



מדריך יישומי לתעשייה

# מיחזור וסגירת מעגל חומר בתחום הפלסטיק והאריזות בישראל - אתגרים ופתרונות

כותבים: מתן ספקטור | בר רפפורט | ד"ר רז תמיר

המרכז הוקם ביוזמה ובמימון של:

המשרד להגנת הסביבה



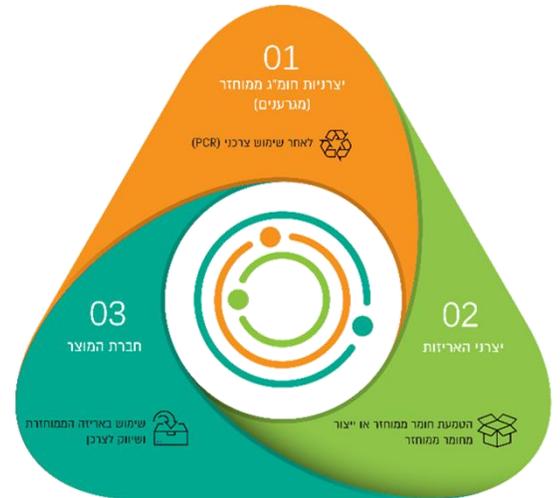
الوزارة لحماية البيئة  
Israel Ministry of Environmental Protection



משרד הכלכלה והתעשייה  
מינהל תעשיות

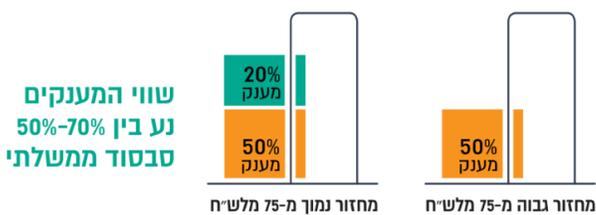
מדריך זה נוצר על מנת לשמש כמדריך ראשוני למפעלים המעוניינים לשלב פלסטיק ממוחזר באריזותיהם. בתעשייה היצרנית ישנם מספר שחקנים העומדים במספר 'צמתים' מרכזיים המאפשרים את סגירת מעגל חומר הפלסטיק משלב איסופו ומיון פסולת הפלסטיק ועד הטמעתו כחומר גלם במוצר;

1. "המגרען" - תעשייה הקונה או אוספת בעצמה חומר פלסטיק ממיון לאחר שימוש צרכני (PCR - post consumer recycled) ומייצרת גרעיני פלסטיק ממוחזר
2. "יצרן האריזות" - תעשייה אשר קונה חומר מגורען ממוחזר ומייצרת אריזות המכילות חומר ממוחזר או עשויות מחומר ממוחזר במלואו
3. "חברת המוצר" - חברה הקונה את האריזות מיצרן האריזות - בהתאם לתקנים, הנראות והצרכים שלה



בשרשרת הערך ישנם שחקנים נוספים שאינם חלק מהתעשייה אך משפיעים על הפרדת ואיכות החומר הממוחזר: כגון, צרכנים הקונים מוצרי פלסטיק ומשליכים אותם לפח לאחר שימוש, רשויות המקומיות האחראיות לפינוי פסולת משטחן, קבלנים האוספים את הפסולת בהתאם למכרזים עם העירייה, תאגידי מיחזור הפועלים במסגרת פרטית או מכרז ממשלתי ותחנות מעבר ומיון פסולת. בכל אופן, על מנת לסגור מעגל חומר, נדרש שיתוף פעולה בין שלושת השחקנים המרכזיים בתעשייה - המגרען, יצרן האריזות וחברת המוצר. אופן הגרעון משפיע על תכונות האריזה או היריעה, ואלה בתורם משפיעים על נראות האריזה, תפקודה, העלות שלה ויכולת המפעל לשווק את מוצריו בהתאם לצרכי ותנאי השוק והרגולציה.

## אחוזי המענק הממשלתי כחלק מעלות שעות היעוץ



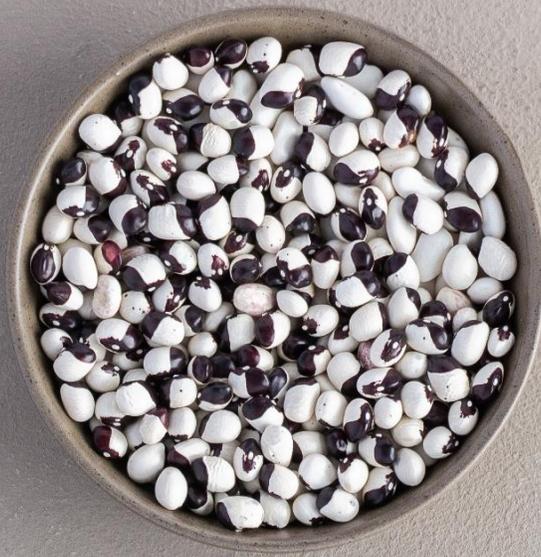
היקף חבילת היעוץ - 200-500 שעות יעוץ, בהתאם למורכבות המפעל.

המרכז להתייעלות במשאבים מציע למפעלים המעוניינים לסגור מעגל חומר, סבסוד ממשלתי רחב (עד 70% משעות הייעוץ) בקבלת ייעוץ מקצועי בתחומים שונים, עם היועצים המובילים בתחום. סל ייעוץ זה מורכב ממגוון תחומים: יצירת חומר מגורען | יעול תהליכי מיחזור | הטמעת חומר ממוחזר במוצר המפעל | תכנון ועיצוב אריזה בשימוש בחומר ממוחזר | סקרי שוק ומחקר כמותי לבחינת קבלה צרכנית של אריזה ממוחזרת

במסגרת עבודת המרכז בהתייעלות במשאבים מול מספר סקטורים בתעשייה העוסקים בסגירת מעגל חומר הפלסטיק, נכתב מדריך זה הבוחן את הרגולציה, השחקנים המרכזיים בשרשרת הערך, שיטות המחזור, חסמים ואתגרים בתהליך המחזור ודרכי פתרון והתמודדות. בכך מסייע המדריך למפעלים המעוניינים לשלב פלסטיק ממוחזר באריזותיהם.

בנית המסמך התבצעה תוך שימוש בידע בתחום המחזור והפלסטיק בארץ ובעולם וזיקוקו על מנת שישמש את התעשייה בצורה הטובה והיעילה ביותר.

המסמך יתעדכן כל העת עם כניסתם של שחקנים לשוק; ממחזרים שונים וטכנולוגיות שונות, ובשאיפה יקל על הגישה למידע, שיטות מיחזור ופלסטיק ממוחזר. פרק 5 מכיל פירוט של ייצרני חומר גלם ממוחזר וייצרני אריזות משולבות עם חומר ממוחזר (5.1 | 5.2) ויועצים מקצועיים הנמצאים במאגר המומחים של המרכז להתייעלות במשאבים (5.3).



**תודות:** מסמך זה נכתב בזכות שיחות רבות עם בעלי תפקידים בתעשייה, ועם מפעלים יצרנים שעזרו במיפוי האתגרים ובחשיפתנו למגוון פתרונות שונים. **תודה מיוחדת:** שרון שלו, מנהלת חדשנות וקיימות, תאגיד המחזור ת.מ.י.ר. פרופ' אנה דותן, חוקרת ומהנדסת פולימרים במרכז הפלסטיקה והגומי ופרופ' חבר במחלקה להנדסת חומרים פולימרים ב'שנקר'. שירה רוזן, מייסדת PACKTECH. המבצעת סקרי שוק לבחינת העדפות צרכנים. IPSOS,

7	1. רגולציה – דרישות ומגבלות בתחום מחזור הפלסטיק
9	2. מיפוי שחקנים בשרשרת הערך של סגירת מעגל חומר
11	3. מיחזור פלסטיק
13	4. אתגרים ופתרונות בתהליך מיחזור הפלסטיק
13	4.1 אתגר: שיכוב ושילוב סוגי חומרים בייצור אריזות
14	4.2 אתגר: עטיפה שיווקית למוצר
14	4.3 אתגר: רמת הניקיון של האריזה
15	4.4 אתגר: הרכב החומר ובעיית הצבע של חומר הגלם הממוחזר
16	4.5 אתגר: תקשורת בין שחקנים בשרשרת הערך
16	4.6 אתגר: תחרות עם חומר גלם בתולי וערך כלכלי
17	4.7 אתגר: צרכנות תומכת מחזור
18	5. מידע ופרטים על מפעלי תעשייה ויועצים לסגירת מעגל חומר
18	5.1 תעשייה ישראלית שעוסקת במיחזור פלסטיק – ומוכרת חומר גלם מגורען ממוחזר לתעשייה
19	5.2 יצרני אריזות פלסטיק שמשלבים חומר ממוחזר
19	5.3 יועצים מקצועיים של המרכז להתייעלות במשאבים הנותנים מענה לאתגרים שהוצגו
20	6. סיכום

## סגירת מעגל חומר משמעה השבת חומר/מוצר לאחר שימוש צרכני/מפעלי בחזרה למערך הייצור על מנת שאותם חומרים שהרכיבו את המוצר יהוו חומר גלם עבור המוצר הבא, בשאיפה - לאותו סקטור, ללא ירידת ערך החומר.

סגירת מעגל חומר בתחום האריזות יכולה להיעשות ברמות שונות –

- א. השמשה מחדש - ניקוי, סטריליזציה והשבה מחדש – השבת המוצר ליצרן או לגורם מתווך עבור ניקוי מילוי ומכירה מחדש ללקוח. (היה נפוץ בעולמות של בקבוקים בדגש על בקבוקי זכוכית (למשל "בקבוק חוזר" של גולדסטאר).
- ב. מיחזור – איסוף אריזות לאחר שימוש מהמפעל או מהצרכנים, העברת האריזה לתהליכים מכניים או כימיים, גריסה וגירעון של חומר הגלם ליצירת חומר חדש ממוחזר שניתן להזין עמו את פסי הייצור.

