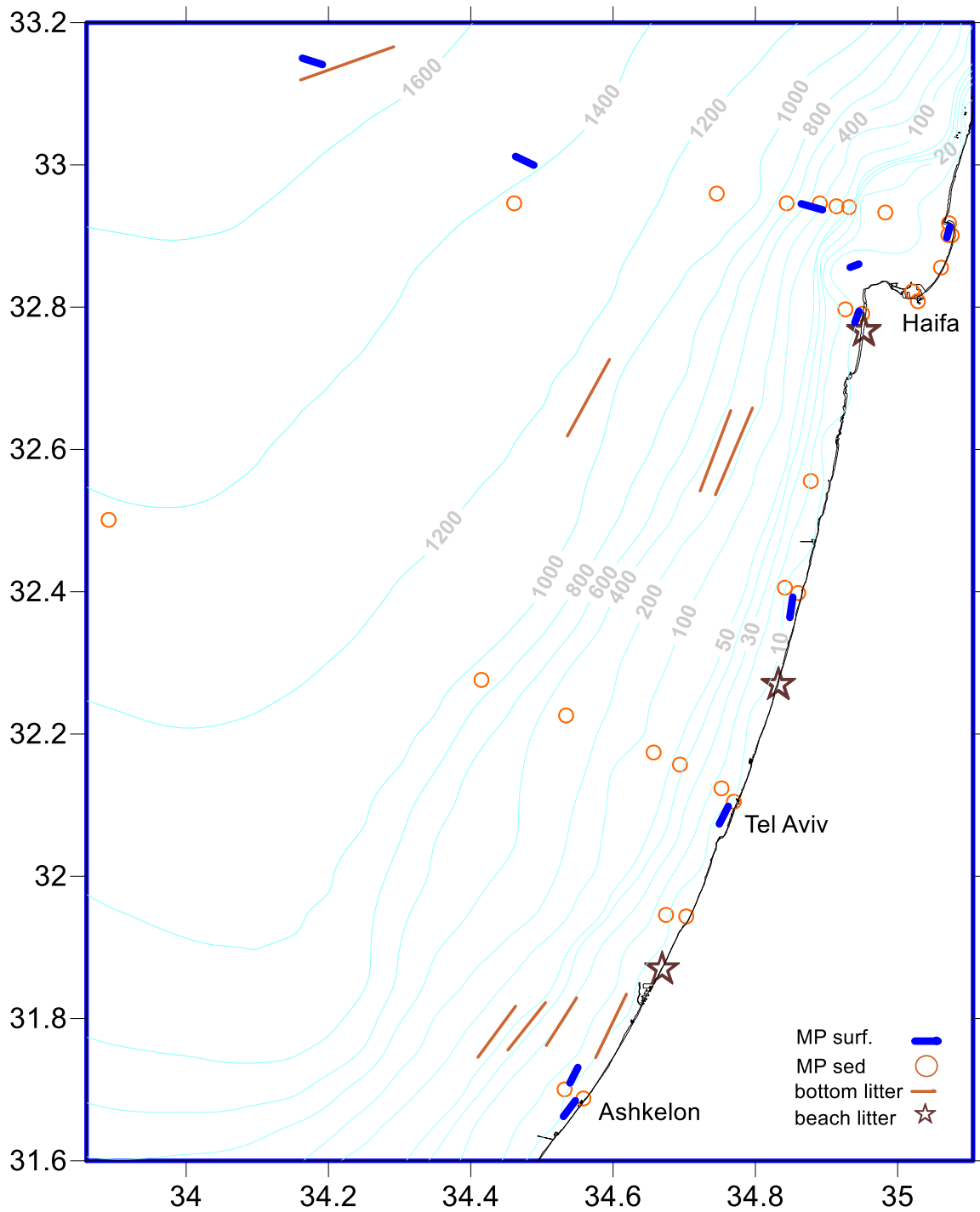
2. שיטות ודיגום

2.1 תחנות דיגום

הניטור הלאומי, עבור פסולת ימית בישראל, מבוצע החל משנת 2017. הניטור מטפל בתחומים שונים הנוגעים לפסולת ימית. התכנית נבנתה בהתאם להנחיות ה-MSFD משנת 2013, והנחיות UNEP משנת 2016. תכנית הניטור כוללת ניטור פסולת חופית (beach litter באיור 2.1), ניטור פסולת בקרקעית הים (bottom litter באיור 2.1), ניטור מיקרו-פסולת צפה (MP surf באיורים 2.1 ו 2.2) וניטור מיקרו-פסולת ששקעה בקרקעית הים (MP sed באיורים 2.1 ו 2.2). תחנות הדיגום נבחרו כך שהן מייצגות בצורה מיטבית אזורים שונים של הסביבה הימית המושפעים מהשלכת פסולת. איור 2.1 מציג את תחנות הדיגום בים תיכון ואיור 2.2 את תחנות הניטור בים סוף. בים סוף הדיגום היה מוגבל בשל נוכחות שמורת טבע בכל החוף הדרומי וניקיון החופים על בסיס יומי.

2.2 שיטות הדיגום

האנליזה ואפיון הפסולת מפורטים בנספח 1 לדוח זה.



איור 2.1: תחנות הדיגום עבור ניטור פסולת ימית בים תיכון בשנת 2019. הפסולת הימית שנדגמה היא פסולת חופית-beach litter (כוכב חום), פסולת בקרקעית הים-bottom litter (קו חום), מיקרו-פסולת צפה-MP surf (קו כחול) ומיקרו-פסולת ששקעה בקרקעית הים-MP sed (עיגול חום).



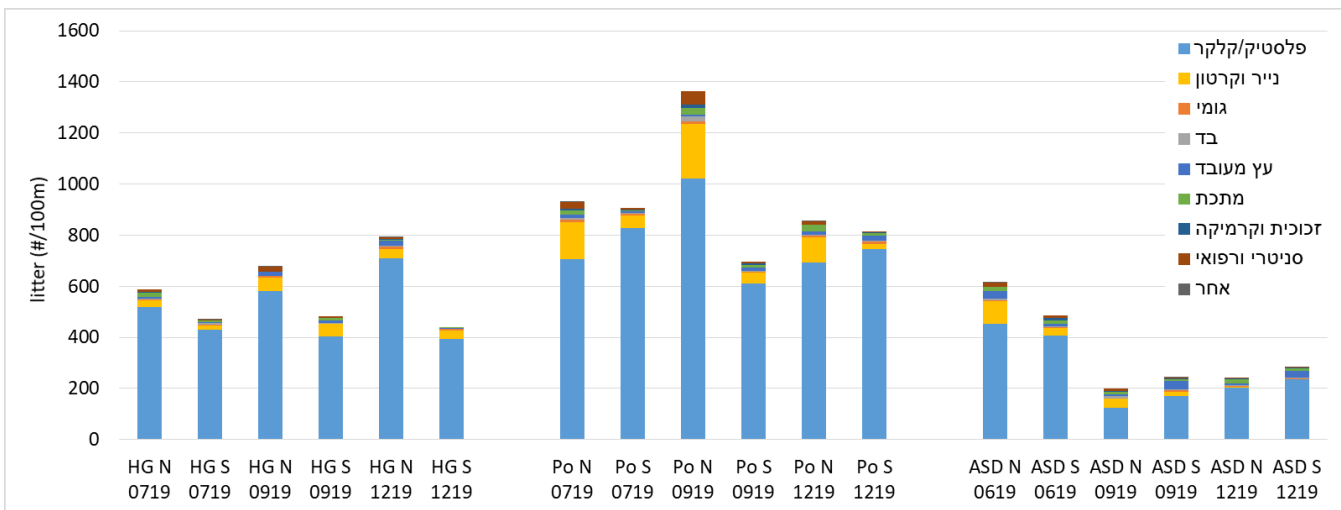
איור 2.2: תחנות הדיגום עבור ניטור פסולת ימית בים סוף בשנת 2019. הפסולת הימית שנדגמה היא מיקרו-פסולת צפה-MP surf (קו כחול) ומיקרו-פסולת ששקעה בקרקעית הים-MP sed (עיגול חום).

3. פסולת חוף

ניטור מאקרו-פסולת בחופי ים תיכון בוצע ביולי, ספטמבר ודצמבר 2019. הדיגום בוצע בשלשה אזורים בחופי ים תיכון: חוף גלים (דרומית לחיפה- מול טירת כרמל), פולג (נתניה) ואשדוד. בכל אתר בוצעו שני חתכים דיגום (100 מ' אורך כל אחד). סה"כ נמצאו 2068 פרטים שגודלם מעל 2.5 ס"מ בחוף אשדוד, 5565 בחוף פולג ו 3452 בחוף גלים. כל הפרטים קוטלגו על פי הרכב ופריט. בנוסף עבור 205 פרטים נמצא ברקוד, המאפשר אפיון מקום הייצור.

בבחינת הרכב הפסולת בחופים נמצא שהפלסטיק והקלקר מהווים את ההרכב העיקרי של הפסולת (איור 3.1). התיאור נכון עבור כל אתרי הדיגום וכל מועדי הדיגום. תוצאות דומות התקבלו גם בדיגום קודם שהתבצע בחופי ישראל (Pasternak et.al. 2017). הפלסטיק מהווה 88, 84, ו 76 אחוזים בממוצע מכלל הפסולת עבור חוף גלים, פולג ואשדוד בהתאמה. הרכב הפסולת הנפוץ ביותר אחרי הפלסטיק הוא הנייר, המהווה 6-10% בממוצע מכלל הפסולת. פסולת הנייר מורכבת בעיקר מבדלי סיגריות.

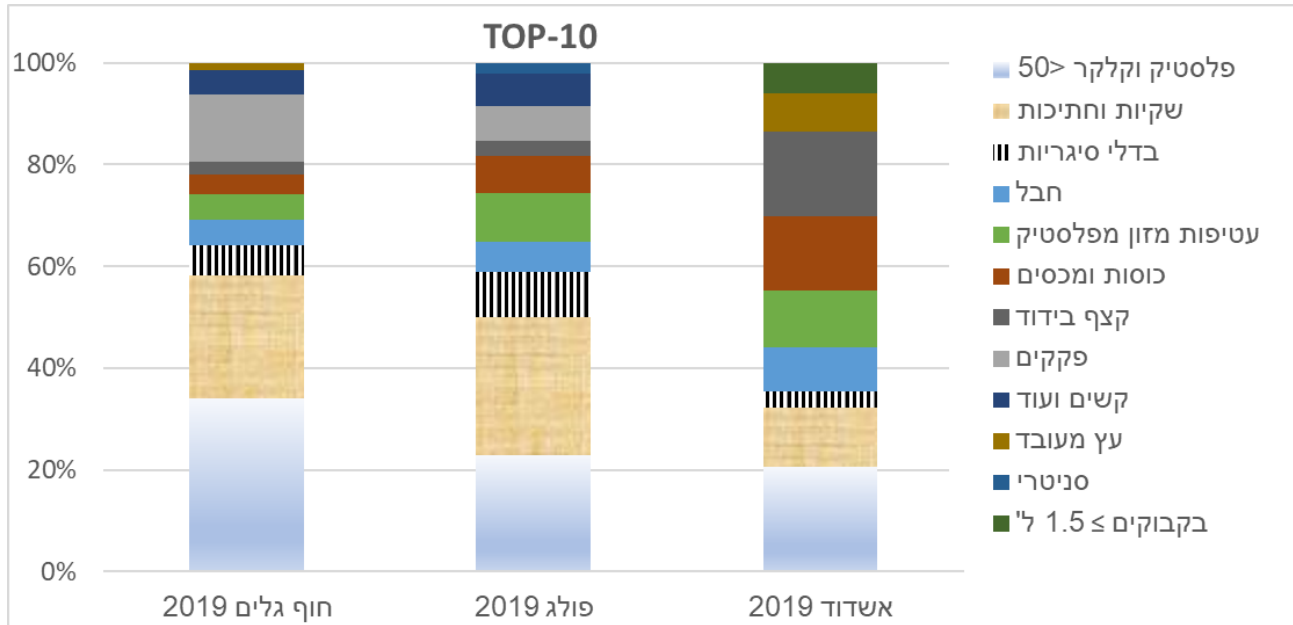
בחוף פולג נמצאה יותר פסולת בהשוואה לחופים האחרים. בחוף זה מבקרים יותר נופשים וכן רוחב החוף גדול יותר. בחוף אשדוד נמצאה הפסולת המועטה ביותר. חוף זה הוא הצר ביותר וכן נמצא בסמוך לנמל ובשטח צבאי ולכן מגיעים אליו פחות מבקרים.



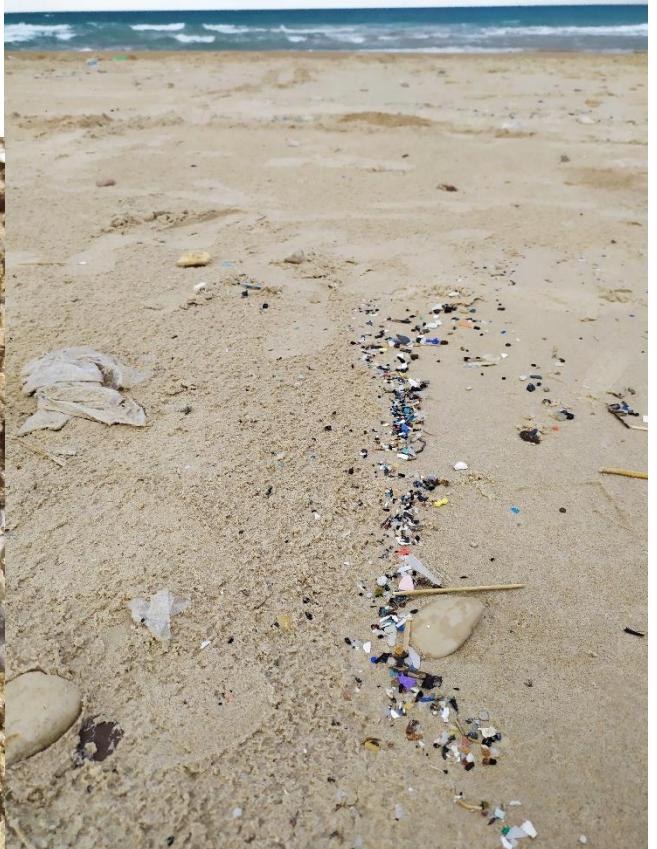
איור 3.1: הרכב הפסולת בחופים בשנת 2019. HG חוף גלים, PO חוף פולג ו ASD אשדוד. N חתך צפוני ו S חתך דרומי. התאריך מופיע כחודש ושנה (MMYY).

בבדיקת עשרת הפרטים הנפוצים ביותר בחופים (איור 3.2), נמצא שישנם רבים החופפים לשלשת החופים: חלקי פלסטיק וקלקר קטנים מ 50 ס"מ, שקיות וחלקי שקיות (בעיקר חלקי שקיות), בדלי סיגריות, חבלים, עטיפות מזון מפלסטיק, כוסות ומכסים וקצף בידוד. אותם פרטים היו הנפוצים ביותר גם בחוף פולג שנבדק בשנת 2017 ובחוף אלכסנדר שנבדק בשנים 2017 ו 2018 (הנתונים מופיעים בדוח פסולת ימית 2017-2018). בפולג ובחוף גלים נמצאו מטליות לחות (המסווגות בסניטרי ורפואי), פסולת שלא נמצאה באשדוד.

