

הצעות מחקר שהוכנו במסגרת קורס "פרויקטים באיכות הסביבה" – תש"ע

בנושא "טיפול בפסולת"



- 1 האם קיים אי-צדק סביבתי בשיקום מטמנות שיצאו מכלל שימוש בישראל?
 - 2 מה היעילות הכלכלית בהפרדת פסולת ביתית מוצקה במקור?
 - 3 מה מצב זיהום הסביבה בישראל במתכות כבדות מפסולת סוללות ומצברים?
 - 4 השוואת תוצרי קומפוסטציה ממקורות ביתיים ותעשייתיים
 - 5 זיהוי חסמים מנהליים למחזור חומרי בניה בישראל
 - 6 זיהוי חסמים טכנולוגיים למחזור בטון בישראל
- בלנק רותם, טוכמן יהודה לירן, כרמון נעמה, קלמר אפרת
- בן יהודה דניאל, גאנס יואלה, ליבנה יואב, קציר יוגב
- ארז אילנה, מגדר אילנה, מקלרנון אליסון, שלם ליאב
- זלצמן אהוד, לונדובסקי אפי, שלחין סיון, שמעוני נעה
- לוי-פלד גיולי, נוביס וטין דניאלה, סמוליאר אילנה
- בר סופר גבי, ברגר הילה, פרייס דן, פרלשטיין שירה

שיקום מטמנות פסולת בישראל: בבחינת אי-צדק סביבתי

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים בחקר הסביבה תש"ע

רכז הקורס : פרופ' עמרם אשל

מנחה המחקר : עו"ד איתי אליאב

מוגש על ידי : רותם בלנק, לירן טוכמן, נעמה כרמון ואפרת קלמר

אוגוסט 2010

תודות

לעו"ד איתי אליאב, על ההנחיה המדוייקת והמפרה לאורך כל הסמסטר

לעינת ברונשטיין מהמשרד להגנת הסביבה על שיתוף הפעולה והידע

תוכן עניינים

2	תודות
5	תקציר
6	מבוא
7	1. צדק סביבתי כנגזרת של צדק חברתי
7	1.1. הגדרת צדק חברתי
7	1.1.1. צדק חלוקתי וצדק הליכי
7	1.1.2. שילוב בין השניים
8	1.2. מהו מצב צודק?
9	1.3. (אי) צדק סביבתי
9	1.3.1. הגדרת צדק סביבתי
11	1.4. החברה הישראלית כמקרה פרטני
11	1.4.1. ארבעה צירים של הגדרת צדק (סביבתי בפרט)
13	1.4.2. צדק סביבתי בישראל
13	2. מטמנות פסולת בישראל
13	2.1. פתרונות להתמודדות עם פסולת - הטמנה
13	2.1.1. מהי מטמנה
14	2.1.2. השלכות סביבתיות של מטמנה
16	2.2. מדיניות ההטמנה בישראל - מטיפול מקומי לאתרים מרכזיים
16	2.2.1. הצורך בתוכנית מסודרת לטיפול בפסולת
16	2.2.2. תוכנית מתאר ארצית לטיפול בפסולת
17	2.2.3. חוסר הצלחה ביישום תמ"א 16
17	2.2.4. מצמידות לריכוזיות
18	2.3. סגירה ושיקום של מטמנות
18	2.3.1. תהליך השיקום
19	2.3.2. תכנית וקריטריונים לשיקום מטמנה

20	..... 2.3.3 תוכנית המשרד להגנת הסביבה לשיקום מטמנות בישראל
21	..... 3. שאלת המחקר
21	..... 3.1 חשיבותה של שאלת המחקר
22	..... 3.2 שיטת המחקר
24	..... 3.2.1 רמת השיקום
25	..... 3.2.2 הציר הלאומי
25	..... 3.2.3 הציר האתני
25	..... 3.2.4 הציר הכלכלי
26	..... 3.2.5 הציר הגיאוגרפי
26	..... 3.3 ניתוח תוצאות
28	..... 3.4 בעיות במחקר
29	..... סיכום
30	..... רשימה ביבליוגרפית
32	..... אתרי אינטרנט
32	..... מסמכים, פרוטוקולים, חוקים ותכניות
33	..... ראיונות
34	..... נספחים
34	..... נספח א'
35	..... נספח ב'
36	..... נספח ג'
37	..... נספח ד'

תקציר

מחקר זה מעלה את השאלה: האם מתקיים אי-צדק סביבתי בישראל בשיקום מטמנות שיצאו מכלל שימוש? בכדי להגיע למענה אשר יוכל להוות בסיס לדיון ציבורי-חברתי בנושא, יש בראש ובראשונה לפרוט את השאלה הזו למרכיביה הראשוניים ולעמוד על מושגים כגון אי צדק סביבתי, מטמנות ושיקום מטמנות. כיוון שהמחקר בא לבחון את המצב בישראל, יש לקשור את הגדרת המושגים הבסיסיים עליהם הוא נשען למציאות המקומית בהקשר הכלכלי-חברתי-פוליטי.

בפרק הראשון משורטט תהליך זיקוק הגדרת המושג "אי צדק סביבתי" בתצורתו המקומית. מתואר כיצד צדק סביבתי הינו נגזרת של צדק חברתי וכיצד ממגוון רחב של הגדרות ממקורות והוגים שונים מתומצתת לבסוף ההגדרה אשר תואמת ביותר את עניינינו של מחקר זה.

הפרק השני סוקר את דרך הטיפול בפסולת בהתמקדות על שיטת ההטמנה על כל מאפייניה והשלכותיה. גם פרק זה מתחיל מהגדרות כלליות ואוניברסליות ומתמקד בהמשכו במקרה הישראלי על מאפייניו הייחודיים. בפרק זה מובאות גם הגדרות עבור מטמנה וגם הגדרות עבור הטיפול הנדרש לשיקום מטמנה לכדי מניעת מפגעים ומטרדים סביבתיים.

פרק שלישי מתאר את שיטת המחקר. לאחר הבנת ההשלכות הסביבתיות והבריאותיות הכרוכות בהמצאותן של מטמנות לא משוקמות, ולאחר הבהרת "אי צדק סביבתי" מהו, מעוניין מחקר זה לקשור בין השניים ולמצוא התאמה אשר תסייע בגיבוש מדיניות עתידית לגבי שיקום מטמנות ולקביעת סדר העדיפויות בשיקומן. לצורך בדיקת התאמה זו נאספים נתונים לאומיים, אתניים, כלכליים וגאוגרפיים בישובים אשר נמצאים בקרבת מטמנה אשר הוגדרה כזקוקה לשיקום. כמו כן, נאספים נתונים פסיים על אותם אתרי הטמנה המועמדים לשיקום ומוערך מדד רמת השיקום של כל אתר ואתר. לאחר מוניפולציות סטטיסטיות המופעלות על הנתונים שנאספו ניתן יהיה לבחון באם מתקיים מצב של חוסר צדק ואם כן מי הן האוכלוסיות הנפגעות.

יש בידי מחקר מסוג זה הן לתת את הכלים לעמוד את מצב הצדק הסביבתי בסוגיה זו כיום לקראת קבלת החלטות בעתיד, והן לתת פתרונים לבאים לנסות ולתקן עוול שנוצר בעבר.

מבוא

מחקר זה עוסק בשאלת אי-צדק סביבתי המקבל ביטוי במצב השיקום של מטמנות פסולת ביתית שיצאו מכלל שימוש בישראל. כיום פזורים בארץ 77 אתרי סילוק פסולת ביתית מוכרים, אשר יצאו מכלל שימוש והוכרזו כזקוקים לשיקום.

במשך עשרות שנים הטיפול בסילוק פסולת היה תחת אחריותן של הרשויות המקומיות, כאשר עם גידול האוכלוסין והעליה ברמת החיים, גדלה באופן משמעותי גם כמות הפסולת הביתית. בכדי לענות על הצורך שנוצר, הוקמו במרוצת השנים ברחבי הארץ עשרות אתרי סילוק פסולת מקומיים, בלתי מוסדרים, נעדרי תשתיות הולמות ונטולי פיקוח. והנה לא איחר היום, בטרם הפכו אתרים אלה, הן משום חוסר המודעות והן משום העדר טיפול נאות, למטרדים סביבתיים של ממש. דו"חות ועתירות סביב הנושא, מובילים כולם למסקנות חותכות סביב ההכרח בשיקום המטמנות. כך למשל, בשנת 2004 בבג"צ "אדם, טבע ודין" נגד השר לאיכות הסביבה, נציב המים, מינהל מקרקעי ישראל, שר הפנים, שר האוצר ושר התשתיות הלאומיות, נכתב כי למרות דחיית העתירה מסיבות טכניות וביורוקרטיות, אין מנוס מטיפול דחוף בעניין מטמנות הפסולת שאינן משוקמות ומזקיפת האחראיים לעניין.¹

ואולם, שאלת הכרח השיקום איננה השאלה היחידה שעולה, שכן בתקציב מוגבל, מובן שגם אם ישוקמו כל אתרי הפסולת בבוא היום, הרי שיש צורך לקבוע סדר עדיפויות - אילו אתרים ישוקמו תחילה, ובאיזו מידה? שכן, מתוך אותם 77 אתרים שהוכרזו כזקוקים לשיקום, שוקמו עד כה רק עשרה במידה כלשהי. שאלת המחקר שעולה היא, אם כך, האם מצב שיקום המטמנות בישראל משקף אי-צדק סביבתי, ואם כן, מי הן האוכלוסיות הנפגעות. או במילים אחרות: האם קיים אי-צדק סביבתי בשיקום מטמנות פסולת שיצאו מכלל שימוש בישראל?

לשאלת שיקום אתרי הפסולת בישראל חשיבות מכרעת בסדר היום הסביבתי. לא זו בלבד שההשלכות של מטמנת פסולת בלתי משוקמת הן בלתי מבוטלות - מזיהום מי התהום ופגיעה במערכות אקולוגיות ועד הגברת התחלואה ופגיעה באיכות החיים, הרי שלתוצאות המחקר חשיבות רבה בגיבוש מדיניות עתידית לגבי שיקום מטמנות וקביעת סדר העדיפויות בשיקום. זאת לאור התעלמות מהיבט הצדק הסביבתי בגיבוש המדיניות וסדרי עדיפויות על ידי המשרד להגנת הסביבה בנושא שיקום מטמנות בפרט ובנושא הטמנת פסולת בכלל.

¹ אתר אדם טבע ודין, שיקום מטמנות, עתירת אדם טבע ודין לבג"ץ.

<http://www.adamteva.org.il/?CategoryID=287&ArticleID=200&SearchParam=%D7%A9%D7%99%D7%A7%D7%95%D7%9D>

1. צדק סביבתי כנגזרת של צדק חברתי

כפי שהגדיר זאת רוזן-צבי,² צדק סביבתי הוא "יישום של צדק חברתי בענייני סביבה".³ כמשתמע מכך, אי-צדק סביבתי הוא מצב בו היקף המפגעים הסביבתיים גדול יותר באזורים המאכלסים קבוצות חברתיות חלשות – כאלה הניתנות לזיהוי אתני, לאומי, גזעי או סוציו-אקונומי. כלומר, חלוקה הוגנת של הנטל הסביבתי בין פלגי האוכלוסיה השונים, כך שתענה על אמות המידה של הצדק החברתי, תיחשב לצדק סביבתי. ואולם, בטרם ניגש לדיון מעמיק במהותו של הביטוי "צדק סביבתי", חשוב לבחון את המינוח "צדק חברתי", על נגזרותיו, ובמיוחד לבחון האם טמון הצדק בכוונה והתהליך, או שמא בתוצאה?

1.1. הגדרת צדק חברתי

בדיון על שאלת ההוגנות והצדק החברתי, קיימת בספרות התייחסות לשתי קטגוריות-על, צדק חלוקתי וצדק הליכי, עליהן נפרט בקצרה להלן.

1.1.1. צדק חלוקתי וצדק הליכי

על פי רוזן-צבי, צדק חלוקתי עניינו חלוקה של הטובין החברתיים והרעות החברתיות באופן שוויוני ו/או הוגן, ודיון בו מתמקד אך ורק בתוצאות כפי שניתן לזהותן בפועל, ולא בסיבות ובגורמים שהביאו להן.⁴ כתיאורו של Michelman, צדק חלוקתי הנו הערכה מוכוונת-תוצאה של דפוס חלוקת הזכויות במסגרת התהליכים החברתיים, שאיננה עוסקת בנכונות או טוהר התהליכים עצמם.⁵ כלומר, השאלה מהם הגורמים שהביאו לחלוקה בלתי-צודקת, איננה רלוונטית כל עוד אנו עוסקים בדיון בצדק חלוקתי. או במילותיו של רוזן-צבי: "... אנו עוסקים בדיאגנוזה של הבעיה ולא בפרוגנוזה שלה".⁶

לעומת השיח ששם דגש על שאלת החלוקה בפועל בניתוח צדק חברתי, צדק הליכי פירושו "קבלת החלטות שוויונית והוגנת בחלוקת הטובין והרעות החברתיות, בהנחה שהליכים הוגנים יביאו לתוצאה הוגנת", והוא מסיט את המבט מתוצאות התהליך אל מנגנוני קבלת החלטות.⁷ Nozick, למשל, טוען כי השאלה אם חלוקת הטובין החברתיים היא צודקת, תלויה בתהליך באמצעותו הגיעו לתוצאה הזו: במידה והתהליך היה הוגן, הרי שגם התוצאה החלוקתית הנגזרת, תיחשב הוגנת.⁸

1.1.2. שילוב בין השניים

ייתכן ואף נכון להניח, כי תפיסה של צדק כחלוקתי בלבד או כהליכי בלבד, עשויה להציג תמונה צרה וחלקית של המציאות. רוצה לומר, צדק הליכי וצדק חלוקתי אינם מבטלים זה את זה

² ראו: רוזן-צבי, י. (2007). של מי הפסולת הזאת לעזאזל?! סילוק פסולת וצדק סביבתי בישראל. מחקרי משפט, כ"ג (2), 487-559.

³ שם, עמ' 497.

⁴ שם.

⁵ Michelman, I. F. (1973). In Pursuit of Constitutional Welfare Rights: One view of Rawls' Theory of Justice. *U. Pa. L. Rev.*, 121, 962-1019.

⁶ ראו: הערה 2, הערת שוליים 109, בעמ' 513.

⁷ ראו: הערה 2, עמ' 512.

⁸ Nozick, R. (1974). *Anarchy, State and Utopia*. New York: Basic Books, Inc.

ובמקרים רבים אף יובילו לתוצאה זהה. Dworkin מנה שני סוגים של זכויות, המקבילים לשתי קטגוריות הצדק: הזכות ליחס שוויוני במובן של חלוקה שווה של זכויות וטובין, אשר נובעת מעקרונות הצדק החלוקתי, והזכות ליחס שווה בהליכי קבלת ההחלטות, אשר נגזרת מעקרונות הצדק ההליכי.⁹ Dworkin כינה זאת "equal concern and respect" בהתייחסות מקבלי ההחלטות לאזרחי המדינה.¹⁰ ואכן, פעמים רבות, למרות שהאינטרסים והצרכים של האוכלוסיה נלקחים בחשבון בתהליך קבלת ההחלטות, נוצרת תוצאה בלתי צודקת. לחילופין, התמקדות בתוצאה החלוקתית לבדה, עשויה להטעות. על-כן, ישנה חשיבות רבה להתייחס לשני ההיבטים הללו בבחינה של צדק חברתי, כך שתתקבל תמונה שלמה של צדק.

ואולם, מפאת קוצרה של היריעה, ובשל הצורך למקד את הדיון בשלב בו חלק גדול מן ההחלטות כבר התקבלו – דהיינו, לאחר שנקבעו זה מכבר מיקומיהן של מטמנות הפסולת הרבה לפני כתיבתן של שורות אלה – יעסוק מחקר זה בהיבט החלוקתי של צדק סביבתי. רוצה לומר, ההיבט ההליכי של צדק בהתייחס למצב שיקום המטמנות בישראל, לא יקבל ביטוי במחקר זה. מחקרי המשך ישכילו לבחון גם מנגנוני קבלת החלטות שבבסיס מצב שיקום המטמנות הקיים כיום ואולי אפילו בשאלה של פריסת ומיקום המטמנות בארץ.

1.2. מהו מצב צודק?

Nozick שואל, מדוע חייב להתקיים שוויון בין אנשים? מדוע הבדלים בין אנשים חייבים להיות מוצדקים? מדוע יש עלינו החובה לרפא, לתקן ולפצות על מצב שאינו שוויוני? לדבריו, למרות שלא נכון להניח שבין כל בני האדם מתקיים שוויון אונטולוגי בהכרח, הרי שיש לשאוף לשוויון משום שיתוף הפעולה החברתי המתקיים ביניהם.¹¹ ואולם, עצם השאיפה לשוויון איננה פותרת את הצורך לענות על השאלות "מהי חלוקה שוויונית?" ו"מהי חלוקה הוגנת?", להן אין תשובה פשוטות כלל וכלל. שכן, על-מנת לענות על השאלה כיצד לחלק טובין או רעות חברתיות, יש לקבוע תחילה מהם הקריטריונים הרלוונטיים לבחינת שוויון או הוגנות בין אנשים וקבוצות. ואכן, האופן בו אנו מגדירים צדק והדרכים בהן נפעל למען הגעה למצב שייחשב צודק, אינם היינו הך – הגם שאנו שואפים לצדק בחלוקה, ישנן שיטות שונות להגיע אליו.

קיימות תיאוריות שונות המתוות קריטריונים לחלוקה הוגנת וליצירתו של מצב צודק, בין אם שוויוני הוא ובין אם לאו. במאמרו התייחס רוזן-צבי לארבעה מודלים שונים לפיהם ניתן להגיע לשוויון.¹² הראשון – מודל החלוקה השוויונית – מתייחס למינוח שוויון באופן המקובל ביותר, והוא שכל הקהילות בחברה תישאנה בנטל סביבתי זהה. הנחת היסוד הנה שהנטל הסביבתי ניתן למדידה אובייקטיבית ושניתן, בהתאם, לחלקו באופן שוויוני. שני מודלים נוספים – מודל הגמול ההולם ומודל ההעדפה המתקנת – מקבלים את הנחת היסוד לפיה הנטל הסביבתי ניתן לאומדן מדויק, אך הם חולקים על התפיסה השוויונית הפורמלית המונחת בבסיס המודל הראשון. כך, לפי מודל הגמול ההולם יש לחלק רעות סביבתיות באופן יחסי לתרומתה של כל

⁹ Dworkin, R. (1978). *Taking Rights Seriously*. Cambridge: Harvard University Press.

¹⁰ שם, עמ' 273.

¹¹ ראו: הערה 8.

¹² ראו: הערה 2, עמ' 515.

קהילה ליצירתן,¹³ ואילו לפי מודל ההעדפה המתקנת יש לקחת בחשבון את אי השוויון בין הקבוצות השונות בחברה, ולנסות לצמצמו על-ידי הטלת עול סביבתי גדול יותר על קבוצות אמידות בחברה.¹⁴ לבסוף, לפי **מודל ההעדפה הקהילתית** יש לשאול אם הקבוצות השונות בחברה מרוצות במידה שווה מן הנטל הסביבתי בקרבתן לצורך מחקר זה נבחר המודל הראשון - מודל החלוקה השוויונית - כקו המנחה לבחינתו של מצב צודק.

1.3. (אי) צדק סביבתי

כפי שהזכרנו בפתיחתה של עבודה זו, צדק סביבתי משמעו יישום כללי צדק חברתי בענייני סביבה. ראשיתו של העיסוק במינוח הצדק **כסביבתי**, החלה עם תנועת הצדק הסביבתי שקמה בארה"ב בתחילת שנות השמונים, והפנתה את תשומת הלב לאופן החלוקה הבלתי-שוויוני של רעות סביבתיות בין מגזרי האוכלוסיה השונים.¹⁵ כך, ברוח האקטיביזם ששרר אז, היו מבין חבריה שהרחיקו ואף כינו את התופעה של אי-צדק סביבתי "גזענות סביבתית" והיו שכינו אותה "חוסר הוגנות סביבתית". Collin תיאר, כי במרוצת השנים נעשה שימוש בשלושת המינוחים - צדק, הוגנות וגזענות סביבתית - כחופפים, וטען כי המינוח הנכון והמקובל ביותר בספרות כיום הוא **צדק סביבתי**, משום שהוא מקיף הן את שאלת המדיניות וקבלת ההחלטות (בדומה לרעיון הצדק ההליכי), והן את ההיבט החברתי של קיפוח ואי-שוויון בתוצאות (בדומה לרעיון הצדק החלוקתי).¹⁶

בטרם נגדיר צדק סביבתי במפורש, חשוב לשים לב לנקודת המוצא התיאורטית ממנה אנו בוחנים צדק, והיא העמדה האנתרופוצנטרית. לפי עמדה זו, שהיא חלק משלוש עמדות המקובלות בשיח הסביבתי, לאדם עליונות מוסרית בטבע, ועל-כן שיקולים סביבתיים צריכים לכלול את רווחתו וטובתו באופן אפריורי.¹⁷ ואכן, רוב הספרות שמתמודדת עם הגדרת עקרונות של צדק סביבתי, שמה את המשקל על שיקולי צדק כלפי קבוצות אנושיות ומגזרי האוכלוסיה השונים. במילים אחרות: לא לחינם ישנה ההקבלה הברורה בין צדק סביבתי וחברתי, שכן בבואנו לבחון הגדרות לצדק סביבתי, חשוב לזכור שההתייחסות היא אך ורק כלפי בני האדם. מקומן של מערכות טבע אחרות, כמו גם בעלי-חי אחרים, במערך השיקולים של מצב צודק סביבתי, צריך להיבחן ולידון עוד במחקרי המשך.

1.3.1. הגדרת צדק סביבתי

אז מהו צדק סביבתי? לפי התנועה לצדק סביבתי, ישנו קשר בל-ינותק בין אי-צדק חברתי ובין אי-צדק סביבתי, כאשר חוסר שוויון בפגיעה הסביבתית נובע מהכרעות אנושיות שאינן חפות מאפליה, גזענות ו/או ניצול.¹⁸ ואכן, מחקרים רבים מראים כי ישנם מתאמים מובהקים בין

¹³ ברוח עיקרון "המזהם משלם".