מודלים אלו של סגירת מעגל חומר הם חלק מתפיסה רחבה יותר של כלכלה מעגלית. כלכלה מעגלית מבקשת להחליף את מודל הייצור הליניארי של *make-use-waste*, שבסופו משאבים יקרי ערך מתבזזים והופכים לפסולת. הכלכלה המעגלית מתייחסת לשטף ביולוגי ולשטף טכני. השטף הביולוגי בוחן כיצד שאריות של חומרים אורגנים כמו מזון יכולים לחזור ולהזין את הקרקע. השטף הטכני מתייחס לחומרים שאינם "מזינים" אלא להפך, ופיזור לא מבוקר שלהם יכול אף לגרום לזיהומים בסוף חייהם (למשל, הטמנה של פלסטיק, מתכות, זכוכית וכדומה).

בשטף הטכני המטרה היא להשאיר את החומרים במערכת הייצור והצריכה לאורך זמן מירבי. אולם, על מנת לאפשר השבה ומיחזור מיטביים נדרשים ידע ויכולות לגבי כל אחד משלבי שרשרת הערך; החל מתכנון ועיצוב של המוצר באופן הלוך בחשבון את אופן השימוש במוצר ואת יכולת ההשבה והמיחזור שלו, דרך תהליכי האיסוף והמיחזור ועד לשילוב החומר הממוחזר במוצר החדש. מסמך זה בוחן ומספק מידע חיוני לסגירת מעגל החומר בתחום הפלסטיק – תחום זה הינו מאתגר מכיוון שייצור פלסטיק ברובו מכון לשימוש חד פעמי ואינו מתוכנן על פי רוב לשימוש חוזר. בנוסף, עלות חומר הגלם הבתולי לרוב אינה גבוהה לעומת חומר גלם ממוחזר, בשלב זה. כמו כן, תשתיות האיסוף הקיימות היום בארץ אינן מוכוונות למיחזור רוב סוגי הפלסטיק כמו גם למודלים מעגליים אחרים כמו; מילוי חוזר, שטיפה והשמשה מחדש, או לטיפול בביו פלסטיק. אולם ישנה כוונה להרחבת ושיפור מערך האיסוף, המיון והמיחזור.

תעשיית הפלסטיק הישראלית הינה תעשייה מפוארת שמקורה בפיתוחים ושירותים לענף החקלאות. מענף החקלאות צמח ענף הפלסטיק למגוון רחב ואדיר של מוצרים. על פי נתוני משרד הכלכלה והתעשייה, ענף הפלסטיק והגומי כולל בתוכו כ-500 יצרנים ישראלים, ומועסקים בו 23,700 עובדים. כל שנה נכנסים לשוק הישראלי כ-1.3 מיליון טון פלסטיק במוצרים שונים - שלישי מתוכם מיוצר בישראל והשאר בחו"ל<sup>1</sup>. יחד עם זאת, בישראל מיוצרות 900,000 טונות פסולת פלסטיק בשנה. מתוך אותה כמות פסולת פלסטיק, רק כ-9% מגיעים למיחזור, ו-11% עוברים להשבת אנרגיה<sup>2</sup> (שריפה מבוקרת לייצור אנרגיה – פתרון קצה שאינו מעגלי). בכל שנה כ-900 אלף טון פלסטיק מצטברים כפסולת, ממוצע של 100 ק"ג לאדם בשנה<sup>3</sup>.

מחקרים מהעולם מלמדים כי בקרב תעשיית הפלסטיק, ענף אריזות מוצרי הצריכה הוא "צרכן" הפלסטיק הגדול ביותר. לפי הערכות דו"ח כלכלת הפלסטיק החדשה של קרן Ellen MacArthur, נכון לשנת 2018, כ-71% מאריזות המזון בעולם יוצרו מפלסטיק, כאשר 26% מנפח הפלסטיק המיוצר בעולם משמש לאריזות באופן כללי. עוד מעריכה הקרן כי הפלסטיק אחראי לכ-20% מכלל צריכת הנפט העולמית. עם זאת, רק כ-14% מאריזות הפלסטיק נאספות וממוחזרות ברחבי בעולם. כתוצאה מכך, ההפסד לכלכלה העולמית מוערך בכ-80-120 מיליארד דולר בשנה<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> כתבה באתר גלובס "[900 אלף טון בשנה: ישראל טובעת בפלסטיק שאי אפשר למחזר](#)" שני אשכנזי, 2021.

<sup>2</sup> דו"ח מרכז המחקר והמידע של הכנסת, [מיסוי על כלים חד-פעמיים מפלסטיק, 2021](#)

<sup>3</sup> משרד הכלכלה והתעשייה, הודעת דוברות "[ברקע משבר האקלים: משרד הכלכלה והתעשייה פועל להאיץ את המעבר לכלכלת פלסטיק מעגלית במדינת ישראל](#)", 2022.

<sup>4</sup> קרן אלן מקארטור - חשיבה מחדש על עתיד הפלסטיק: [World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company](#). [\(2016\). The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics.](#)



**פעולות מיפוי והערכה לבחינת היתכנות ייצור מוצר עם פלסטיק ממוחזר**  
 בבחינת היתכנות סגירת מעגל חומר בתחום הפלסטיק נדרש לבחון מספר היבטים:

1. רגולציה - מהי הרגולציה הקיימת בהיבט המיחזור והאם היא מהווה מנוע או חסם?
2. שחקנים - מיהם השחקנים הפועלים לאורך שרשרת הערך של החומר?
3. חומר - איזה חומר ממוחזר קיים היום בשוק? היכן/איך ניתן להתחבר לממחזר החומר בו המייצר מעוניין לעשות שימוש. כמו כן, מהן האיכויות, הכמויות, ויציבות האספקה.
4. שיטות - אילו שיטות מיחזור קיימות ומהן השיטות המתאימות ביותר לייצור המוצר עם חומר ממוחזר.
5. אתגרים - אתגרים נוספים בסגירת מעגל חומר היום ואילו כלים ופתרונות קיימות להתמודדות.

# 1. רגולציה – דרישות ומגבלות בתחום מחזור הפלסטיק

רגולציה עשויה להוות מנוע או חסם. הנעת מיחזור בשל דרישות לשימוש בחומר ממוחזר, מהוות מנוע לעיצוב מוצר מותאם באופן רב פעמי למיחזור (כדוגמת דרישה לעמידה במינימום חומר ממוחזר באריזות המיובאות לאירופה). מנגד רגולציה בתחום הבריאות לדוגמא, מהווה חסם לשימוש בחומר ממוחזר לאריזות הבאות במגע עם מזון. אחת המטרות של הרגולציה בעולם כיום היא לצמצם בהדרגה את השימוש בחומרי גלם בתוליים ולהגביר את השימוש בפלסטיק ממוחזר. המשמעות - שימוש חוזר בחומרי גלם כאשר מקורם הוא מוצר לאחר שימוש צרכני (PCR). רגולציה מתייחסת למספר היבטים רלוונטים:



## נתחיל בהתייחסות לסוג הראשון של הרגולציה - יעדי מיחזור בישראל

בישראל, בשנת 2011 נכנס לתוקף חוק האריזות<sup>5</sup>, המתייחס לאחריות יצרן מורחבת על האריזות וקובע כי על היצרנים לאסוף ולטפל בפסולת האריזות לאחר שימוש צרכני. על מנת לעמוד בדרישות חוק האריזות הוקם תאגיד המיחזור ת.מ.י.ר. תמיר הוקם על ידי התאחדות התעשיינים ומחזיקי המניות בתאגיד הן חברות גדולות בשוק שנדרשות לעמוד בחוק האריזות. כחלק מחוק האריזות הוגדרו יעדי מיחזור לפי סוג החומר. על פי החוק, יעד המיחזור לאריזות פלסטיק משנת 2015 ואילך עומד על 22.5% בשנה, כאשר סעיף נוסף מגדיר כי סך פסולת האריזות שיצרן נדרש למחזר לא תפחת מ-60% ממשקל האריזות של כלל המוצרים שהוא מכר באותה שנה. על סמך נתוני סקר הפסולת של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, נכון לשנת 2020, אחוז מיחזור פסולת הפלסטיק בישראל עומד על כ-9% בשנה<sup>6</sup>.

במקרה של מיחזור בקבוקי משקה (סוג פלסטיק - PET) אחוזי המיחזור הם מהגבוהים ביותר בסקטור זה. זאת בשל חוק הפיקדון. מיחזור בקבוקים קטנים מליטר וחצי קיים בישראל כבר שנים רבות. 78% מהבקבוקים הקטנים נאספים בנפרד בצורה נפרדת מזרם הפסולת הכללית ומופנים למיחזור. על אף ההשפעה החיובית בהפחתת פסולת PET, היקף האיסוף והמיחזור עדיין נמוך בהשוואה לאירופה שם ההערכה היא שמגיעים ל-80-95% מיחזור במדינות בהן קיימות תוכניות החזר פיקדון.