מכלל הפרטים שהופיעו על החוף, השכיחות הגבוהה ביותר הייתה של מקטעים בגודל 2.5-50 ס"מ. רבים מפרטים אלו אינם מהווים פריטים שלמים, אלא מקטעים מפרטים גדולים יותר. פרטים אלו התפרקו על החוף או נסחפו לחוף, לאחר שעברו פרוק בעזרת קרינת UV בחוף או בגדות הנחלים באזורים מרוחקים (Andrady 2017). פרטים רבים הופיעו בקווי הסחף (איור 3.3), עובדה המחזקת את הגעתם מהים מאזורים מרוחקים. בדיגומים רבים, בקווי סחף אלו, ניתן היה לראות גם חלקיקי מיקרופלסטיק (קטנים מ 2.5 ס"מ), ביניהם כדורי פלסטיק, המשמשים לתעשיית הפלסטיק.



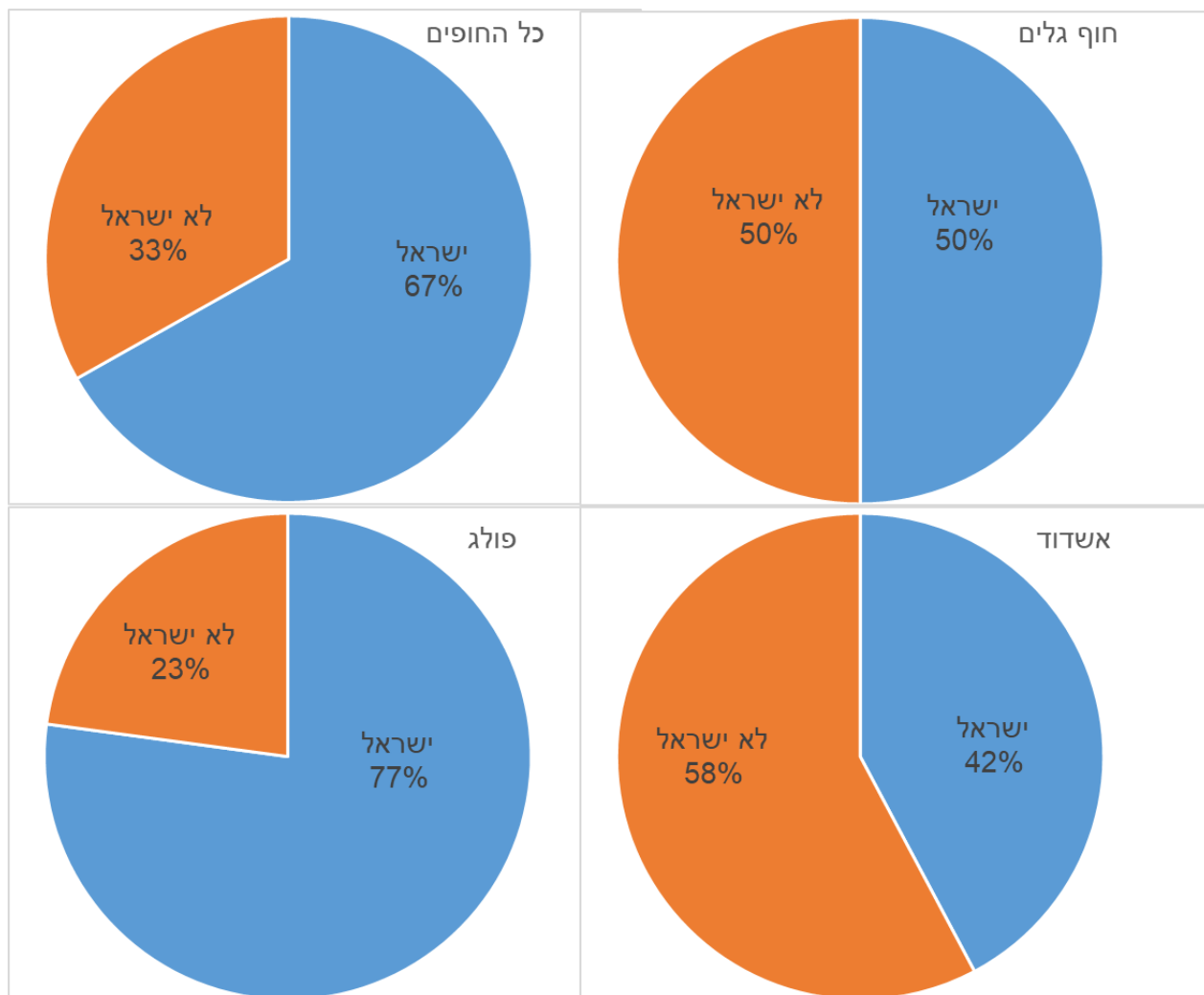
איור 3.2: עשרת הפרטים הנפוצים ביותר עבור כל אחד מחופי הדיגום בשנת 2019 (ממוצע עבור ששת חתכי הדיגום).



איור 3.3: מימין חוף גלים דצמבר 2019 - פסולת קטנה בקוי הסחף מהגלים. משמאל – כדורי פלסטיק מהתעשייה.

אפיון למקור הפסולת בוצע בעזרת הברקוד, המאפשר הגדרת מקור המוצר. הברקוד הופיע על גבי אריזות מזון (46%), בקבוקים מפלסטיק (24%), אריזות מזון מנייר (10%), בקבוקי זכוכית (9%) ופחיות מתכת (6%). שני שליש מכלל הפסולת מקורה מישראל ושליש מקורה מחו"ל (איור 3.4). בבחינת מדוייקת יותר של החופים השונים נמצא שבחוף גלים מחצית מהפסולת מקורה מישראל ומחציתה מחו"ל, בפולג יש יותר פסולת מקומית (בעיקר ממטררצים שהשאירו אחריהם את הפסולת בחוף) ובאשדוד נמצאה יותר פסולת שמקורה מחו"ל.

על אף היעילות בשימוש בברקוד לאפיון מקור הפסולת בחוף, שתי הסתייגויות בנוגע לשימוש בו. הראשונה שהפריטים בהם נמצא ברקוד מהווים פחות מ 2% מכלל הפסולת, ולכן לא מהווים מדד יעיל לבחינה אמיתית של מקור הפסולת שנמצאת בחופנו. הסתייגות שניה היא שהברקוד נעלם מהמוצרים במהלך חשיפת הפסולת לשמש, לגלי הים, למי הים ולבליה. מכאן שבשימוש בברקוד קיימת הטייה של התוצאות לטובת פסולת "טריה" וכל שכן לפסולת מקומית או קרובה.



איור 3.4: אפיון מקורות הפסולת בחופים בשנת 2019, בהתבסס על הברקוד.

היות והניטור, בחופים המוזכרים בפרק זה, התחיל בשנת 2019, לא ניתן להתייחס עדיין למגמות בזמן.

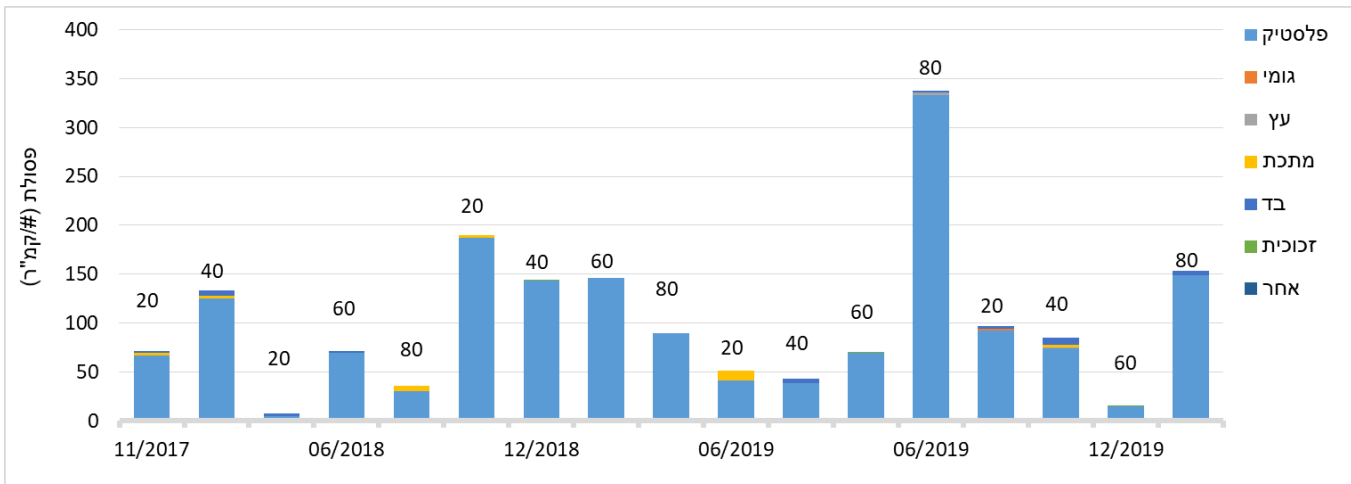
4. פסולת קרקעית

מאקרו-פסולת ששקעה לקרקעית נאספה ממדף היבשת (80-20מ'), ממדרון היבשת ומהים העמוק (1400-200מ'). הדיגום בוצע על ידי גרירת רשת על הקרקעית. פרטי הפסולת הוגדרו להרכב וסוג ונשקלו. הפרקים הבאים יפרטו את הנתונים שנמצאו.

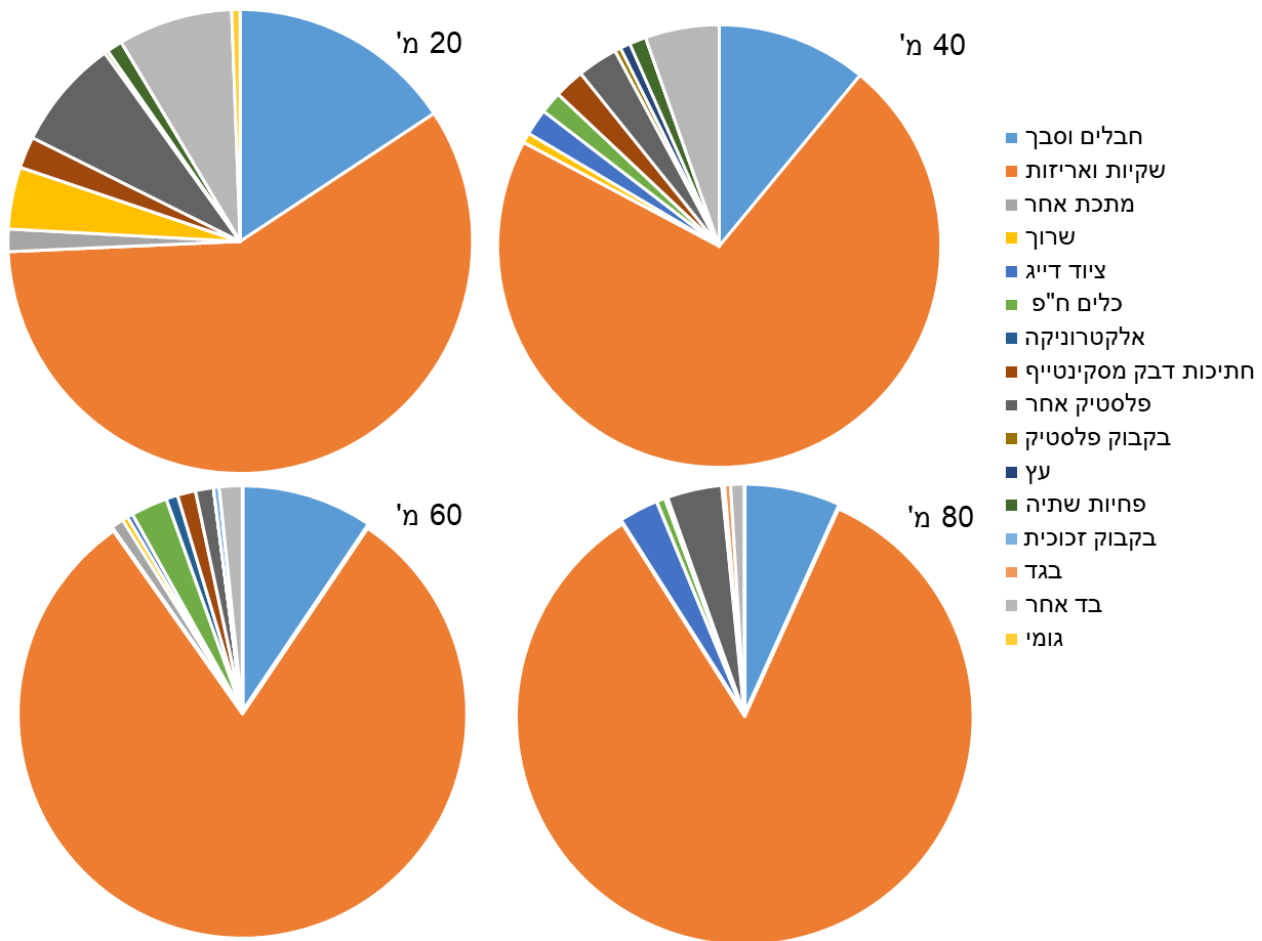
4.1 פסולת קרקעית במדף היבשת

ניטור פסולת קרקעית במדף היבשת בוצע בחודשים יוני ודצמבר 2019. הדיגום בוצע מול חופי אשדוד בעומקי מים של 20, 40, 60 ו 80 מ'. 125 פרטי פסולת הוגדרו להרכב וסוג ביוני 2019 ו 165 בדצמבר. משקל סך הפרטים עמד על 5746ג' ו 5500ג' ביוני ובדצמבר בהתאמה. לא נמצא ברקוד על אף פרט.

הפלסטיק הוא המרכיב העיקרי של הפסולת בכל עומקי הדיגום ובכל מועדי הדיגום (איור 4.1). בשנת 2019 היווה הפלסטיק 94% מכלל הפסולת בשני מועדי הדיגום. תוצאות דומות התקבלו גם בדיגומי 2018 ו 2017. הפסולת מורכבת ברובה מאריזות ושקיות. השקיות והאריזות בשנת 2019 היוו 65±6% מכלל הפסולת בעומק מים 20-40מ' ו 86±9% בעומק מים 60-80מ'. תמונה דומה התקבלה גם בשנות הדיגום הקודמות (2017-2018). ייתרת הפסולת מכילה חבלים וחוטים (עשויים מפלסטיק), פסולת בד (כריות, בגדים וכו') ופסולת פלסטיק מגוונת אחרת (כוסות, מוצרי חלב, בקבוקים וכו'). איור 4.2 מציג פילוח רב שנתי של הרכב הפסולת.