¹⁴ ברוח "עיקרון השוני" של רולס, המאפשר חריגה מן העיקרון האבסולוטי של שוויון אם יש בכך בכדי להיטיב עם החלשים ביותר. ראו: **What's Fairness Got to Do with It? Environmental Justice and the** Been, V. (1993). **Sitting of Locally Undesirable Land Uses.** *Cornell Law Review*, 78, 1001-1085.

¹⁵ ראו: הערה 2, עמ' 497.

¹⁶ Collin, R. W. (1994). **Review of Legal Literature on Environmental Racism, Environmental Equity and Environmental Justice.** *Journal of Environmental Law and Litigation*, 9, 121-172.

¹⁷ שלוש הגישות הן: אנתרופוצנטרית, ביוצנטרית ואקוצנטרית.

¹⁸ לובנוב, כ. (2005). **צדק סביבתי: צדק חברתי וזכויות אזרח.** חברה – כתב עת סוציאלי לענייני חברה, כלכלה, פוליטיקה ותרבות, 18.

השתייכות גזעית ו/או חברות בקבוצות מוחלשות (אם עקב השתייכות למעמד סוציו-אקונומי נמוך ואם עקב השתייכות לקבוצה אתנית כלשהי), ובין קרבה למפגעים סביבתיים.¹⁹ בדו"ח (אי) צדק סביבתי משנת 2005, הוסקו שתי מסקנות עיקריות: בישראל, לאוכלוסיות חלשות קשה יותר להתמודד עם מפגעים סביבתיים ולהתגונן מולם, ומספר קבוצות באוכלוסיה סובלות יותר מאשר האחרות מן המפגעים הסביבתיים הידועים.²⁰ במסגרת הדו"ח כתב דר' אלון טל, כי "המושג 'צדק סביבתי' בא לתת ביטוי למצבים בהם אוכלוסיות מוחלשות מבחינה כלכלית, חברתית או פוליטית, מוצאות עצמן חשופות למפגעים סביבתיים וללא גישה למשאבי טבע בסיסיים, כתוצאה מהיותן קבוצות שוליות בחברה... כאשר אנו מחפשים את חוסר הצדק הסביבתי בחברה, אותן קבוצות רלוונטיות אינן מוגדרות בהכרח על ידי המוצא האתני שלהן או על ידי ההכנסות לנפש. מדובר בשילוב של מאפיינים, המביאים לכך שמצוקה סביבתית נגרמת ממעמדם החברתי".²¹

במאמרה מונה Taylor שלושה-עשר מאפיינים לאי-צדק סביבתי, ביניהם סבירות גבוהה יותר לחשיפה למפגעים סביבתיים, השפעה שלילית לא-מידתית של רעות סביבתיות ו/או רגולציה הקשורה ברעות סביבתיות על האוכלוסיה, סגרגציה של כוח העבודה ומיקום שכונות המגורים ביחס למפגעים סביבתיים וחוסר שוויון באפשרות להתגונן ולהימנע ממפגעים סביבתיים.²² בדומה לה, מגדיר Pellow אי-צדק סביבתי כאי-צדק חברתי בנוגע לנטל הסביבתי,²³ אך קורא לשים דגש גדול יותר במינוח גם על ההוגנות הסביבתית, ולהגדיל בכך את המשקל של קבלת ההחלטות ולא רק התוצאה הלא-שוויונית.²⁴ במודל תיאורטי שהוא שוטח, כותב Pellow כי בבואנו להגדיר אי-צדק סביבתי, יש לשמור על שלוש הנחות יסוד: (1) אי-צדק וחוסר שוויון סביבתי הנו תהליך סוציו-היסטורי מתמשך, ולא מאורע ספציפי; (2) אי-צדק סביבתי מערב שכבות רבות באוכלוסיה להן אינטרסים נוגדים, ולכן חשוב לבחון אותו מנקודת מבט קונפליקטואלית; ו- (3) יש לבחון את צריכתם והפקתם של מפגעים סביבתיים לא כתוצר של קונפליקט מקומי, אלא כמייצגים תהליך רחב.

בהגדרה רחבה במיוחד של צדק סביבתי, שנוסחה על ידי הרשות להגנת הסביבה בארה"ב ב-1993 נכתב כי "צדק סביבתי הנו טיפול הוגן ומעורבות בעלת משמעות של כלל האוכלוסייה ללא קשר למוצא, צבע, לאומיות או הכנסה ובהתייחס לפיתוח, יישום ואכיפה של חוקים סביבתיים, תקנות ומדיניות", כאשר "טיפול הוגן משמעו: אף לא קבוצת אוכלוסין אחת, כולל קבוצות מיעוטים אתניים או סוציו אקונומיים, צריכה לשאת בחלוקה בלתי פרופורציונלית של השלכות סביבתיות שליליות הנגרמות מפעולות תעשייה, רשויות מוניציפאליות או מביצוע תכניות ומדיניות ברמה המקומית, האזורית והלאומית", ואילו "מעורבות משמעותית פירושה: (1) מתן

¹⁹ ראו, למשל: Bullard, R. D. (1971). *Solid Waste Sites and the Black Houston Community*.

U.S. General Accounting Office (1983). *Sitting of Sociological Inquiry*, 53(2-3), 273-288.

Hazardous Waste Landfills and Their Correlation with Racial and Economic Status of Surrounding Communities. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

²⁰ לובנוב כ. (עורכת). דו"ח (אי) צדק סביבתי 2005 – בריאות, סביבה וחברה. ועדת המעקב לצדק סביבתי: חיים וסביבה -

ארגון גג של שוחרי איכות חיים וסביבה (ע.ר.). אתר האינטרנט: www.sviva.net.

²¹ שם, עמ' 77.

²² Taylor, D. (2000). *The Rise of the Environmental Justice Paradigm*. *American Behavioral Scientist*, 43(4), 508-580.

²³ ובכך הגדרתו דומה מאוד לזו של רוזן-צבי, איתה פתחנו את עבודה זו.

²⁴ Pellow, D. N. (2000). *Environmental Inequality Formation: Toward a Theory of Environmental Injustice*. *The American Behavioral Scientists*, 43(4), 581-602.

הזדמנות ממשית לתושבי הקהילות הנפגעות, לקחת חלק בהחלטות בנוגע לפעילות שמשפיעה על סביבתם ו/או בריאותם; (2) תרומת הציבור יכולה להשפיע על החלטות רשויות הממשל; (3) דאגות של כל השותפים המעורבים יילקחו בחשבון בתהליך קבלת ההחלטות; ו- (4) מקבלי ההחלטות יסייעו למעורבותם של הנפגעים".²⁵

ניתן לראות, אם כן, כי המגמה הכללית בספרות הנוגעת לצדק ואי-צדק סביבתי, הנה לשאוף להגדרות מקיפות וכוללניות, שנותנות ביטוי הן לפן החלוקתי של תוצאות התהליכים, והן לתהליכים עצמם, לאופן קביעת המדיניות, למניעים של קובעי המדיניות ולנקודת המוצא התיאורטית שמניחה קיומו של קונפליקט חברתי עמוק וניצול החלשים בידי החזקים.

אם לסכם את כל ההגדרות שנסקרו כאן לכדי הגדרה ממצה אחת, נוכל לומר כי אי-צדק סביבתי הנו מצב של חלוקה לא שוויונית של מפגעים, מטרדים וסכנות סביבתיים, אשר קשורים בקשר בל-ינותק לתהליכי קבלת החלטות מפלים, ובאים לידי ביטוי הן בהפקת המפגעים וצריכתם, והן בטיפול בהם וביחס בין האחראיים להפקה ובין הסופגים את התוצאה. או בקצרה: **אי-צדק סביבתי הנו מצב שבו קיימת חלוקה בלתי הוגנת של רעות סביבתיות או טובין סביבתיים והחלטה שהובילה לחלוקת הרעות או הטובין הסביבתיים התקבלה בהליך לא הוגן.**

1.4.1. החברה הישראלית כמקרה פרטני

במקרה של החברה הישראלית, מקבל הדיון בצדק סביבתי משמעות מקומית, שכן השיח כולל בתוכו רכיבים פוליטיים ייחודיים, כמו גם תפיסה מסוימת של מרחב. במאמרו כתב עו"ד ברכה כי יש להטיל ספק במידת הרלוונטיות של הגדרות אוניברסליות לצדק סביבתי, משום שלרכיב הגיאוגרפי משקל משמעותי ותפקיד דומיננטי בעיצוב הרעיון של צדק סביבתי.²⁶ שכן, באמרינו כי מתקיים אי-צדק בחברה מסוימת, וודאי שעלינו לשקול כלפי מי נעשה אי הצדק, ומיהן אותן שכבות אוכלוסיה המודרות בידי אחרות ושכלפיהן נעשה אי צדק. ואכן, לחברה הישראלית מאפיינים ייחודיים משלה אשר צובעים את הדיון בצדק סביבתי בגווני מסוימים מאוד שחשוב לתת עליהם את הדעת.

1.4.1.1. ארבעה צירים של הגדרת צדק (סביבתי בפרט)

כפי שכותבים פיש ורוזן-צבי, ארבעה צירים מרכזיים, הקשורים זה בזה בקשר אינהרנטי ומהווים בסיס לחוסר שוויון כלכלי וחברתי (ולכן גם סביבתי) בישראל: הציר הלאומי, הציר האתני, התיר הכלכלי והציר הגיאוגרפי.²⁷

1.4.1.1. הציר הלאומי

המתח שמתקיים בין הגדרתה של ישראל כמדינה יהודית ובין מחויבותה המוצהרת לדמוקרטיה ולשוויון, מלווה ומאפיין את היחס למיעוט הערבי בישראל עוד מאז הקמת המדינה. הציר הלאומי עניינו, היחסים המורכבים בין המיעוט הערבי והרוב היהודי בישראל, או במילים

²⁵ בתרגום חופשי, מתוך אתר האינטרנט של הרשות להגנת הסביבה בארה"ב:

<http://www.epa.gov/compliance/environmentaljustice>

²⁶ ברכה, ע. (2008). פרקטיקה מעשית של צדק סביבתי. מעשי משפט – כתב עת למשפט ולתיקון סביבתי, א, 179-189.

²⁷ פיש, ד. (תשס"ד-תשס"ה). צדק סביבתי בישראל: המפגש בין דיני זכויות האדם ודיני איכות הסביבה. משפט וממשל ז', עמוד 922. פיש מתייחס רק ל-3 צירים: ציר אתני-לאומי, הציר הגיאוגרפי והציר הכלכלי, רוזן צבי מוסיף גם את הציר האתני ראו: הערה 2. עמוד 502-503.

אחרות: האפליה והקיפוח המתמשכים של המיעוט הערבי בישראל. ואכן, אין זה חדש לאיש שמיעוט זה מופלה לרעה במרבית - אם לא בכל - תחומי החיים בהם תלוי האזרח ברשויות המדינה, כגון חינוך, רווחה ותשתיות. עובדה זו מגבירה את הסבירות שמגזר זה סובל מאפליה גם בנושאים סביבתיים.²⁸

1.4.1.2. הציר האתני

בנוסף לקיומו של מתח לאומי בין ערבים ויהודים בישראל, הרי שישנו מתח נוסף, סמוי יותר אך בעייתי לא פחות, בין המגזרים האתניים השונים בארץ. עניינו של הציר האתני הוא ביחסים המורכבים שבין הקבוצות האתניות השונות בקרב האוכלוסייה היהודית. כפי שהתייחס לכך רוזן-צבי, למזרחיים ולעולים החדשים מאתיופיה וממדינות בריה"מ לשעבר יש ייצוג גבוה בקרב השכבות החלשות באופן לא פרופורציונאלי לשיעורם באוכלוסייה, מה שמגדיל את הסיכוי של קבוצות אלה לחשיפה גדולה יותר למפגעים סביבתיים.²⁹ זאת ועוד, לחלוקה החברתית של מרחב ישנה חשיבות מרכזית בהבנת היחסים בין קבוצות בחברה, עקב ההשפעה הישירה שיש לחלוקה זו על שיעתוקם של פערים חברתיים.³⁰ כך, מדיניות ההתיישבות, שדחפה את בני המיעוטים האתניים אל פריפריה עם עלייתם לארץ, סייעה לקבע פערים חברתיים וכלכליים שהיו קיימים זה מכבר במישור האתני, כשהמרחק הפיזי מהמרכז (ומהרוב האשכנזי בו), רק חיזק עוד יותר מרחק מנטלי, חברתי, כלכלי או אחר.³¹

1.4.1.3. הציר הכלכלי

הציר הכלכלי עוסק ביחס שבין יכולת כלכלית לבין איכות חיים. אוכלוסיות מבוססות ובעלות אמצעים יכולות להפעיל את כוחן הכלכלי והפוליטי ולדאוג לתנאים סביבתיים מועדפים ולגישה נוחה יותר למשאבים סביבתיים.³² לאוכלוסיות חזקות יש יכולת לנהל מאבק יעיל ואפקטיבי במפגעי סביבה באופן טוב יותר מאשר לאוכלוסיות חלשות. יתרה מזאת, אוכלוסיות חזקות יכולות להגיע ביתר קלות אל מקבלי ההחלטות, הן עקב היותן בעלות משאבים כלכליים ונגישות לאנשי המקצוע, והן משום הפנאי והפניות שברשותן (כמו גם הידע) לניהול מאבק סביבתי.³³

1.4.1.4. הציר הגיאוגרפי

על-פי רוב נודע לרכיב הגיאוגרפי תפקיד דומיננטי בעיצובו של הצדק הסביבתי. אולם, היותה של מדינת ישראל אחת המדינות הצפופות ביותר בעולם מביא למצב בו לפיזור המפגעים הסביבתיים יכולת פגיעה פוטנציאלית בציבור כולו, חזק כחלש. עם זאת, אוכלוסיה חזקה יותר תצליח על-פי רוב "לרכוש" לעצמה סביבה נאותה יותר, וזה בשל ריחוקה ממוקדים פריפריאליים בהם סבירות גדולה יותר להיחשף למפגעי סביבה.³⁴ כך, מחייה יקרה באזור המרכז, ששמורה

²⁸ שם.

²⁹ שם.

³⁰ יפתחאל, א. (תשנ"ח). בינוי אומה וחלוקת המרחב ב'אתנוקרטיה הישראלית': התיישבות, קרקעות ופערים עדתיים. עיוני משפט כ"א, 637.

³¹ זו דוגמא מצוינת לקשר האינהרנטי - כמעט בלתי ניתן להפרדה - בין הצירים השונים, וכאן בין הציר האתני לגיאוגרפי והכלכלי.

³² ראו: הערה 2, עמ' 502.

³³ ברכה, ע. (2008). פרקטיקה מעשית של צדק סביבתי. מעשי משפט - כתב עת למשפט ולתיקון סביבתי, א, 179-189.

³⁴ שם.

לבעלי האמצעים או בעלי הייחוס המשפחתי, תסייע לאותן אוכלוסיות להימנע ככל שניתן במדינה קטנה כשלנו מחשיפה למפגעים סביבתיים, בעוד שמגורים בפריפריה (ובמיוחד אזור דרום הארץ), שהם תוצר של כורח פעמים רבות (ראו דיון בציר האתני), חושפים את התושבים באופן משמעותי למפגעי סביבה רבים ומסוכנים יותר.³⁵

1.4.2. צדק סביבתי בישראל

אם כן, בבואנו לבחון האם מתקיים אי-צדק סביבתי בחברה הישראלית, חשוב להתייחס לכל אחד מארבעת הצירים שפורטו לעיל: הלאומי, האתני, הכלכלי והגיאוגרפי, כמו גם לקשר ההדוק ביניהם, בכדי לקבל תמונה שלמה של מצב הצדק הסביבתי. שהרי, "ארבעת הצירים הללו אינם ניתנים להפרדה, שכן הם מקיימים ביניהם קשרי גומלין משמעותיים".³⁶ כך למשל, כפי שמוזכר בדיון על הציר האתני, מזרחיים ועולים חדשים מהווים רוב גדול מתושבי הפריפריה, אשר חלק ניכר מהם גם חלש מן הבחינה הכלכלית והפוליטית. לפיכך, יש לתת את הדעת לכל הגורמים הללו. ולסיכום, לאור התפיסה של צדק במחקר הנוכחי: **מצב צדק סביבתי בישראל** הנו מצב של חלוקה שוויונית של רעות סביבתיות ומדיניות סביבתית (ובכיוון ההפוך - טובין סביבתיים), בין המגזרים הלאומיים והאתניים השונים, ללא קשר למצב סוציו-אקונומי ו/או מיקום גיאוגרפי בארץ.

2. מטמנות פסולת בישראל

2.1. פתרונות להתמודדות עם פסולת - הטמנה

בשנת 2005 נוסחה תכנית-אב לטיפול בפסולת מוצקה בישראל.³⁷ תכנית האב הינה מסמך המשרטט את המדיניות המומלצת לטיפול בפסולת. מבחינה מתודולוגית מוגדרות שלוש דרכים בסיסיות לטיפול בפסולת: הפחתה במקור, השבה והטמנה. הטמנה הינה המוצא האחרון, המטרה היא, שאליה תגיע פסולת שלא היה ניתן למצוא לה פיתרון אחר ולא ניתן היה למנוע את שיגורה למטמנה.³⁸ בין השאר מנסה תכנית האב לתת פיתרון לעיצוב תפיסת ההטמנה לטווח ארוך, על מנת לטפל בפסולת המוטמנת באופן אופטימאלי.

2.1.1. מהי מטמנה

במושג "הטמנה" מתשמשים כדי לתאר סילוק פסולת על ידי קבורתה באדמה בצורה מבוקרת באתרים שנבחרו לכך במיוחד. ההטמנה יכול שתבצע בבורות קיימים כגון מחצבות³⁹ או בבורות חדשים שנכרו לשם כך. כמו כן יתכן שההטמנה תעשה על פני האדמה תוך טיפוס לגובה.⁴⁰ היות והטמנה בצורה מבוקרת החלה להתבצע בארץ בעשורים האחרונים בלבד יש להבחין בין סוגי המטמנות הקיימות בארץ. מטמנות, יש שהן פיראטיות, מוכרזות, או מוכרזות

³⁵ והדוגמא הטובה ביותר לכך היא, כמובן, רמת חובב והאזור הסובב אותה, שם עולות פעמים רבות טענות מרות מצד הציבור שסובל ממפגעי המטמנה ומהשלכותיה.

³⁶ ראו: הערה 2, עמ' 503.

³⁷ מרינרוב א., סברדלוב א., קליין ד. (2004). **מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל**, תכנית אב.

³⁸ שם, עמ' 3.

³⁹ במחצבות ניתן להטמין פסולת יבשה בלבד, תהליך הטמנת פסולת מתאימה במחצבה יכול להוזה חלק מהליך שיקומה.

⁴⁰ ראו: הערה 37, עמוד 3.

ומבוקרות. מטמנות פיראטיות קיימות בהמוניהן, אין עליהן כל פיקוח או יכולת פיקוח והן נוצרות על ידי השלכה של פסולת באתרים אקראיים וללא תאום עם הרשויות. מטמנות מוכרזות (ידועות לעיתים כאתרים לסילוק פסולת) היו פעילות עד שנות ה-90 וזאת בתאום עם הרשויות, אך בשל חוסר ידע ומודעות, לא נעשה כל טיפול מקדים בבור ההשלכה או בפסולת עצמה לכדי מניעת השלכות סביבתיות. מטמנות מוכרזות ומבוקרות (ידועות גם בשם מטמנות סניטריות או מוסדרות) הן כאלו הפועלות בהנחיות המשרד להגנת הסביבה משנות ה-90 ותחת תקנים מחמירים לטיפול בפסולת על מנת למנוע מפגעים סביבתיים. במחקר זה השימוש במושג מטמנה מתייחס לאתרי סילוק פסולת מוכרזים אך לא מבוקרים.

הטמנת פסולת נחשבת כשיטה הנחותה ביותר בהיררכיה של השיטות השונות לסילוק פסולת, עם זאת, היא השיטה הראשונה שהשתמשו בה מאז הוחל בסילוק מבוקר של פסולת מוצקה במשקים מתקדמים ונשארה עד היום הנפוצה ביותר. למרות כל המאמצים להפחית את כמויות הפסולת במקור ולמחזרה, פעולות אשר יביאו בסופו של דבר להפחתת כמויות הפסולת המועברת להטמנה, לא ניתן יהיה לבטל את הצורך המוחלט בקיום מטמנות לסילוק פסולת שתיוותר לאחר כל הטיפולים. אין כל אפשרות ישימה, אם כן, שלא להקצות במשך הזמן עוד קרקעות בהיקף בלתי מבוטל לצורך הטמנה. בעולם נהוג לסווג את המטמנות המבוקרות על פי סוג הפסולת המותרת בהן לסילוק. כך, קיימות מטמנות לסילוק פסולת יבשה,⁴¹ מטמנות לפסולת אורגנית רטובה, פסולת תעשייתית ופסולת רעילה (שהיא עצמה נחלקת לעיתים לסוגים שונים של פסולת המטופלת ומוטמנת באתרים שונים).⁴²

פעילות אתרים אלו ללא התשתיות הנדרשות גרמה למפגעים סביבתיים קשים שיפורטו להלן. סגירת האתרים אינה מונעת את המשך המפגעים לסביבה ויש לטפל בהם על ידי שיקום המטמנה הסגורה. אתרים אלו ממוקמים ברובם על אזורי ההזנה של מקורות המים העיקריים של ישראל (אקוויפר החוף ואקוויפר ההר) לפיכך, זהו חמור של קרקע ומקורות מים נגרם בשל המשך דליפת תשטיפים אל הסביבה.⁴³

2.1.2. השלכות סביבתיות של מטמנה

לכל מטמנה באשר היא ישנן השלכות סביבתיות. המיידית ביותר הינה השתלטות על קרקע שלרוב היתה לפני כן שטח ציבורי פתוח. גם בהנחה שהמטמנה תפעל על פי כל הדרישות והתקנים ולאחר מספר שנים תסגר ותשוקם כראוי עדיין לא תחזור הקרקע להיות רבת שימושים כבעבר.⁴⁴ פיתרון יחיד לבעיה זו אם כן, הוא צמצום כמות הפסולת המוטמנת. בעיות קשות יותר מתעוררות כאשר המטמנה אינה מוסדרת או משוקמת כראוי, השלכות כגון זיהום אויר, מים וקרקע כמעט בלתי נמנעות.