היבט חשוב נוסף של רגולציה בתחום הוא עלות הטמנת פסולת. נכון לינואר 2021 עמלות הטמנה בישראל עומדת על כ-108.73 שקל לטון של פסולת מעורבת. עמלה זו נמוכה באופן משמעותי מהעמלות הקיימות באירופה, ואינה מתמרצת כלל את סקטור המיחזור. על אף ההשפעה הרבה של עלות הטמנה על פיתוח משק המיחזור - לא נתמקד בכך במסמך זה. בבחינת היבטים 2, ו-3 יעדים לשימוש בחומר ממוחזר, ויעדים לעיצוב אריזה ניתנת למיחזור אין רגולציה קיימת בישראל אך ישנה רגולציה בעולם ובעיקר באירופה שמשפיעה על התעשייה הישראלית:

האיחוד האירופי פועל במרץ לקידום כלכלה מעגלית וכחלק מכך הרגולציה האירופאית מכסה את כלל סוגי האריזות ופסולת האריזות וקובעת אילו סוגים של אריזות ניתנות לשימוש בשוק האירופאי כולל אמצעים לניהול ומניעת פסולת<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> חוק להסדרת הטיפול באריזות, התשע"א

<sup>6</sup> הלמ"ס. מקורות הפסולת ושיטות הטיפול בפסולת, 2020

<sup>7</sup> פסולת אריזות - חוקי האיחוד האירופי על אריזות ופסולת אריזות

על היצרנים השונים לנקוט בצעדים שונים על מנת לעמוד בתקנים וצעדים רגולטוריים עתידיים ולהישאר רלוונטיים בשוק האירופאי. כיום, כל אריזה הנכנסת לאירופה צריכה לעמוד בדרישות השונות בהיבטי ייצור, הרכב החומרים, יכולת מיחזור, תכולת חומר ממוחזר ועוד. עד שנת 2030 – כלל האריזות בשוק האירופאי יהיו חייבות להיות ברות מיחזור<sup>8</sup>. בנוסף החל מינואר 2021 כל מדינה באיחוד האירופי גובה עמלות הטמנה בסך 800 אירו לכל טון פסולת פלסטיק שהולך להטמנה.

במדינות רבות באירופה החלו לחייב שילוב של 30% חומר ממוחזר באריזות ולהשתמש במנגנון של מיסוי פלסטיק. מנגנון זה נקבע ע"י כל מדינה בהתאם להחלטותיה. לרוב מדובר במס על אריזות מפלסטיק שיצרן מייצר או מייבא. המס תקף מגובה מסוים של ייצור או ייבוא, לעיתים בהתאם לסוג החומר וליכולת מיחזור. למשל: בהולנד מס פלסטיק עומד על 0.67 יורו לק"ג של פלסטיק לכל היצרנים והיבואנים המספקים לשוק ההולנדי יותר מ-50,000 ק"ג של חומרי אריזה. כמו כן, קיימת הנחה של כ-40% ליצרן שמוכיח שהפלסטיק ממוחזר. באנגליה מס הפלסטיק נכנס לתוקף באפריל 2022 ומחייב תוספת תשלום של כ-200 פאונד (835 ש"ח) לטון פלסטיק על כל אריזות הפלסטיק המיוצרות או מיובאות לאנגליה שאינן מכילות לפחות 30% פלסטיק ממוחזר. על העסקים עצמם לספק הוכחה לכך שהאריזה אכן מכילה את הכמות המינימאלית הנדרשת של החומר הממוחזר.

<sup>8</sup> [שאלות ותשובות : האסטרטגיה של האיחוד האירופי לפלסטיק, 2018](#)

פרק זה מציג את השחקנים המרכזיים בסגירת מעגל חומר באריזות פלסטיק, ואת תפקידם בשרשרת הערך של מיחזור הפלסטיק. בפרק 5 ניתן למצוא סקירה מעודכנת של מתקני מיון, מפעלי מיחזור, ומפעלים שעוסקים בייצור אריזות בשילוב חומר ממוחזר בישראל.

### יצרנים ראשוניים

מפעלי ייצור שונים שעוסקים במגוון שלבי הייצור בתהליך הפלסטיק מהזיקוק, דרך יצירת פלסטיק בתולי בצורת גרגרים ("פיתיתים") אחידים ועד להפקת מוצר מוגמר או חלקים שלו. במסמך זה ראוי לציין את יצרני האריזות אשר מייצרים מוצרי פלסטיק מוגמרים או חצי מוגמרים למגוון רחב מאוד של תעשיות או שווקי צרכנים. היצרנים רוכשים פלסטיק בתולי, מעבדים ומעצבים אותו בהתאם למוצרים הרצויים על פי דרישות החברה להם מוכרים את האריזה (חברת המוצר). לעיתים ייקחו על עצמם תהליכי גימור נוספים כגון הדפסה או הרכבה וכו'.

### חברות המוצר

החברות המשווקות את מוצריהם ועושות שימוש באריזה

### הצרכנים:

משתמשים ומשליכים למתקני איסוף ופחים לאחר שימוש – חלק מהצרכנים בארץ מפרידים פסולת ברמות שונות. למשל, מפרידים אריזות, בקבוקים זכוכית וכו' למיחזור או מפרידים פסולת אורגנית לקומפוסטר ביתי וחלק מהצרכנים זורקים את כלל הפסולת לפחים לפסולת מעורבת.

### רשויות מקומיות:

רשויות מקומיות אחראיות על טיפול בפסולת בשטחן. על פי רוב, רשות מוציאה מכרז לקבלן המבצע את הפינוי. בחלק גדול מהאשכולות (אזורים) הפינוי נעשה במרכז ומצמצם עלויות של סבבים רבים. רשויות מקומיות יכולות להתקשר עם ת.מ.י.ר (תאגיד למיחזור אריזות) על מנת למקם תשתיות לאיסוף פסולת אריזות בשטחן. בבחינת הפסולת הביתית, 15% בממוצע הם פסולת אריזות. רשויות שהתקשרו עם ת.מ.י.ר מקבלות מהתאגיד החזר תשלום על פינוי הפסולת, ועל כן הדבר משתלם לרשויות כלכלית. רשויות מסוימות החליטו לנסות את שינוי אופי הפעילות. בכפר סבא, החליטה העירייה לעשות שימוש בפחים מעורבים (פסולת יבשה כולל אריזות, ופסולת מעורבת) ולהשקיע בהפרדה במקור של פסולת אורגנית. את הפחים "היבשים" העירייה שלוחת למתקן מיון מתקדם בעמנואל, שם מתבצעת הפרדה בין זרמי הפסולת השונים לפלסטיק בר מיחזור. העירייה מקבלת דו"ח מעמנואל על כמות הפלסטיק שטופלה, אותו מעבירה לת.מ.י.ר לטובת קבלת החזר<sup>9</sup>.

### איסוף, מיון והפרדה:

בישראל ישנם מספר גורמים שעוסקים באיסוף/מיון והפרדה של פלסטיק לאחר שימוש צרכן: תאגיד המיחזור ת.מ.י.ר - תשתית יעודית לאיסוף אריזות - תאגיד מיחזור שהוקם על מנת לאפשר ליצרנים לקחת אחריות על מחזור החיים של האריזות שלהם כפי שנדרש בחוק האריזות. רשויות ומועצות יכולות להתקשר איתו להצבת מיכלי איסוף בשטחן. כיום על פי נתוני התאגיד, ל-70% מהתושבים בישראל יש גישה למתקני האיסוף של התאגיד, ובשנתיים הקרובים מספר זה צפוי לגדול ל-90%. תאגיד המיחזור ת.מ.י.ר מוציא מכרזים להתקשרויות עם מפעלים למיחזור פלסטיק בסוגי פלסטיק שיש להם ביקוש. כיום המכרזים של תמיר הם לפלסטיק מסוג HDPE ו-PP.

תחנות מעבר לפסולת בעלות מתקני מיון מתקדמים - תחנת מעבר לפסולת היא אתר אליו מפונה פסולת באופן זמני, וממנה מפונה הפסולת לתחנה הסופית. בתחנות מעבר לרוב מתבצע מיון ראשוני של פסולת ולעיתים גם טיפול ראשוני. יש כיום בארץ 8 מתקני מיון. במפעלי המיון בארץ ממיינים שבעה זרמי פסולת ביניהם שלושה זרמי פלסטיק: PET, PP ו-HDPE כזרם נוסף מאוחד ושקיות של PE. על פי רוב, יתרכזו המפעלים בחומרים הזמינים בכמויות משמעותיות ואשר להם מחיר טוב בשוק המיחזור. היבטים אלו מובילים להתמקדות במספר חומרים קטן ובהפרדת מרכיבים גדולים באופן יחסי. לאחר מכן, עוברת הפסולת הממוינת למפעלי המיחזור שם היא הופכת לחומר גלם הנמכר לתעשייה.