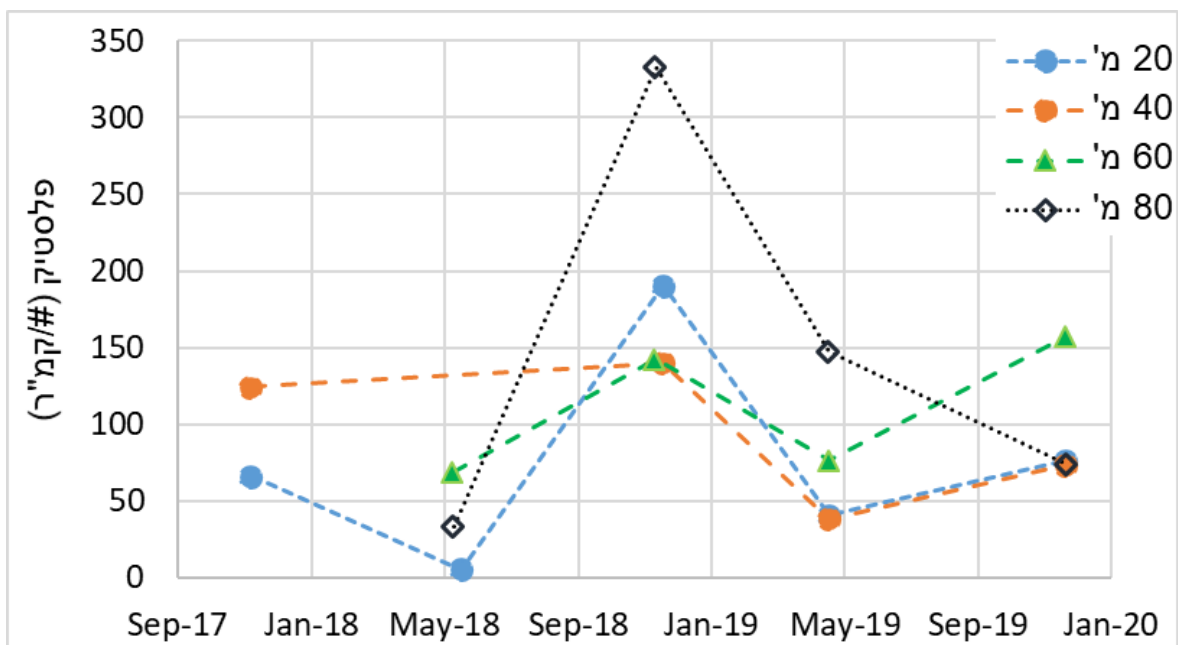


איור 4.1: הרכב הפסולת בדיגום קרקעית מדף היבשת מיוני 2017 ועד דצמבר 2019. המספר מעל העמודה מייצג את עומק המים (מ') בחתך הדיגום.



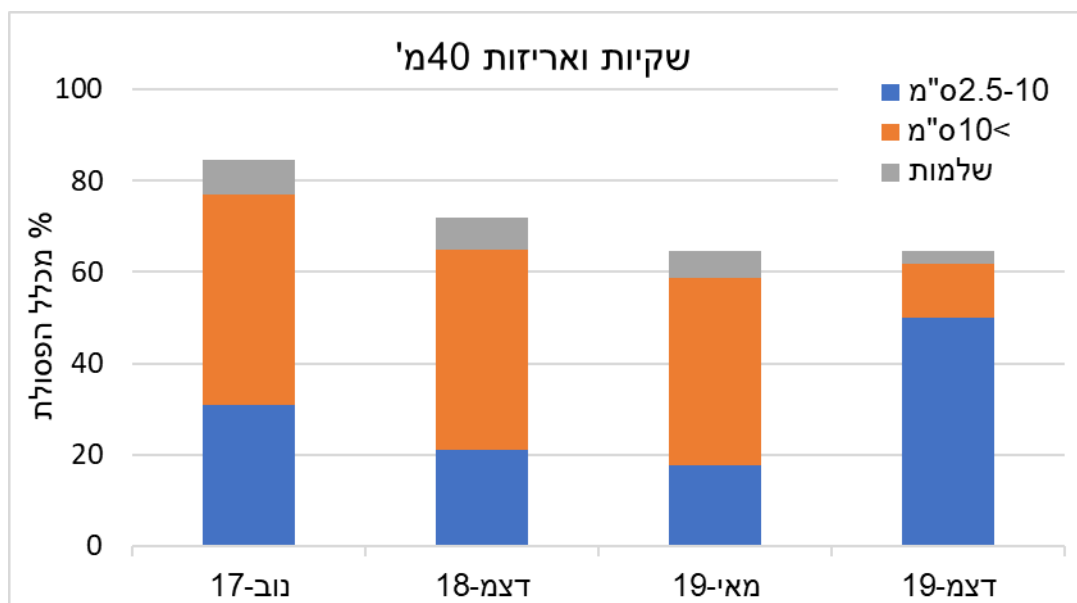
איור 4.2: הרכב הפסולת בעומקי הדיגום השונים (ממוצע רב שנתי 2017-2019).

בהתבוננות במגמות בזמן ניתן לראות כי במרבית המקרים בחורף ישנה עליה בכמות הפסולת בהשוואה לקיץ (איור 4.3). הסבר אפשרי לתופעה הוא סחף של פסולת מאזור החוף, מאגני ניקוז הנחלים ומהנקזים החופיים לים, בעקבות אירועי גשם וסערות. מגמה דומה נמצאה במדינות מערב אירופה (Galvani et. al. 2000).



איור 4.3 : השתנות כמות הפלטטיק בקרקעית 2017-2019.

פסולת השקיות ואריזות המזון מורכבת בעיקר מפסולת משנית, כלומר חלקים של פסולת שהתפרקה (איור 4.4 - עומק מים 40מ' כדוגמא). לקרינת השמש יש את ההשפעה הגדולה ביותר על פרוק מהיר של פולימרים (Andrady 2017). עצמת הקרינה בעמודת המים ובקרקעית הים זניחה והשפעת הקרינה בפני שטח המים נמוכה. מכאן ניתן להניח שמרבית הפסולת המשנית התפרקה בחוף, באניות או בגדות הנחלים והגיעה לקרקעית הים.



איור 4.4: פסולת השקיות והאריזות בדיגום קרקעית מדף היבשת בשנים 2017-2019. הגרף מתייחס לתוצאות מדיגום בעומק מים 40 מ'.

עבור כל עומק מים בוצעו ארבע גרירות רשת, בלתי תלויות. כל גרירה נמדדה כחזרה נפרדת. ההבדלים בין החזרות היו גדולים מאוד מבחינת משקל הפסולת שנאספה ומבחינת מספר פרטי הפסולת שנאספו (טבלה 4.1). סטיית התקן של 4 חזרות מדידת המשקל מגיעה עד 200% מהממוצע. תוצאות דומות התקבלו גם בשנים קודמות. השונות מלמדת אותנו כי פיזור הפסולת בקרקעית, אפילו עבור עומק בודד באזור דיגום מוגדר, אינו הומוגני.

טבלה 4.1: משקל פסולת השקיות והאריזות והחבלים בדיגומי מאי ודצמבר 2019. הממוצע חושב לארבעת חתכי הדיגום. CV היא השגיאה היחסית ומחושבת כיחס בין סטיית התקן לריכוז הממוצע.

דצמ-19				מאי-19				עומק החתך (מ')	פריט
CV (%)	סטיית התקן (גרם)	ממוצע (גרם)	סה"כ (גרם)	CV (%)	סטיית התקן (גרם)	ממוצע (גרם)	סה"כ (גרם)		
95	96.6	101.6	406.3	81	9.3	11.4	45.6	20	שקיות ואריזות
183	75.3	41.2	164.7	200	0.3	0.2	0.6	20	חבלים
104	25.3	24.5	97.8	133	81.8	61.4	245.5	40	שקיות ואריזות
196	6.7	3.4	13.6	200	0.1	0.0	0.1	40	חבלים
42	125.3	301.9	1207.6	31	65.9	214.6	858.5	60	שקיות ואריזות
	252.3	138.8	555.2		0.0	0.0	0.0	60	חבלים
60	158.1	265.2	1060.8	36	73.0	203.2	812.9	80	שקיות ואריזות
	0.0	0.0	0.0	87	7.7	8.9	35.6	80	חבלים

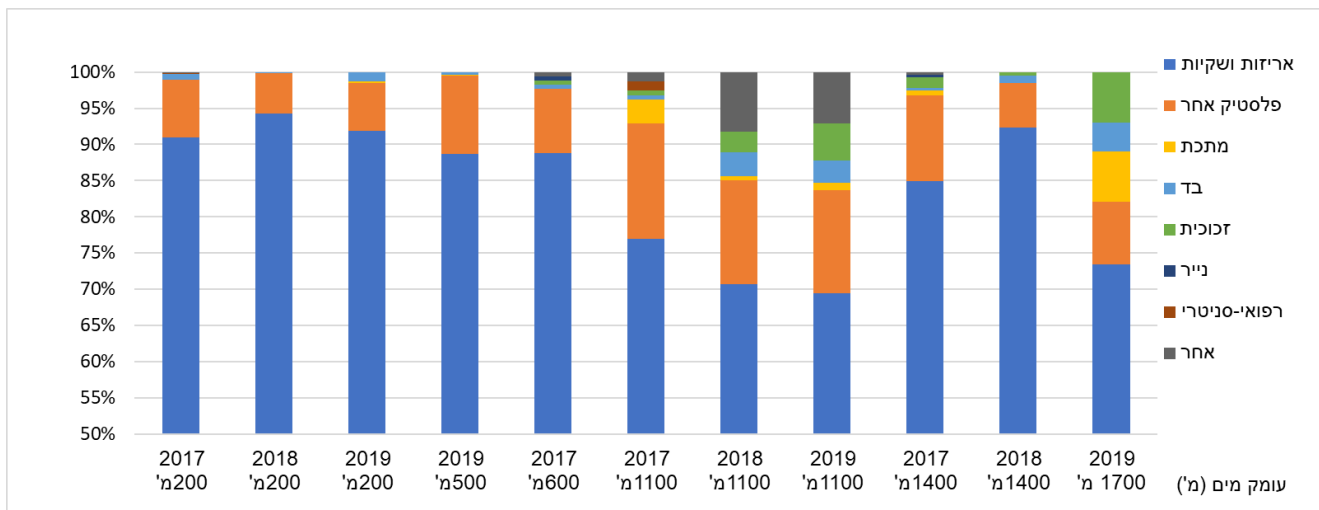
בשנת 2019 לא נמצא ברקוד על אף פריט. גם בשנים 2018 ו 2017 נמצא ברקוד על פרטים בודדים בלבד. עובדה המעידה על בליית הפסולת או על מוצרים חסרי ברקוד, כגון שקיות.

4.2 פסולת קרקעית במדרון היבשת ובים העמוק

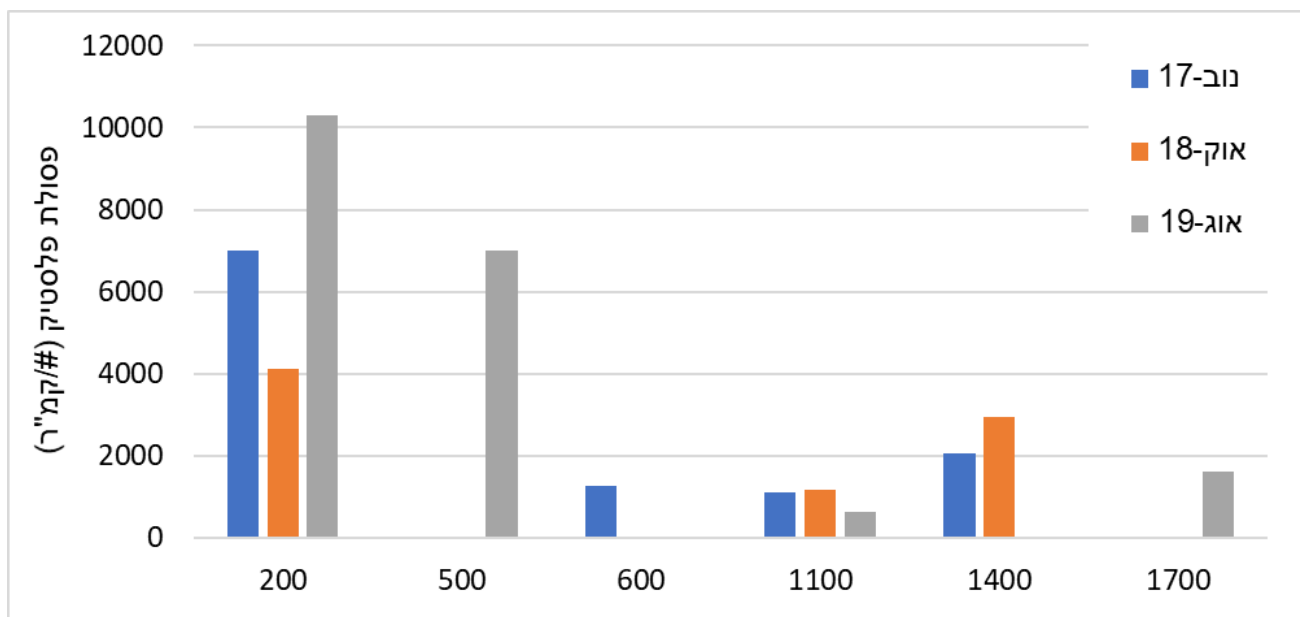
ניטור פסולת קרקעית במדרון היבשת ובים העמוק בוצע באוגוסט 2019 מול חוף דור בעומקי מים של 200, 500, 1,100 ו-1,700 מ'. 2,528 פרטי פסולת הוגדרו להרכב וסוג ונשקלו. ברקוד נמצא על גבי 12 פרטים מעומק מים 500 מ'.

הפסולת בקרקעית ים עמוק מורכבת ברובה מפלסטיק ובפרט משקיות ואריזות (איור 4.5). בעומק מים 200 מ' השקיות והאריזות מהוות מעל ל 90% מכלל הפסולת וסך הפלסטיק מהווה מעל 98%. הפלסטיק מהווה מעל 93% מכלל הפסולת בכל מועדי הדיגום ובכל העומקים, למעט בעומק מים 1100 מ' ו-1700 מ', בהם הפלסטיק מהווה כ- 70% מכלל הפסולת שנאספה. בעומק מים 1100 מ' נמצאו פרטי אלקטרוניקה ושברי זכוכית ובעומק מים 1700 מ' נמצאו שברי בקבוקים וחתיכות מתכת.

ריכוז פסולת הפלסטיק המקסימאלי בשנת 2019 נמצא בעומק מים של 200 מ' ו 500 מ' (איור 4.6). בייתר עומקי הדיגום נמצאו ריכוזים נמוכים באופן משמעותי. התופעה חזרה על עצמה גם בשנים 2017 ו 2018. לא ניתן להבחין במגמה רב שנתית.



איור 4.5 : הרכב פסולת הקרקעית במדרון היבשת ובים העמוק בשנים 2017-2019, בעומק מים 200-1700 מ'.



איור 4.6: ריכוז הפלסטיק בעומקי הדיגום השונים בשנים 2017-2019.