⁴¹ פסולת יבשה היא אשפה שאינה מכילה חומר אורגני רבובי ו/או חומר מסוכן, למשל, פסולת בניין, פסולת גושית או פסולת אינרטי.

⁴² בארץ למשל, ישנה הפרדה במיקום וטיפול הפסולת הגרעינית (מטופלת וניטמנת בנחל סורק), האפידמיולוגית (מטופלת בבתי חולים) ומסוכנת אחרת (מובלת, מטופלת ומוטמנת ברמת חובב).

⁴³ אתר המשרד להגנת הסביבה, שיקום אתרי סילוק פסולת מעורבת.

⁴⁴ http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=dump_restore&enZone=dump_restore

למשל, היות והבניה בארץ נעשית על ידי הפירת והנחת יסודות, לא ניתן להכשיר את הקרקע ששימשה בעבר למטמנה עבור בניה.

זיהום אוויר

זיהום האוויר נגרם על ידי שחרור של פטוגנים רעלניים וגזים.⁴⁵ הגורם המהותי והמרכזי להוצרתו של זיהום האוויר (כמו גם זיהומים נוספים שיפורטו בהמשך) הנו המרכיב האורגני שבפסולת המוצקה. הטמנת חומרים אורגניים פריקים במטמנה, אשר בדרך כלל שוררים בה תנאים אנאירוביים,⁴⁶ גורמת ליצירת גז. הגז הנוצר מכיל בדרך כלל 50% - 60% מתאן, וכ 30% - 40% דו תחמוצת הפחמן וכן שאריות של גזים אחרים שנותנים לו ריח מאד ספציפי, שמהווה עדות למטרד. גז זה מהווה מטרד ומפגע סביבתי, הוא עשוי לגרום לבערות באתר הוא נפיץ בתנאים מסויימים ברדיוס של 400 מ' והוא גז חממה ולכן יש למנוע את פיזורו באטמוספירה. מכל טון של חומר אורגני נוצר כ 400-500 מטר מעוקב של גז. כמות זאת תלויה בתנאים הספציפיים של כל אתר ואתר ובמיוחד באופי הטיפול בפסולת, מידת הידוקה וכמויות המים הנמצאות בה.⁴⁷ תהליך פליטת הגז נמשך מספר שנים וכך גם לאחר סיום השימוש במטמנה וסגירתה ממשיך תהליך שחרור הגז וכך גם הפגיעה הסביבתית.

מגוון מחקרים מצביעים על קשר ישיר בין קירבה/חשיפה למטמנה ובין בריאות לקויה ותחלואה רבה יותר ברדיוס של עד כ-3 קמ' מאתר ההטמנה. בין ההשפעות שנחקרו נמצא אחוז גבוה של ילודת פגים ושל מומים מולדים, בעיות נשימה, עור, נרקוטיקה וסוגים שונים של סרטן באוכלוסייה שגרה בסמוך למטמנה. הרבה מהפטוגנים,⁴⁸ מגיעים אל האוכלוסייה דרך האוויר ונמצאה שרידות גבוהה של פטוגנים, קוליפורמים וסטפטוקוקוס בסביבת אתרי הטמנה גם מספר שנים לאחר סגירת המטמנה. למרות שרוב התחלואה מועברת כמוסבר לעיל, ידוע כי היא מועברת גם דרך התפתחות אוכלוסיות של מכרסמים וזבובים נושאי מחלות באתרי הפסולת.⁴⁹

זיהום מים

חומרים מומסים מתוך החומר האורגני המוטמן יוצרים יחד עם הנוזלים הנמצאים במקום מסה הדולפת ומחלחלת הידועה כתשטיפים (leachate). המים המזוהמים מגיעים לעיתים אל האקוויפר ובארות של מי שתייה. השפעת הזיהום, אם כן, יכולה להגיע לאוכלוסיות השואבות את מימיהן מהבארות המזוהמים ואף על כאלו רחוקות יותר המקבלות את מימיהן מהאקוויפר (תלוי בגודלו והיקפו, כמובן). בארץ, אתרי סילוק פסולת ממוקמים ברובם על אזורי ההזנה של מקורות המים העיקריים של ישראל (אקוויפר החוף ואקוויפר ההר) לפיכך, זהו חמור של קרקע ומקורות מים נגרם בשל המשך דליפת תשטיפים אל הסביבה.⁵⁰

Lisk, D.J. (1991). **Environmental Effects of Landfills**. *The Science of the Total Environment*, 100, 415-468. pp.450.

⁴⁶ תנאים אנאירוביים - ללא נגישות לחמצן.

⁴⁷ מרינרוב א., סברדלוב א., קליין ד. (2004). **מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל**, תכנית אב. עמ' 26.

⁴⁸ פטוגן - מיקרואורגניזם מחולל מחלה

⁴⁹ Giusti, L. (2009). **A Review of Waste Management Practices and Their Impact on Human Health**. *Waste Management*, 29, 2227-2239. Lisk, D.J. (1991). **Environmental Effects of Landfills**. *The Science of the Total Environment*, 100, 415-468. Vijheid, M. (2000). **Health Effects of Residence near Hazardous Waste Landfill Sites: a Review of Epidemiologic Literature**. *Environmental Health Perspectives*, 108(1), 101-112.

⁵⁰ אתר המשרד להגנת הסביבה, שיקום אתרי פסולת מעורבת,

http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=dump_restore&enZone=dump_restore

השפעות על קרקע

התשטיפים המוזכרים לעיל מזהמים גם את הקרקע דרכה הם מחלחלים, זיהום היכול להתפשט לרדיוס גדול סביב המטמנה כתלות בכמות החומר האורגני, כמות הנוזלים וסוג הקרקע. זיהום זה פוגע ביכולת להשתמש בקרקע לגידולים חקלאיים. בעיה נוספת המופיעה בעיקר בשנים הראשונות לאחר סגירת המטמנה היא תופעת שקיעת הקרקע. עקב התשחרות הגזים והנוזלים שוקע המפלס העליון של המטמנה גם אם הוסדר והודק כראוי. בשנה הראשונה לאחר סגירת האתר מתבצעת רוב השקיעה אך שינויים במפלס צפויים התרחש עד כ-9 שנים לאחר סיום ההטמנה הפעילה.⁵¹

סגירת האתרים אינה מונעת את המשך המפגעים לסביבה ויש לטפל בהם על ידי שיקום המטמנה הסגורה.

2.2 מדיניות ההטמנה בישראל - מטיפול מקומי לאתרים מרכזיים

2.2.1 הצורך בתוכנית מסודרת לטיפול בפסולת

הטיפול בסילוק פסולת היה במשך עשרות שנים תחת אחריותן של הרשויות המקומיות. עם הגידול המשמעותי באוכלוסיה והעלייה ברמת החיים לאורך השנים, גם כמות הפסולת גדלה משמעותית. על-פי נתוני המשרד להגנת הסביבה, בשנת 1975 עמדה הכמות הממוצעת של פסולת מוצקה לנפש ליום על 1.2 ק"ג וב-1998 על 2.2 ק"ג, כלומר גידול של 5% לשנה.⁵²

כדי לענות על הצורך שנוצר, הוקמו במרוצת השנים ברחבי הארץ עשרות אתרי סילוק פסולת מקומיים, בלתי מוסדרים ונטולי פיקוח. הן בשל חוסר מודעות והן בשל העדר טיפול נאות הפכו רבים מהאתרים האלה למטרדים סביבתיים של ממש.⁵³

2.2.2 תוכנית מתאר ארצית לטיפול בפסולת

בראשית שנות השבעים החלו מספר גופים ממשלתיים לגבש תכנית מתאר ארצית (תמ"א) להסדרת הטיפול בפסולת.⁵⁴ בהתבסס על ממצאי סקר מקדים שהצביע על בעיות תברואתיות קשות, נבחנו אלטרנטיבות שונות לסילוק הפסולת ובהן הטמנה, שריפה ומחזור - משיקולי עלות וזמינות נבחרה לבסוף הטמנה כשיטה המועדפת. התוכנית - תמ"א 16, אושרה בהחלטת ממשלה מספר 255 במרץ 1989.

מטרת התוכנית היתה לבחור אתרים המתאימים מבחינה כלכלית וסביבתית לסילוק אשפה. בין עקרונות התוכנית הוגדרו: צמצום והסדרת מספר אתרי האיסוף, סיווג ייעודי קרקע לאתרי סילוק, הגדרה של דרכי הטיפול באשפה, סיווגה, הגדרת אזורי איסוף, תחנות מעבר וצמידות בין אתרי הסילוק לאזורי האיסוף ותחנות המעבר וקביעת שלבי ביצוע.⁵⁵

Lisk, D.J. (1991). *Environmental Effects of Landfills. The Science of the Total Environment*, 100, 415-468. pp.452.⁵¹

דרורי, ז. (2007), מקרקעין וערכם – בטאון לשכת שמאי מקרקעין בישראל, **החיים בנבל – פרק א'**
[http://www.drori-shaked.co.il/userfiles/file/%20-%20%20%20%20-%20%20%201-2008\(4\).pdf](http://www.drori-shaked.co.il/userfiles/file/%20-%20%20%20%20-%20%20%201-2008(4).pdf)⁵²

ראו: הערה 2, עמ' 491-495.⁵³

ראו: הערה 51.⁵⁴

ראו: הערה 2, עמ' 494.⁵⁵

לשם כך, חילקה תמ"א 16 את שטח המדינה ל-42 איזורי איסוף, מהם נאספת האשפה לשם העברתה לתחנות מעבר או ישירות ל-28 אתרי סילוק וטיפול. אתרי הסילוק נחלקו לשני סוגים: אתרי סילוק מקומיים (אס"מ) המשמשים לקליטה מאתר איסוף או שניים ואתרי סילוק מרכזיים (אסמ"ר) המשמשים לקליטת פסולת ממספר רב יותר של אתרי איסוף. התוכנית שמה דגש על צמידות בין האתרים, כלומר, כל אתר סילוק נועד לשרת את אתרי האיסוף הסמוכים לו.

2.2.3 חוסר הצלחה ביישום תמ"א 16

בשנים שלאחר אישורה, קשיי יישום הפכו את מימוש התוכנית לבלתי אפשרי. הקשיים נוצרו בעיקר עקב הדרישה להכין לכל אתר תוכנית מפורטת אשר תתווה את גבולותיו, מגבלות הבנייה סביבו וסדרי התעבורה אליו ותכלול הוראות הנחוצות למניעת מפגעים ומטרדים. לשם כך נדרש שיתוף פעולה מצד הרשויות המקומיות השולטות בוועדות התכנון המקומיות. הרשויות שהתנגדו למיקום אתרי סילוק פסולת בתחומן, טרפדו כל אפשרות לקדם את תכנון ואישור האתרים שנקבעו בתכנית המתאר. כתוצאה מכך, מתוך 28 האתרים שיועדו בתוכנית לסילוק ולטיפול באשפה, אושר רק אתר אחד (אבליים שבגליל המרכזי). שאר האתרים המיועדים הופעלו מכוח היתר לשימוש חורג, או שלא הופעלו כלל.⁵⁶

בשנת 1991 תוקנה תמ"א 16, כך שחמישה אתרים לסילוק פסולת הצליחו להתווסף, אולם לבסוף למעט אתר דודאים יתר האתרים לא הצליחו לעבור את המשוכה הגבוהה שהציבו הוועדות המקומיות לתכנון ולבנייה. קשיי היישום באו לידי ביטוי בסקר מקיף שערך המשרד לאיכות הסביבה בשנים 1991-1993. הסקר, אשר בחן אתרים פעילים לסילוק פסולת (כולל פיראטיים), העלה כי מספר האתרים צמח במהלך השנים והגיע ל-590. אתרים אלו יצרו מוקדים רבים של זיהום קרקע, אויר ומים בכל רחבי הארץ.⁵⁷

2.2.4 מצמידות לריכוזיות

נוכח כמויות הפסולת שנערמו ולאור חומרת המצב בגוש דן - בו אתר חיריה הבלתי מוסדר המשיך לקלוט את מרבית האשפה מאזורי האיסוף במרכז הארץ (כ-3000 טון ביום) החלו בממשלה בחשיבה מחודשת על הסדרת איסוף וסילוק הפסולת. המסקנות הצביעו על כשלון עקרון הצמידות והצורך להחליפו בתפיסה ריכוזית. בהחלטת ממשלה מספר 1349 מיוני 1993, נקבע בין היתר כי יש לסגור ולשקם למעלה מ-500 אתרים לסילוק פסולת (כולל אתר חיריה) שפעלו ללא פיקוח ויצרו מפגעים סביבתיים, ולפתוח במקומם מספר מצומצם של אתרים גדולים ומוסדרים שיפעלו תוך הקפדה על סטנדרטים גבוהים של שמירה על הסביבה.⁵⁸ בהתאם לכך אישרה המועצה הארצית לתכנון ובניה שינוי נוסף לתמ"א 16, שהתקבל על ידי הממשלה בשנת 1995 במסגרתו בוטלה חובת הצמידות בין איזורי האיסוף לאתרי הסילוק.⁵⁹

⁵⁶ ש.ם.

⁵⁷ ש.ם.

⁵⁸ אתר המשרד להגנת הסביבה, החלטות הממשלה, כותרת החלטה: קידום טיפול בנושא פסולת מוצקה, נושא סביבתי:

פסולת מוצקה, תכנון ותסקירים, מספר החלטה: 1349, תאריך החלטה: 06/06/1993

[http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=o](http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=o(&bject&enDispWho=News%5E11243&enZone=gov_decisions&enVersion=0)
(⁵⁹ חוק התכנון והבניה תשכ"ה - 1965, תכנית מתאר ארצית לסילוק אשפה, מס' ת/מ/א/16, (שינוי מס' 2), התשנ"ה - 1995.

בשנים שלאחר החלטת הממשלה, התבצעה בכל הארץ פעילות ענפה לסגירת אתרי סילוק פסולת בלתי מוסדרים ופתיחת האתרים המיועדים ע"פ התוכנית לסילוק פסולת. המאמצים והמשאבים שהושקעו נשאו פרי וכיום פועלים בישראל 14 אתרים לסילוק פסולת ושני אתרים לטיפול בפסולת (ראו מפה בנספח א'). כל האתרים הבלתי מוסדרים הגדולים שפעלו בישראל בשנת 1993 נסגרו.

יחד עם זאת, הצלחת התוכנית אינה מלאה. ברחבי המדינה פועלים עדיין עשרות, אם לא מאות אתרי סילוק פסולת פיראטיים, רובם המכריע סמוך למקומות יישוב. האתרים שנסגרו לא שוקמו והם ממשיכים לגרום מטרדים ומפגעים סביבתיים חמורים.⁶⁰

2.3. סגירה ושיקום של מטמנות

בשנת 1994 ניסח המשרד לאיכות הסביבה מסמך המציג את ההוראות המחייבות לסגירה ושיקום מטמנות.⁶¹ מטרתו היא לאפשר סגירת מטמנות ושיקומן תוך צמצום המפגעים הקיימים ומניעת מפגעים סביבתיים נוספים. ההנחיות הוכנו על בסיס הנחיות תקפות במדינות מתקדמות והותאמו לתנאים בארץ על ידי אנשי מקצוע.⁶² על פי הגדרות המסמך קיימת הפרדה בין סגירת המטמנה ושיקומה. סגירת מטמנה משמעה כיסוי התא שבו הסתיימה הטמנת פסולת בשכבת עפר המסדירה את פני השטח ואת זרימת הנגר העילי.

סגירת המטמנה תבצע לא יאוחר מ-30 יום מתום פעולת ההטמנה.

שיקום מטמנה הוא תהליך ארוך ומורכב אשר יפורט בהמשך והוא יתבצע בכל תא שנסגר לא יאוחר מ-180 יום מתאריך הסגירה.

2.3.1. תהליך השיקום

המשרד להגנת הסביבה (להלן: המשרד) פועל משנת 1995 לסגירת אתרי פסולת שאינם מוסדרים. עד היום נסגרו מאות אתרים קטנים ועוד 77 אתרים גדולים. מתוך האתרים שנסגרו, רק כ-10 אתרים שוקמו ברמות שונות.⁶³ מרבית שיקומי האתרים נעשים כיום באחריות ובמימון הרשות המקומית שבשטחה ממוקמת המטמנה.⁶⁴ ישנם מקרי קצה בהם המטמנה ממוקמת בסמוך לשטח נדליני יקר ומעכבת את התפתחותו או חוסמת תוואי דרך, ואז מימון השיקום נעשה על ידי גופים אחרים. בכפר-סבא, למשל, אתר הפסולת שהכיל ריכוזי מתאן גבוהים ו"כלא" תשטיפים רבים, נמצא בסמוך לתוואי כביש 6. השלב הראשון בשיקום בוצע במימון חברת חוצה ישראל (זכיינית כביש 6) והשלב השני מומן על ידי משרד הפנים והמשרד להגנת הסביבה.⁶⁵

⁶⁰ ראו: הערה 2.

⁶¹ שריר ו, שוחט ט, (2007). הוראות והנחיות לסגירה ושיקום מטמנות, אגף לטיפול בפסולת מוצקה, המשרד להגנת הסביבה.

⁶² שם, עמ' 1.

⁶³ אתר המשרד להגנת הסביבה, שיקום אתרי סילוק פסולת מעורבת.

⁶⁴ http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=dump_restore&enZone=dump_restore

⁶⁵ ברונשטיין עינת, מ"מ ממונת מטמנות ותחנות מעבר ארצית במשרד להגנת הסביבה. ראיון טלפוני מתאריך: 26/05/2010.

⁶⁵ אתר המשרד להגנת הסביבה, שיקום אתרי פסולת, שיקום אתר פסולת כפר סבא, http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=object&enDispWho=arowndYou%5E1429&enZone=psolet_shikum&enVersion=0

שיקום המטמנות נעשה על ידי יזמים וקבלנים פרטיים. לפני תחילת העבודה עליהם להגיש למשרד סקר שיש לערוך במקום ותכנית עקרונית לשיקום המטמנה על בסיס תוצאות הסקר. מטרת הסקר היא קבלת תמונת מצב לגבי המטמנה, פוטנציאל המפגעים והבעיות הקיימות בה ולשמש כלי בידי המתכנן לקביעת התשתיות הדרושות לצמצום פוטנציאל המפגעים הסביבתיים מהמטמנה. כמו כן תוצאות הסקר יאפשרו למתכנן להתאים את המטמנה וסביבתה לשימוש הקרקע המיועד לאחר השיקום. התכנית צריכה לתת פיתרונות לטיפול בבעיות כגון פליטות גז, בעירות, מפגעי ריח, יצוב הקרקע, חדירת תשטיפים למי התהום, ועוד.

במהלך ביצוע עבודת השיקום, מקיים המשרד בדיקות תקופתיות הכוללות: בקורת בשטח, הצגת תוכניות לאחר ביצוע, דוחות בדיקה, תוכניות עבודה ואישורים הדרושים להמשך העבודה לשלב הבא. וכן, מתקיימת ביקורת של נציג המשרד מעת לעת.⁶⁶

חשוב לציין, שעל אף שתוכנית השיקום תחומה בלוח זמנים עם סוף והתחלה, תהליך השיקום יכול להימשך שנים ארוכות, בהתאם לכמות הפסולת באתר, גודלו, רמת ואופי הסכנות הסביבתיות שבו.

2.3.2. תכנית וקריטריונים לשיקום מטמנה

בשנת 2007 נוסח מסמך הוראות והנחיות לסגירה ושיקום מטמנות בידי האגף לטיפול בפסולת מוצקה של המשרד להגנת הסביבה, התהליך המתואר להלן וההגדרות הבאות לקוחות ממנו.⁶⁷

חלק ניכר מתכנית השיקום הנו תכנון כיסוי הקרקע, כיסוי עילי הכרחי למניעת חדירה של מי גשם ונגר עילי לגוף הפסולת וצמצום כניסת בעלי חיים משוטטים והפצת מחלות. כחלק מהכיסוי יש לתכנן את האיסוף והניצול או לחילופין את סילוקו של הביוגז הנוצר במטמנה ומניעה של פליטות גז באופן בלתי מבוקר היוצרות זיהום אויר ופוגעות באטמוספירה. יציבות הקרקע היא בעיה נוספת בה יש לטפל. יש לשמור על יציבותה של המטמנה למניעת גלישת מדרונות, להבטחת זרימה חופשית של נגר עילי אל מחוץ למטמנה ולמניעת סחף שכבות האיטום והכיסוי. פתרונות היציבות יתייחסו הן לגוף הפסולת והן לשכבות הכיסוי העילי של המטמנה. כאמור, השלכות סביבתיות הנובעות ממטמנה (גם לאחר סגירתה) כוללות גם פוטנציאל זיהום מים וזיהום אויר. לצורך טיפול בזיהום המים יש לאסוף ולטפל בתשטיפים למניעת הסעתם למי התהום ולסביבה. יש להציע תכנית ניקוז כוללת שיפועים, מתקנים שונים והתחברות למערכת הניקוז הכללית של המטמנה והשתלבות במערכת ניקוז אזורית. לטיפול בזיהום אויר ומניעת שריפות יש לצרף לתכנית פריסת קידוחים לשאיבת גז במטמנה כולה ואמצעים למניעת חלחול גז אל מחוץ לשטח המטמנה. במידה והתגלו בעירות במטמנה, יש להציע תכנית לכיבוי וניטור. ככלל יש להוסיף תכנית ניטור להבטחת תפקוד כל המערכות עד להפסקת פוטנציאל יצירת מפגעים מהמטמנה. תכנית הניטור תכלול ניטור מי תהום, ניטור גז, ניטור אויר, ניטור תשטיפים וניטור

⁶⁶ המשרד להגנת הסביבה, אגף לטיפול בפסולת מוצקה, "נוהל פיקוח ובקרה בעבודות ביצוע תשתיות באתרי סילוק פסולת" המעודכן לאוקטובר 2009,

⁶⁷ שריר ו, שוחט ט, (2007). הוראות והנחיות לסגירה ושיקום מטמנות, אגף לטיפול בפסולת מוצקה, המשרד להגנת הסביבה.

פני המטמנה. במקרה ואחד ממתקני הניטור מראה על חריגה או בעיה יש להגיש מבעוד מועד גם תכנית בטיחות וגיהות ותכנית לאירועי חרום לטיפול במצבים שונים.