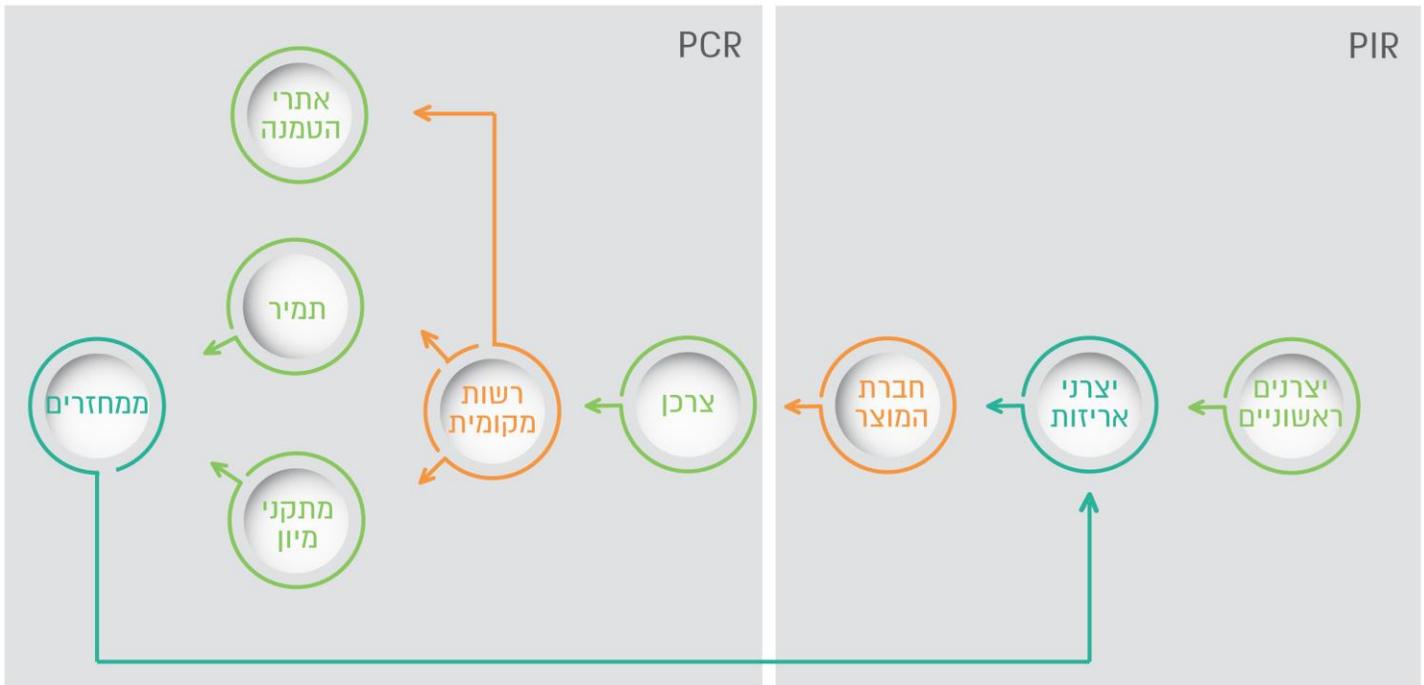
אתרי הטמנה הממיינים פסולת - לאתרי הטמנה מגיעה פסולת מעורבת כפתרון קצה שם היא נדחסת ונטמנת בקרקע בצורה מבוקרת. ישנם אתרי הטמנה שמוציאים מהפסולת חומרים בעלי ערך כלכלי (לדוגמת בקבוקי פלסטיק העשויים מ-PET) באמצעות טכנולוגיה יעודית היודעת להפריד סוגי פסולת.

<sup>9</sup> תכנית אסטרטגית לפסולת 2030 עיריית כפר סבא (עדיין לא זמינה גרסה און ליין).

## ממחזרים של פלסטיק לאחר שימוש צרכני (PCR)

מפעלים למיחזור פלסטיק עוסקים בקבלת פלסטיק לאחר שימוש צרכני (PCR) ומיחזרו. מרבית המפעלים הממחזרים בארץ מסתמכים על תהליכי מיחזור מכאניים, אך ייתכן ובקרוב יכנסו לשוק מפעלים נוספים שיעסקו במיחזור כימי. יצרנים ראשונים של פלסטיק מייצרים פתיתים (גרעינים) של פלסטיק מסוגים שונים אותם ניתן להכניס לתהליכי ייצור שונים.

### 2.1 שחקנים בשוק מיחזור הפלסטיק בישראל



ישנם מספר סוגים שונים של פלסטיק, כל סוג מאופיין בתכונות שונות ומתאים לשימושים שונים בתחום האריזות<sup>10</sup>.

שם	PETE/PET פוליאיתילן טרפאלט	HDPE פוליאיתילן בצפיפות גבוהה	LDPE פוליאיתילן בצפיפות נמוכה	PP פוליפרופילן	EPS, PS פוליסטירן (קלקר)	PVC פוליוויניל כלוריד	אחר: PLA, ניילון, פייברגלס ערבוב סוגי פלסטיק
שימושים בתחום האריזות	בקבוקי משקה, מגשי עוגיות, רטבים לסלט	בקבוקי חלב, שקיות למקפיא, מיכלי גלידה, אריזות לחומרי ניקוי וקוסמטיקה	שקיות, עטיפות ניילון, בקבוקי לחיצה	כלים רב פעמיים מותאמים למדיח, כלים חד פעמיים, שקיות של חטיפים	חד פעמי, משקאות ומזון חם	קוסמטיקה	אריזות רב שכבתיות
באיזה מידה ניתן למיחזור ולהשבה לאותו שימוש	גבוהה	גבוהה	ניתן למיחזור אך לרוב מתלכלך בשימוש מה שמקשה על המיחזור	גבוהה	מכיל חומרים רעילים	לא ניתן למיחזור על מנת להשיב לאריזות	לא ניתן למיחזור

על מנת למחזר פלסטיק ברמה גבוהה, נדרש למיין ולהפריד את הפלסטיק לפי סוגיו.

### 3.1 מקורות לפלסטיק ממוחזר- PCR ו-PIR

ניתן לסווג את מקורות הפלסטיק הממוחזר לשני סוגים; הראשון הינו פלסטיק ממקורות תעשייתיים ומסחריים (Post Industrial Recycled) PIR הכולל גם חומרים ממוחזרים לפני שימוש הצרכן. חומרים ממוחזרים אלו ידועים כבעלי איכות טובה מכיוון שאינם עוזבים את גבולות המפעל ולכן הם נמצאים תחת בקרה לאורך כל שלבי החיים ולרוב הם נקיים ומכילים סוג פלסטיק אחד וידוע. השני הינו פלסטיק ממוחזר לאחר שימוש צרכני (Post-PCR) (Consumer Recycled) - חומר הנאסף מהצרכנים לאחר גמר השימוש במוצר או/באריזה.

על פי הרגולציה המקובלת בעולם, דרישות לשימוש בחומר ממוחזר מתייחסות לפלסטיק לאחר שימוש צרכני (PCR)

#### מיחזור PCR (post consumer recycled)

מיחזור לאחר שימוש צרכני מתחיל באיסוף של פסולת פלסטיק מצרכנים באמצעות מערך לוגיסטי הכולל מתקני איסוף/פחים, מתקני מיון וכו', ממשיך בתהליכים של ניקוי ומיון ולבסוף עובר תהליכי המסה וחיתוך (גירעון) ליצירת חומר גלם חדש.



#### מיחזור PIR (post industrial recycled)

מיחזור לאחר שימוש תעשייתי משמעו איסוף עודפים או פסולת שנוצרים בשטח המפעל, גירעון מחדש של הפלסטיק שימוש בפתיחים שנוצרו בתהליך הגירעון עבור ייצור חומר גלם חדש במפעל או מחוצה לו.



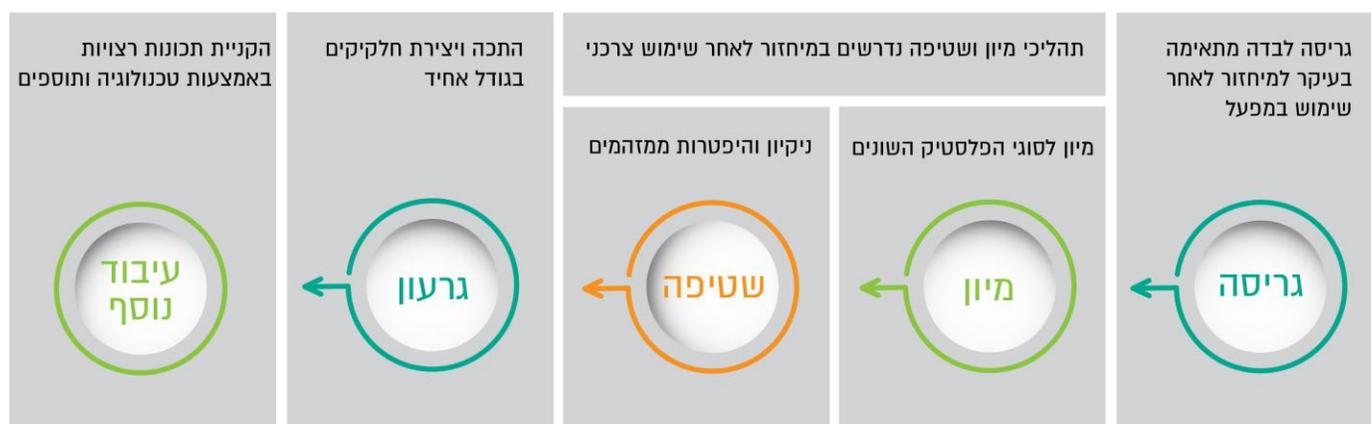
## 3.2 שיטות מיחזור פלסטיק

מיחזור פלסטיק יכול להתבצע בשיטות כימיות, הכוללות המסה ומניפולציות שונות על הרכב החומר, או בשיטות מכאניות הכוללות מיון, שטיפה וגריסה.

### מיחזור מכאני

ישנם מספר סוגים של תהליכי מיחזור מכאני:

- 1) גריסה בלבד - חומר גרוס, מופק על ידי גריסה פנים מפעלית. חומר גרוס ישים כחומר גלם רק כאשר הוא יוצר מחומר ממקור מוגדר ומבוקר. תהליכי גריסה לבדם הם לרוב פנים מפעליים, מכיוון שחומרים גרוסים אינם יוצאים לרוב מגבולות מפעלי הייצור המקורי הם נחשבים PIR.
- 2) גריסה מיון ושטיפה - במקרה זה החומר עובר תהליך גריסה ובנוסף גם תהליכי מיון מתקדם ושטיפה בטמפרטורות שונות אשר מאפשרים ניקיון והיפטרות מזהמים. לרוב חומר שעובר תהליכים אלו יגיע ממקורות לאחר שימוש צרכני (PCR) ונדרש בבקרת איכות. היות והחומר ממוחזר ממקורות שונים, ישנו אתגר להביאו לאיכות הדומה לזו של חומר בתולי. לכן יש חשיבות גדולה בהכנת מנות גדולות על מנת לשפר את אחידות החומר בכל מנה.
- 3) גירעון - חומר מגורען מיוצר בדרך כלל מחומר גרוס באיכות מוגדרת. בתהליך הגירעון החומר עובר התכה בטמפרטורות גבוהות, והתכה זו גם מאפשרת סילוק נוסף של מזהמים שנשארו לאחר תהליכי המיון והשטיפה. הדגש בתהליך הגירעון הוא יצירת חומר ממוחזר עם גודל חלקיקים אחיד שמאפשר השבה מחדש לתהליכי ייצור במפעלים מכיוון שחומר בתולי לרוב מגיע "מגורען" בתהליך הגירעון ניתן לקבל תכונות מוגדרות כמו צבע או תכונות מכניות מסוימות.
- 4) שדרוג חומר מגורען - ביצוע תהליכי עיבוד נוספים לחומר הממוחזר על מנת להקנות לחומר תכונות רצויות ספציפיות.