בדומה לתוצאות ממדף היבשת, גם במדרון היבשת ובים העמוק שקיות ואריזות הם פרטי הפסולת הנפוצים ביותר (טבלה 4.2). שקיות ואריזות הופיעו בכל הדיגומים ובכל העומקים. בניטור 2019, בנוסף לשקיות ולאריזות הופיעו כלים חד פעמיים וחבלים, בכל עומקי הדיגום. בקבוקי זכוכית, חלקי אלקטרוניקה ובד הופיעו בחתכי הדיגום העמוקים יותר (החל מ 1,100 מ').

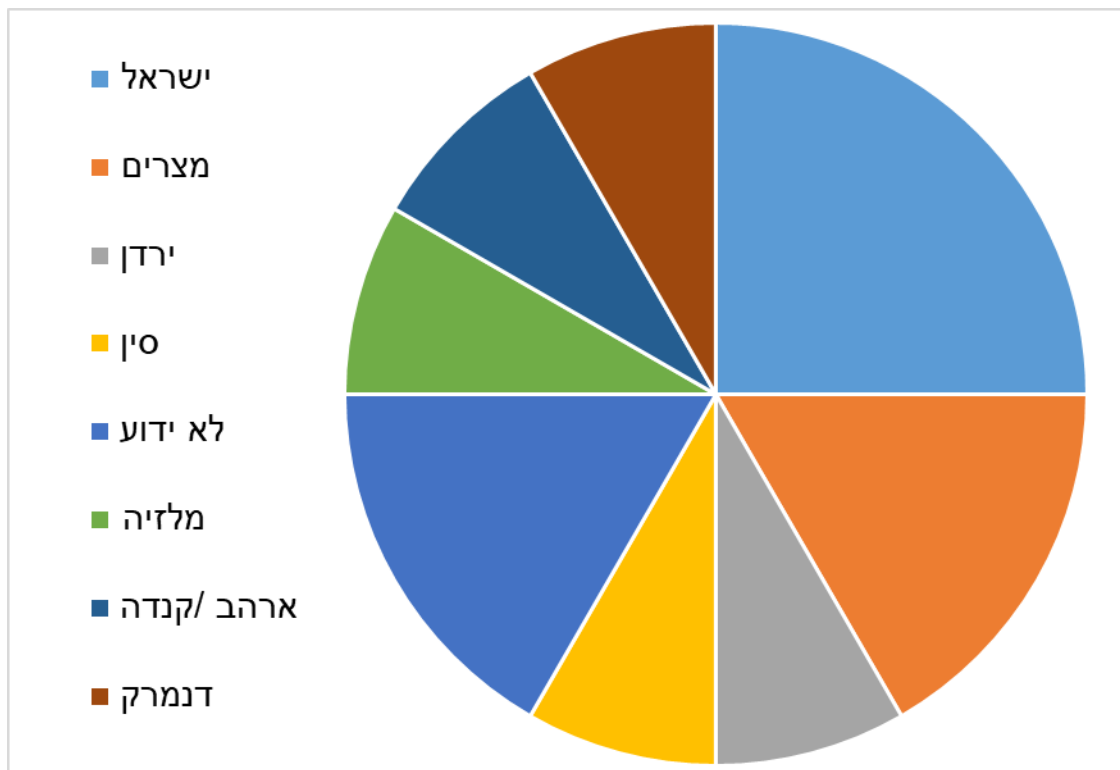
טבלה 4.2 פרטי הפסולת הנפוצים ביותר שנמצאו בדיגום 2019, בעומקי מים 200-1,700 מ'.

עומק מים (מ')	עומק מים (מ')					
הרכב	1,700	1,100	500	200	פריט	
	%	%	%	%		
פלסטיק	75	69	89	92	שקיות ואריזות	פלסטיק
פלסטיק	2	7	3	4	כלים ח"פ	פלסטיק
פלסטיק	6	5	4	1.5	חבלים/חלקי חבלים	פלסטיק
זכוכית	7	4			בקבוקים וחלקים	זכוכית
פלסטיק		7			אלקטרוניקה	פלסטיק
בד	2	2		1.2	אחר	בד
פלסטיק			2		בקבוקים	פלסטיק
מתכת	6				אחר	מתכת
	98	94	98	99	סה"כ	

בשנת 2019 הברקוד הופיע בעומק מים 500 מ' בלבד. הברקוד נמצא על 10 אריזות מזון ו 2 אריזות של מעדני חלב מפלסטיק. הפרטים עליהם הופיעו ברקוד מהווים פחות מחצי % מכלל הפסולת שנאספה בשנת 2019. גם בשנים 2018 ו 2017 נמצא ברקוד על שלש פרטים בלבד. בדומה לפסולת

קרקעית בעומקים 20-80 מ', גם כאן העדר ברקוד מעיד על בליית הפסולת או על פסולת חסרת ברקוד, כגון שקיות.

בפרטים הבודדים בהם נמצא ברקוד, הפסולת זוהתה למקור. נמצא כי הפסולת שיוצרה בישראל ובמצריים מהווה 21% ו 17% בהתאמה (איור 4.7). תוצאות דומות התקבלו גם בשנים קודמות. סה"כ 50% מהפסולת יוצרה בישראל, במצריים או בירדן. הפסולת שמקורה בישראל ובמצריים ככל הנראה הוסעה לאתרי הדיגום על ידי זרמים וגלים מחופי מדינות הייצור או שהושלכה מספינות מקומיות. לעומת זאת, ייתרת הפסולת סביר להניח שהובאה ממקורות מרוחקים לקרבת אזור הדיגום והושלכה לים מספינות או נסחפה לים מהחופים, מנקזים או בדרך אחרת והגיע לאזור הדיגום.

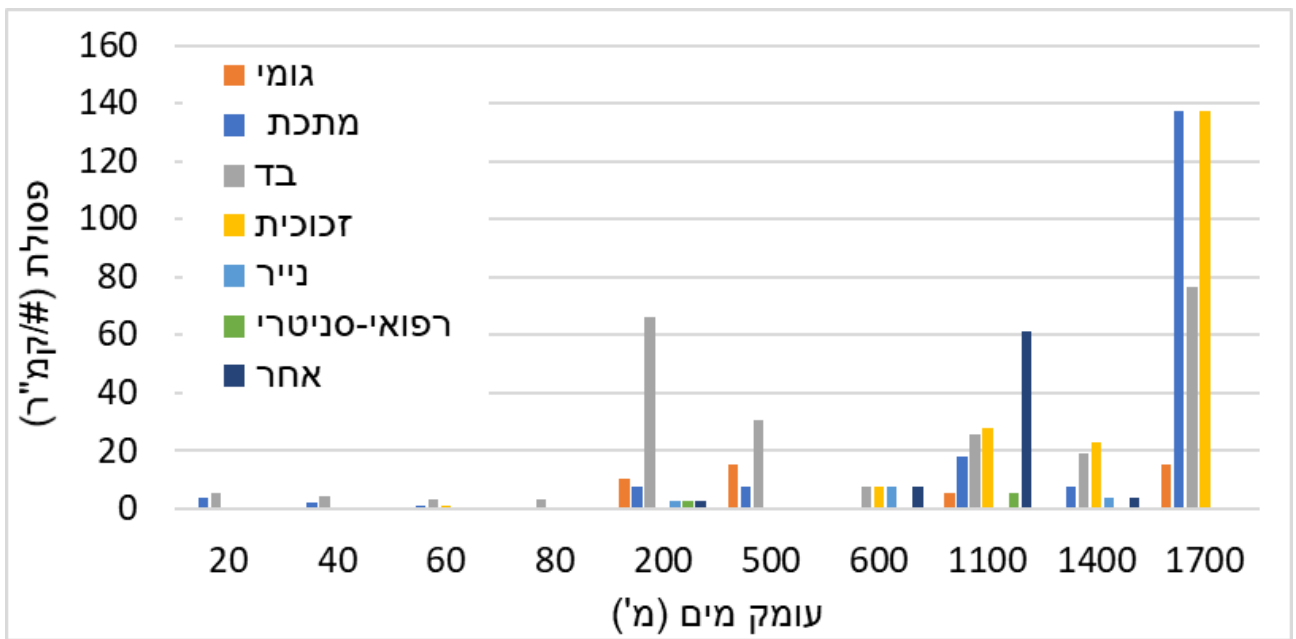
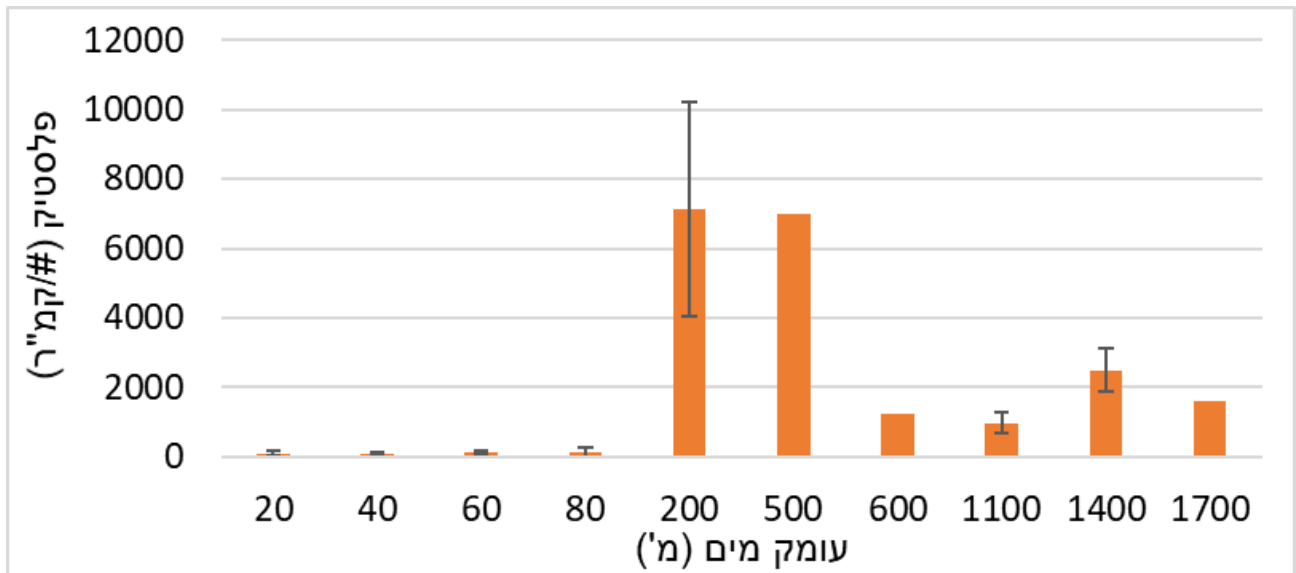


איור 4.7: פילוח מקורות הפסולת בשנת 2019, בהתבסס על ברקוד.

4.3 פסולת קרקעית דיון ומסקנות

פסולת קרקעית נאספה בעומקי מים 20-80 מ' מול אשדוד ובעומקי מים 1700-200 מ' לאורך חתך מול דור. התוצאות מראות כי הפלסטיק הוא הרכב הפסולת הנפוץ ביותר. ריכוז הפלסטיק גבוה משמעותית בעומק מים 200 ו 500 מ', בהשוואה לעומקי הדיגום האחרים (איור 4.8). הפלסטיק באזור הרדוד בריכוז נמוך משמעותי בהשוואה לשאר אזורי הדיגום. פסולת בד הופיע בעומקי דיגום מעל 200 מ' בעוד פסולת הזכוכית והמתכת נפוצים בעומק מים 1700 מ'.

עבור הפסולת הכבדה (פסולת העשויה בד, מתכת וזכוכית), ניתן להניח כמעט בוודאות שמקורה מספינות העוברות באזור זה ומשליכות פסולת. בהעדר הסבר אחר מניח את הדעת, גם עבור הפלסטיק ניתן להניח כי המקור העיקרי של פסולת הפלסטיק בקרקעית הוא מספינות העוברות באזור זה. למעט הסבר למקור פסולת הקרקעית מספינות, ייתכן מנגנון של שקיעת פסולת (ורטיקלית) שמקורה ביבשה (חופים, נחלים, נקזים), או שקיעה של אגרגטים בעקבות הצטברות ביופלסטיק (Pauli et. al. 2017), לאחר ציפה ממושכת בים.



איור 4.8: ריכוז הפסולת בקרקעית הים בעומקים 20 מ' עד 1700 מ', בחלוקה על פי הרכב. התוצאות מציגות ממוצע רב שנתי עבור 2017-2019. בגרף העליון מופיע ריכוז פסולת הפלסטיק ובגרף התחתון ריכוז הפסולת בהרכבים האחרים.

5. מיקרופלסטיק

מיקרופלסטיק נדגם במי הים בפני השטח, בו נדגם מיקרופלסטיק צף, ובקרקעית בפני השטח (1 ס"מ עליון), בה נדגם מיקרופלסטיק ששקע. הפרקים הבאים יפרטו את התוצאות שהתקבלו במים ובקרקעית.

5.1 מיקרופלסטיק צף (מי שטח)

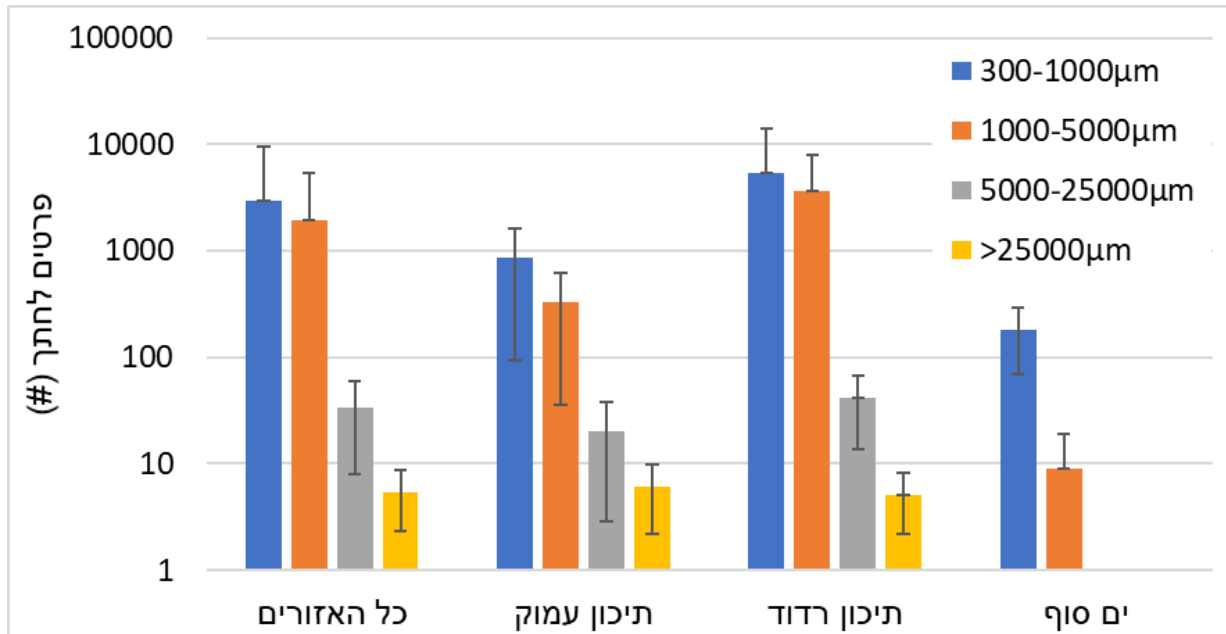
ניטור מיקרופלסטיק צף נערך, בין החודשים מרס לנובמבר של שנת 2019 במימי הים התיכון ובים סוף (טבלה 5.1). הפרטים שנאספו, נספרו ואופיינו על פי צבעם, שקיפותם והמבנה שלהם. סך הכל נספרו מעל ל- 47,000 פרטי מיקרו-פלסטיק מגודל 1000-300 מיקרון וכ- 27,000 פרטי מיקרו-פלסטיק בגודל 5-1 מ"מ. בנוסף נמצאו כ-370 פרטי מזו-פלסטיק בגודל 25-5 מ"מ ו 60 פרטי מאקרו-פלסטיק גדולים מ 2.5 ס"מ.