היות וגוף הפסולת הוטמן כשהוא אינו במצבו הדרוש ביותר וכתוצאה מתהליכים ביולוגיים וכימיים המתרחשים במטמנה במשך הזמן קיימת תופעה ידועה של שקיעת פני הקרקע, התכנית צריכה לכלול בדיקות שקיעות תקופתיות. כדי לסיים את תהליך השיקום יש להציג גם תכנית שיקום נופי (בחירת סוגי צמחים ותכנית השקיה) ותכנית תחזוקה של האתר המשוקם.

2.3.3 תוכנית המשרד להגנת הסביבה לשיקום מטמנות בישראל

בימים אלו, מתגבשת תוכנית נוספת של המשרד, בליווי צוות היגוי ממספר משרדים ממשלתיים (רשות המים, מנהל מקרקעי ישראל, משרד הבריאות, משרד הפנים והשלטון המקומי). תוכנית זו באה לקבוע סדר עדיפויות לשיקום מטמנות שנסגרו וכן את אופי השיקום והעלויות שיידרשן.⁶⁸

במסגרת התוכנית נבחרו בתחילה 53 אתרי הטמנה שנסגרו, שבהמשך צומצמו ל- 35 אתרים. תוכנית זו אינה מתייחסת לאתרים שפסולתם נשרפה, נמצאה בכמות מצומצמת או אוחדה עם פסולת באתרי הטמנה אחרים.⁶⁹

האתרים שנבחרו הוגדרו כבעייתיים ועל כן חשיבות שיקומם גבוהה, הם מדורגים על-פי רמת הזיהום ועלותו. מדובר באתרים "וותיקים" שנסגרו לפני למעלה מעשר שנים וכן באתרים שנסגרו בשנים האחרונות. מרבית האתרים הללו פעלו מלכתחילה באופן לא מוסדר וללא תוכנית העומדת בסטנדרטי האיטום, הטיפול בתשטיפים ובגז הנדרשים.

התוכנית נחלקת לשלושה שלבים:

בשלב הראשון, כל אתר הטמנה מקבל ציון סביבתי המשקף את מידת השיקום הנוכחית שלו, על סמך שקלול קריטריונים סביבתיים. אופן חישוב הציון מפורט בתת פרק 3.2.1 - רמת השיקום, בפרק שיטת המחקר.

בשלב השני, נערך חישוב עלות-תועלת לכל אחד מהאתרים בכדי לדרג את כדאיות שיקומו ביחס לאתרים האחרים. החישוב מתבצע על ידי חלוקת הציון הסביבתי של כל אתר בעלות שיקומו, כאשר התוצאה משקפת את התועלת שמתקבלת מהשקעת 1 ש"ח בשיקום אתר אחד ביחס לתועלת המתקבלת משיקום אתר אחר. כלומר, ככל שהציון הסביבתי גבוה יותר ועלות השיקום נמוכה יותר כך משתלם יותר לשקם את האתר. למעשה, עלויות השיקום הגבוהות (העלות המוערכת לשיקום כל 35 האתרים עומדת על בין 700 מיליון ל- 1 מיליארד ש"ח), מאלצת לקחת בחשבון שיקולים מגוונים.

טיעון מתבקש כנגד חישוב זה, הוא "דחיקת" מטמנות מזהמות במיוחד שעלות שיקומם גבוהה לתחתית הדירוג. אלא, שע"פ עינת ברונשטיין, עלות השיקום הינה גם פונקציה של גורמים נוספים כמו גודל המטמנה ולכן אין הדבר מהווה בהכרח חוסר הוגנות וכן לעתים עדיף לשקם מספר רב של מטמנות קטנות מאשר מטמנה גדולה אחת.⁷⁰

⁶⁸ ראו: הערה 64.

⁶⁹ שם.

⁷⁰ שם.

בשלב השלישי והאחרון, הדירוג מתעדכן על-פי קריטריונים נוספים. נערכת בדיקה פרטנית של מדרג האתרים המתקבל מהשלב השני, תוך הפעלת שיקול דעת והכללת קריטריונים נוספים (אפשרות אכיפה מול האתר, האם נמצא כבר בהליכים בבית-המשפט, האם מעכב פיתוח קרקע ועוד).

בנוסף לקביעת סדר דירוג האתרים, התוכנית שואפת להביא גם לגיבוש מדיניות ממשלתית לטיפול בבעיית שיקום המטמנות, בין אם על ידי הקצאת משאבים כלכליים ובין אם על ידי הגברת האכיפה בהתאם לסדר העדיפויות החדש.⁷¹

3. שאלת המחקר

האם מתקיים אי-צדק סביבתי בישראל בשיקום מטמנות שיצאו מכלל שימוש?

3.1 חשיבותה של שאלת המחקר

מחקר מטעם ועדת המשנה לצדק סביבתי של המועצה הלאומית לאיכות הסביבה, אשר בחן היבטים של צדק סביבתי במיקום אתרי פסולת, גילה אפליה משמעותית במדיניות התכנון של מיקום אתרי פסולת. המחקר העלה כי באתרי סילוק הפסולת הפעילים (מוסדרים ושאינם מוסדרים), הן במחוז המרכז והן במחוז הצפון קיימת אפליה במיקום אתרי הפסולת לרעת הישובים הלא יהודיים.⁷² מצב המוצא, אם כן, הוא שחלק מתושבי המדינה נושא בנטל הסביבתי הנובע מן הפסולת המיוצרת על-ידי האוכלוסייה כולה. תושבים אלה סובלים מן המפגעים הסביבתיים הכרוכים בסילוק הפסולת, הכוללים זיהום אוויר, מים וקרקע, צחנה, מפגעי רעש, מזיקים שונים, וכן פגיעה כלכלית המתבטאת בירידת ערך הנדל"ן.⁷³

סבלם של תושבים אלה לא מסתיים עם סגירת האתרים והפסקת ההטמנה בהם. אתרים אלה ממשיכים להוות מפגע חמור לסביבה וכן סכנה ממשית לשלום הציבור, כפי שפורט בתת פרק 2.1.1 - השלכות סביבתיות של מטמנה. מפגעי אתר פסולת אשר לא שוקם באופן מלא, עלולים להימשך לאורך שנים רבות, ולכן נדרשות פעולות נמרצות לשיקום והמשך הטיפול באתרים אלה. מידי יום שחולף, עלול להיגרם נזק נוסף, והמפגע הסביבתי עלול להחמיר ולהעמיק.⁷⁴

מי שאמונות על שיקום המטמנות הן המועצות המקומיות, אולם נוצר מצב שבו "משתלם" לרשות מקומית להעלים עין ולא להתמודד עם בעיות הפסולת הקיימות בשטחה. גורמים אפשריים למצב זה הם היעדר מדיניות-על או עקרונות קוהרנטיים ברורים, היעדר חקיקה ראשית בתחום הפסולת, היעדר אחריות פלילית של הרשות למפגעים בתחומה ואף היעדר תמריצים לפעולה.⁷⁵

⁷¹ ראו: הערה 63.

⁷² רוטשטיין, מ. וסטרול-דעבול, ע. (2003). מיקום אתרי פסולת וצדק סביבתי. 124-128.

⁷³ רוזן-צבי, י. (2007). של מי הפסולת הזאת לעזאזל?! סילוק פסולת וצדק סביבתי בישראל. מחקרי משפט, כ"ג (2), עמ' 488.

⁷⁴ אתר אדם טבע ודין, אגודה ישראלית להגנת הסביבה. שיקום מטמנות 06/08/2007

<http://www.adamteva.org.il/?CategoryID=287&ArticleID=200>

⁷⁵ סיגל, ג. וינון, ג. (התשס"ז). "זבל לא רק מי שמלכלך". הארת דין ד(1).

לאור מספרם הרב של אתרי פסולת נטושים ללא שיקום, הפזורים בכל רחבי המדינה, הגישה אדם טבע ודין בשנת 2004 עתירה לבית המשפט העליון כנגד השר לאיכות הסביבה, נציב המים, מינהל מקרקעי ישראל, שר הפנים, שר האוצר ושר התשתיות הלאומיות, בדרישה שיפעילו סמכויותיהם ויפעילו בהקדם תוכנית כלל ארצית, אשר תכלול בתוכה שיקום של כל אותם אתרים, בהתאם לסדרי עדיפויות שייקבעו ובהתאם לפוטנציאל הזיהום הסביבתי והבריאותי של כל אתר ואתר. ביהמ"ש קבע כי היקפה של העתירה רחב מדי אך הודה בחשיבותו הבוררת של הנושא.⁷⁶ על-אף התהוותה של תוכנית שיקום כלל ארצית ביוזמת המשרד להגנת הסביבה, כפי שתואר בתת פרק 2.3.3 - תוכנית המשרד להגנת הסביבה לשיקום מטמנות בישראל, ניתן להבחין כי שיקולים של צדק-סביבתי כלל אינם נלקחים בחשבון בתערוף המטמנות שתשוקמנה.

באמצעות מחקר זה, ננסה לבחון את הקשר שבין מידת השיקום, אשר בוצע עד כה, ככל שבוצע, של 77 מטמנות שיצאו מכלל שימוש לבין הרכב האוכלוסיה ביישובים הסמוכים למטמנה (מבחינה לאומיות, עדת מוצא, עולים חדשים והכנסה כלכלית) ומיקום היישובים.

לתוצאות המחקר, חשיבות רבה לגיבוש מדיניות עתידית לגבי שיקום מטמנות ולקביעת סדר העדיפויות בשיקום. חשיפה נטולת-פניות של תמונת המצב בארץ כפי שהיא היום, תוך שימוש בכלי-מדידה שהוגדרו על-ידי גופי המדינה הרשמיים, תוכל להוות בסיס נתונים אפקטיבי לתיקונה של האפליה המתרחשת במיקום אתרי הפסולת. מדיניות שיקום "צודקת סביבתית" תוכל לבחור במתכוון לשקם אזורים מוחלשים קודם לאזורים חזקים, אם על-ידי הפניית תקציבים, עידוד הרשויות המקומיות על ידי הטבות או נטילת האחריות על השיקום מידיהן והפנייה ישירה של כספי מיסים לקרן המיועדת לכך.

3.2 שיטת המחקר

כפי שתואר לעיל בתת פרק 1.4.1 שעוסק בהגדרות של צדק בישראל, ניתן לזהות ארבעה צירים מרכזיים הכרוכים זה בזה ומהווים בסיס לחוסר שוויון כלכלי וחברתי בישראל ולכן קיים חשש כי הם עשויים להוות גם מוקדים של חוסר שוויון בחלוקת הרעות הסביבתיות: הציר הלאומי, הציר האתני, הציר הכלכלי והציר הגיאוגרפי.⁷⁷

על מנת לענות על שאלת המחקר שהוגדרה, תיבדקנה כל המטמנות המוכרזות לפסולת ביתית שיצאו מכלל שימוש בישראל. עבור כל מטמנה יבדקו היישובים המרוחקים ממנה מרחק של עד 3 ק"מ. מרחק זה נקבע על בסיס:

- נתונים מהמשרד להגנת הסביבה המגדירים השפעות בטווח של עד 1 ק"מ על בסיס תוכניות בנייה בסמוך למטמנות ותסקירי השפעה על הסביבה המתייחסים ל 0.5 ק"מ.
- מחקר מקיף של Vrijheid המוכיח השפעות בריאותיות ישירות בטווח של עד 3 ק"מ ממטמנה (כפי שהוסבר בפירוט בפרק "השפעות סביבתיות של מטמנות").⁷⁸

⁷⁶ ראו: הערה 1.

⁷⁷ ראו: הערה 27.

⁷⁸ Martine Vrijheid, Health Effects of Residence Near Hazardous Waste Landfill Sites: A Review of Epidemiologic Literature, Environmental Epidemiology Unit, Department of Public Health and Policy, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, United Kingdom

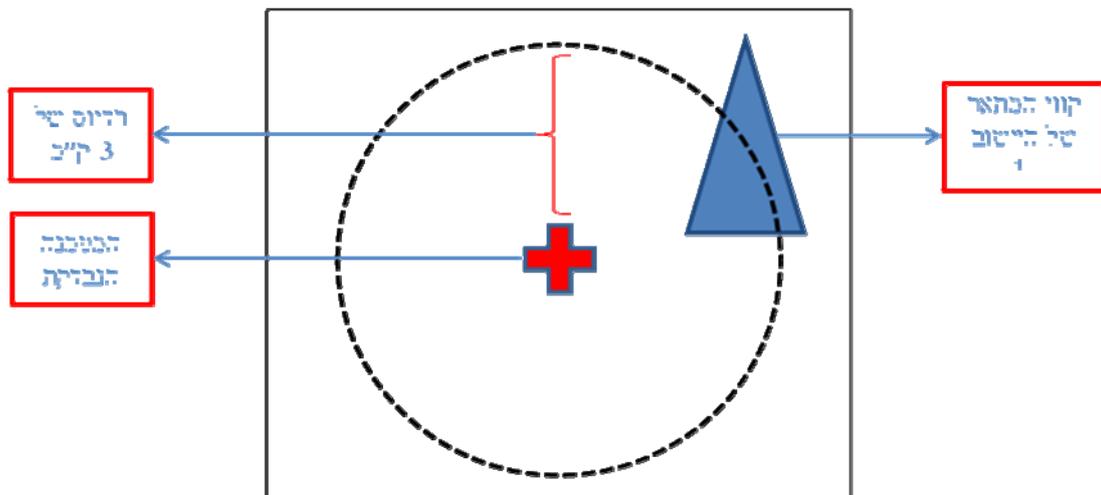
ההגדרה במחקר זה ליישוב מבוססת על הגדרת הלמ"ס.⁷⁹

שיטת המרחק מהמטמנה נבחרה על בסיס תוצאות מחקר של Mohai and Saha.⁸⁰ מחקר זה מציג אופציה מועדפת מבין שתי אלטרנטיבות מוכרות:

1. לפי שייכות ליחידת שטח מוגדרת - זו השיטה השכיחה ביותר. בוחרים איזור מוגדר מראש (מדינה, נפה, עיר, מיקוד וכו') ובודקים מי מהיחידות "מארחות" בתחומן מפגע סביבתי. בשיטה זו לא לוקחים בחשבון את המיקום המדויק של המפגע ביחידה. ההנחה הכללית היא שאנשים שגרים ביחידה עם מפגע קרובים למפגע יותר מאנשים שגרים ביחידה שאינה מכילה מפגע, ללא קשר למיקומם היחסי בתוך יחידת השטח או בין היחידות השונות.

2. לפי מרחק מהמפגע - שיטה זו מתעלמת מהשיוך הגיאוגרפי ליחידות ומניחה שיתכן שתושב ביישוב א' נפגע בשל סמיכותו הפיסית למפגע יותר מתושב ב' לירות שיוכם הגיאוגרפי לאותן יחידות שטח, או ליחידות שונות.

המרחק בין המטמנה ליישוב מתייחס לגבולותיו החיצוניים של היישוב. במידה ויישוב נמצא באופן חלקי בטווח (כפי שמתואר בתרשים 1) הוא ישתתף במחקר שכן המרחק שנקבע הוא הערכה, וסביר להניח שההשפעות חורגות מגבול זה.



תרשים 1

לסיכום, המשתתפים במחקר הם כל היישובים המרוחקים 3 ק"מ מאחת או יותר מ-77 המטמנות המוכרזות לפסולת מעורבת שיצאו מכלל שימוש בישראל. עבור כל יישוב המשתתף במחקר, ייבדקו פרמטרים שונים המייצגים את מידת השיקום ואת ארבעת הצירים שהוגדרו לעיל. הפרמטרים שנבחרו מפורטים בהמשך פרק זה.

⁷⁹ אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006, מבוא, עמוד 4
http://www.cbs.gov.il/www/publications/local_authorities06/local_authorities_h.htm

⁸⁰ Mohai P. and Saha R. (2006). Reassessing Racial and Socioeconomic Disparities in Environmental Justice Research. *Demography*, 43(2), 384-389.

הכלים שנבחרו על מנת לבדוק את הצירים השונים מתבססים על נתונים רשמיים של המדינה כפי שפורסמו על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (להלן ה"למ"ס). בחירת כלים ממסדיים נותנת משנה תוקף לממצאי המחקר עבור מקבלי ההחלטות. שכן, ככל שנתבסס על נתונים רשמיים של המדינה כך עולה הסבירות כי תוצאות המחקר אכן יהיו מקובלות על מתכנני המדיניות הממשלתית, וישמשו אותם בעת גיבוש המדיניות.

תוצאות המחקר יוצגו בטבלה מסוג זה:

מטמנות שיצאו מכלל שימוש בישראל

8	7	6	5	4	3	2	1
מדד הציר הגיאוגרפי	מדד הציר הכלכלי	מדד הציר האתני: מוצא מזרחי	מדד הציר האתני: עולים חדשים	מדד הציר הלאומי	יישובים בקרבת המטמנה	האם שוקמה?	מטמנה
ערכים: 1-5	ערכים: 1-10	ערכים: 0-100%	ערכים: 0-100%	ערכים: יהודי / ערבי		ערכים: רמת השיקום או כן / לא	
					יישוב א'		מטמנה 1
					יישוב ב'		
					יישוב ג'		
					יישוב א'		מטמנה 2
					יישוב ד'		

על בסיס ממצאים אלה ניתן יהיה להסיק האם מתקיים אי צדק סביבתי בשיקום מטמנות שיצאו מכלל שימוש בישראל.

נפרט יותר מהם הנתונים שהמחקר יסתמך עליהם על מנת לשקף את הערכים המתאימים עבור כל פרמטר בטבלה.

3.2.1 רמת השיקום

על מנת להעריך את רמת השיקום של מטמנה המחקר מתבסס על מדד שהוגדר על ידי המשרד להגנת הסביבה. מדד זה הינו ממוצע משוקלל של קריטריונים סביבתיים להערכת הנזק הסביבתי שנגרם ממטמנה והם: זיהום מי תהום, זיהום מים עיליים, זיהום אוויר, יציבות מדרונות, ערכיות השטח – סביבתי/נופי, נתוני אתר פסולת.⁸¹

אופן חישוב הציון נעשה כדלהלן: לכל אחת מ-6 הקריטריונים המפורטים לעיל ניתנה משקולת מסך הציון לכל מטמנה. המשקולת נקבעה על-סמך ממוצע הציונים שנתנו חברי צוות ההיגוי של המשרד להגנת הסביבה. כל אחד מהקריטריונים נחלק לתת-סעיפים, שציונו של כל סעיף נע בין "נמוך מאוד" (0.1), "נמוך" (0.2-0.5), "בינוני" (0.6-0.9) ו"גבוה" (1). הציון הסופי של כל קריטריון הוא מכפלת סכום ציוני תתי-הסעיפים במשקולתו. ראו בנספח ב' את המשקולות של כל קריטריון ופירוט תתי הסעיפים המרכיבים כל קריטריון.⁸²

⁸¹ ראו: הערה 64.
⁸² שם.

3.2.2 הציר הלאומי

כיצד המחקר יבחן ציר זה בפועל? המחקר יסתמך על הנתונים מתוך "פרסום הרשויות המקומיות בישראל 2007 (פ"מ 358)" שפורסם על ידי הלמ"ס.⁸³ במסמך זה מפורטים כל היישובים בישראל ושייכותם לפי לאום. קבוצות האוכלוסייה המפורטות בדו"ח, נחלקות לשתי קבוצות עיקריות:

- יהודים
- ערבים - כוללים מוסלמים, נוצרים-ערבים ודרוזים

3.2.3 הציר האתני

כיצד המחקר יבחן ציר זה בפועל? מנתוני מפקד האוכלוסין שנערך בשנת 2008,⁸⁴ שמפורסמים על ידי הלמ"ס, ניתן להסיק הנתונים הבאים:

- אחוזים של עולים ברשות מקומית או רשות אזורית – לפי תקופת עלייה. במחקר זה נגדיר עולים חדשים ככאלה שעלו משנת 1990.
- אחוזים של מזרחיים / אשכנזים (יהודים לפי יבשת מוצא) ברשות מקומית או רשות אזורית.

3.2.4 הציר הכלכלי

כיצד יבחן המחקר ציר זה בפועל? המדד שנבחר לבדיקת ציר זה הוא: "אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית – כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006" שפורסם על ידי הלמ"ס. המדד משקף את הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006. המושג רמה חברתית-כלכלית (או סוציו-אקונומית) של האוכלוסייה ביחידה גיאוגרפית מסוימת (לדוגמא אוכלוסיית רשות מקומית) מבטא שילוב תכונות בסיסיות של האוכלוסייה באותה יחידה. מושג זה נתפס אינטואיטיבית במצביו הקיצוניים: עני בקצה האחד ועשיר בקצה השני. האמצעים הכספיים מהווים היבט מרכזי אך לא יחיד של הרמה החברתית – כלכלית. קיימים היבטים נוספים המרכיבים רמה זו, אשר מתואמים חלקית עם המצב הכספי (לעיתים הם מבטאים פוטנציאל כספי לעתיד) אך אינם זהים לו. המדד מסכם מכלול של 14 משתנים בתחומים הבאים: דמוגרפיה, השכלה, רמת חיים, תכונות כוח העבודה ותמיכה / גמלאות (רשימת המשתנים המלאה ראה בנספח ג'). עפ"י מדד זה, הרשויות המקומיות סווגו ל-10 אשכולות, כאשר אשכול 1 מציין את הרמה החברתית-כלכלית הנמוכה ביותר ואשכול 10 את הרמה הגבוהה ביותר.⁸⁵ במחקר זה נשתמש באשכולות כפי שנקבעו על ידי הלמ"ס כמדד לרמה החברתית-כלכלית של רשות מקומית או מועצה אזורית.