### מיחזור כימי

תהליך כימי הוא פירוק מבוקר של פולימרים באמצעות חימום והתכה. הפירוק יכול להיות למונומרים, אוליגומרים או פחמימנים מורכבים ברמה כזו או אחרת. לאחר תהליך הפירוק ניתן לזקק את התוצרים לחומרי גלם נקיים המתאימים לייצור הפולימר.

#### יתרונות וחסרונות של שיטות המיחזור

לרוב, שיטות מיחזור מכאניות נחשבות יותר כדאיות מנקודת מבט כלכלית ותפעולית<sup>11</sup>. מיחזור כימי מאפשר מיחזור חומרים פלסטיים שלא מתאימים למיחזור בשיטות מכאניות. ובנוסף ניתן לעשות שדרוג של החומר (UPCYCLING) לרמות איכות גבוהות יותר מהחומר המקורי ששימש לייצור המוצר. עם זאת מיחזור כימי הינו תהליך עתיר אנרגיה אשר מצריך שימוש בממסים ותוספים בעלי השלכות סביבתיות וכלכליות.

כיום מרבית המיחזור פלסטיק בארץ הוא מיחזור מכאני ומיחזור כימי אינו בשימוש רחב בישראל. על הפרק צפויים לקום עוד שני מפעלים למיחזור כימי – שייטכן ואחד מהם ישיב את החומר לבתי הזיקוק.

<sup>11</sup> מחקר בנושא [שימוש בפולימרים ממוחזרים לאריזות מזון](#), מאי 2020, מגזין IFT למדע המזון.

הקשיים והחסמים בכלכלת פלסטיק מעגלית נוגעים לכל שלב ושחקן במחזור החיים של המוצר. פרק זה מציג כל אתגר ואת הפתרונות האפשריים להתמודדות איתו תוך דגש על הפתרונות שניתן לקדם במסגרת המפעל:

- שיכוב ושילוב סוגי חומרים בייצור אריזות.
- עטיפה שיווקית למוצר (שרחול).
- רמת הניקיון של האריזה/מוצר.
- הרכב החומר ובעית הצבע של חומר ממוחזר.
- תקשורת בין שחקנים בשרשרת הערך.
- תחרות עם חומר גלם בתולי.
- צרכנות תומכת מיחזור.

### 4.1 אתגר: שיכוב ושילוב סוגי חומרים בייצור אריזות

לאריזות רבות מספר שכבות של חומרים או פולימרים שונים. שיכוב ושילוב של חומרים מאפשרים להקנות למוצר מגוון תכונות כמו עמידות בפני מים ושמירה על טמפרטורה, אך שיכוב זה מקשה על הפרדה ומיון של הפלסטיק לסוגיו ופוגע ביכולת המיחזור של הפלסטיק. מגמה זו שיכוב רלוונטית במיוחד באריזות גמישות בהן השימוש במגוון פולימרים נפוץ שכן אחת התכונות המבוקשות באריזה גמישה היא חסימת החשיפה לחמצן וזו מושגת על ידי שילוב פולימרים שונים. לרוב, פסולת אריזות רב שכביתית תמצא את דרכה להטמנה או שריפה לאנרגיה.

### פתרונות: סטנדרטיזציה, עיצוב מוצר למחזור, טכנולוגיות הפרדה

לאור האתגרים במיחזור אריזות רב שכבתיות עולה וגוברת המגמה למעבר לאריזה העשויה ברובה הגדול מחומר מאותו סוג של פולימר. מגמה זו רלוונטית במיוחד באריזות גמישות בהן השימוש במגוון פולימרים נפוץ שכן אחת התכונות המבוקשות באריזה גמישה היא חסימת החשיפה לחמצן וזו מושגת על ידי שילוב פולימרים שונים.

בנוסף, לטובת שיפור היתכנות המחזור יש ליצור שפה משותפת ולשאוף לסטנדרטיזציה. ככלי עזר לקבלת החלטות פותחה לפני מספר שנים מסגרת התקנים ISO18601 הכוללת סדרת הגדרת כלליות לאריזות סביבתיות. מסגרת התקנים הכללית מפנה לתקנים פרטניים אשר מגדירים כללים לתכנון אריזה יעילה סביבתית ביחד עם כלים לבחינת התאמת האריזה למסלולי סוף חיים שונים. בנוסף פותחו בישראל מספר מדריכים לתכנון אריזה מקיימת וברת מיחזור ראו: [המדריך לאריזה מקיימת](#), [וטיפים לאריזה ברת מחזור של ת.מ.י.ר.](#)

אם בכל זאת אריזה כוללת שיכוב ושילוב של חומרים שונים, הדבר דורש פתרונות אחרים לטובת הפרדה והכנה למיחזור. לדוגמה; במקרה של אריזות מזון אשר לרוב מערבות שילוב של קרטון, פלסטיק מסוג LDPE ואלומיניום, קיימות מספר שיטות טכנולוגיות להפרדת החומרים. טכניקה להפרדת חומרים פלסטיים מסוגי חומר אחרים כדוגמת נייר או קרטון נקראת "hydro-pulping". טכניקה זו עושה שימוש במיכל עם להבים המשמשים כמערב. סיבוב הלהבים מפריד בין חומרים שונים כמו נייר, פלסטיק ומתכות אלומיניום. טכניקה נוספת מתחילה במיון אריזות הקרטון המצופות פלסטיק ואלומיניום בעזרת טכנולוגיות NIR בשילוב פעימות של אוויר דחוס. לאחר מכן האריזות הממוינות נגרסות בכדי להפריד את הסיבים בעזרת המסה דרך מתקן טיפול נייר ייעודי בו פלסטיק ומתכות אלומיניום מופרדות. הפלסטיק והאלומיניום ימשיכו לטיפול נוסף. התוצר של תהליך זה נקרא "LDPE-Al reject" וזה יופנה לפירוק סלקטיבי כך שיתאים לשימוש חוזר ביישומים שונים כדוגמת שימוש כתחליף לחומרי גלם בתעשיית הבנייה. במקרים מסוימים "LDPE-Al reject" ישומש לשריפה לאנרגיה. טכניקה אחרת, אשר פותחה באוניברסיטת בולוניה שבאיטליה (Alma mater studiorum universita di bologna), מבוססת על ממסים הידרופיליים הניתנים להחלפה (switchable hydrophilic solvents-SHS). זוהי טכניקה שנחשבת ברת קיימא המסוגלת להגיע לכמויות 'הצלה' גבוהות מאוד הן לאלומיניום (99%) והן לLDPE (80%) כמו גם לאיכות חומר גבוהה.

## 4.2 אתגר: עטיפה שיווקית למוצר

עטיפה שיווקית למוצר (שרוול) לרוב מודבקת על אריזות שונות ועשויה מסוג פלסטיק שונה משל האריזה. השרוול פוגע ביכולת מכונות המיון לזהות את החומר ממנו עשוי המוצר 'העטוף'. בנוסף, השרוולים מכילים דיו אשר פוגע באיכות התוצר ותהליך המיחזור. תהליך הסרת השרוול במפעלי המיון הינו אפשרי אך יקר ומורכב.

## פתרונות: הפרדה במקור



אחד הפתרונות לבעיה זו הינו עידוד הציבור להפריד את השרוול מהמוצר במקור לפני שנזרק לפח המיחזור המתאים. תהליך זה מתבצע במדינות שונות בעולם, כדוגמת יפן, על ידי סימון יעודי להסרת השרוול ותפר להסרה קלה במקביל לתהליכי חינוך ציבורי<sup>12</sup>.

## 4.3 אתגר: רמת הניקיון של האריזה

חומר ממוחזר לאחר שימוש צרכני (PCR) מגיע לרוב למתקני האיסוף ולמפעלים כשהוא אינו נקי ולא ניתן לדעת עם איזה חומרים אחרים הוא היה במגע בשלב השימוש בו. אופי השימוש והטיפול במוצרים משפיע רבות על יכולת השימוש בהם כמו גם על איכותם וערכם לאחר המיחזור. אריזות רבות נשלכות לפח של פסולת מעורבת ומזדהמות או מושלכות לפח ללא ניקיון מקדים מצד הצרכן ומכילות שאריות מזון. כתוצאה מכך, זרם פסולת האריזות מזוהם בגורמים שונים, לרוב אורגניים, אשר פוגעים ביכולת המיון, ההפרדה ומיחזור החומר. על פי ההערכות, למרות מערכות איסוף והפרדה של פסולת במדינות רבות באירופה, מעל 40% מפסולת אריזות הפלסטיק מתערבבת עם זרם הפסולת הכללי, בדגש על פסולת עירונית. בעקבות זאת, על המפעלים נדרש לבצע ניקיון יסודי לפני שיוכלו למחזר. תהליך זה עלול להיות לא יעיל מבחינת זמן, צריכת משאבי מים ואנרגיה והיתכנות כלכלית.

## פתרונות: הפרדה במקור, תהליכי שטיפה, סימון אריזות בברקוד

ישנה חשיבות בחינוך הצרכנים לרוקן את האריזות כראוי לפני השלכתם לפחי המיחזור על מנת שהאריזות שמגיעות למיחזור יגיעו נקיות ככל הניתן. מפעלי מיחזור, במקומות שונים בעולם, מעבירים את הפסולת מספר מחזורי שטיפה לפני הכנסתם לתהליך המיחזור, או כחלק מתהליך המיחזור.