טבלה 5.1: תחנות הדיגום של ניטור מיקרופלסטיק צף במהלך שנת 2019.

אזור דיגום	תחנה	החודש בו בוצע הדיגום	עומק קרקעית (מטר)
ים תיכון עמוק	חתך חיפה	מרץ	1700, 1500, 600
ים תיכון עמוק	חתך חיפה	אוגוסט	1500, 600
ים תיכון רדוד	עכו	יולי	10
ים תיכון רדוד	חיפה רדוד	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	אלכסנדר	יולי	10
ים תיכון רדוד	ירקון	יולי	10
ים תיכון רדוד	אשקלון	יולי	10, 30
ים סוף	אילת חוף צפוני	נובמבר	20
ים סוף	אילת חוף דרומי	נובמבר	40

תוצאות המיקרו-פסולת הצפה בשנת 2019 מראות כי ישנה שונות רבה בין תחנות הדיגום השונות (איור 5.1, טבלה 5.1). בתחנות הרדודות בים תיכון (10-30 מ') ישנה הכמות הגדולה ביותר של מיקרו-פסולת (300-5000 מיקרון). בים סוף נמצאה הכמות הקטנה ביותר של מיקרו-פסולת צפה. ההבדלים בין אזורי הדיגום הם בסדרי גודל ומובהקים. הפסולת הגדולה יותר (<5 מ"מ) לא הופיעה כלל באילת ודומה בים תיכון עמוק ורדוד.

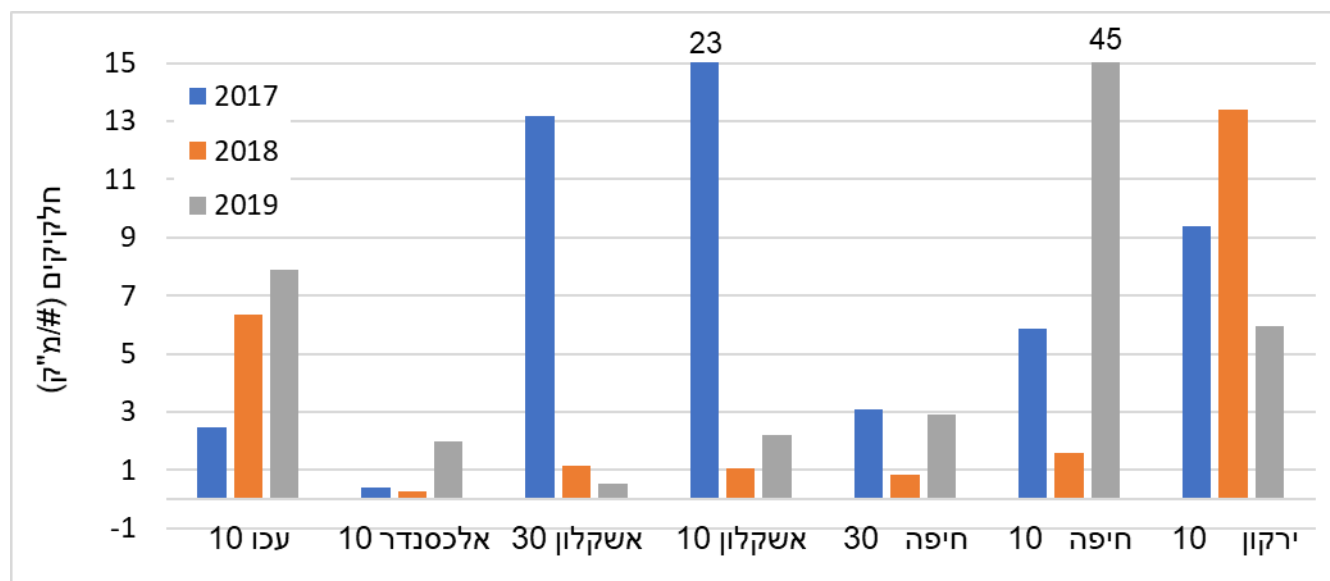
בכל אזורי הדיגום ניתן לראות כי ישנה העדפה כמותית לפרטים קטנים יותר. ההסבר ההגיוני לתופעה הוא שפרטים גדולים מנוקים מהחופים ומגדות הנחלים, בעוד פרטים קטנים לא מנוקים ולכן בעלי פוטנציאל להיסחף לים. בנוסף, בשל גודלם הקטן, הפרטים הקטנים, יכולים להיות מוסעים או מורחפים מרחק רב (Allen et.al., 2019) וכך להגיע לים ולזהם אותו.



איור 5.1: פילוח הפסולת הצפה (0.3 מ"מ ומעלה) בשנת 2019 על פי אזורים וגדלים. הנתונים מייצגים ממוצע של חתכי הדיגום באזור. הקווים מייצגים את סטיית התקן. סקלת ציר Y לוגריתמית.

טבלה 5.2: פילוח הפסולת הצפה (0.3 מ"מ ומעלה) בשנת 2019 על פי אזורים וגדלים.

אזור הדיגום	גודל החלקיקים (מיקרון)	כמות חתכים (#)	ממוצע (#)	סטיית תקן (#)
כל האזורים	300-1000	14	2993	6535
תיכון עמוק	300-1000	5	859	765
תיכון רדוד	300-1000	7	5320	8910
ים סוף	300-1000	2	183	114
כל האזורים	1000-5000	14	1928	3431
תיכון עמוק	1000-5000	5	332	296
תיכון רדוד	1000-5000	7	3617	4331
ים סוף	1000-5000	2	9	10
כל האזורים	5000-25000	11	33	25
תיכון עמוק	5000-25000	4	20	17
תיכון רדוד	5000-25000	7	41	27
ים סוף	5000-25000	2	0	0
כל האזורים	>25000	11	5	3
תיכון עמוק	>25000	4	6	4
תיכון רדוד	>25000	7	5	3
ים סוף	>25000	2	0	0



איור 5.2: פילוח הפסולת הצפה (<300 מיקרון) בשנים 2017-2019, בתחנות הדיגום הרדודות בים תיכון.

ריכוז המיקרופלסטיק בישראל גדול מהריכוזים שהתקבלו בתחנות אחרות במערב ים תיכון (Bains et al. 2018) ודומות לתוצאות שהתקבלו במחקר קודם שבוצע באזורינו (Van der Hal et.al. 2017). ריכוזי הפסולת (<300מיקרון) ליחידת נפח מים שסוננו, גבוהה מאוד באזור חיפה בשנת 2019 (45 חלקיקים למ"ק). ככל הנראה מקור הפסולת בסחף מנחל הקישון. בשנת 2018 הריכוזים הגבוהים ביותר התקבלו בירקון (13 חלקיקים למ"ק) ובשנת 2017 נמצאה פסולת מרובה באזור אשקלון (23 ו 13 חלקיקים למ"ק בעומקים 10 מ' ו 30 מ' בהתאמה), ככל הנראה המקור דרומי. בנחל אלכסנדר התקבלו ריכוזים נמוכים משמעותית בשלש שנות הדיגום (2-0.3 חלקיקים למ"ק).

החומר האורגני היבש מהווה, בממוצע, פחות מ-30% ממשקל מהחומר הצף הגדול מ-300מיקרון שנאסף בים תיכון (טבלה 5.3). במיקרו-פלסטיק בגודל 1-5 מ"מ התמונה אף עגומה יותר והחומר האורגני היבש מהווה בממוצע פחות מ 20%. במקרים מסוימים, אחוז החומר האורגני היה אף נמוך מ 1%. עובדה זאת נובעת ממיעוט של חומר אורגני (במרבית המקרים, פחות מחצי גרם חומר אורגני לחתך של כשני קילומטרים). בתחנות בים סוף החומר האורגני מגודל 1-5 מ"מ מהווה מעל 90%. באילת נמצא מיעוט חומר צף כללי ומעט מאוד פסולת פלסטיק, לכן נמצא אחוז גבוה של חומר אורגני, על אף משקלו הנמוך.

טבלה 5.3: אחוז החומר האורגני מכלל הפרטים הצפים ומשקלו (עבור פרטים בגודל 0.3-5 מ"מ). אחוז החומר חושב כיחס בין משקל חומר אורגני יבש למשקל היבש של כלל הדוגמא (חומר אורגני יבש + פסולת יבשה).

משקל חומר אורגני יבש (גרם)		% חומר אורגני יבש מכלל הפרטים הצפים		תחנת הדיגום		
1-5 מ"מ	0.3-1 מ"מ	1-5 מ"מ	0.3-1 מ"מ	תאריך דיגום	עומק מים (מ')	תחנה
0.164	0.395	14.9	33.7	29/07/2019	10	עכו
0.341	0.306	5.1	9.8	30/07/2019	10	חיפה
0.750	0.455	8.8	16.5	30/07/2019	30	חיפה
0.119	0.212	19.2	52.0	30/07/2019	10	אלכסנדר
0.045	0.000	2.6	0.0	31/07/2019	10	ירקון
0.003	0.081	0.3	31.5	31/07/2019	10	אשקלון
0.008	0.005	2.1	2.2	31/07/2019	30	אשקלון
5.947	0.333	95.3	93.6	27/03/2019	600	חיפה
0.000	0.152	0.0	57.1	01/08/2019	600	חיפה
0.061	0.000	38.2	0.2	27/03/2019	1500	חיפה
0.168	0.001	30.1	0.4	01/08/2019	1500	חיפה
0.051	0.039	8.9	19.2	27/03/2019	1700	חיפה
21.263	0.106	99.9	2.7	01/11/2019	20	אילת חוף צפוני
0.070	0.086	93.0	77.7	01/11/2019	40	אילת חוף דרומי

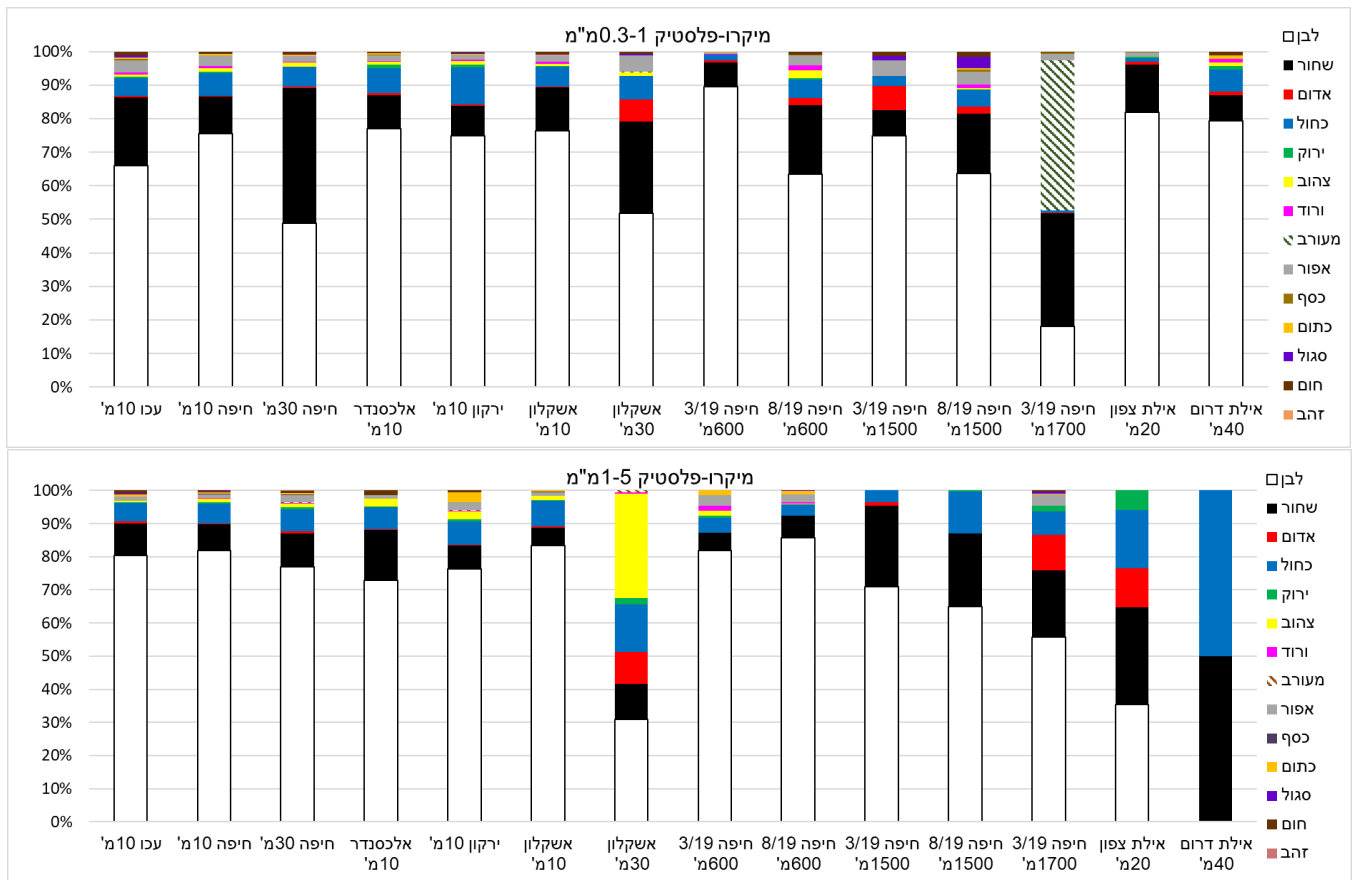
צבע המיקרו-פלסטיק השולט בפני השטח בשנת 2019 הוא לבן (איור 5.3), למעט מקרים בודדים. בפרטים מגודל 0.3-1 מ"מ הפרטים הלבנים מהווים 74% בממוצע בתחנות בעומק 10 מ' בים תיכון בעוד בעומק 30 מ' מהווים 50%. בים העמוק הפרטים הלבנים מהווים מעל 60% למעט התחנה העמוקה בעומק 1700 מ', בה נמצאו פחות מ-20% פרטים לבנים. באילת הפרטים הלבנים מהווים 80%. בפרטים מגודל 1-5 מ"מ הלבן מהווה מעל 70% מכלל הפרטים בתחנות הרדודות בים תיכון, ומעל 60% בתחנות העמוקות מאוד בים תיכון (חיפה 1500 מ' ו 1700 מ'). הפרטים בצבע הלבן (לבן או חסר צבע-שקוף), ככל הנראה, במרבית המקרים בצבעם המקורי, אבל ייתכן שחלק מהפרטים היו במקור בצבע שונה ואיבדו את צבעם בבליה (ע"י קרינת UV של השמש, גלי הים, זרימה בנחל ועוד), בזמן שהותם בסביבה. באשקלון 30 מ' הלבן מהווה כ-30% בלבד בעוד הצהוב בולט וכן הכחול והאדום. אזור זה ככל הנראה מושפע יותר ממקורות פסולת שונים מהתחנות סמוך לחופי ישראל, למשל מהנילוס. בחתך הצפוני באילת, כ-40% מהפרטים הם לבנים בעוד בחתך הדרומי באילת לא נמצאו פרטים לבנים כלל. בשנים 2015-2018 מעל 70% מהפרטים שנאספו לאורך החוף היו לבנים (או שקופים), בממוצע. חלקיקי מיקרופלסטיק חסרי צבע או בצבע לבן, דומים בצבעם למזון המצוי בים, ולכן בעלי פוטנציאל גבוה להיצרך, כתחליף למזון אמתי (Shaw & Day 1994). פרטים מצבע שחור או כחול הופיעו בכל תחנות הדיגום. בממוצע השחור מהווה 17% ו 9% מכלל הפרטים בגודל 0.3-1 מ"מ ו 1-5 מ"מ בהתאמה. הפרטים הכחולים מהווים 5% ו 6% בהתאמה. פרטים מצבע שחור או כחול נמצאו במערכת העיכול של פרטים רבים, כלומר נצרכו על ידם, במקום מזון ימי (Botterell et al. 2019 מאמר סיכום).