⁸³ פרסום הרשויות המקומיות בישראל 2007, http://www1.cbs.gov.il/ishuvim/ishuvim_main.htm

⁸⁴ מפקד 2008 - המפקד המשולב http://www.cbs.gov.il/census/census/main_mifkad08.html

⁸⁵ אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006 http://www.cbs.gov.il/www/publications/local_authorities06/local_authorities_h.htm

3.2.5 הציר הגיאוגרפי

כיצד המחקר יבחן ציר זה בפועל? המדד שנבחר לבדיקת ציר זה הוא "מדד פריפריאליות של רשויות מקומיות 2004" אשר פורסם ביום 17/08/2008 על ידי הלמ"ס.⁸⁶ מטרת המחקר הייתה לגבש מדד כמותי תקף ומהימן, שיבטא את המידה שבה רשות מקומית הינה מרכזית או פריפריאלית או נמצאת במקום כלשהו באמצע הסולם. מדד הפריפריאליות חושב כשקלול של שני מרכיבים:

- מדד נגישות פוטנציאלית של רשות מקומית - משקלל בין קרבתה של רשות מקומית מסוימת לכל רשות מקומית אחרת ביחס לגודל האוכלוסייה (כלומר, כמות האוכלוסייה אשר צריכה לנסוע מרחק מסוים כדי להגיע לרשות מקומית מסוימת)
- קרבה של רשות מקומית לגבול מחוז תל אביב

הרשויות המקומיות סווגו ל-5 אשכולות, כאשר אשכול 1 מציין יישוב פריפריאלי מאד ואשכול 5 את מציין יישוב מרכזי מאד. במחקר זה נשתמש באשכולות אשר נקבעו על ידי הלמ"ס כמדד לרמת הפריפריאליות של רשות מקומית או מועצה אזורית.

3.3 ניתוח תוצאות

המחקר מניח שיימצא מתאם בין רמת השיקום של מטמנה ובין הצירים שנבדקו. לדוגמא, ממצא אפשרי מהמחקר הינו: יישובים המדורגים באשכולות הנמוכים במדד הכלכלי-חברתי נמצאים בקרבת מטמנות אשר רמת השיקום בהם נמוכה, יותר מאשר יישובים אשר מדורגים באשכולות הגבוהים במדד זה.

מטרת המחקר הינה לענות על השאלה - האם מתקיים אי-צדק סביבתי בישראל בשיקום מטמנות שיצאו מכלל שימוש? חשיפת היחס בין הצירים שנבדקו לרמת השיקום של המטמנות תספק תשובה לשאלת המחקר, ותחשוף את המאפיינים של אי הצדק, במידה ויתברר שהוא אכן קיים. לפיכך, ניתוח התוצאות יתמקד במתן מענה לשאלות הבאות:

1. למי מהצירים הקשר החזק ביותר עם קרבה למטמנות ברמת שיקום נמוכה?
2. לאיזה מקבץ צירים, לדוגמא: לאומי וכלכלי, או אתני, כלכלי וגיאוגרפי יש את הקשר החזק ביותר עם קרבה למטמנות ברמת שיקום נמוכה?

השיטות הסטטיסטיות שנבחרו לביצוע מחקר זה הינם: Principal Component Analysis ו-Regression Analysis. הכלים שנבחרו הם: תוכנת Statistical Package for Social Science (SPSS) של IBM, ו-Microsoft Excel.

על מנת לבדוק למי מהצירים הקשר החזק ביותר עם קרבה למטמנות ברמת שיקום נמוכה (השאלה הראשונה), תבוצע גרסיה פשוטה בין עמודת רמת השיקום (עמודה מס' 2 בטבלה) לבין כל אחד מהמדדים המשקפים היבטים של צדק סביבתי בחברה הישראלית בנפרד (עמודות 4-8

⁸⁶ מדד פריפריאליות של רשויות מקומיות 2004 - פיתוח חדש. מפה מצורפת בנספח ד'.

בטבלה). החוקר ישתמש בתוכנת SPSS לביצוע הפעולה. עבור כל עמודה 4-8 יוזנו נתוני העמודה (מערך ערכי המשתנה הבלתי תלוי) ונתוני רמת השיקום (מערך ערכי המשתנה התלוי), ל-SPSS ותבוצע רגרסיה. תוצאת הרגרסיה תהיה מקדמי הרגרסיה. העמודה אשר תיתן את מקדם הרגרסיה הגבוה ביותר תייצג את המדד שלו יש את הקשר החזק ביותר עם קרבה למטמנה ברמת שיקום נמוכה.

על מנת לבדוק לאיזה מקבץ צירים, יש את הקשר החזק ביותר עם קרבה למטמנות ברמת שיקום נמוכה (השאלה השנייה) נעזר בשיטת Principal Component Analysis. שיטה זו מאפשרת להפוך סט של משתנים המשפיעים זה על זה למספר מצומצם יותר של משתנים, שאינם משפיעים זה על זה הנקראים "Principal Components" (מרכיבים ראשיים), מבלי לאבד מידע משמעותי. המרכיב הראשון בסט המצומצם אחראי לרוב השונות בנתונים, המרכיב השני אחראי על מירב השונות הנותרת וכך הלאה. שיטה זו נבחרה מכיוון שבמחקר זה, הצירים הינם משתנים אשר תלויים זה בזה (לדוגמא: הציר האתני משפיע על הציר הכלכלי). התוצאה של Principal Component Analysis היא צמצום סט הנתונים המקורי, וסידור המשתנים שנותרו על פי סדר חשיבותם. החוקר ישתמש בתוכנת SPSS לביצוע הפעולה. החוקר יזין את כל העמודות המשקפות את צירי האי צדק בחברה הישראלית (עמודות 4-8 בטבלה) לתוכנה, ויבצע פרוצדורת Principal Component Analysis ממנה יתקבלו סט צירים מצומצם ומסודר על-פי סדר חשיבותם. לאחר מכן החוקר יבצע רגרסיה מרובת משתנים בה רמת השיקום (עמודה 2) תהווה את המשתנה התלוי ומטריצת התוצאות של השלב הקודם יהוו את המשתנים הבלתי תלויים. תוצאת שלב זה הם מקדמי הרגרסיה ומובהקותו של כל מקדם (ככל שהמקדם של ציר מסוים יהיה גבוה יותר כך תגבר מובהקותו לקשר למטמנה ברמת שיקום נמוכה).

במסגרת עבודה זו קצרה היריעה על מנת להסביר את הרקע התיאורטי הסטטיסטי הדרוש להבנת השיטה Principal Component Analysis. להרחבת הידע בנושא זה ניתן לפנות לספרו של Hair ולספרו של Harman.⁸⁷ מדריך שימושי לחוקר אשר חפץ ללמוד את יישום השיטה ללא שימוש בתוכנת SPSS, ימצא בקישור המפורט בהפניה.⁸⁸

השיטה המוצעת כאן מסתמכת על מחקר של Yilmaz et al המשתמש גם הוא בניתוח סטטיסטי דומה. מטרת מחקר זה הוא לקבוע מהם הגורמים המשפיעים על מידת הפיתוח החקלאי של כפרים בטורקיה. מחקר זה משקלל 36 מדדים המשקפים את מידת הפיתוח החקלאי של כפר (במחקר שלנו ניתן להקביל זאת ל-5 המדדים המשקפים היבטים של צדק סביבתי בחברה הישראלית). בעזרת Principal Component Analysis נמצא מהו סט המשתנים המשפיע ביותר על מידת הפיתוח של הכפר (את מידת הפיתוח של הכפר ניתן להקביל לרמת השיקום של מטמנה

H.H. Harman, Modern Factor Analysis (2nd Edition), University of Chicago Press, Harman, 1967⁸⁷
J.F. Hair, R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Hair et al., 1992 Chicago, Illinois (1967) 474 pp. ,
Black, Multivariate Data Analysis: With Readings, Macmillan Publishing Company, New York (1992),
pp. 87–136
http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf⁸⁸
Lindsay I Smith, A tutorial on Principal Components Analysis, Feb 26, 2002, University of Otago,
New Zealand

במחקר שלנו). בנוסף בוצע ניתוח Regression Analysis בו נבדקה רמת ההשפעה של משתנים בודדים מסוימים לבין מידת הפיתוח.⁸⁹

3.4 בעיות במחקר

- מכיוון שהמחקר מתבסס על נתוני הלמ"ס, יחידת השטח הקטנה ביותר שתיבדק במהלך המחקר היא הרשות המקומית (גוף העוסק בניהול העניינים המקומיים של יישוב או קבוצת יישובים). יחידה זו היא בעייתית משני היבטים:
 - רשות מקומית, ובפרט ערים גדולות כגון: תל-אביב, ירושלים וחיפה, יכולה להכיל אוכלוסייה מגוונת מבחינה לאומית, אתנית וכלכלית-חברתית. המדדים של הלמ"ס לגבי רשות מקומית הם ממוצעים לכלל התושבים בה.
 - הנטל הסביבתי הנופל על רשות מקומית אינו מתחלק באופן שווה בין כל תושבי הרשות. ביישובים רבים וביישובים גדולים בפרט, השונות בין השכונות מבחינת הנטל הסביבתי הוא רב.
- אופטימאלית, היה רצוי לבדוק את השאלה ברזולוציה גבוהה יותר מאשר יישוב כיחידה אחת. היה רצוי לבדוק מהן השכונות שנמצאות במרחק שנקבע מהמטמנה הנבדקת, ולבדוק את ארבעת הצירים של אי צדק עבור שכונות אלה.
- קביעת המרחק מהמטמנה: המרחק שבסופו של דבר נקבע (3 ק"מ) הוא בר ויכוח. המשרד להגנת הסביבה טוען שמרחק זה צריך להיות 1 ק"מ, ומאידך ישנן עדויות שמפגעי ריח מגיעים גם עד 10 ק"מ ממטמנה.

⁸⁹ Yılmaz B, Daşdemir I, Atmiş E, Lise W, Factors affecting rural development in turkey: Bartın case , April 2010, Pages 239-249 Volume 12, Issue 4, Forest Policy and Economicsstudy,

סיכום

הטמנת פסולת הינה הפתרון הנפוץ ביותר לטיפול בפסולת מעורבת בישראל. כיום, הטמנת הפסולת נעשית בצורה מוסדרת, אך לא כך היה המצב בעבר הלא רחוק. המטמנות הלא מוסדרות שפזורות ברחבי הארץ, על אף שרובן נסגרו, זקוקות לשיקום למניעת התפשטותם של מפגעים ומטרדים סביבתיים ובריאותיים. כיום, חלק מן המטמנות שוקמו במידה מסויימת, מצב המעורר שאלות מדוע נבחרו דווקא הן לשיקום, כמו גם מי יהיו המטמנות הבאות שישוקמו ועל פי אלו קריטריונים ייבחרו.

שאלות אלו מובילות לדיון על צדק בכלל ועל צדק חברתי וסביבתי בפרט ומאפייניו הייחודיים בחברה הישראלית.

מחקר זה מציע מתודולוגיה מובנית, אשר מטרתה לתת מענה לשאלת מצב הצדק בסוגיה הנדונה. המחקר בא לשקף את היקף אי הצדק הסביבתי המתקיים ב(אי) שיקום אתרי פסולת שנסגרו, מצב המנציח את חוסר ההוגנות שבתכנון מיקומם מלכתחילה.

המתודולוגיה שנבחרה לצורך בחינת המצב, מבוססת על מדדים המוכרים ומקובלים על המדינה. בין המדדים - מדד פריפריאליות, נתוני מפקד אוכלוסין וסיווג חברתי-כלכלי של האוכלוסיה ברשויות השונות, המפורסמים על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה וכן נתונים לגבי רמת שיקום המטמנות, הלקוחים מתוכנית שיקום שיזמו המשרד להגנת הסביבה ונציגי משרדים ממשלתיים (רשות המים, ממי"י, משרד הבריאות, משרד הפנים והשלטון המקומי).

הצגת תמונת המצב בפני מקבלי ההחלטות, הינה בעלת חשיבות מכרעת לשינוי מערכת השיקולים הרווחת, אשר כיום דוחקת מניעים של צדק סביבתי לשוליים, ומתבססת בעיקר על קריטריונים פסיים-חברתיים ועל שיקולי תקציב ותועלות כלכליות.

- Been, V. (1993). **What's Fairness Got to Do with It? Environmental Justice and the Sitting of Locally Undesirable Land Uses.** *Cornell Law Review*, 78, 1001-1085.
- Bullard, R. D. (1971). **Solid Waste Sites and the Black Houston Community.** *Sociological Inquiry*, 53(2-3), 273-288.
- Collin, R. W. (1994). **Review of Legal Literature on Environmental Racism, Environmental Equity and Environmental Justice.** *Journal of Environmental Law and Litigation*, 9, 121-172.
- Dworkin, R. (1978). **Taking Rights Seriously.** Cambridge: Harvard University Press.
- Giusti, L. (2009). **A Review of Waste Management Practices and Their Impact on Human Health.** *Waste Management*, 29, 2227–2239.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C. (1992). **Multivariate Data Analysis: With Readings.** Macmillan Publishing Company: New York.
- Harman, H.H. (1967). **Modern Factor Analysis (2nd Edition).** University of Chicago Press: Chicago, Illinois.
- Lisk, D.J. (1991). **Environmental Effects of Landfills.** *The Science of the Total Environment*, 100, 415-468.
- Michelman, I. F. (1973). **In Pursuit of Constitutional Welfare Rights: One view of Rawls' Theory of Justice.** *U. Pa. L. Rev*, 121, 962-1019.
- Mohai P. and Saha R. (2006). **Reassessing Racial and Socioeconomic Disparities in Environmental Justice Research.** *Demography*, 43(2), 384-389.
- Nagendran, R., Selvam, A., Joseph, K. and Chiemchaisri, C. (2006). **Phytoremediation and Rehabilitation of Municipal Solid Waste Landfills and Dumpsites: a Brief Review.** *Waste Management*, 26, 1357–1369.
- Nissim, I., Shohat, T. and Inbar, Y. (2005). **From Dumping to Sanitary Landfills – Solid Waste Management in Israel.** *Waste Management*, 25, 323–327.
- Nozick, R. (1974). **Anarchy, State and Utopia.** New York: Basic Books, Inc.

- Pellow, D. N. (2000). **Environmental Inequality Formation: Toward a Theory of Environmental Injustice**. *The American Behavioral Scientists*, 43(4), 581-602.
- Rawls, J. (1971). **A Theory of Justice**. Cambridge: Oxford University Press.
- Taylor, D. (2000). **The Rise of the Environmental Justice Paradigm**. *American Behavioral Scientist*, 43(4), 508-580.
- U.S. General Accounting Office (1983). **Siting of Hazardous Waste Landfills and Their Correlation with Racial and Economic Status of Surrounding Communities**. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Vrijheid, M. (2000). **Health Effects of Residence near Hazardous Waste Landfill Sites: a Review of Epidemiologic Literature**. *Environmental Health Perspectives*, 108(1), 101-112.
- Yılmaz, B., Daşdemir, I., Atmiş, E. and Lise, W. (2010). **Factors Affecting rural Development in Turkey: Bartın Case Study**. *Forest Policy and Economics*, 12(4), 239-249.

- ברכה, ע. (2008). **פרקטיקה מעשית של צדק סביבתי**. מעשי משפט – כתב עת למשפט ולתיקון סביבתי, א, 179-189.
- דהאן, י. (2007). **תיאוריות של צדק חברתי**. ישראל: משרד הביטחון – ההוצאה לאור, אוניברסיטה משודרת.
- דרורי, ז. (2007). **החיים בזבל – פרק א'**. מקרקעין וערכם – ביטאון לשכת שמאי מקרקעין בישראל, 1-12.
- לובנוב, כ. (2005). **צדק סביבתי: צדק חברתי וזכויות אזרח**. חברה – כתב עת סוציאלי לענייני חברה, כלכלה, פוליטיקה ותרבות, 18.
- יפתחאל, א. (תשנ"ח). **בינוי אומה וחלוקת המרחב ב'אתנוקרטיה הישראלית': התיישבות, קרקעות ופערים עדתיים**. עיוני משפט כ"א, 637.
- פיש, ד. (תשס"ד-תשס"ה). **צדק סביבתי בישראל: המפגש בין דיני זכויות האדם ודיני איכות הסביבה**. משפט וממשל ז', עמוד 922.
- רוזן-צבי, י. (2007). **של מי הפסולת הזאת לעזאזל?! סילוק פסולת וצדק סביבתי בישראל**. מחקרי משפט, כ"ג (2), 487-559.

אתרי אינטרנט

- אדם, טבע ודין : <http://www.adamteva.org.il>
- אתר אקו-וויקו : www.ecowicki.org
- אתר הכנסת : <http://www.knesset.gov.il>
- המשרד להגנת הסביבה בישראל : www.sviva.gov.il
- הרשות להגנת הסביבה בארה"ב : www.epa.gov
- הגל הירוק : www.ecowave.org.il/index.php
- חיים וסביבה : www.sviva.net
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה : <http://www.cbs.gov.il/reader>

מסמכים, פרוטוקולים, חוקים ותכניות

- אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה :
http://www.cbs.gov.il/www/publications/local_authorities06/local_authorities_h.htm
- המשרד להגנת הסביבה, אגף לטיפול בפסולת מוצקה (אוקטובר 2009). **נוהל פיקוח ובקרה בעבודות ביצוע תשתיות באתרי סילוק פסולת.**
- המשרד להגנת הסביבה, החלטות הממשלה, כותרת החלטה : **קידום טיפול בנושא פסולת מוצקה**; נושא סביבתי : פסולת מוצקה, תכנון ותסקירים; מספר החלטה : 1349; תאריך החלטה : 06/06/1993 ראו קישור :
http://www.sviva.gov.il/Environment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=object&enDispWho=News%5E11243&enZone=gov_d&ecisions&enVersion=0
- חוק התכנון והבניה תשכ"ה – 1965. **תכנית מתאר ארצית לסילוק אשפה**, מס' ת/מ/א/16 (שינוי מס' 2) התשנ"ה – 1995.
- מדד פריפריאליות של רשויות מקומיות 2004 - פיתוח חדש, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה :
http://www.cbs.gov.il/hodaot2008n/24_08_160t1.pdf
- מרינרוב א., סברדלוב א., קליין ד. (2004). **מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל**, תכנית אב.

- מערכת מידע גיאוגרפי GIS, יישובים 2008, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה :
http://www1.cbs.gov.il/reader/?MIval=cw_usr_view_SHTML&ID=566
- מפקד האוכלוסין, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה – נתוני מפקד 2008 :
http://www.cbs.gov.il/census/census/main_mifkad08.html
- שריר ו., שוחט ט., (2007). **הוראות והנחיות לסגירה ושיקום מטמנות**, אגף לטיפול בפסולת מוצקה, המשרד להגנת הסביבה.
- Lindsay, I. S.: **A Tutorial on Principal Components Analysis**, Feb 26, 2002, University of Otago, New Zealand:
http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf

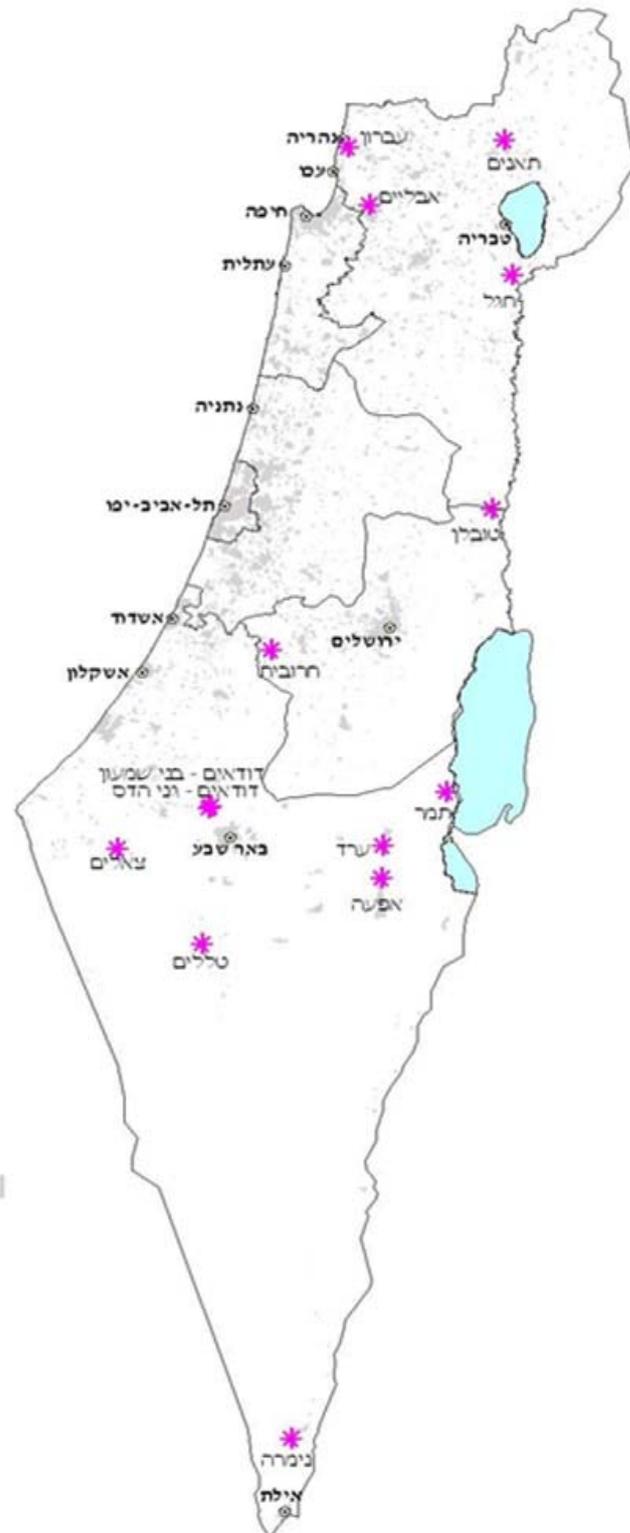
ראיונות

- ברונשטיין עינת, מ"מ ממונת מטמנות ותחנות מעבר ארצית במשרד להגנת הסביבה. נערך בתאריך : 26/05/2010

נספחים

נספח א'

מפת 14 אתרי ההטמנה המאושרים מוסדרים ופועלים כיום, באדיבות המשרד להגנת הסביבה.