כיום נעשה פיתוח של טכנולוגיות חדשות בתחום. באירופה נעשים ניסויים בהטמעת ברקודים מסוגים שונים על אריזות: QR , holy gray , ושימוש בבינה מלאכותית כדי להפריד את האריזות. הדגש בחקר הטכנולוגיות הללו כרגע הוא הפרדה לפלסטיק שימוחזר ויאפשר למגע עם מזון (מצרך מבוקש כיום בשוק הפלסטיק), אל מול פלסטיק שלא יאפשר במגע עם מזון. שימוש בברקודים למיניהם על האריזות, יעלה את הערך והמחיר של האריזה, וממקום זה גם עשוי לצמוח תמריץ של מיון האריזות לפי יצרנים והשבתם ליצרנים.

פתרון אחר לבעיית זיהום חומר הוא כמובן השימוש במיחזור כימי אשר יכול להתמודד עם מזהמים שונים ולספק פולימרים באיכות זהה לאלו המקוריים.

<sup>12</sup> כתבה בנושא [הסרת השרוול השיווקי](#) שפורסמה באתר של חברת "תדביק" שעוסקת באריזות והדפסה

## 4.4 אתגר: הרכב החומר ובעיית הצבע של חומר הגלם הממוחזר

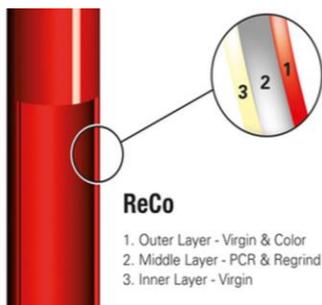
חומרים שמקורם בחומר לאחר שימוש צרכני (PCR) מאופיינים בחוסר וודאות לגבי הרכב החומר ואיכותו והשימושים שבוצעו במוצרים לפני שנכנסו לתהליך המיחזור. חוסר וודאות זה גורר צורך בעיבוד הפסולת ושימוש בטכנולוגיות שונות לצורכי הפרדה ומיון. לשיטות המיחזור הקיימות, בהינתן המגבלות הטכניות, קשה מאוד להגיע לאריזת פלסטיק ממוחזרת הזזה מבחינה ויזואלית ומבחינת איכות לקודמתה הבתולית. ערבוב פלסטיק ממקורות שונים בצבעים שונים בתהליך המיחזור מוביל לחומרי גלם בגוונים "מלוכלכים" ולא אחידים. לגוונים אלו השפעה מהותית מבחינה אסתטית. על פי רוב, להיבט הצבע יש השלכה שיווקית מאחר והקושי בקיבוע צבע האריזה מעלה חשש כי שינויים בעיצוב המוצר הקיים ו/או חוסר אחידות בנראות המוצר יביאו לפגיעה שיווקית. חשש זה פוגע בתהליך אימוץ פלסטיק ממוחזר כחומר גלם למוצרים ולאריזות בתעשייה.

משיחות עם מומחים שונים בתעשיית המיחזור עולה כי בדרך כלל, מי שמטפל בפסולת עירונית וביתית בישראל עושה מיון לפי סוג בלבד ולא לפי צבע. זאת על אף שלעיתים במפעלים אלו קיימות מכונות אשר יכולות למיין לפי צבע. כאשר כן מתבצעת בארץ הפרדה לפי צבע, זו לא נעשית על ידי מפעלי המיון אלא על ידי מספר מצומצם של מפעלי מיחזור אשר ממשיכים את פעולות המיון במפעלים. באופן דומה, גם מיחזור הפלסטיק עצמו במקרים מסוימים עשוי להתבצע על ידי יצרני המוצרים ולא על ידי יצרני חומרי הגלם הממוחזרים. היבטים אלו יוצרים חוסר יעילות מערכתית הנובעת מהצורך להתמחות בתחומים השייכים לשחקן אחר בשרשרת הערך.

## פתרונות: שיפור טכנולוגיות מיון, צביעה, שיכוב

טכנולוגיות ותשתיות מיון יכולות לשפר משמעותית תהליכי המיון ומיחזור על מנת לייצר חומר ממוחזר אסתטי ונקי יותר. הנושא של יכולות מיון יעילות ואפקטיביות לסוגי פלסטיק שונים מוכר כצוואר בקבוק למיחזור בישראל. באופן דומה, גם יכולות השטיפה והניקיון להבטחת חומר באיכות ברת שימוש. טכנולוגיות מיון וניקיון הן שלבי ביניים במיחזור בעלי עדיפות לתמיכה כלכלית ממשלתית דרך מענקים וסובסידיות<sup>13</sup>. הפרדה לפי צבע בעזרת טכנולוגיות אופטיקה מתקדמות כדוגמת NIR (Near Infra-Red) ושטיפה חמה יאפשרו יצירת מנות גדולות בגוונים אחידים<sup>14</sup>. ישנן הערכות לפיהן לפחות 30% מחומר האריזות לא ניתן למיון והפרדה ללא טכנולוגיות אופטיקה מתקדמות המאפשרות הבחנה לפי צבעים וצפיפות החומר.

דוגמה להשקעה בתשתיות באיכות גבוהה ניתן לראות אצל החברות ההולנדיות Morssinkhof ו-Omrin. חברת המיחזור הגדולה באירופה Morssinkhof מייצרת פלסטיק ממוחזר ממקורות לאחר שימוש צרכני באיכות כמעט זהה לפלסטיק הבתולי בעזרת חברת המיון Omrin. התהליך דורש השקעה במיכון שטיפה חמה ומיון לפי צבע. המיון נעשה באמצעות מכונות הפרדה בליסטיות (ballistic separator machine) העושות שימוש בלחץ אוויר ומאפשרות הפרדה באיכות גבוהה בין חומרים דו ממדיים לתלת ממדיים. לאחר מכן, גריסה רטובה (Wet Grinding) המשלבת מים וחיכוך (גריסה) מאפשרת תוצאות שטיפה נקיות יותר. בנוסף, טכנולוגיות NIR מאפשרות הפרדה איכותית לפי צבע, ביחוד אם מתבצעות במספר שלבים וסבבים. כמו כן, נעשה שימוש בשטיפה חמה המאפשרת ניקיון והיפטרות מריחות ומזהמים נוספים. לאחר שלבי הניקיון והמיון נעשה שימוש באקסטרוזר מתקדם כדוגמת אקסטרוזר דו-ברגי (twin screw extruder or compounding extruder) המאפשר שילוב של מספר חומרים (פלסטיק ממוחזר עם פלסטיק בתולי), הוספת תוספים, פילטרים וכו' בתהליך יצירת החומר הפלסטי. משם עוברת התוצרת למגדלי איחסון מדורגים (intermediate silo) המאפשרים אחסון עם יותר בדיקות איכות ובקרה. צביעה של חומר הגלם בגוונים כהים הינה דרך אחת להתגבר על בעיית הצבע בצבעים כהים<sup>15</sup>. זהו הפתרון הקל והפשוט ביותר לביצוע, כאשר ככל שהצבע הרצוי כהה יותר התהליך הופך פשוט יותר. לחליפין, ניתן לעשות שימוש בתהליכי מיחזור כימי שונים להסרת הצבע או ליצירת חומרי גלם בעלי תכונות רצויות ואחידות.



פתרון אחר המקובל כיום מתייחס להכנסת שכבה פנימית של חומר ממוחזר באריזה שאינה נראית ואינה באה במגע עם תכולת האריזה. משמע - שילוב שכבה של פלסטיק בתולי ומתחתיו שכבות פלסטיק ממוחזר<sup>16</sup> - (multilayer propanthelene או co-extraction). על השכבות המקיפות להיות דקות אך יציבות ככל שניתן על מנת להגדיל את אחוז ה-PCR. השימוש בשכבה אמצעית מרכזית מאפשר אחוז חומר ממוחזר גבוה. אך כאמור, יש להימנע מאריזות רק שכבתיות וערבוב סוגי פלסטיק שונים ועל כן פתרון זה עושה שימוש בחומר בתולי וחומר ממוחזר מאותו סוג פלסטיק.

<sup>13</sup> המלצות לכלים כלכליים, רגולטורים וטכנולוגים מבוססי שוק לתמיכה בכלכלה מעגלית בסקטורה הפלסטיק בישראל, מכללת אפקה ו-UNIDO, 2021.

<sup>14</sup> ראו הערה 14

<sup>15</sup> ראו הערה 14

<sup>16</sup> מחקר בנושא העדפות צרכנים, מרכז לאומי לידע בתחומי ביוטכנולוגיה, 2017: [קישור למחקר](#)

## 4.5 אתגר: תקשורת בין שחקנים בשרשרת הערך

על מנת לסגור מעגל חומר נדרשת תקשורת והעברת מידע רציף בין השחקנים השונים לאורך שרשרת הערך. חוסר תקשורת אשר עשוי לנבוע מחיסיון מידע ותחרותיות, חוסר במידע פנימי מתעדכן, אי היכרות השחקנית השונים בשוק וכו', מוביל לכך שאין תיאום צרכים בין השחקנים השונים בשרשרת. על כן נוצרת הערכה מוטעית לגבי מצב השוק והביקושים ופסולת הפלסטיק לא מופנית למיחזור ומופנת למטמנות ושריפה לאנרגיה. כיום, נוצר מחסור בהיצע וחברות מיחזור תרות אחר מקורות לאספקת פלסטיק בר מיחזור, ומלקטות אותו ממקורות שונים. אין מערכת מידע אחת שמנהלת ביקוש והיצע בתחומים שונים.