פרטים מגודל מזו-פלסטיק (5 מ"מ עד 2.5 ס"מ) מראים מגוון צבעים גדול יותר, בהשוואה לפרטי מיקרופלסטיק (איור 5.4) הלבן מהווה בממוצע 50% בכל התחנות, להוציא את תחנות אשקלון 30 מ', וחיפה 600 מ' במרס, בהן הלבן מהווה 88% ו 75% בהתאמה. באילת לא נמצאו פרטים גדולים מ-5 מ"מ.

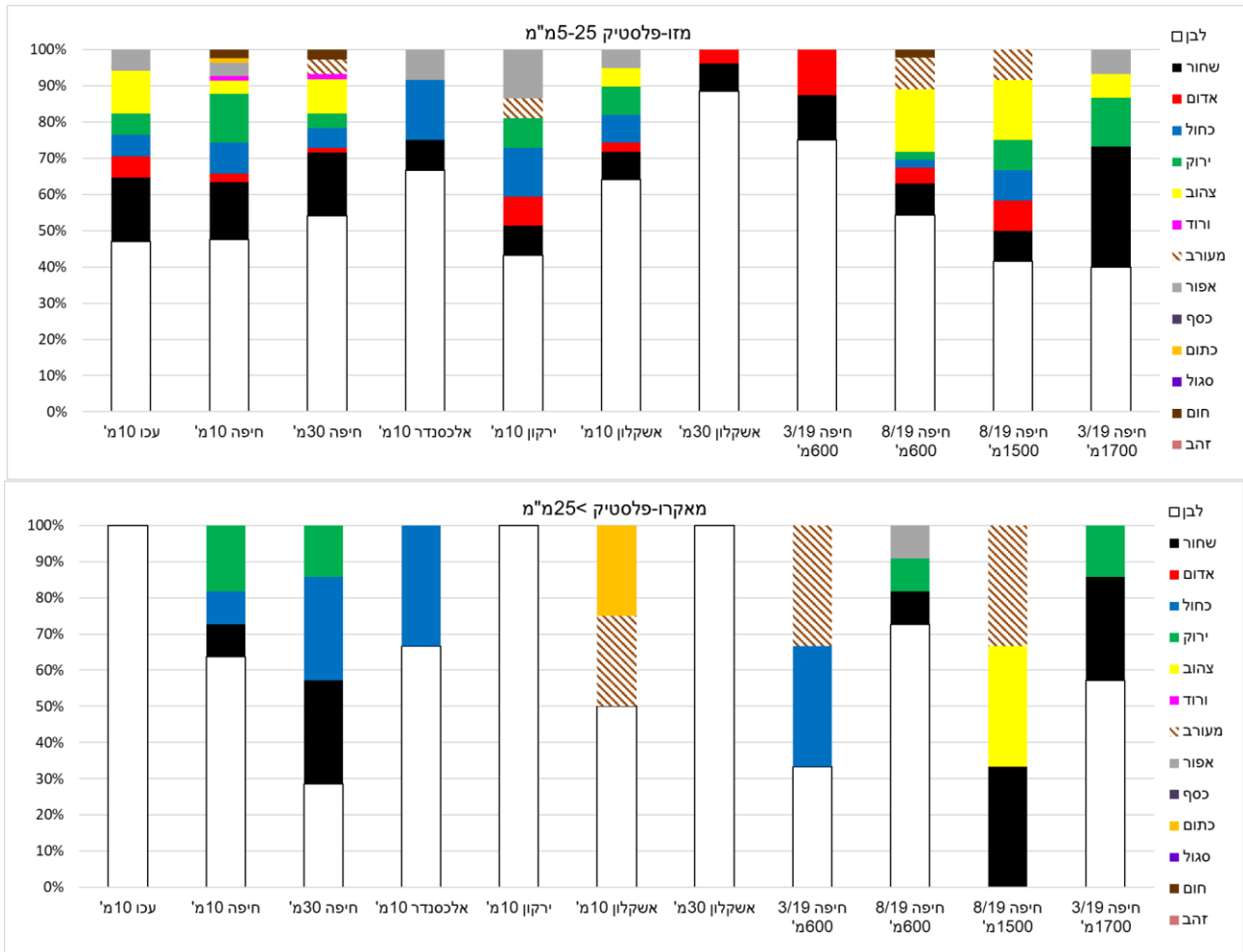
בפרטים מגודל מאקרו-פלסטיק (גדול מ 2.5 ס"מ) ישנה שונות גדולה מאוד בין התחנות (איור 5.4). בעכו, ירקון ואשקלון 30 מ' התקבלו פרטים לבנים בלבד בעוד בתחנות האחרות נמצא מגוון רב של צבעים.

בשנת 2019 פרטי המיקרו-פלסטיק בגודל 0.3-1 מ"מ לא מראים קורלציה בין עומק ומיקום התחנות לשקיפות. לעומתם, פרטי המיקרו-פלסטיק בגודל 1-5 מ"מ בתחנות החופיות בים תיכון ברובם שקופים (70% בממוצע), למעט אשקלון 30 מ' (איור 5.5) ובאילת כולם אטומים. במקטע המזו-פלסטיק מרבית הפרטים אטומים בכל התחנות ובחלקן אין פרטים שקופים כלל (איור 5.6). בפסולת המאקרו-פלסטיק ישנה שונות רבה בין תחנות הדיגום השונות. בתחנות העמוקות מאוד ובעכו כל הפרטים אטומים.

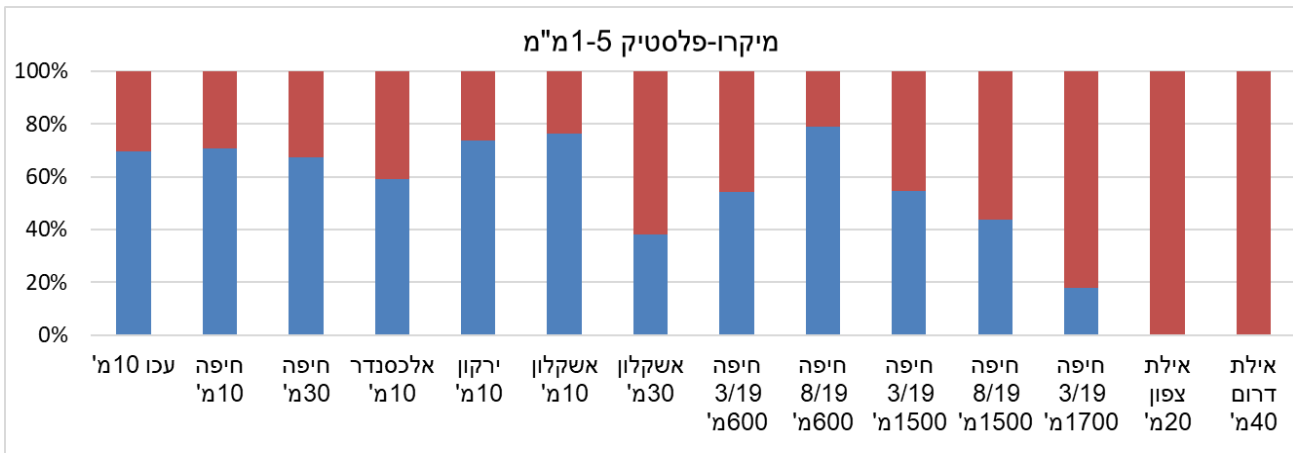
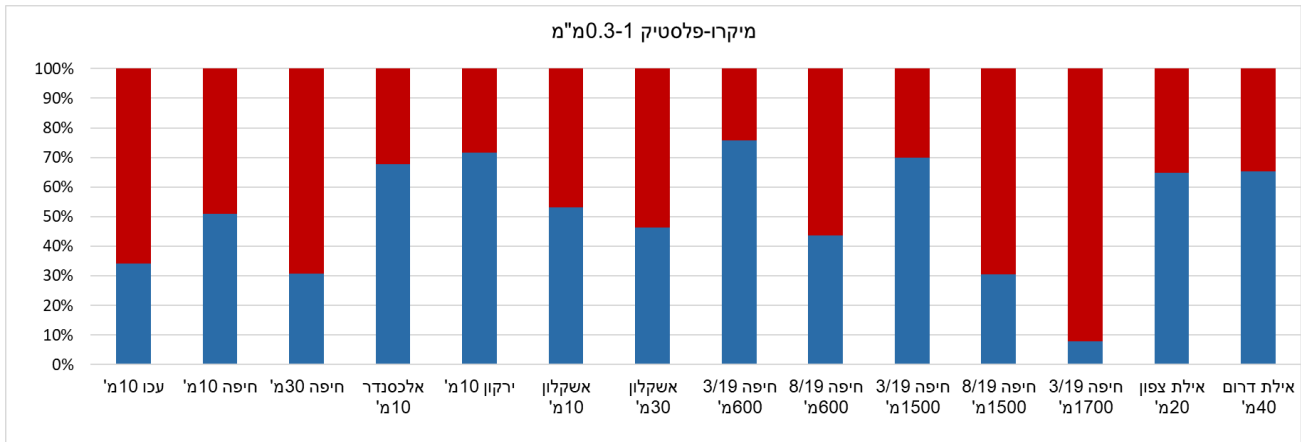
מתוך 19570 פרטים שקופים, גדולים מ 1 מ"מ, 19470 הם מסוג פילם ו-100 הם סיבים. מכאן נובע שמקור הפסולת השקופה היא אריזות ושקיות שכנראה מקורם לא מפירוק הפסולת הצפה הגדולה (מזו ומקרו) באתר הדיגום אלא הגיעו כחלקיקי מיקרופלסטיק קטנים מאתר מרוחק. הפרטים האטומים, הגדולים מ 1 מ"מ (9170 סה"כ), מורכבים מ- 41% שברים (חתיכות פלסטיק), 32% פילם (שקיות ואריזות), 18% מעוגל, 8% סיב ו 1% קצף.



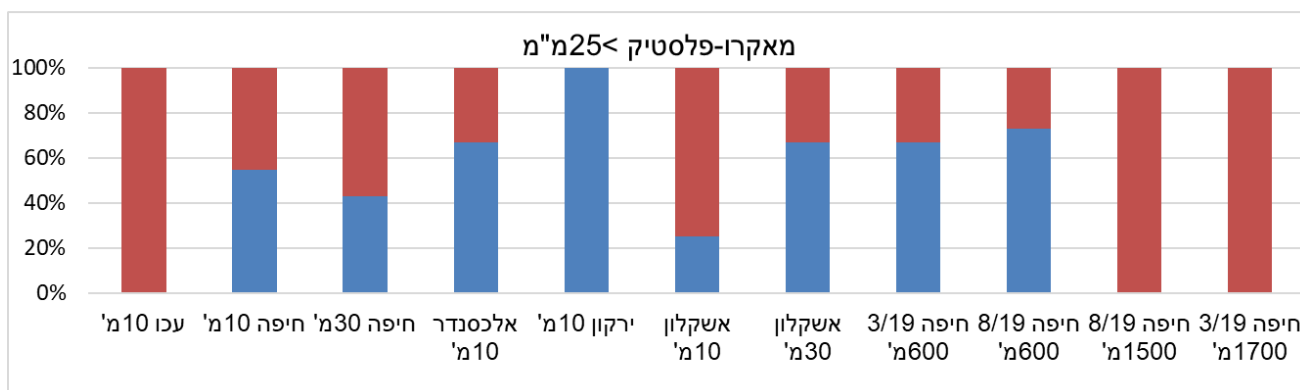
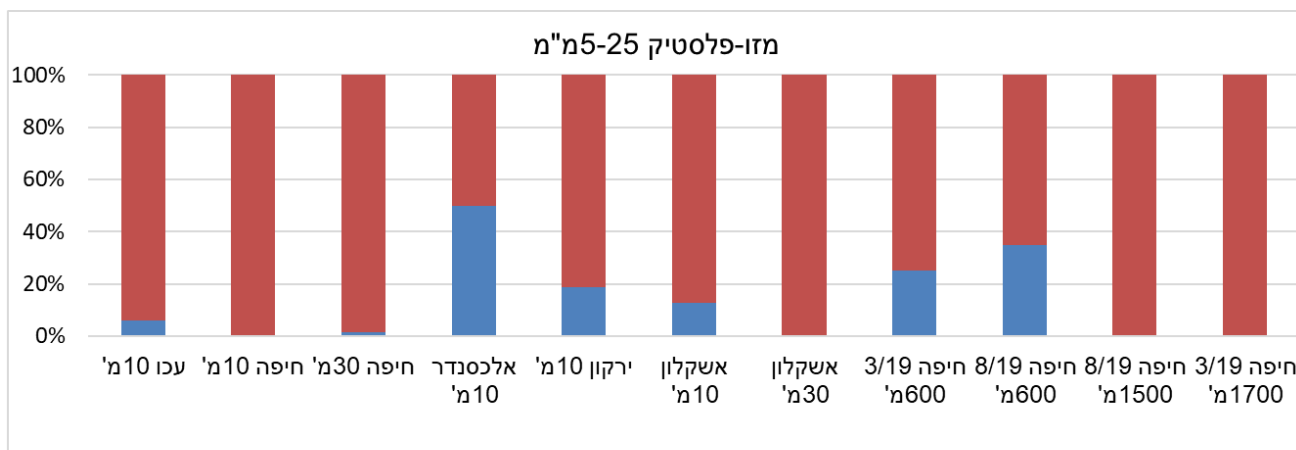
איור 5.3: אפיון צבע עבור פרטים צפים בגודל מיקרו-פלסטיק (0.3-1 מ"מ ו 1-5 מ"מ) בשנת 2019.