נספח ב'

על בסיס ראיון שנערך עם הגב' עינת ברונשטיין, מ"מ ממונת מטמנות ותחנות מעבר ארצית במשרד להגנת הסביבה, הקריטריונים ותתי-הסעיפים הקובעים את רמת השיקום של מטמנה, הם:⁹⁰

- זיהום מי תהום (משקל 21)
 - רגישות הידרולוגית (גיאולוגיה, עובי תווך לא רווי, משקעים)
 - איכות מים (מים שפירים, מליחים, זיהום אחר)
 - השפעה על הפקה (קשר הידרולוגי בין האתר וקידוחי הפקה, כמות וייעוד)
 - תשתיות אתר
- זיהום מים עיליים (משקל 16)
 - מרחק ממקורות מים עיליים (מעיינות, נחלים)
 - זליגות ותשטיפים
 - גודל אגן ניקוז
 - כושר הולכה (סוג קרקע, כיוון זרימה)
- זיהום אויר (משקל 21)
 - מרחק משימושי קרקע רגישים
 - בעירות פנימיות (היו, יש, תופעה חוזרת)
 - שריפת מתאן
 - הערכת פליטת מתאן
 - איטום עליון
 - שריפות
- יציבות מדרונות (משקל 16)
 - גובה אתר מעל פני הקרקע
 - שיפועים קיימים
 - הסדרה
 - שימושי קרקע רגישים
- ערכיות השטח (משקל 11)
 - ערכיות השטח הטבעי
 - מרקם עפ"י תמ"א 35
 - רגישות נופית סביבתית עפ"י תמ"א 35
- נתוני אתר פסולת (משקל 14)
 - שנות פעילות האתר
 - שנת סגירה
 - כמות פסולת מ"ק
 - תשתיות בעת הפעלה
 - גודל שטח
 - סוג פסולת

⁹⁰ ראו: הערה 63.

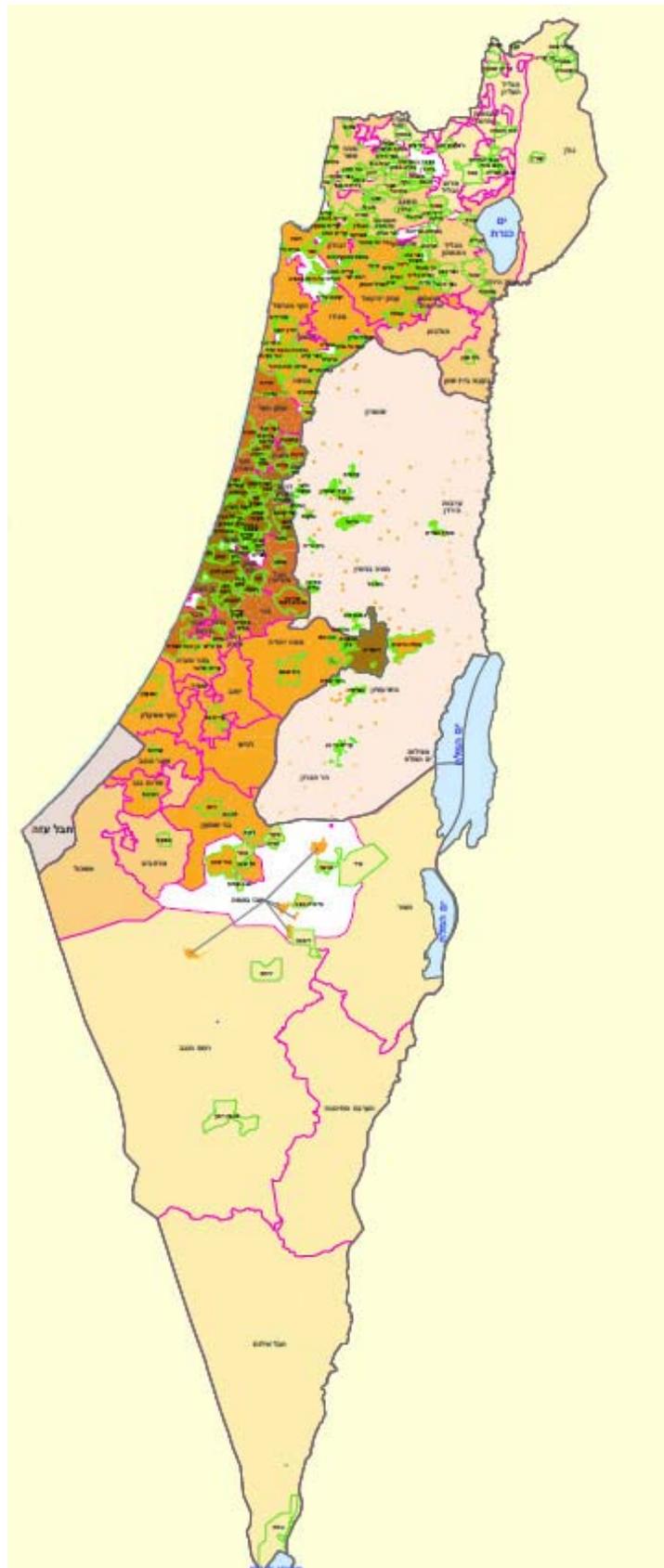
נספח ג'

על בסיס אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006, המשתנים הכלולים בחישוב המדד, הם:⁹¹

- דמוגרפיה:
 - יחס תלות – היחס בין סך בני 0-19 (אוכלוסייה צעירה) ובני 65 ומעלה (אוכלוסייה מבוגרת) לבין בני 20-64 (אוכלוסייה בגיל העבודה)
 - חציון גיל
 - אחוז המשפחות עם 4 ילדים ויותר
- השכלה / חינוך
 - אחוז הסטודנטים הלומדים באוניברסיטאות לתואר ראשון ומעלה ובמכללות המעניקות תואר ראשון
 - אחוז הזכאים לתעודת בגרות
- רמת חיים
 - רמת מינוע
 - אחוז כלי רכב מנועיים חדשים
 - הכנסה ממוצעת לנפש
- תכונות כוח העבודה
 - אחוז דורשי עבודה
 - אחוז השכירים והעצמאים המשתכרים (המרוויחים) עד שכר המינימום
 - אחוז השכירים המשתכרים מעל השכר הממוצע
- תמיכה / גמלאות
 - אחוז מקבלי דמי אבטלה
 - אחוז מקבלי גמלה להבטחת הכנסה
 - אחוז מקבלי קצבת זקנה עם תוספת השלמת הכנסה

⁹¹ אפיון רשויות מקומיות וסיווגן לפי הרמה החברתית-כלכלית של האוכלוסייה בשנת 2006, מבוא, עמוד 8-9
http://www.cbs.gov.il/www/publications/local_authorities06/local_authorities_h.htm

מפה המתרארת את תוצאות מדד פריפריאליות של רשויות מקומיות 2004, באדיבות הלמ"ס.





אוניברסיטת תל-אביב
ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר

טיפול בפסולת עירונית מוצקה במקטע הפנים עירוני

בחינת עלות תועלת להפרדת פסולת במקור במקטע
הפנים עירוני - מקרה בוחן ירושלים

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה - תש"ע

מגישים: יואלה גאנס, יוגב קציר, יואב ליבנה ודניאל בן יהודה
מנחה: דר' שחר דולב

יולי 2010

הצעת מחקר זו משמשת כתשתית לביצוע מחקר בנושא הכדאיות הכלכלית במעבר להפרדה במקור בירושלים ומטרתה לבחון מהן העלויות והתועלות הכלכליות הנובעות מכניסתה של ירושלים כמקרה בוחן למהלך של הפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור (מקרה בוחן ירושלים)

ההצעה מתמקדת בבחינת המקרה של הפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור לשני זרמים – רטוב "נקי" ויבש "מלוכלך" ומציעה מודל כלכלי לשם כך. המודל בוחן ארבעה תרחישים אפשריים: עסקים כרגיל, חלופת השינוי במקטע החוץ עירוני בלבד, חלופת השינוי במקטע הפנים עירוני בלבד וחלופת השינוי הכוללת. בנוסף, המחקר מבקש לערוך ניתוחי רגישויות לחלק מהמשתנים במודל אשר יש בקביעתם גמישות מסוימת והינם בעלי השפעה מכרעת על תחשיבי הכדאיות.

מהלך העבודה יתמקד בבניית מודל כלכלי המניב את ערכי העלות והתועלת מתהליך הפרדת פסולת במקור במקטע העירוני. על מנת לעשות כן, יש לבצע ניתוח שלם הכולל הן את העלות התוספתית הישירה מהפרדה במקור (הוספת מתקני אצירה, סבבי פינוי, הסברה לתושבים וכו'), הן את התועלות והעלויות הנובעות מחלופות הטיפול השונות במקטע החוץ עירוני והן כימות של ההשפעות החיצוניות (חיוביות ושליליות) הנוצרות בתרחישי הטיפול השונים.

היתרונות הסביבתיים של הפרדה במקור ברורים – איכות הטיפול הביולוגי בזרם הרטוב גבוהה יחסית וההפרדה של הזרם היבש למיון במתקן הקצה יעילה יותר, כך ששיעורי ההטמנה יכולים להצטמצם באופן משמעותי לכדי 40% בלבד. מכך נובעת החשיבות של מטרת מחקר זה, לבחון האם בנוסף ליתרונות הסביבתיים קיים למהלך גם יתרון כלכלי. ביצוע מחקר מקיף זה יכול לשמש כבסיס למעבר להפרדה בירושלים ובכך לייצר תמריץ לקידום תכנית מסוג זה.

תוכן עניינים

4.....	מבוא
6.....	סקירת ספרות
6.....	אתגר הטיפול בפסולת עירונית מוצקה
6.....	שיטות מקובלות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה
10.....	סקירת הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בעולם
10.....	מגמות עולמיות
11.....	מקרה בוחן - הולנד כמודל
14.....	סקירת הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל – מקרה בוחן ירושלים
14.....	הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל
16.....	סקירת מצב הפסולת בירושלים
19.....	מבנה המחקר
19.....	שאלות המחקר
20.....	שיטות המחקר
25.....	הערכת קשיים צפויים בהכנת המחקר
26.....	סיכום
27.....	ביבליוגרפיה
30.....	נספחים

המדיניות ארוכת טווח של המשרד להגנת הסביבה בתחום ניהול מערך הפסולת העירונית המוצקה בישראל מתמקדת בשינוי אופן הטיפול הקיים, קרי מעבר מהטמנת פסולת לטיפול באמצעות פתרונות חליפיים, כגון, מיחזור, השבה וכו'. לשם כך נדרשים מספר צעדים הכרחיים שבבסיסם אופן האצירה, האיסוף והשינוע במקטע הפנים עירוני. ניתן לתאר את המשמעות של הפרדת הפסולת במקור במסגרת מדיניות זו באמצעות הצגת חסרונות המצב הקיים לעומת האלטרנטיבה האפשרית:

- **תרחיש עסקים כרגיל** – כ- 85% מכמות הפסולת הנוצרת במשקי הבית בישראל מטופלת באמצעות הטמנה, כ- 4 מיליון טון בשנה. מציאות זו היא בסיס למפגעים סביבתיים רבים וכן למצוקה קשה בתחום זמינות הקרקע להטמנת פסולת בישראל. זאת ועוד, כבר בטווח הזמן הקרוב לא ניתן יהיה להטמין פסולת בצפון הארץ ובמרכזה, ומדינת ישראל תמצא עצמה משנעת את רב הפסולת, על בסיס יומיומי לעבר מרחבי הדרום. מציאות זו כרוכה במשמעויות סביבתיות, חברתיות ומשקיות נרחבות.
- **חלופת הפרדה במקור** – הפרדת פסולת עירונית מוצקה לשני זרמים בלבד¹: זרם רטוב "נקי", המכיל פסולת אורגנית רקבובית ומיועד לטיפול ביולוגי וזרם יבש המכיל את כל שאר הרכיבים, כגון: פלסטיק, נייר, קרטון, מתכת זכוכית ועוד. את הזרם היבש ניתן להפריד לרכיבים שונים במתקן קצה ולמכרם כחומר גלם למיחזור, ואילו הזרם האורגני מטופל במתקני קצה ביולוגיים המפיקים קומפוסט או אנרגיה מהפסולת. היתרונות של חלופה זו ברורים, איכות הטיפול הביולוגי בזרם הרטוב גבוהה יחסית, ההפרדה של הזרם היבש למיון במתקן הקצה יעילה יותר, כלומר שיעורי ההטמנה מצטמצמים באופן משמעותי לכדי 40% בלבד.

מדיניות המתמקדת בהפרדה במקור של הפסולת העירונית המוצקה אמנם עולה בקנה אחד עם פעולות דומות שכבר בוצעו במדינות מפותחות ברחבי העולם (במיוחד במערב אירופה וסקנדינביה) והוכחו כצעד הכרחי להפחתת שיעורי ההטמנה. ברם היא מלווה בחסמים רבים:

- שינוי דפוסי הפעולה הקיימים בטיפול בפסולת ברשויות מקומיות ואזוריות.
- תכנון מחדש והקמה של מערך האצירה הנדרש.
- תכנון ותפעול של מערך האיסוף העירוני והשינוע לתחנת המעבר.
- שינוי דפוסי ההתנהגות של התושבים.

מעל לכול עומד חסם מרכזי בולט, העלות הכלכלית הגבוהה הכרוכה במעבר להפרדה במקור של פסולת עירונית מוצקה במקטע הפנים עירוני, עלות המושתתת על תקציב הרשות המקומית מתוקף אחריותה לטיפול בפסולת הנוצרת בתחומה. תכלית מחקר זה היא לבחון, באמצעות מודל כלכלי, את העלויות והתועלות הנובעות מכניסתה של רשות מקומית גדולה למהלך של הפרדת פסולת במקור. על מנת לעשות כן, יש לבצע ניתוח שלם הכולל הן את העלות התוספתית הישירה מהפרדה במקור (הוספת מתקני אצירה, סבבי פינוי, הסברה לתושבים וכו'), הן את התועלות והעלויות הנובעות מחלופות הטיפול השונות במקטע החוף עירוני והן כימות של ההשפעות החיצוניות (חיוביות ושליליות) הנוצרות בתרחישי הטיפול השונים.

¹ קיימות כמה אסכולות בעניין זה (3 – 5 זרמים, או אי הפרדה במקור כלל), ברם היות והמדיניות המוצהרת של המשרד להגנת הסביבה מתמקדת בהפרדה במקור לשני זרמים בלבד, עוסק המחקר בחלופה זו.

שאלת המחקר המרכזית היא מהן העלויות והתועלות הכלכליות הנובעות מכניסתה של רשות מקומית גדולה למהלך של הפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור (מקרה בוחן ירושלים)?

שאלות המשנה הנגזרות אשר יסיעו למתן מענה ראוי עוסקות במגוון נושאים:

- מהי העלות התוספתית למעבר להפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור במקטע הפנים עירוני?
 - מהם ההשפעות החיצוניות הנלוות לתהליך הפרדת פסולת בירושלים?
 - כיצד ישפיע שינוי בגובה היטל ההטמנה על כדאיות ההפרדה במקור בירושלים?
 - כיצד ישפיע שינוי במיקום מתקני הקצה על כדאיות ההפרדה במקור בירושלים?
- מענה לשאלו אלו יספק בסיס כמותי לבחינת העלויות והתועלות הכלכליות העומדות בפני עיריית ירושלים בבואה לבחון אם, מתי וכיצד תיכנס למהלך הפרדת פסולת במקור ואילו מקורות מימון ידרשו לכך. ראוי לציין, כי עד כה, לא נעשה מחקר מקיף בנושא, על אף חיוניותו להתנעת התהליך בירושלים או ברשויות אחרות.

המחקר יתמקד בבחינה כלכלית להתמודדות עם סוגיית הפסולת העירונית המוצקה בירושלים. הבחינה תתבצע בעזרת מודל כלכלי של עלות-תועלת לתהליך הפרדת פסולת במקור במקטע העירוני. תחילה נבצע סקירה ספרותית להצגת המצב בירושלים והפתרונות המקובלים בעולם. לאחר מכן נתמקד באפיון ממוקד בפסולת הירושלמית ונבנה את יסודות המודל הכלכלי בהתאם. במודל הכלכלי האלטרנטיבי נציג הנחות, ממצאים, ניתוח רגישויות ובעיות ביישום.

סקירת ספרות

אתגר הטיפול בפסולת עירונית מוצקה

בחינה של תוצרי הלוואי הנובעים מהפעילות האנושית המודרנית מעלה שתי סיבות עיקריות הגורמות להאצת הגידול בכמויות פסולת בכלל ופסולת עירונית בפרט:

1. גידול אוכלוסין – הגורם לגידול עקבי ומשמעותי בכמות הפסולת המיוצרת.
 2. עלייה ברמת החיים ושינויים בהרגלי הצריכה – שהובילו לגידול בכמות הפסולת המיוצרת לנפש.
- סקירת ספרות זו מתמקדת בזרם ספציפי מתוך זרם הפסולת הכללי, פסולת עירונית מוצקה. פסולת עירונית מוצקה נוצרת כתוצאה מפעילויות אנושיות בסיסיות כגון הכנת מזון, ניקיון, מסחר ועוד. מקורותיה מוגדרים כמשקי הבית, משרדים, ופעילות עסקית/תעשייתית אחרת שאינה כוללת שימוש בחומרים המוגדרים כמסוכנים. מעבר לשינויי בכמויות הפסולת כפי שצויין לעיל ישנו קשר ישיר בין עלייה ברמת החיים, רמת התיעוש והיקף הפעילות המסחרית, לבין הרכב הפסולת העירונית המוצקה.
- אתגר ההתמודדות עם זרם פסולת זה נובע ממפגעים העלולים להוצר מטיפול לקוי בפסולת:

- התרבות מזיקים והתפשטות מחלות.
 - זיהום קרקעות ומי תהום.
 - זיהום אוויר.
 - מפגעי ריח.
 - מפגעים בטיחותיים לנתיבי תעופה².
- פרט לכך חשוב לציין את היצע הקרקעות המוגבל של מדינת ישראל. סוגיה זו מקשה על הכשרת שטחים להטמנה, שיטת הטיפול הנפוצה ביותר לטיפול בפסולת עירונית מוצקה, בישראל כיום. אי לכך יש חשיבות רבה ליישום אמצעים המאפשרים פתרון אלטרנטיבי לפסולת.

שיטות מקובלות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה

קיימות שיטות שונות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה, אשר ניתנות ליישום במסגרת שני מקטעי טיפול שונים, במחזור החיים של הפסולת:

1. **מקטע פנים עירוני:** המקטע הפנים עירוני מתייחס לשני שלבים עיקריים בשרשרת הטיפול:
 - אצירה - אחסון הפסולת במכלים בסמוך למקום ייצור הפסולת.
 - איסוף ושינוע - איסוף הפסולת מכלי האצירה ושינועה לתחנת מעבר. תחנת מעבר הינה אתר בו מתבצע ריכוז הפסולת מרשות מקומית או כמה רשויות לשם העברה במשאיות בעלות נפח רב יותר למתקני הטיפול הייעודיים במטרה לייעל את השינוע.
2. **מקטע חוץ עירוני:** מקטע זה מתייחס לטיפול בפסולת לאחר עזיבתה את תחנת המעבר על מנת לצמצם את השפעותיה השליליות. להלן שיטות הטיפול העיקריות בפסולת עירונית מוצקה במקטע החוץ עירוני, ברם יובהר, כי לאור ההתמקדות בנייתו כלכלי של המקטע הפנים עירוני, תהיה זו סקירה מצומצמת בלבד, המתמקדת בשיטות הטיפול הרלוונטיות לישראל:

² מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה [www.sviva.gov.il]

- **הטמנה** – סילוק פסולת על ידי קבורתה בקרקע. הטמנה היא השיטה השכיחה ביותר לטיפול בפסולת. מטמנה סניטרית ("מטמנת אשפה", או "מזבלה") היא אתר המשמש להטמנת פסולת לאחר שסולקה מהמקום שבו נוצרה. הכשרת אתר הטמנה לפסולת כוללת הקמת תשתית לאיטום הקרקע, על מנת למנוע את חלחול תשטיפי הפסולת למי תהום, וכך לבודד את הפסולת מהסביבה. הבידוד מושג ע"י התשתית האטומה כאמור ועל ידי כיסוי שוטף של הפסולת (בסוף כל יום עבודה) באמצעות קרקע/אגרגטים. ניתן לסווג מטמנות לפי הפסולת המוטמנת בהן, פסולת עירונית מוצקה, פסולת יבשה ומטמנה לחומרים מסוכנים. כמו כן ניתן להבחין בין סוגים שונים של מטמנות על פי שיטת מילוי הפסולת ומבנה המטמנה; מטמנה המחולקת לתאים, מטמנה שטוחה וכזאת העושה שימוש בשקע טבעי בקרקע.³
- **מבערה** – מבערת פסולת הינה מתקן סגור בו מתבצע תהליך מבוקר של הבערת פסולת בטמפרטורה גבוהה של כ- 1,300 מעלות צלזיוס, ובעודף חמצן, כאשר האנרגיה של הבעירה ניתנת להשבה בצורת חום או חשמל. על פי רוב ניתן לאפיין מתקן לטיפול תרמי בפסולת עירונית ככזה אשר כולל את האלמנטים הבאים: סילוק מרבי של פסולת מתוך סך הכמות המטופלת הן בהיבט הנפח והן בהיבט המסה, הפסדי אנרגיה מועטים (נצילות גבוהה בהעברת חום השריפה למערכות אנרגיה), אורך חיים גדול, טיפול קדם מינימאלי בפסולת וערבוב איכותי בבעירה בין פסולת לדלק ואוויר בתנאי המאפשר יעילות מרבית בטמפרטורת הבעירה.⁴
- **קומפוסטציה, פירוק אירובי** – תהליך ביולוגי בו מתבצע פירוק של פסולת אורגנית רקבובית (פריקה ביולוגית) כגון פסולת גינה ופסולת מזון. התהליך מתבצע בנוכחות חמצן, על ידי מיקרו אורגניזמים תרמופילים, היוצרים חום בתהליך הפרוק של החומר האורגני. חמישה תנאים צריכים להתקיים להיווצרותו של קומפוסט יעיל: טמפרטורה, לחות, ריכוז חמצן, נקבוביות החומר (החומרים צריכים להיות בעלי מבנה פיזי נקבובי בכדי לאפשר לאוויר לחדור לחומרים), כמות יחסית של חומרים מזינים (איזון מתאים של פחמן, חנקן ומינרלים אחרים).
- **עיכול אנאירובי** – תהליך ביולוגי, אשר כולל שימוש בפסולת מתכלה כגון פסולת מזון או פסולת אורגנית רקבובית ומאפשר תהליך פירוק והמרת הפסולת לתמצית בוצה, שפכים וביו-גז אשר ממנו ניתן להפיק אנרגיה. מערכות הטיפול בשיטה זו סגורות בתוך מיכל הבנוי בצורה מאוזנת או מאונכת. הפסולת נותרת במיכל למשך תקופה של כשבועיים עד שלושה שבועות באופן המאפשר לחומרים המתכלים להתרכך.⁵
- **מתקן למיון ומיחזור** – מתקן המפריד את זרם הפסולת הכללי לזרמי משנה. כאשר הפסולת העירונית המוצקה אינה מופרדת במקור (פסולת מעורבת) המתקן עוסק גם בהפרדת זרם הפסולת האורגאני מזרם הפסולת היבש, ברם כאשר הפסולת מופרדת במקור, תכלית המתקן היא הפרדת מרכיבי הזרם היבש, לחומרים בני מיחזור.