## פתרונות: שילוב טכנולוגיות מעקב וניהול מידע

שימוש בפלטפורמות מתקדמות המאפשרות לתעשיות שונות לשתף באופן קבוע את נפחי החומר אשר נעשה בו שימוש, נמכר, הושלך או שנחנץ לטובת ייצור. על שותפים עסקיים לפרסם את ביקושם לחומר גלם ממוחזר ונפח האספקה כמו גם ליידיע חוקרי שוק על מנת שאלו יוכלו להעריך נכונה את השוק. בנוסף, יש להגביר את יכולת המעקב אחרי זרימת החומר בשימושים השונים של החברות בשוק. שיתוף מידע זה צריך להיות בעדיפות עליונה בקרב שותפים בשרשרת הערך. דו"ח עדכני הסוקר את המגמות הרגולטוריות בתחום ומספק המלצות מדיניות ליישום בישראל טוען כי החלטות רבות נעשות על סמך הערכות גסות. לכן, הדו"ח ממליץ על הקמת מאגר מידע לאומי לפלסטיק. מאגר מרכזי זה יאגור ויספק נתונים בדבר; סוגים, כמויות, איכויות, שימושים, מחירים ופתרונות סוף חיים לפלסטיק בארץ, ובכך יאפשר תיכנון יעיל יותר ועיצוב מנגנוני מדיניות משופרים. על מנת לזהות את ההזדמנויות הטובות ביותר להשקעה, שיפור וחדשנות בתחום, הדו"ח ממליץ על הקמת קואליציה של בעלי העניין הרלוונטים בשרשרת הערך. קואליציה זו תכלול ממינים, ממחזרים, יצרני חומר גלם בתולי, יבואנים, יצואנים, קמעונאיים, מותגים, ממשלה ועוד. המטרה העיקרית של קבוצה זו תהיה לגבש סטנדרטים וכיוון לאומי מתואם עם כלל השחקנים בשרשרת הערך<sup>17</sup>.

## 4.6 אתגר: תחרות עם חומר גלם בתולי וערך כלכלי

כיום, במרבית המקרים, עלויות קניית פלסטיק ממוחזר בשוק אינן זולות יותר מעלות של פלסטיק בתולי. מחירי הפלסטיק הבתולי תנודתיים ביותר היות וקשורים למחירי הנפט. כאשר מחירי הנפט יורדים, יורדים גם מחירי הפלסטיק ופוגעים בביקוש לחומר גלם ממוחזר ולהפך. היבט זה יוצר אתגרים בתכנון תזרים וכמויות ייצור אשר גורמים לאי ודאות בקרב היצרנים. סוגי פלסטיק מסוימים כמו HDPE או PET הינם בעלי ערך כלכלי גבוה יותר שכן הם ניתנים לשימוש במגוון רחב של מוצרים, איכותם נשמרת וניתן לבצע בהם יותר מחזורי שימוש. במדינות בעלות שיעור גבוה של זליגת פלסטיק לסביבה, נמצא כי רק 18% מפסולת הפלסטיק הינו מסוגי פלסטיק באיכות גבוהה, בעוד שסוגי פלסטיק בעלי ערך נמוך יותר מהווים 61% מסך הפסולת במדינות אלו<sup>18</sup>. בכדי להבטיח היתכנות כלכלית של מפעלי המיחזור, עליהם להסתמך על רווחים ממכירת סוגי פלסטיק איכותיים יותר על מנת לכסות את הוצאות הטיפול של סוגי פלסטיק באיכות נמוכה או לחליפין יהיה עליהם להימנע מטיפול בסוגי פלסטיק נחותים ככלל<sup>19</sup>. הפער בערך הכלכלי בין סוגים שונים של פלסטיק ממוחזר גדל עקב ההבדל במשקלם של החומרים שונים. משקל וצפיפות החומר מובילים לשוני מהותי בזמן הדרוש לאיסוף, הפרדה ומיון, במיוחד כאשר מדובר בחומר גלם שמקורו בגורמים לא תעשייתיים כמו פסולת ביתית. מחקרים מצאו כי איסוף קילו אחד של שקיות פלסטיק דורש 200%-300% יותר זמן עבודה מאשר איסוף קילו אחד של HDPE. השילוב של סוגי פלסטיק פחות רווחיים אשר גם דורשים יותר זמן עבודה, פוגע ברווחיות מפעלי המיחזור. כמו כן, למרחקי השינוע על החומר ישנה השפעה קריטית על עלותו.

## פתרונות: הגדלת הביקוש לחומר ממוחזר, הפחתת עלויות בתהליכי מיחזור

הגדלת הביקוש לחומר ממוחזר באמצעים שונים כמו דרישות או תמריצים להטמעת חומר ממוחזר במוצרים. יצירת וודאות בשוק המיחזור לטווח ארוך וקביעת מחירים יציבים לחומר ממוחזר. כמו כן נדרש לפעול במגוון אמצעים להפחתת עלויות בתהליך המיחזור על ידי חינוך צרכנים להפרדה טובה, ובניית אתרי מיחזור בסמוך לאזורי התיישבות על מנת להקטין את השינוע.

<sup>17</sup> ראו הערה 10

<sup>18</sup> מחקר בנושא מניעת זליגת פלסטיק לסביבה של SIWI: [Source-to-Sea Framework for Marine Litter Prevention: Preventing Plastic Leakage](#) from River Basins

<sup>19</sup> לקראת כלכלה מעגלית בתחום הפלסטיק: פתרונות מדיניות, אוניברסיטת מישיגן: [Towards a Circular Plastics Economy: Policy Solutions for Closing the Loop on Plastics](#). Center for Sustainable, Report No. CSS19-14

## 4.7 אתגר: צרכנות תומכת מחזור

הצרכנים ממלאים תפקיד מרכזי בסגירת המעגל, הן בהיבט הפרדת האריזות במקור על מנת שלא יאבדו מערכן ושתהליך המיחזור יהיה יעיל יותר, והן בהיבט של תיעודף אריזות העשויות מאחוז גבוה של חומר ממוחזר.

ישנן עדויות כי תפיסת הצרכן את חומרי הגלם עצמם כחומרים סביבתיים משפיעה על החלטת הרכישה. לפלסטיק לדוגמא, דימוי סביבתי רע בהשוואה למוצרי נייר. הרעיון של איכות נתפסת יכול להיות מוגדר כתפיסתו הסובייקטיבית של הצרכן בנוגע לעלויות או למצוינות של מוצר מסוים. מחקרים קודמים הדגימו כי ייצור מוצר מחומר ממוחזר עשוי להנמיך את הציפיות של הצרכן לגבי האיכות. צרכנים נתקלים באי-ודאות כלפי הבטיחות של מוצרים אלו אשר נובעת מחוסר הידע כלפי התהליכים של מיחזור והפקת המוצר ומחוסר ניסיון בשימוש במוצרים כאלו. כמו כן, לנראות המוצר ולהרגל הצרכני של הצרכן (קניה של מוצר בעל צורה וצבע מוכרים) יש משקל ניכר בהעדפות הקניה.

## פתרונות: שיווק וחינוך

דאגה סביבתית משפיעה על התנהגות פרו-סביבתית כמו צריכת מוצרים ממוחזרים. צרכנים נוטים לקחת חלק בפעולות מקיימות כאשר הם מאמינים שיש להם השפעה ותרומה לפתרון בעיות סביבתיות או חברתיות. קיימים דיווחים ממנהלי מרכזי קניות על צריכה גבוהה של מוצרים אקולוגיים בשכונות בהן קיימות תוכניות מיחזור. בניסיון לאפיין צריכה אחראית כגורם תלוי במידת מודעות סביבתית נמצא כי צרכנים בעלי מידת דאגה נמוכה לסביבה מגיבים טוב יותר לקיום מסרים מילוליים המסבירים על היות האריזה אקולוגית, בעוד שצרכנים בעלי מידת דאגה גבוהה לסביבה אינם רגישים לשינויים חזותיים על גבי האריזה והתנהגותם לא משתנה.

חינוך הציבור ושיווק המתייחס לתרומה החיובית של בחירה צרכנית באריזה עם תכולת חומר ממוחזר גבוהה<sup>20</sup>. שימוש במדדי אימפקט שונים לדוגמת: חיסכון בפליטות, חיסכון בהטמנת פסולת, חיסכון בשימוש בנפט ועוד. בנוסף ניתן למנף את העיצוב החדש – אם למשל חומר ממוחזר נותן דפוס לא אחיד של נקודות, אולי ניתן לייצר אריזה "מנומרת"?

שימוש בחומר גלם ללא מיון - ישנה אפשרות נוספת להתמודד עם בעיית הצבע והיא שימוש בחומר הגלם הממוחזר כפי שהוא, "מלוכלך" ובעל חוסר אחידות בגוונים. מחקרים מראים כי ישנה השפעה לכך שאנשים אחרים צופים בנו בזמן קבלת החלטות קנייה. מחקר מסוים אף בדק את הנושא ברכישת סבון ידיים אקולוגי מול סבון ידיים רגיל ומצא כי כאשר החלטת הקנייה אינה חשופה לאחרים, אנשים בחרו יותר בסבון הידיים הרגיל, בעוד שבאשרר ההחלטה הייתה חשופה לאחרים (בדומה לרכישה בסופר), אנשים נטו ללכת על האפשרות הסביבתית יותר. ייתכן כי אריזה מחומר ממוחזר, ללא טיפול בנושא הצבע, עשויה ליצור את אפקט דומה, שכן הצבע הממוחזר עוזר בתיוג הרכישה ככזו בעלת אחריות סביבתית.