איור 5.4: אפיון צבע עבור פרטים צפים בגודל מזו-פלסטיק (5-25 מ"מ) ומאקרו-פלסטיק (<2.5 ס"מ) בשנת 2019.



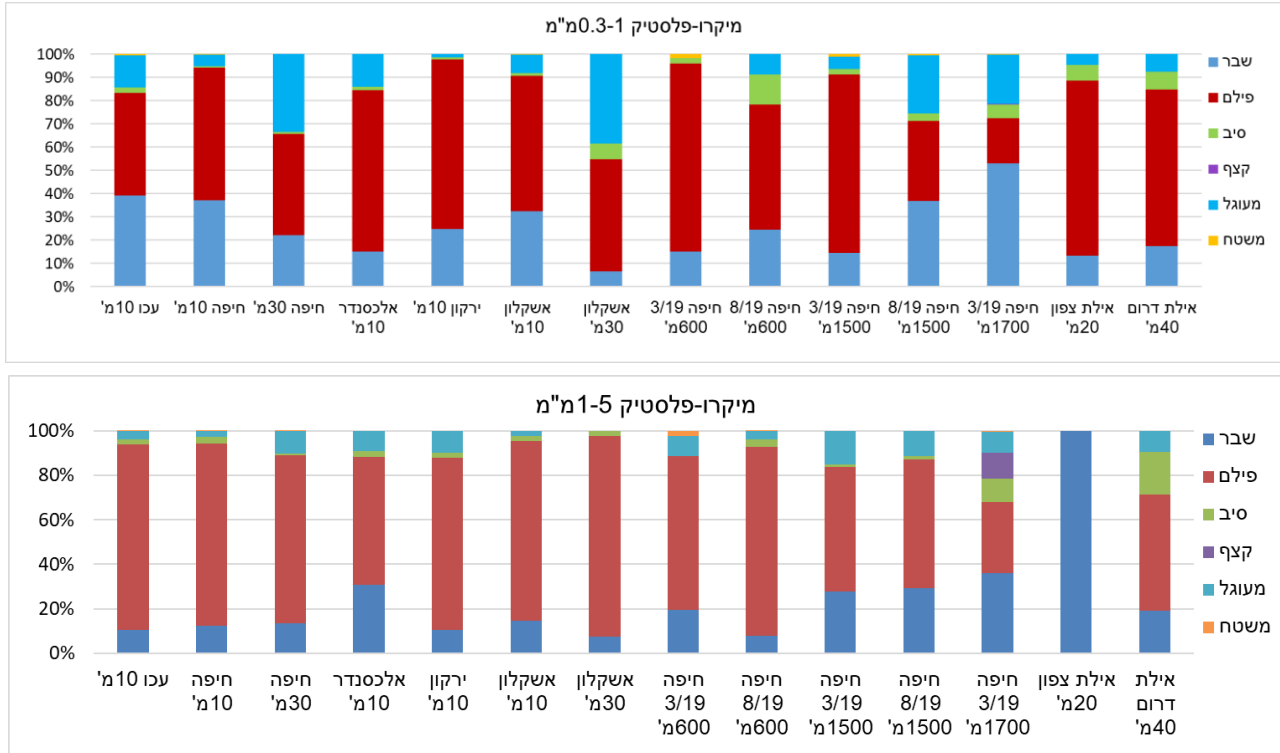
איור 5.5: אפיון שקיפות עבור פרטים צפים בגודל מיקרו-פלסטיק (0.3-1 מ"מ ו 1-5 מ"מ) בשנת 2019. כחול מייצג פרטים שקופים ואדום פרטים אטומים.



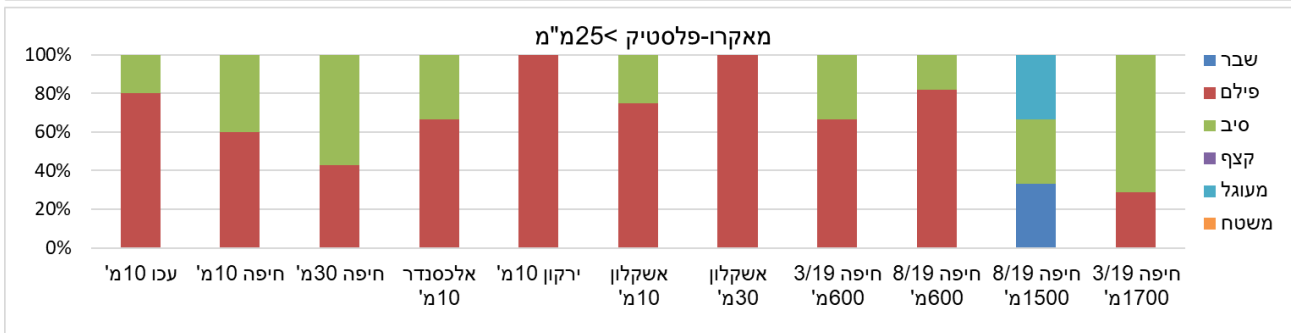
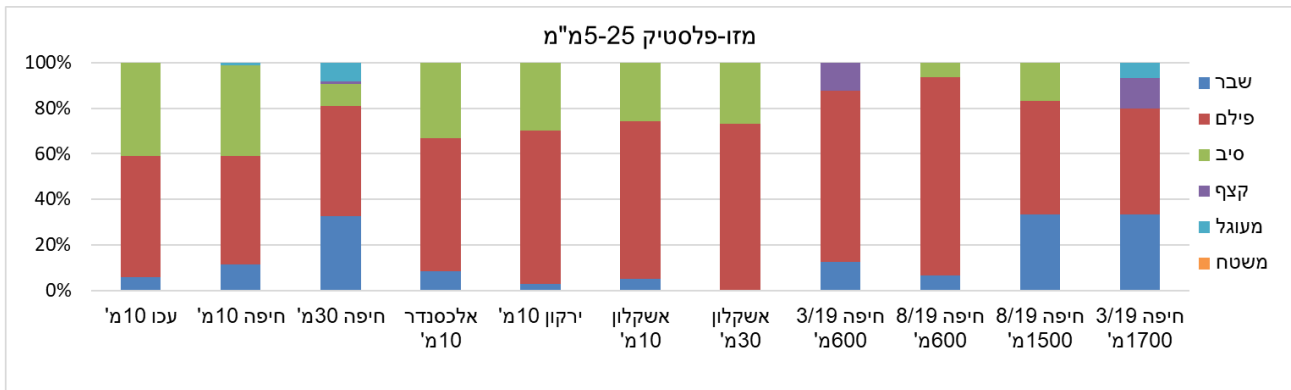
איור 5.6: אפיון שקיפות עבור פרטים צפים מזו-פלסטיק (5-25 מ"מ) ומאקרו-פלסטיק (<2.5 ס"מ) בשנת 2019. כחול מייצג פרטים שקופים ואדום פרטים אטומים.

בדומה לתוצאות הצבע והשקיפות, גם מבנה הפסולת הצפה שונה מאוד בין מיקרו (0.3-5 מ"מ), מזו (5-25 מ"מ) ומאקרו (<2.5 ס"מ). על אף השונות, ניתן לראות שפסולת שקיות ואריזות (פילם) בולטת בכל הגדלים (איורים 4.7 ו 4.8). בפרטי מיקרו-פלסטיק (5-1 מ"מ) השקיות והאריזות הן הצורה השלטת. ניתן לראות מעט חתיכות פלסטיק (שברים) ופרטים מעוגלים בכל התחנות כמעט. בפרטי מיקרו-פלסטיק (1-0.3 מ"מ) פרטים אלו בולטים יותר. הסיבים וחוטי הדייג הופיעו בכל גדלי הפסולת אך היו בולטים יותר בפרטי פסולת מזו ומאקרו. בדומה לצבע ושקיפות, גם כאן תחנות אילת והתחנה העמוקה (חיפה 1700 מ') מראות שונות מיתר תחנות מישור החוף. בחוף הצפוני של אילת כל הפסולת שברים (פלסטיק) ובחוף הדרומי באילת ישנה כמות גבוהה יותר של סיבים. בתחנה העמוקה הופיע קצף (קלקר), שלא נראה בתחנות האחרות. בפרטי מזו-פלסטיק, למעט סיבים ושקיות, ישנה כמות קטנה של חתיכות פלסטיק (שברים), כמעט בכל התחנות. בחלק מהתחנות העמוקות בחיפה הופיעו פרטי קצף (קלקר). פרטי מאקרו פלסטיק, למעט תחנת חיפה 1500 מ', מורכבים משקיות ואריזות (פילם) וסיבים בלבד, אולם היחסים בין שניהם שונים מאוד בין התחנות השונות. באשקלון 30 מ' וירקון הופיע פסולת שקיות בלבד, בעוד בחיפה 30 מ' ו 1700 מ' השקיות מהוות 40% ו 30% בהתאמה.

בשנים 2017 ו 2018 ניתוח כלל הפסולת מראה כי הסיבים מהווים פחות מ 10% מכלל הפסולת, אין כלל פסולת מעוגלת ומרבית הפסולת היא פסולת משנית (שברים של פסולת). התוצאות דומות לתוצאות שהתקבלו בשנת 2019, למעט חומר גלם ומיקרובידס שהופיעו בכמויות קטנות בשנת 2019.



איור 5.7: אפיון מבנה עבור פרטים צפים בגודל מיקרו-פלסטיק (0.3-1 מ"מ ו 1-5 מ"מ) בשנת 2019.



איור 5.8: אפיון מבנה עבור פרטים צפים בגודל מזו-פלסטיק (5-25 מ"מ) ומאקרו-פלסטיק (<2.5 ס"מ) בשנת 2019.

5.2 מיקרופלסטיק בקרקעית הים

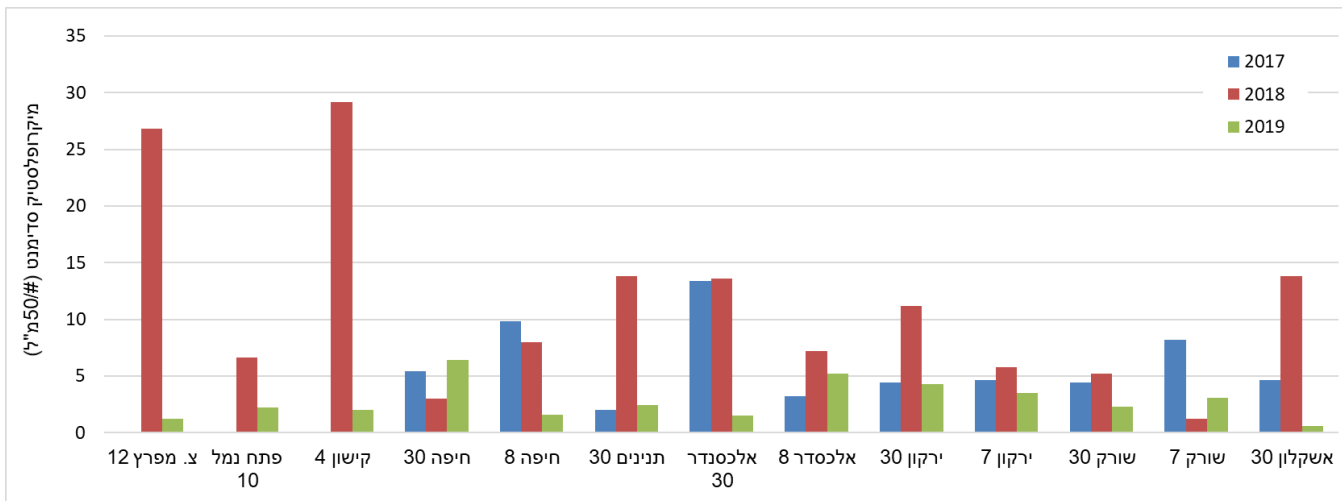
ניטור מיקרופלסטיק בקרקעית בוצע ביוני ויולי 2019 בים תיכון ובנובמבר 2019 בים סוף (טבלה 5.4). מעל 400 פרטים (מעל גודל 90 מיקרון) נספרו ואופיינו על פי צבעם, שקיפותם והמבנה שלהם.

טבלה 5.4: תחנות הדיגום של ניטור מיקרופלסטיק בקרקעית הים במהלך שנת 2019.

אזור דיגום	תחנה	החודש בו בוצע הדיגום	עומק קרקעית (מטר)
ים תיכון רדוד	חיפה	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	נחל תנינים	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	נחל אלכסנדר	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	נחל ירקון	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	נחל שורק	יולי	30, 10
ים תיכון רדוד	אשקלון	יולי	30, 10
מפרץ חיפה	צפון המפרץ	יולי	10, 3
מפרץ חיפה	דרום המפרץ	יולי	6
מפרץ חיפה	פתח הנמל	יולי	10
מפרץ חיפה	נחל קישון	יולי	2
חתך חיפה	חתך חיפה	יוני	,800 ,120 ,60 ,35 1400 ,1100
חתך תל אביב	חתך תל אביב	יוני	,360 ,140 ,80 ,45 1400 ,800
ים סוף	אילת חוף צפוני	נובמבר	30, 10

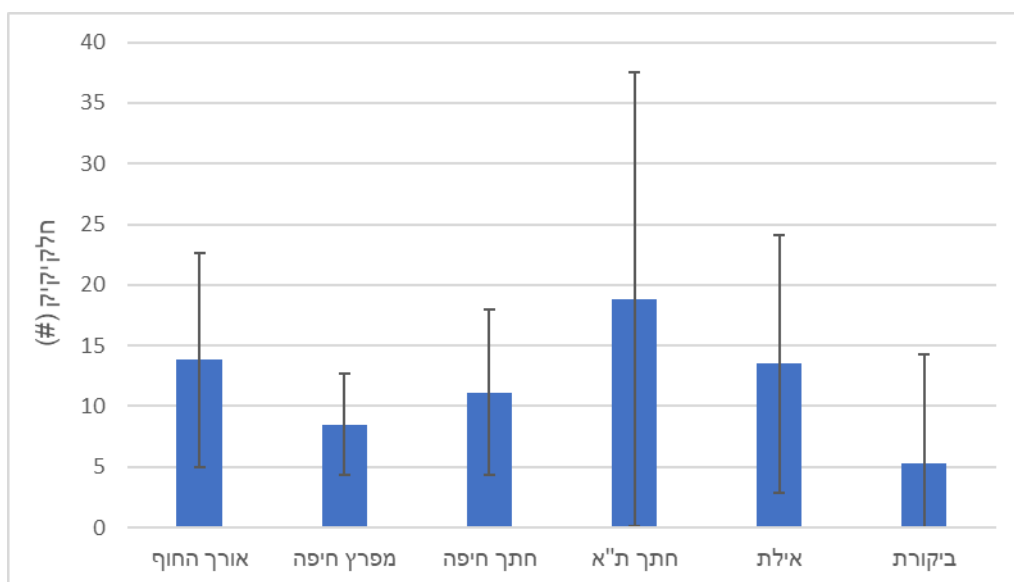
בשנת 2019 ריכוז המיקרופלסטיק בסדימנט היה נמוך מעשרה חלקיקים ל 50 מ"ל (איור 5.9). בהשוואה לשנים קודמות התקבלו ריכוזים נמוכים משמעותית. בשנת 2019 נמצאו הרבה פחות פרטים בהשוואה לשנים קודמות. ההבדל ככל הנראה נובע משינוי בשיטת הטיפול בדוגמאות. ריכוזי המיקרופלסטיק בסדימנט מראים שונות רבה במרחב בעומק ובזמן. ההבדלים יכולים להיות מוסברים בשינוע המיקרופלסטיק בקרקעית ע"י גלים וזרמים, בצריכה ע"י יצורי קרקעית, בהרחפה מחדש או בשינויים הנובעים מהטיפול בדוגמאות.