³ European Union (2001) "Study on the Economic and Environmental Implications of the Use of Environmental Taxes and Charges in the European Union and its Member States"

⁴ DHV MED בע"מ- הנדסת סביבה ותשתיות (2005), "טיפול תרמי בפסולת עירונית – מסמך רקע", עמ' 10 - 14 .

⁵ אתר חברת "חץ אקולוגיה" (<http://www.arrowecology.com>)

שיטת ההתמודדות המודרנית לטיפול בפסולת עירונית מוצקה מתבססת על "הטיפול המשולב" בפסולת, זאת לאור הבנה שפתרון יעיל הוא זה המשלב כמה טכניקות יחדיו. שיטה זו מורכבת מחמש חוליות ומסודרת על פי התועלת הסביבתית הנובעת מהן ומוכרת בשם "היררכית הטיפול בפסולת":

1. **הפחתה במקור** – צמצום כמות ורעילות הפסולת המיוצרת מאריוות מוצרים או מהמוצרים עצמם על מנת להקטין את נפח האשפה המיוצר.
2. **שימוש חוזר** – מוצרים שנאספים בתום השימוש בהם במטרה להשתמש בהם שוב וכך לחסוך את האשפה שתיוצר מייצור נוסף (כגון בקבוקים, ארגזים ועוד).
3. **מיחזור/השבה** – תהליך של הוצאת חומרים מזרם הפסולת ושימוש בהם כחומרי גלם ליצירת מוצרים חדשים.
4. **שריפה** – הפקת אנרגיה באמצעות שריפת הפסולת במתקן ייעודי.
5. **הטמנה**.

מבחינה סביבתית, הפתרון המועדף לטיפול בפסולת עירונית מוצקה הינו הפרדה במקור של הפסולת במקטע הפנים עירוני לזרמי משנה המאפשרים פעילות במעלה היררכית הטיפול בפסולת⁶. על סמך הניסיון בעולם, כפי שיפורט בהמשך, הפרדת פסולת במקור הינה הצעד האידיאלי לשמש כעוגן בניהול בר קיימא של פסולת. במקומות שונים בעולם, הפסולת מופרדת למספר שונה ומגוון שונה של זרמים. מספר הפחים המוצבים להפרדת הפסולת משתנה בהתאם למדיניות המוכתבת ונע בין שניים לשבעה פחים. נמצא כי עודף הפרדה במקור, המתבטא בהפרדה למספר רב של פחים, יוצרת עומס רב על האזרח ואינה מניבה תועלת שולית ניכרת⁷. מחקר זה יתמקד בחלופה הריאלית עבור מדינת ישראל, אשר אותה מקדם המשרד להגנת הסביבה, הפרדה במקור של הפסולת הביתית לשני זרמים:

1. **זרם רטוב** – המכיל פסולת אורגנית רקבובית שמרביתה מורכבת משאריות מזון שיעובדו לדשן והפקת אנרגיה מביוגז.
 2. **זרם יבש** – המורכב משאר חומרי הפסולת מוצקים אורגניים ושאינם אורגניים שישלח למיון, מיחזור, שריפה ובעת הצורך הטמנה.
- חשוב לציין כי ניתן ליישם חלופה זו בשתי ואריאציות שונות. האחת היא להשאיר את החומר הרטוב נקי, כלומר חומר אורגני רקבובי בפח אחד, ויתר האשפה שאינה אורגנית (יבשה ורטובה) להשליך בפח נפרד. שיטה זו, המניבה זרם רטוב "נקי" וזרם יבש "מלוכלך", מאפשרת ייצור קומפוסט באיכות גבוהה בזכות העדר חומרים מזהמים בחומר האורגני. השיטה השנייה היא להשאיר את החומר היבש "נקי" ואילו את החומר הרטוב "מלוכלך". במקרה זה הפרדת החומר היבש ומיחזורו פשוטים, יעילים יותר ויקרים פחות, אך החומר האורגני הינו פחות איכותי לשם יצירת קומפוסט כיוון שמכיל גם חומרים שאינם אורגניים ומתפרקים באופן ביולוגי. סקירת הספרות והמחקר (כפי שיפורט בהמשך בפרק העוסק בהנחות המודל הכלכלי) יתמקדו בביצוע חלופת הפרדת הפסולת במקור, במקטע הפנים עירוני, לפי רטוב "נקי" ויבש "מלוכלך", בהתאם למדיניות שמקדם המשרד להגנת הסביבה⁸.

⁶ אדם טבע ודין (2009), "הפרדת פסולת עירונית במקור- המדריך לרשות המקומית"

⁷ מרכז השל לחשיבה ומנהיגות סביבתית (2008), "יזמות לשימוש מושכל בפסולת"

⁸ ראיון- אילן ניסים, ראש אגף פסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה (2010).

במעבר להפרדה במקור ישנם שינויים תשתיתיים משמעותיים הנדרשים על מנת למקם פח נוסף לפסולת. שינויים אלו משתנים מאוד מרחוב לרחוב, וכוללים בעיקר הוספת כלי אצירה ברחובות, הכשרת משטחי הצבה ונישות לפחים ועוד. כמו כן השינוי מצריך פעילות הסברתית מקיפה לתושבים וכן שינוי במערך האיסוף והפינוי של הפסולת. במרבית המקרים נדרשת הוספה של סבבי פינוי בפרט על מנת לפנות את הפסולת הרטובה ולמנוע נזקי ריח וריקבון מהפח.

סקירת הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בעולם

מגמות עולמיות

ברחבי העולם, הטמנה היא עדיין השיטה העיקרית לטיפול בפסולת, אולם בשנים האחרונות יותר ויותר מדינות מפותחות מעודדות מיחזור על פני הטמנה על ידי השוואת מחירים באמצעות היטלי הטמנה גבוהים. דו"ח של האיחוד האירופי הצביע על כך שהיטלי ההטמנה תרמו לבלימת מגמת העלייה בכמות הפסולת המוטמנת וכן לבלימה בעלייה בשיעורה מסך אמצעי הטיפול בפסולת. מעבר לכך תורם המיסוי לפיתוח טכנולוגיות ושיטות חדשות לטיפול בפסולת⁹. השוואה בינלאומית מלמדת כי הטיפול בפסולת בישראל טרם התפתח בכיוון המתואר לעיל, שכן שיעורי ההטמנה במדינה גבוהים ועומדים על למעלה מ-85%. לשם השוואה, שיעור הפסולת המוטמנת באיחוד האירופי עומד על כ-40% ואף מגיע לאחוזים בודדים במדינות כגון בלגיה, דנמרק ושוודיה, כמפורט בנספח מספר 1.

לאור העלייה ברמת החיים וגידול האוכלוסין המתמשך, היקפי הפסולת בעולם נמצאים בעליה מתמדת ודורשים התייחסות בת קיימא ותוכנית ארוכת טווח להתמודדות עם כמות הפסולת העולה:

- **קליפורניה** - מייצרת כ-40 מיליון טון פסולת בשנה, כ-1,000 ק"ג פסולת לנפש בשנה¹⁰.
- **EU** - מדינות האיחוד האירופאי מתמודדות עם 220 מיליון טון פסולת עירונית מוצקה בשנה, כ-562 ק"ג לנפש.
- **הולנד** - מתמודדת עם למעלה 10 מיליון טון פסולת עירונית מוצקה בשנה.
- **בריטניה** - בשנת 2007 כמות הפסולת העירונית המוצקה עמדה על 572 ק"ג לנפש. סה"כ, מעל ל-34 מיליון טון פסולת בשנה.

מדינות האיחוד האירופאי מובילה ביישום מדיניות סביבתית בכלל ובהטמעת פתרונות מתקדמים לטיפול בפסולת בפרט, על כן לרוב נבחרת כמודל להשוואה וכיעד להשגה. על אף שמדינות האיחוד מתמודדות עם כ-3 מיליארד טון פסולת בשנה¹¹, 55% מהפסולת שיוצרה באיחוד האירופאי בשנת 2000 הועברה להטמנה. נתון זה נמצא בירידה מתמדת עד לרף 40% בשנת 2007 (ירידה שנתית של 4.2%) בהתאם ליעדי צמצום ההטמנה הנהוגים באיחוד האירופי. במקביל חלה עליה שנתית ממוצעת של 3.9% בהיקפי הפסולת שטופלו בשריפה. שיטת טיפול זו תפסה נתח של 15% בשנת 2000 וכיום עומדת על למעלה מ-20%. כמו כן חלה עליה בהיקפי המיחזור והקומפוסטציה שצמחו מהיקף של 25% בשנת 2000 עד 37% בשנת 2007 גידול שנתי ממוצע של 5.7% (המיחזור צמח ב-5.2% לשנה בעוד הקומפוסטציה צמחה ב-6.3% לשנה)¹².

האיחוד האירופי תומך בשיטות מתקדמות לטיפול בפסולת באמצעים כלכליים וכן באמצעים חקיקתיים. הדירקטיבה האירופית לפסולת (2008/98/EC) מתווה את מדיניות האיחוד ואת הלך הרוח בנושא. החזון המוצג בדירקטיבה הינו מיצוב אירופה כחברה ממחזרת (Recycling Society) המייצרת אפס פסולת. אסטרטגית האיחוד האירופי שואפת למנוע היווצרות פסולת ולהפחית באופן משמעותי את הסיכון הגלום בפסולת. על

⁹ EEA (2009), "Diverting waste from landfill - Effectiveness of waste-management policies in the European Union", Report No 7/2009, p.8

¹⁰ [http://www.communitypulse.org/california/waste-disposal]

¹¹ http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm

¹² Eurostat (2009), "Sustainable development in the European Union - 2009 monitoring report on the EU sustainable development strategy". Pp 128-130

בסיס רעיון זה מדגישים באירופה את הצורך בעידוד החשיבה הירוקה הן בצד היצרן שמתבקש לשפר תהליכי ייצור, והן בצד הצרכן אותו מעודדים לצמצם את צריכתו להעדיף מוצרים סביבתיים. כמו כן, מתן העדפה למיחזור פסולת וצמצום פגיעה בסביבה באמצעות קביעת זרמי פסולת בהם רצוי להתמקד: אריזות, רכב, סוללות, פסולת אלקטרונית וכו'. לשם כך מחייב האיחוד איסוף, שימוש חוזר, מיחזור וטיפול בזרמי הפסולת השונים. פסולת שלא ניתנת למיחזור או שימוש חוזר תיועד לשריפה, כאשר הטמנה היא הפיתרון האחרון. מעבר לכך, באיחוד מחמירים בדרישות ניטור ספציפיות ממטמנות ומבערות בניסיון למנוע ככל שניתן את זיהום הסביבה¹³.

עידוד המיחזור על פני הטמנה התאפשר בעיקר על ידי השוואת מחירים באמצעות היטלי הטמנה גבוהים. אותם היטלים התגלו כבעלי תרומה משמעותית לבלימת מגמת העלייה בכמות הפסולת המוטמנת וכן לבלימת העלייה בשיעור מסך אמצעי הטיפול בפסולת. מעבר לכך תורם המיסוי לפיתוח טכנולוגיות ושיטות חדשות לטיפול בפסולת.

מקרה בוחן - הולנד כמודל¹⁴

בכדי להתמקד בפתרון מתאים לפסולת בירושלים, נדרשת התייחסות ממוקדת יותר באמצעות מקרה בוחן שיהווה בסיס להשוואה ויעד לשאיפה. מאחר וירושלים הינה ייחודית במאפייניה גיאוגרפיים, דמוגרפיים ופוליטיים, הרי שאינה ניתנת להשוואה ומקשה על חיקוי של מודלים קיימים המיושמים בעולם. אם זאת, הולנד נבחרה כמודל לחיקוי עבור מחקר זה בשל היותה מדינה מפותחת ומתקדמת מבחינת טיפול בפסולת הדומה במאפייניה לישראל בפרט הן מבחינת התפרוסת הגיאוגרפית, הן מבחינה כלכלית והן מבחינת צפיפות האוכלוסין.

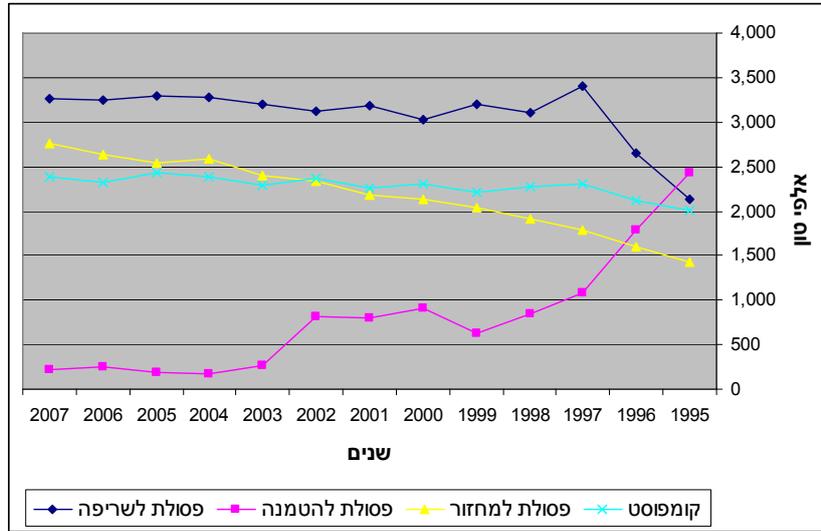
הולנד, מתמודדת עם למעלה מ-10 מיליון טון פסולת עירונית מוצקה בשנה. לאור מאפיינים הגיאוגרפיים הייחודיים (שטח גיאוגרפי קטן וקירבה לגובה פני הים), המקשים על הקמת מתקני הטמנה, נאלצה המדינה לאמץ מדיניות של אפס הטמנה ומקסימום מיחזור פסולת. ביישום מדיניות זו, הצליחה הולנד להתמודד עם גידול מתמיד בכמויות הפסולת מכ-8.5 מיליון טון ב-1995 עד ללמעלה מ-10 מיליון טון פסולת ב-2007. גידול אבסולטי של 11% כל זאת לצד צמיחה של 6% בלבד בכמות הפסולת לנפש באותה תקופה (מרף של כ-540 ק"ג לנפש ב-1995 ועד כ-630 ק"ג בשנת 2007).

הצלחתה של הולנד להתמודד עם כמויות הפסולת הגוברות, ניכרת היטב בירידה הדרסטית שנרשמה בשיעורי הטמנת הפסולת- משיעור הטמנה של 28% בשנת 1995 ועד 2% הטמנה ב-2007. כל זאת לצד עליה משמעותית בהיקפי הפסולת המטופלים באמצעות מיחזור, שריפה וקומפוסטציה עליהם מבוססת המערכת המשולבת ובת הקיימא שהוקמה להתמודדות עם הפסולת העירונית המוצקה המיוצרת במדינה.

¹³ European Commission (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives

¹⁴ UN Habitat (2010), "Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities"

לוח מס' 1: הולנד - פילוח הטיפול בפסולת (אלפי טון) 1995 – 2007



לוח 1 מציג את התפתחות הטיפול בפסולת בהולנד לאורך השנים, משנת 1995 ועד שנת 2007. הגרף ממחיש את הירידה המשמעותית בשערי ההטמנה לצד עלייה מתמשכת ביתר הפתרונות. המפנה במדיניות הממשלה ההולנדית בנושא התרחש בתחילת שנות ה-80 בשינוי תפיסתי נרחב ביחס לטיפול בפסולת בכלל ופסולת עירונית מוצקה בפרט. אם בעבר, ראו בפסולת בעיה מקומית סקטוריאלית כעת התייחסו אליה כאל אתגר לאומי אינטגרטיבי עימו יש להתמודד על בסיס "היררכית הטיפול בפסולת" תוך הימנעות מקסימאלית מהטמנה. מראשית שנות ה-90 יושמה המדיניות ההולנדית לטיפול בפסולת תוך שיתוף פעולה אדוק בין הרשויות השונות: המקומית, המוניציפאלית והלאומית. שיתוף פעולה זה היווה מרכיב עיקרי להצלחת מדיניותה והתאפשר הודות להקמת מועצה מרכזית לניהול פסולת האמונה על הגדרת היעדים והטמעת האמצעים לטיפול בפסולת. מדיניותה קובעה בחקיקה לאומית בשנת 2002 במסגרת ה-"Environmental Management Act" שהציגה גישה משולבת להתמודדות עם נושאים סביבתיים¹⁵. ויישום המדיניות והטמעתה ברחבי המדינה קודמו על ידי שימוש בכלים כלכליים ואמצעים טכנולוגיים שפותחו לבניית התשתית הנדרשת לשינוי, כל זאת תוך קביעת תקנים מחמירים וממוקדים עבור שיטות הטיפול השונות שנועדו לקביעת רף טיפול איכותי וחדשני בפסולת. לאורך התהליך התקיים דיאלוג מתמיד למול המגזר היצרני לטובת חיזוק אחריותם למוצריהם במשך כל מחזור חייהם, תוך הפנמת עלויות חיצוניות וקביעת סטנדרטים מינימאליים עבור רישיונות ייצור פסולת. הנעת השוק לטיפול בפסולת התבססה על מנגנוני שוק וכלים כלכליים דוגמת; מיסוי חומרי גלם ומוצרים, מיסוי פסולת, תוכניות פיקדון, היטלי איסוף פסולת, סובסידיות ותמריצים פיסקאליים. כל אלה נועדו לזרז את השינויים הנדרשים ולקדם טיפול מתקדם בפסולת העירונית המוצקה.

¹⁵ <http://international.vrom.nl/Docs/internationaal/02Legislation.pdf>

חקיקת ה- Environmental Management Act ההולנדית, חייבה את הרשויות המקומיות, העסקים והתעשייה להפריד פסולת במקור¹⁶. עוד בשנת 1999 התקיימה הפרדה במקור של 40-60% מהפסולת שיוצרה עלידי המגזר העיסקי, התעשייה והמגזר הביתי. אולם כעת, קובעה ההפרדה במקור כצעד בסיסי ומחייב בהתמודדות עם בעיית הפסולת במדינה. כל זאת לאור התובנה כי הפרדה במקור מאפשרת את הצעד המתבקש לצמצום ההטמנה וקידום המיחזור ושיטות הטיפול האלטרנטיביות בנסיון להקל על לחצי האשפה על הסביבה¹⁷. נתוני הלשכה ההולנדית לסטטיסטיקה מצביעים על הפרדה במקור של כ-68% מהפסולת הביתית בשנת 2009 ולמעלה מ-80% מהפסולת ממוחזרת¹⁸. נתונים אלה מרשימים בהיקפים וממצבים את הולנד כמובילה בתחום.

הולנד, כמו מדינות אירופאיות אחרות מיישמת בהתנהלותה את החלטת האיחוד האירופי אשר רואה עצמו כחברה ממחזרת Recycling Society המייצרת אפס פסולת. החלטה זו באה לידי ביטוי בסדרה של מהלכי חקיקה ברמת האיחוד האירופי וברמה המקומית של המדינות החברות כאשר המאמץ הוא הפיכת הטיפול בפסולת "לטיפול במשאב". משאב שצריך לעמוד בסדרת החוקים והסטנדרטים הרלוונטיים לכל מוצר חדש המיובא או מיוצר ביבשת. לסיכום, **מדיניות המתמקדת בהפרדה במקור של הפסולת העירונית המוצקה עולה בקנה אחד עם פעולות דומות שכבר בוצעו במדינות מפותחות בעולם ובמערב אירופה במיוחד והוכחו כצעד הכרחי להפחתת שיעורי ההטמנה**¹⁹.

¹⁶ European Commission (2000), "Success stories on composting and separate collection" Directorate-General for the Environment Unit E.3, BU-9 02/121

¹⁷ Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (2001). "Commercial/Industrial Waste and Compulsory Separation- Waste in the Netherlands". Netherlands.

¹⁸ <http://www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuur-milieu/beschrijving/afvalstoffen.htm>

¹⁹ EEA (2009), "Diverting waste from landfill- Effectiveness of waste-management policies in the European Union", Report No 7/2009, p.8

סקירת הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל – מקרה בוחן ירושלים

הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל

מדינת ישראל מתמודדת עם כ- 5 מיליון טון פסולת עירונית מוצקה, כ- 12,000 טון ליום. אזרח ממוצע במדינת ישראל מייצר 1.7 ק"ג פסולת עירונית מוצקה ביום, כאשר קצב הגידול הממוצע בייצור פסולת לנפש עומד על 3% - 5% לשנה²⁰. על אף התחזיות כי שטחי ההטמנה באתר עומדים בפני כילוי, כ- 80% מהפסולת הביתית המוצקה מועברת להטמנה ואילו רק כ- 20% ממנה ממוחזרת²¹. אחת לעשור נערך בישראל סקר ארצי של הרכב הפסולת הביתית, לפיו ניתן לאמוד את זרמי הפסולת השונים וקבל הערכה על שונות הפסולת בין עונות השנה ויישובים שונים בארץ. סקר הפסולת האחרון נערך בשנת 2005. נספח מספר 2 מראה את פילוח הפסולת הביתית לפי זרמים.

כיום, רוב המיחזור הביתי בארץ מבוצע כמערך מיון יחיד, כלומר, הפרדת החומרים למיחזור על ידי התושב והשלכתם בפחים המיועדים במרכזי מיון שכונתיים. שיטה זו טובה כיוון שאינה כרוכה בעלויות גבוהות ואיכות החומרים הנאספים טובה (אינם מלוכלכים מאשפה רטובה), אלא שאינה מניבה אחוזי מיחזור גבוהים. שיטה זו דורשת מהאזרח השקעה ומאמץ רבים - להפריד את החומרים למיחזור למרכיבים השונים ולאחר מכן לקחת אותם עד לנקודת האיסוף ולהשליכם בפחים השונים, ועל כן, ההיענות לה נמוכה²².