## סיכום אתגרים והזדמנויות

<b>אתגר</b> שיכוב ושילוב סוגי חומרים בייצור	<b>פתרון</b> סטנדרטיזציה, עיצוב מוצר למחזור, טכנולוגיות הפרדה
<b>אתגר</b> שרול	<b>פתרון</b> הפרדה במקור, סימון, חינוך ציבור
<b>אתגר</b> רמת הניקיון של האריזה/מוצר	<b>פתרון</b> הפרדה במקור, מחזור כימי
<b>אתגר</b> תקשורת בין שחקנים בשרשרת הערך	<b>פתרון</b> תעשייה 4.0, מעקב ושיתוף מידע
<b>אתגר</b> הרכב החומר ובעיית הצבע של חומר הגלם הממוחזר	<b>פתרון</b> צביעה, טכנולוגיה, שיווק, שיכוב
<b>אתגר</b> תחרות עם חומר גלם בתולי וערך כלכלי	<b>פתרון</b> רגולציה, הפחתת עלויות בתהליך המחזור
<b>אתגר</b> צרכנות תומכת מחזור	<b>פתרון</b> שיווק וחינוך

<sup>20</sup> פרסום של נאשינול ג'אוגרפיק על מיחזור פלסטיק "91% מהפלסטיק אינו ממוחזר" לורה פארקר

## 6. מידע ופרטים על מפעלי תעשייה ויועצים לסגירת מעגל חומר

### 6.1 תעשייה ישראלית שעוסקת במיחזור פלסטיק – ומוכרת חומר גלם מגורען ממוחזר לתעשייה

מידע נוסף	פרטי יצירת קשר	יכולת מיחזור	מיקום בארץ	זרמים של פלסטיק	שם המפעל
בקרוב PET יאושר למגע עם מזון.	יובל yuvalk@greenpet.biz	כ-1200 טון בחודש שטיפה, מיון, גריסה וגירעון	פארק קידמת גליל	מתעסקים לרוב עם מיכלי שתייה- בקבוקים תכלת או שקופים- PET, עושה גם מעט LDPE, HDPE	GREEN PET Recycling גרין פט למחזור בע"מ
זכו במכרז של תמיר ל-HDPE	-	כ-1500 טון בחודש	בית שאן	LDPE, HDPE, PP, PET	פלסטי סיטי תעשיות בע"מ
מרבית ה-PCR זה LDPE	אוהד: 0523311015	כ-600 טון בחודש גריסה, שטיפה וגירעון	מודיעין	PP, LDPE, HDPE	אינפיניה מיחזור (לשעבר אמניר)
מיחזור מכאני וכימי PCR + PIR	אלון: salon@bazan.co.il	-	קרית אתא	PP, HDPE, LDPE, PET	גל מיחזור בע"מ
PCR	-	-	יסעור (גליל מערבי)	LDPE, PP	VPM וי.פי.אם פלאסט בע"מ
יהיו מאושרים למגע עם מזון בקרוב	<a href="mailto:toval_recycle@hotmail.com">toval_recycle@hotmail.com</a> ניר: 0503842229	כ-600 טון בחודש גריסה, שטיפה וגירעון	קרית מלאכי, ערד	PP, HDPE, LDPE	תובל ע.ח מחזור בע"מ
מיחזור כימי צפי תחילת עבודה של המפעל - 2026	מאיה: 0523129312	-	אזור הדרום	PET, HDPE, LDPE, PP	נגב אקולוגיה
	עדי: adi.sela@clariter.com	-	נאות חובב (עתיד)	PP, LDPE	Clariter
	-	-	ברקן	-	יורופל

## 6.2 יצרני אריזות פלסטיק שמשלבים חומר ממוחזר

שם המפעל	סוג חומר עיקרי שהמפעל משלב באריזות	אזור בארץ	פרטי יצירת קשר	מידע נוסף
פלסטניר	LPDE	ניר אליהו	מירי: 0502008144	20-40% חומר ממוחזר, משולב בשיכוב
אריזות מדף פלזית	PP	עמק יזרעאל	עמרי סאאל omri-sa@plazit.com	
פוליבד			ענת: 0526031450	

## 6.3 יועצים מקצועיים של המרכז להתייעלות במשאבים הנותנים מענה לאתגרים שהוצגו

האתגר	שם החברה/ היועץ	סוג הייעוץ	פרטי יצירת קשר
שיכוב ושילוב סוגי חומרים בייצור הרכב החומר ובעיית הצבע של חומר הגלם הממוחזר, עטיפה שיווקית למוצר	מרכז הפלסטיקה והגומי פרופ' אנה דותן	יעוץ ומו"פ משלב הגרעון ועד ייצור האריזה בשילוב או מחומר ממוחזר	פרופ' אנה דותן <a href="mailto:adotan@shenkar.ac.il">adotan@shenkar.ac.il</a>
רמת הניקיון של האריזה/מוצר	אלי א. (חברת רוח גבית)		
תקשורת בין שחקנים בשרשרת הערך	דותן רודנסקי, כפיר ואנונו, שלום נטר, אביב, תפן, לין-ישראל, BDO יועצים תלויי מערכת טכנולוגית		ראה אתר המרכז להתייעלות במשאבים – <a href="#">מאגר מומחים</a>
צרכנות תומכת מחזור	Ipsos	סקרי צרכנות שיווקיים	רוני צ'יפרוט, סמנכ"לית פיתוח עסקי <a href="mailto:Ronny.Ciprut@ipsos.com">Ronny.Ciprut@ipsos.com</a>
שיווק, יעילות, ייצור, פונקציונליות ועמידות אריזה	PACK-TECH	יעוץ בתחום עיצוב, פיתוח וייצור אריזה	שירה רוזן <a href="mailto:shira@packtech.co.il">shira@packtech.co.il</a>
הפיכת פסולת למוצר רווחי	חדשנות מעשית	הפיכת פסולות ופחיתים למוצרים רווחיים	אלי שני 052-4743743
תחרות עם חומר גלם בתולי וערך כלכלי	יועצים אסטרטגים- BDO, KPMG, תפן		ראה אתר המרכז להתייעלות במשאבים – <a href="#">מאגר מומחים</a>

השוק הישראלי עובר תהליך משמעותי לסגירת מעגל חומר. המערך הלוגיסטי והטכנולוגיות בארץ לומדים להתאים עצמן אט אט, והתעשייה מובילה את השוק קדימה. לכל אחד מהחסמים שהוצגו במסמך ישנם מגוון של פתרונות מימוש, חלקם ברי ביצוע ברמה המערכתית- כמו קידום מיון טוב יותר, ניהול מידע על שטפים וכמויות של פלסטיק ממוחזר וכו'. וחלקם ברי ביצוע ברמת המפעל בהיבט שיווק, עיצוב אריזה ממוחזרת ומתמחזרת, הטמעת טכנולוגיות מתקדמות ועוד.

גם למקבלי ההחלטות תפקיד לא מבוטל בעידוד תעשיית המיחזור. קיימים מגוון תמריצים לקידום תעשיית המיחזור- תמרוץ שיתופי פעולה, סבסוד כניסה לשוק של מוצרים חדשים לשלב הוכחת מודל עסקי, תמרוץ מוצרים ומודלים עם אורך חיי מוצר, תמריצים למיון וניקוי אריזות, תמריצים לבחינת עלויות חיוביות של מוצר שיאפשרו חיסכון לעסק, סבסוד תהליכי גיבוש ידע על הגדלת ההבנה סביב מודלי מימון מעגליים, תמריצים לעידוד הביקוש לחומר ממוחזר בשוק, שינוי מבנה המס והוראת מע"מ במקרים מסוימים של מודלים מעגליים.

אנו מקווים כי מסמך זה יאפשר לבצע קפיצת מדרגה משמעותית בסגירת מעגל חומר בארצות פלסטיק בישראל. המרכז להתייעלות במשאבים מזמין כל אחת ואחד אשר מעוניין לקבל סיוע ו/או מידע בתחום. המרכז עובד עם מגוון יועצים מקצועיים שיכולים לסייע במציאת מגוון פתרונות ובהתמודדות עם האתגרים שהוצגו. המרכז להתייעלות במשאבים יכול לסייע בעלויות מחקר והטמעה לתעשיות השונות המבקשות לפעול לסגירת מעגל חומר.



- Plastic Waste Markets report - Nordic Council of Ministers
- Recommendations of other economic instruments, technological suggestions and regulatory/market based opportunities to support plastic circular economy in Israel - 31.07.2021 SwitchMed II ,UNIDO and Afeka institution
- McKinsey Center for Business and Environment. (2017). Ocean Conservancy; Stemming the tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. Retrieved from <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf>
- Carr, A., Fetherston, É., Makled, T., & Meyer, L. (2019). Towards a Circular Plastics Economy: Policy Solutions for Closing the Loop on Plastics. Center for Sustainable, Report No. CSS19-14
- Wastlund. E., Shams. P., & Otterbring. T., (2018). Unsold is unseen ... or is it? Examining the role of peripheral vision in the consumer choice process using eye-tracking methodology. Appetite 18, 49-56.
- <sup>1</sup> Scott. A., Pickard. S., Sharp. S., & Becqué, R., (2020). Phasing out plastics, Overseas Development Institute (ODI), Retrieved from <https://odi.org/en/publications/phasing-out-plastics/>
- López de Dicastillo, C., Velásquez, E., Rojas, A., Guarda, A., & José Galotto, M. (2020). The use of nanoadditives within recycled polymers for food packaging: Properties, recyclability, and safety. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 19, 1760-1776.
- Parker, L. (2017). A whopping 91% of plastic isn't recycled. Retrieved from <https://sustainability.ucsb.edu/sites/default/files/Planet-or-Plastic.pdf>
- Bridging the circularity gap in the LDPE value chain, A Tetra Pak and PolyPlank case study in Sweden. Margot Brahmi (2018). The international institute for industrial environmental economic.
- Plastic & Climate The Hidden Costs of a Plastic Planet, CIEL (2019) [link](#)
- <https://www.plastic-back.com>
- <https://www.grida.no/resources/6922>
- <https://plasticseurope.org/>
- <https://www.recyclingtoday.com/article/recycled-pp-hdpe-lower-carbon-footprint-pet/>
- <https://www.closedlooppartners.com/team-members/ron-gonen/>
- <https://upstreamsolutions.org/>

• מפת דרכים לקידום תעשיית PET מעגלית בישראל ד"ר נעמה ולד , המשרד להגנת הסביבה