בשנת 2018 קיימה העמותה להגנת הסביבה של האו"ם סדנת עבודה (workshop) בנושא מיקרופלסטיק. אחת המסקנות העיקריות היו שיש לבנות תכנית עבודה (פרוטוקול) וסטנדרטים לספירה ואפיון של המיקרופלסטיק. בפרוטוקול העבודה של האיחוד האירופי (Joint Research Centre 2013) מציעים מגוון שיטות שקיימות כיום במאמרים, אך אין החלטה בנוגע לשיטה מוסכמת. בנוסף, הדוח ציין כי אבחון המיקרופלסטיק כדאי שיעשה ע"י עובד מנוסה באבחון מרכיבים טבעיים כגון גרגירי חול ופלנקטון. לטענתם, עובד מנוסה בזיהוי פלנקטון יזהה היטב 70% חלקיקים 5-100 מיקרון. UNEP בפרוטוקול 2009 (Cheshire et. al. 2009) לא כללו מיקרופלסטיק, שדורש לימוד יסודי.



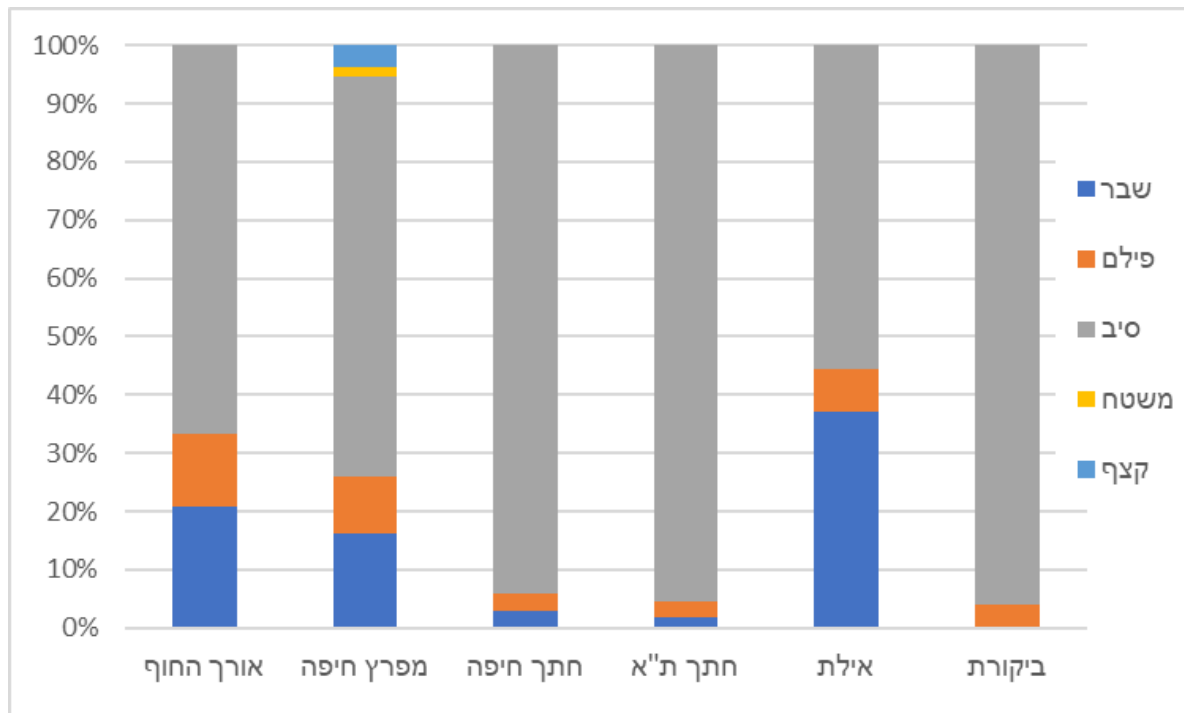
איור 5.9: ריכוז מיקרופלסטיק בקרקעית בשנים 2017-2019. המספרים ליד שם התחנה מציינים את עומק המים.

בהשוואת הריכוזים, שהתקבלו בשנת 2019, לא ניתן להבחין במגמה מרחבית צפון דרום או מזרח מערב. גם בחלוקה לפי אזורים לא ניתן להבחין בהבדלים מובהקים (איור 5.10). תוצאות אלו בניגוד להבדלים המובהקים שהתקבלו בין אזורי הדיגום עבור פסולת צפה. בעיקר בולטות התוצאות מים סוף שדומות לתוצאות בים תיכון. במהלך תהליך הכנת הדוגמאות הוספה דוגמת ביקורת, לבחינת זיהום מתהליך העבודה. לצערנו ניתן לראות בגרף כי קיים זיהום במהלך תהליך הכנת הדוגמאות והטיפול בהן במעבדה (רוב הזיהום ככולו סיבים דקיקים באורך ממוצע של 250 מיקרון).



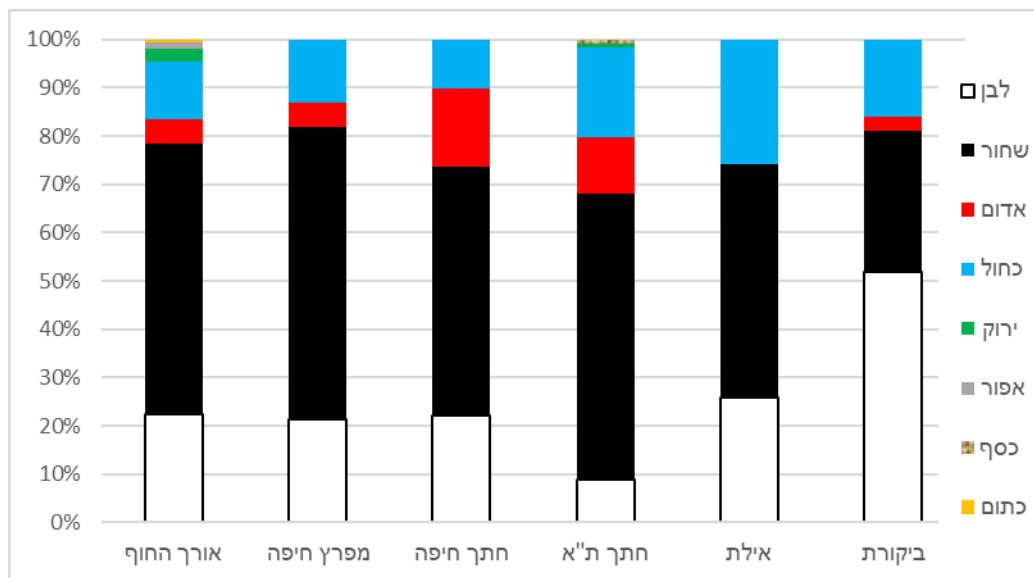
איור 5.10: כמות חלקיקים ממוצעת בקרקעית בשנת 2019, בחלוקה לפי אזורי דיגום. הקווים מייצגים את סטיית התקן שהתקבלה.

מרבית המיקרו-פלסטיק שנמצא בקרקעית הוא סיבים (איור 5.11). התוצאות דומות לתוצאות שהתקבלו בשנים 2018 ו 2017. בדומה לפסולת הצפה, גם כאן הרכב הפסולת מראה שונות בין ים תיכון רדוד (אורך החוף ומפרץ חיפה) וים תיכון עמוק (חתך חיפה וחתך ת"א). אזור אילת, שנדגם באזור הרדוד, דומה לים תיכון רדוד. במפרץ חיפה בלבד נמצא קצף ומשטח. דוגמת הביקורת מורכבת כמעט ורק מסיבים ומעט פילים.



איור 5.11: סוגי מיקרופלסטיק בפני שטח הקרקעית בשנת 2019.

צבעי הפרטים דומים מאוד בכל אזורי הדיגום (איור 5.12).



איור 5.12: צבעי מיקרופלסטיק בפני שטח הקרקעית בשנת 2019

5.3 מיקרופלסטיק דיון ומסקנות

כללית נמצאו מאפייני שונים של מיקרופלסטיק צף בשלושה אזורים: ים תיכון רדוד, ים תיכון עמוק וים סוף. תחנת אשקלון 30 מ' שונה משמעותית מיתר תחנות החוף הרדודות בים תיכון, ככל הנראה בשל מקורות פסולת מעט שונים, בהשוואה ליתר תחנות החוף (עזה/מערכת הנילוס). בכל התחנות קיימת העדפה מספרית מובהקת לפרטים קטנים יותר (0.3-5 מ"מ), בהשוואה לפרטים גדולים יותר (<5 מ"מ).

נמצאו ההבדלים בין הפרטים הצפים שנאספו בגדלים השונים (1-0.3 מ"מ, 5-1 מ"מ, 25-5 מ"מ, ו <25 מ"מ) בפילוח הצבעים, בשקיפות ובפילוח צורת הפרטים. נתונים אלו מרמזים על מקור שונה, ולא פרוק הפרטים הגדולים לקטנים יותר במהלך הסעתם בים.

הטיפול בסדימנט כרוך בזמן ממושך, ובהתאם נמצאו סיבים רבים בדוגמת הרקע. בשל הזיהום הסביבתי הגדול, שכולו כמעט סיבים קטנים, קשה להתייחס לתוצאות הסדימנט כהלכה. על מנת לקבל מידע טוב יותר על זיהום מיקרופלסטיק בסדימנט יש לשקול איסוף דוגמת סדימנט גדולה יותר.

6. ביבליוגרפיה

Allen, S., Allen, D., Phoenix, V.R. et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nat. Geosci.* 12, 339–344 (2019).

<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>

Andrady A.L., 2017. The plastic in microplastics: A review. *Mar Pollut Bull.* 119(1):12-22.

Baini Matteo, Cristina Maria Fossi, Galli Matteo, Caliani Ilaria, Campani Tommaso, Grazia Maria Finioia, Panti Cristina, 2018. Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 133, 543-552.

Botterell Z.L.R., Nicola Beaumont, Tarquin Dorrington, Michael Steinke, Richard C. Thompson, Penelope K. Lindeque, 2019. Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environmental Pollution* 245 (2019) 98e110

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jettic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, *STalin*, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G., 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768–771. doi: 10.1126/science.1260352

Joint Research Centre of the European Commission, 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. Report EUR 26113 EN.

Galgani F., Leaute J.P., Moguedet P., Souplet A., Verin Y., Carpentier A., Goraguer H., Latrouite D., Andral B., Cadiou Y., Mahe J.C., Poulard J.C., Nerisson P., 2000. Litter on the Sea Floor Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 40, Issue 6, 516-527

Pasternak Galia, Zviely Dov, Ribic Christine, Ariel Asaf, and Spanier Ehud, 2017. Sources, composition and spatial distribution of marine debris along the Mediterranean coast of Israel. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 114, Issue 2, 1036-1045.

Pauli N.C., Petermann J.S., Lott C., Weber M., 2017. Macrofouling communities and the degradation of plastic bags in the sea: an in situ experiment. *Royal Society Open Science* 2017;4(10):170549. doi: 10.1098/rsos.170549

Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*, B 364, 1999–2012.

Shaw, D.G., Day, R.H., 1994. Colour- and form- dependent loss of plastic microdebris from the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 28 (1), 39e43

UNEP/MAP Athens, Greece, 2016. Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and related assessment criteria.

Van der Hal Noam, Ariel Asaf, Angel Dror L., 2017. Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 116, 151-155.

Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R.C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P. and Cronin, R.; 2016; Identifying Sources of Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28309; doi:10.2788/018068

Wright S.L., Thompson R.C., Galloway T.S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178, 483-492.

נספח 1 – שיטות הדיגום והמדידה

ניטור פסולת בחוף בוצע באורך חוף של 100 מ' וברוחב חוף מקו המים ועד קצה החוף (מכשול טבעי כגון: מצוק, דיונה, וכו') פרטים שגודלם מעל 2.5 ס"מ (בדל סיגריה) קוטלגו על פי הרכב, הפריט וברקוד, לאפיון מקור במידת הניתן. האפיון בוצע בהתאם לטבלאות UNEP (2016), תוך התאמה לישראל.

ניטור פסולת קרקעית במדף היבשת בוצע בגרירת רשת, על הקרקעית, עם מפתח 12 מ' וגודל חרירים 42 מ"מ. בכל עומק מים בוצעו ארבעה חתכים. כל גרירה נמשכה כשעה וחצי (לא כולל הזמן הנדרש להורדת הרשת והעלאתה). מהירות הפלגה ממוצעת עמדה על שלושה קשרים. הפסולת שנאספה קוטלגה על פי הרכב, הפריט וברקוד לאפיון מקור, במידת הניתן ובנוסף הפרטים נשקלו.

ניטור פסולת קרקעית במדרון היבשת ובים עמוק בוצע בגרירת רשת, על הקרקעית, עם מפתח 8 מ' וגודל חרירים 42 מ"מ. בכל עומק מים בוצעו שני חתכים. כל גרירה נמשכה כשעה וחצי (לא כולל הזמן הנדרש להורדת הרשת והעלאתה) מהירות הפלגה ממוצעת עמדה על שלושה קשרים. הפסולת שנאספה קוטלגה על פי הרכב, הפריט, ברקוד לאפיון מקור, במידת הניתן ובנוסף הפרטים נשקלו.

ניטור מיקרופלסטיק צף בוצע בעזרת רשת מנטה בצפיפות 300 מיקרון. הגרירה בוצעה במשך 30 דקות במהירות של כ-2 קשר. האורך המדויק של חתך הדיגום חושב בעזרת מד ספיקה שחובר לרשת. הפרטים שנאספו נשמרו בצנצנת זכוכית. אלכוהול הוסף לדוגמאות. במעבדה, הדוגמאות נשטפו וסוננו דרך נפת מתכת 90 מיקרון. הפרטים נספרו אופיינו לצבע, שקיפות וצורה מתחת לבינקולר בהגדלה עד פי 50.

ניטור מיקרופלסטיק בסדימנט בוצע בדיגום מחפרון (גראב) בים תיכון רדוד, בדוגם קופסא (box-correr) בתיכון עמוק ובצלילה במפרץ חיפה. הדוגמא נאספה מתוך 5 ס"מ העליונים של הדוגמא, לצנצנת זכוכית 250 מ"ל. דוגמת המיקרופלסטיק הופרדה בהרחפה מהסדימנט בעזרת תמיסת מי מלח 1.2 גרם. ליטר ונופתה בנפת מתכת 90 מיקרון. הפרטים נספרו אופיינו לצבע, שקיפות וצורה מתחת לבינקולר בהגדלה עד פי 50.