הבסיס לטיפול בנושא הפסולת בישראל נקבע בתוכנית מתאר ארצית לסילוק וטיפול באשפה, תמ"א 16, בשנת 1989, אשר במרכזה ההצעה לטיפול מרכזי בפסולת על בסיס אזורי כלל-ארצי, במקום הטיפול המקומי שהיה קיים עד להכנת התוכנית. כמו כן הוגדרו שטחים ייעודיים לסילוק פסולת, מוסדו דרכי הטיפול הפסולת והוגדרו אזורי איסוף. פעילותו של המשרד להגנת הסביבה להטמנתו הכללים והתקנות של תמ"א 16 הביאו לסגירתם של 77 מטמנות לא חוקיות בישראל בשנת 1993. מאז, מרבית הפסולת המוצקה בישראל מפונית להטמנה באתרים מוסדרים בלבד.

משנות ה-90 ואילך נחקקו בישראל מספר חוקים שמטרתם פיתוח מדיניות פסולת התומכת בשימוש ב"היררכית הטיפול בפסולת", ובפרט מעבר מהטמנה לפתרונות יעילים יותר. ביניהם:

- החוק לאיסוף ופינוי פסולת למיחזור (1994) – מתוקף חוק זה נחקקו תקנות הקובעות יעדי מיחזור ברשויות המקומיות.
- חוק הפיקדון על מיכלי משקה (2001) – חובת הגבייה של פיקדון על מיכלי משקה קטנים במטרה לעודד את מיחזורם.
- היטל ההטמנה (2007) – מיסוי על הטמנת פסולת (הרחבה בהמשך).
- חוק האריזות (2010) – קובע חובת מיחזור אריזות על היצרנים.

²⁰ מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה - www.sviva.gov.il

²¹ חושבה לתכנון בע"מ והמשרד להגנת הסביבה ומשרד הפנים (2005). "תכנית אב לטיפול בפסולת מוצקה בישראל".

²² המשרד להגנת הסביבה (2001) "מחזור והשבה". ירושלים.

בשנת 2004 פורסמה תכנית אב לטיפול בפסולת מוצקה אשר מטרתה להתוות תכנית ארוכת טווח להמשך הטיפול בפסולת. ההמלצות העיקריות מהדוח הינן עידוד תהליכי הפחתה במקור, המשך פיתוח אתרי הטמנה, קידום היטלי הטמנה, קידום הפרדה במקור ועוד. כתוצאה מכך, בשנת 2007 החליט המשרד להגנת הסביבה להטיל היטל הטמנה על בעלי אתרים לסילוק פסולת. מטרת היטל הטמנה הינה לשקף את העלות האמיתית של ההטמנה, ובכלל זה את ההשפעות החיצוניות שלה, וכך לאפשר תחרות לשיטות טיפול עדיפות ממנה. המחיר אמור לכסות את העלות הסביבתית של הטמנת הפסולת: זיהום אוויר ומקורות מים, פגיעה בערך הקרקע, ועלויות שמקורן בהובלת הפסולת להטמנה. החוק מטיל על בעל האתר לסילוק פסולת לשלם את היטל הטמנה ל"קרן לשמירת הניקיון", וסביר שעלות ההיטל מגולמת במחיר המשולם לו על ידי הרשויות המקומיות. כספי ההיטל מועברים לחשבון נפרד בקרן והם אמורים להיות מוקצים לפיתוח אמצעים חלופיים להטמנה ולעידוד השימוש בהם. היטל הטמנה של טון פסולת מעורבת עולה בהדרגה מ - 20 ₪ לטון בשנת 2008 עד ל- 50 ₪ לטון בשנת 2011. היטל הטמנה נמצא ככלי יעיל להפחתת אחוזי הטמנה אך בארץ, גובה ההיטל נמוך מכדי להוות תמריץ להפניית פסולת מהטמנה למיחזור²³. בעקבות כך, במשרד להגנת הסביבה החלו לפעול לאחרונה להעלאת גובה היטל הטמנה באופן משמעותי²⁴.

האסטרטגיה של המשרד להגנת הסביבה הינה השגת אפס הטמנה בשנת 2020. מעבר לקידום חקיקה בתחום, אסטרטגיה זו מקודמת בעזרת תמיכה כלכלית בהקמת מתקני קצה למיחזור פסולת ותמיכה תקציבית בעשרות מיליוני שקלים לרשויות שיאפשר להן יצירת תשתית להפרדת הפסולת במקור במשקי הבית ברשויות המקומיות. המשרד להגנת הסביבה התחייב לתמוך במימון של רכישת פחי אשפה לשם הפרדת הפסולת לשני זרמים בהיקף של 70%-90%, במימון של רכבי איסוף ייעודי (משאיות) לחומר מופרד במקור בהיקף של 50% וכן במימון חינוך והסברה בקמפיילים סביבתיים ובהטמעה במערכת החינוך, בהיקף של עד 20% מהפרויקט. המשרד להגנת הסביבה רואה במרכיב האורגני בפסולת מקור להיווצרות מפגעים חמורים יותר ועל כן תומך בהפרדה במקור לרטוב "נקי" ויבש "מלוכלך"²⁵.

במאי 2008 הכריז השר להגנת הסביבה, גלעד ארדן, כי מימוש כספי היטל הטמנה על ידי המגזר הפרטי בשיתוף השלטון המקומי יביא למהפכה באופן הטיפול בפסולת, לעלייה משמעותית באחוזי המיחזור, ההשבה והשימוש החוזר, ויצבי את מדינת ישראל בשורה אחת עם המדינות המפותחות בנושא זה²⁶.

בינואר 2010 עיריית ירושלים התחייבה להעלות את אחוזי המיחזור בעיר ולקדם משמעותית הפרדת הפסולת ברחבי העיר ובבתי הספר בעלות של 80 מליון ש"ח לשלוש השנים הקרובות. העירייה התחייבה ליישם הפרדה במקור לשני זרמים בשתי שכונות בעיר ובעוד כשנתיים להקים מרכז מיון ושינוע של כלל הפסולת העירונית בעיר. בתוך 5 שנים, מתכננים להקים מפעל לטיפול בפסולת²⁷.

²³ בנק ישראל (2009), "הטיפול בפסולת והיטל הטמנה".

²⁴ <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3413124,00.html>

²⁵ ראיון – אילן ניסים, ראש אגף פסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה (2010)

²⁶ אתר המשרד להגנת הסביבה www.sviva.gov.il

²⁷ אתר המשרד להגנת הסביבה www.sviva.gov.il

סקירת מצב הפסולת בירושלים

חלק זה של סקירת הספרות בהצעת המחקר יתמקד בקריטריונים המרכזיים ובמאפיינים היחודיים של סוגיית הפסולת העירונית המוצקה בעיר ירושלים. נתונים אלו ישמשו בהמשך בבניית המודל הכלכלי וניתוח ממצאיו:

- **כמות הפסולת** – על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נוצרים בעיר ירושלים 1,168 טון פסולת עירונית מוצקה ביום, 1.31 ק"ג לנפש ליום. סה"כ נוצרים 426,389 טון פסולת עירונית מוצקה בשנה.²⁸ נתון זה הינו נמוך יחסית לממוצע הארצי אשר עומד על 1.69 ק"ג פסולת עירונית מוצקה ליום. ניתן ליחס זאת לרמת החיים הנמוכה של מרבית תושבי העיר (חרדים וערבים), פקטור בעל השפעה משמעותית על כמות הפסולת המיוצרת והרכבה.²⁹
- **הרכב הפסולת** – אין בנמצא מסמך, או מחקר עדכני אודות הרכב הפסולת העירונית המוצקה בירושלים. הנתונים המהימנים ביותר נובעים מסקר הפסולת הארצי שביצעה חברת שלדג (סקר פסולת נערך אחת לעשר שנים) עבור המשרד להגנת הסביבה בשנת 2005. הסקר חשף את מגוון זרמי המשנה של הפסולת ביישובים שונים בישראל ואת חלקם בזרם המוגדר כפסולת עירונית מוצקה.³⁰ הנתונים שפורטו לעיל, מבוססים על בדיקות במגוון תחנות מעבר לטיפול בפסולת ברחבי הארץ, ברם, לאור הרכב האוכלוסייה הייחודי לירושלים ולאור השאיפה ליישם במודל ערכים המיצגים נאמנה את המציאות עולה הצורך לברור נתונים ספציפיים מהסקר הארצי ולשקללם מחדש עבור המודל הכלכלי. על מנת לפשט את חישוב הערכים הנחוצים למודל הכלכלי ניתן להניח שתושבי העיר מחולקים 33% חילוניים/מסורתיים יהודיים, 33% חרדים יהודיים, 33% ערבים מוסלמים. באמצעות פילוח זה ניתן לייצר את הרכב הק"ג המשוקלל של פסולת עירונית מוצקה בירושלים המתבסס על תחנות מעבר שונות בהם בוצע סקר הפסולת, תחנות מעבר הקולטות פסולת מרשויות מקומיות בעלות הרכב אוכלוסייה ורמת חיים התואמים את פילוח האוכלוסייה בנפרד.
- **טיפול במקטע הפנים עירוני** – הטיפול במקטע הפנים עירוני מתחלק לתשתית (מערך אצירה) ושירותים (סבב פינוי פסולת). על פניו ניתן לייחס לירושלים מאפיינים ככל עיר אחרת, אך לא כך הדבר. המאפיינים הגיאוגרפיים הפיזיים, המאפיינים העירוניים הבנויים ופריסת האוכלוסייה מחייבים התייחסות ממוקדת לטיפול בפסולת עירונית מוצקה בקטע הפנים עירוני. בפרט יש להתייחס לשני אלמנטים עיקריים מרחקי הנסיעה הגדולים והמחסור במיקום להצבת מערכי פינוי נפרדים לזרם הרטוב, פסולת אורגנית רקבובית, ולזרם היבש. במחוז ירושלים, שתי תחנות מעבר גדולות, בגבעת שאול בירושלים ובבית שמש. לתחנות המעבר מגיעות משאיות דחס או דחסניות פסולת. הפסולת מועמסת למכולות גדולות ומשם היא משונעת לאתרי הפסולת להטמנה.³¹ מחקר זה מתמקד בעיר ירושלים בלבד ולא במחוז כולו ולכן המודל הכלכלי יתייחס לתחנת מעבר אחת, התחנה בגבעת שאול. שקלול המאפיינים הייחודיים של העיר הן מבחינת השינויים הנדרשים ליישום מערך אצירה נפרד לשני זרמי פסולת שונים והן מבחינת המרחקים

²⁸ למ"ס, השנתון הסטטיסטי לישראל 2009, לוח 27.16, פסולת מוצקה ביתית, מסחרית וגזם לפי מחוז ולפי נפה.

²⁹ המשרד להגנת הסביבה (2004) "מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל, מיפוי וניתוח חלופות תכנוניות".

³⁰ חברת שלדג והמשרד להגנת הסביבה (2006). "הרכב הפסולת הביתית, סקר ארצי 2005". ירושלים.

³¹ המשרד להגנת הסביבה, "אתרי פסולת (מעורבת ביתית) במחוז ירושלים".

לתחנת המעבר בגבעת שאול ולאתר ההטמנה באבו דיס ו/או למיקום מתקני הקצה החלופיים יתבצע באופן הבא, העיר תחולק באופן גיאוגרפי לשכונות אשר יסווגו על פי מרחק וכן על פי רמת צפיפות, בהתאם למערכת המידע הגיאוגרפית (GIS) של עיריית ירושלים. את החלוקה לשכונות ניתן לראות בלוח מס' 2.

לוח מס' 2: חלוקת שכונות בירושלים³²



³² עיריית ירושלים מפת GIS - <http://gisweb.jerusalem.muni.il/website/yoni/viewer.htm>

- **טיפול במקטע החוץ עירוני** – בדומה לכל הערים ה מרכזיות בישראל מטופלת הפסולת העירונית המוצקה שנוצרת בירושלים באמצעות הטמנה. במחוז ירושלים שני אתרים להטמנת פסולת ביתית :
 1. "חרובית" - ליד מושב שדות מיכה, אתר המאושר בתמ"א 16, תכנית המתאר הארצית לאתרי פסולת, ברם בשל שימוש בקרקעות שלא כדין מצוי בסכוך עם מינהל מקרקעי ישראל וכן עם המשרד להגנת הסביבה.
 2. "אבו דיס" - מזרחית לירושלים, בדרך למעלה אדומים, אתר שאינו מאושר בתמ"א 16, בשל מיקומו מעבר לקו הירוק, כמו כן בעל קיבולת הקרובה למיצוי.
 שני אתרי הפסולת עברו תכנון לקראת הרחבה ושדרוג: חרובית, תכנית הרחבה ושדרוג נמצאת בשלבי ביצוע מסוף שנת 2005. אבו דיס, תכנית ההרחבה והשיקום אושרה במנהל האזרחי אולם, נכון לתחילת שנת 2006, בשל בעיות מימון, התכנית אינה מבוצעת. פרט לכך יש לציין כי עיריית מעלה אדומים מתכננת הקמת אתר פסולת חדש באזור התעשייה מישור אדומים שיחליף את אתר אבו דיס. מחקר זה מתמקד בעיר ירושלים בלבד ולא במחוז כולו ולכן המודל הכלכלי יתייחס למטמנת אבו דיס וכן להפעלת אתר חלופי באזור התעשייה מישור אדומים ו/או במסגרת ניתוחי הרגישויות, הובלת פסולת לאתרי הטמנה מרוחקים בדרום הארץ או בבקעת הירדן.
- **מיחזור** – היקף המיחזור בירושלים נמוך ועומד על 4% מסך הפסולת העירונית המוצקה, רובו מתמקד בנייר ופלסטיק מסוג PET באמצעות פחים ייעודים הפרוסים ברחבי העיר³³.

לסיכום, ניתן לראות כי הטיפול בפסולת בירושלים במתכונתו הנוכחית, אינו יכול להמשך לאורך זמן. עתודות ההטמנה הקרובות נמצאות לקראת מיצוי, שעורי המיחזור הנמוכים אינם מאפשרים הפחתה משמעותית בכמויות הפסולת המוטמנות והתשתית הצפופה בעיר מקשה על תהליך איסוף ופינוי הפסולת ועלולה להוות אתגר בהטמנת הפרדה במקור. מכאן נובע כי ישנה חשיבות רבה לבחינת פתרונות יישומיים בירושלים, תוך התחשבות בלוגיסטיקה הסבוכה בעיר ובעלויות הכלכליות והחיצוניות הכרוכות בשינוי מערך הפסולת ובמעבר להפרדה במקור.

³³ אדם טבע ודין (2007). "דו"ח העוני הסביבתי". תל אביב

מבנה המחקר

שאלות המחקר

מסקירת הספרות עולה כי ברחבי העולם המפותח מיושמים פתרונות אלטרנטיביים לטיפול בפסולת. מרבית הפתרונות המקובלים מתאפשרים בזכות הפרדה במקור של זרמי הפסולת. הפרדה זו מאפשרת הימנעות מרבית מהטמנה וטומנת בחובה יתרונות סביבתיים רבים. אם זאת, השינוי במערך איסוף, פינוי והטיפול בפסולת כרוכים בעלויות רבות. מחקר זה נועד לבחון את הכדאיות בכניסה לתהליך זה בירושלים.

שאלת המחקר המרכזית:

מהן העלויות והתועלות הכלכליות הנובעות מכניסתה של רשות מקומית גדולה למהלך של הפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור (מקרה בוחן ירושלים)?

שאלות המשנה:

- מהי העלות התוספתית למעבר להפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור במקטע הפנים עירוני?
- מהם ההשפעות החיצוניות הנלוות לתהליך הפרדת פסולת בירושלים?
- כיצד ישפיע שינוי בגובה היטל ההטמנה על כדאיות ההפרדה במקור בירושלים?
- כיצד ישפיע שינוי במיקום מתקני הקצה על כדאיות ההפרדה במקור בירושלים?

מענה לשאלו אלו יספק בסיס כמותי לבחינת העלויות והתועלות הכלכליות העומדות בפני עיריית ירושלים בבואה לבחון אם, מתי וכיצד תיכנס למהלך הפרדת פסולת במקור ואילו מקורות מימון ידרשו לכך. ראוי לציין, כי עד כה, לא נעשה מחקר מקיף בנושא, על אף חיוניותו להתנעת התהליך בירושלים או ברשויות אחרות.

השערות המחקר:

- הפרדת הפסולת במקור כדאית בירושלים בהינתן מתקני קצה ייעודיים לטיפול בזרמי הפסולת השונים.
- הפרדת הפסולת במקור כדאית בירושלים בהינתן סיוע כספי מטעם המשרד להגנת הסביבה.
- הפרדת פסולת במקור עדיפה מחינת עלויות חיצוניות, בהינתן גילומם המלא במחירים.

שיטות המחקר

שלב זה בהצעת המחקר יפרט את שיטות המחקר הרלוונטיות לביצוע העבודה על פי שלבי העבודה השונים. המחקר יתחלק לשלושה שלבים:

שלב א': ביסוס מסד נתונים

1. הרכב וכמות הפסולת בירושלים – מקור נתונים אלו הינו סקר הפסולת הארצי (2005), נתוני למ"ס, נתונים רשמיים של המשרד להגנת הסביבה ועיריית ירושלים.

○ **הרכב** – קביעת הרכב הפסולת בירושלים (זרמי משנה, פילוח לזרם יבש ורטוב) תתבצע באמצעות ניתוח סקר הפסולת הארצי משנת 2005. היות והסקר מבוסס על בדיקות במגוון תחנות מעבר לטיפול בפסולת ברחבי הארץ יש להתאימו למאפייני הייחודיים של העיר. לאור הרכב האוכלוסייה הייחודי לירושלים ולאור השאיפה ליישם במודל ערכים המיצגים נאמנה את המציאות עולה הצורך לברור נתונים ספציפיים מהסקר הארצי ולשקללם מחדש עבור המודל הכלכלי. על מנת לפשט את חישוב הערכים הנחוצים למודל הכלכלי ניתן להניח שתושבי העיר מחולקים 33% חילוניים/מסורתיים יהודיים, 33% חרדים יהודיים, 33% ערבים מוסלמים. באמצעות פילוח זה ניתן לייצר את הרכב הק"ג המשוקלל של פסולת עירונית מוצקה בירושלים המתבסס על תחנות מעבר שונות בהם בוצע סקר הפסולת, תחנות מעבר הקולטות פסולת מרשויות מקומיות בעלות הרכב אוכלוסייה ורמת חיים התואמים את פילוח האוכלוסייה בנפרד.

○ **כמות** – על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נוצרים בעיר ירושלים 1,168 טון פסולת עירונית מוצקה ביום, 1.31 ק"ג לנפש ליום. סה"כ נוצרים 426,389 טון פסולת עירונית מוצקה בשנה.³⁴ נתון זה הינו נמוך יחסית לממוצע הארצי אשר עומד על 1.69 ק"ג פסולת עירונית מוצקה ליום. ניתן ליחס זאת לרמת החיים הנמוכה של מרבית תושבי העיר (חרדים וערבים), פקטור בעל השפעה משמעותית על כמות הפסולת המיוצרת והרכבה.³⁵

2. מבנה העלויות לטיפול בפסולת במקטע הפנים עירוני בירושלים – על מנת לבצע ניתוח עלות תועלת הכולל מעבר של ירושלים להפרדת פסולת במקור יש לכמת את מבנה העלויות הנוכחי והתוספתי:

○ מבנה העלויות הנוכחי – נתונים אלו יאספו באמצעות ראיונות עומק עם גורמים מקצועיים במשרד להגנת הסביבה, מומחים מקצועיים בתחום הפסולת ואגף התברואה של עיריית ירושלים. הנתונים שיאספו:

- מערך כלי האצירה בעיר – אפיון (גודל, נפח) וכימות סוגי כלי האצירה הקיימים.
- עלויות האיסוף והפינוי – תשלום לקבלן חיצוני (תחזוקת רכבים, דלק, העסקת עובדים, מספר סבבי פינוי), העסקת עובדי תברואה ופיקוח עירוניים.
- עלויות תחזוקת כלי האצירה – תחזוקה וטיפול בפחים וכלי פינוי עירוניים על מנת לשמר את התשתית (בלאי, תיקונים וניקיון).
- עלויות הכניסה לתחנת מעבר.

³⁴ למ"ס, השנתון הסטטיסטי לישראל (2009). לוח 27.16, פסולת מוצקה ביתית, מסחרית וגזם לפי מחוז ולפי נפה.

³⁵ המשרד להגנת הסביבה (2004). "מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל, מיפוי וניתוח חלופות תכנוניות"

○ עלויות תוספתיות כתוצאה ממעבר להפרדה במקור – נתונים אלו יאספו באמצעות ראיונות עומק עם גורמים מקצועיים במשרד להגנת הסביבה, משרדי ייעוץ פסולת ואגף התברואה של עיריית ירושלים. הנתונים שיאספו:

- תוספת נדרשת לכלי האצירה בעיר - הפרדת הפסולת לשנים זרמים תחייב שימוש בשני מיכלי אצירה נפרדים, אחד לכול זרם פסולת.
- תוספת נדרשת לשינוי איסוף ופינוי הפסולת – בעקבות המעבר להפרדת פסולת במקור יידרש שינוי במספר ואופן ביצוע סבבי הפינוי, כמוכן תידרש החלפת משאיות, הוספת עובדים עירוניים וכו'.
- תוספת נדרשת לתחזוקת כלי האצירה – היות ומספר כלי האצירה גדל עולה גם מרכיב האחזקה במבנה העלויות, כמו כן קיימים הבדלים ברמת הבלאי בין כלי האצירה לזרמי הפסולת השונים.
- התאמת מבנים ותשתית למערך פינוי הפסולת החדש – מעבר להפרדה במקור, כרוך בביצוע התאמות בתשתית קיימת כגון, חדרי אשפה, גומחות פסולת ברחוב ורוחב מדרכות.
- פרסום והסברה – מהלך הפרדת פסולת במקור מחייב שיתוף פעולה משמעותי מצד תושבי העיר, אי לכך נדרש הקמה ויישום של מערך פרסום והסברה אינטנסיבי.
- עלויות הכניסה של פסולת מופרדת במקור לתחנת מעבר.

3. מבנה העלויות לטיפול בפסולת במקטע החוץ עירוני בירושלים – על מנת לבחון את העלות התוספתית במעבר להפרדה במקור, יש לבחון שני פרמטרים שונים:

- מבנה העלויות הנוכחי – נתונים אלו יאספו באמצעות ראיונות עומק עם גורמים מקצועיים במשרד להגנת הסביבה, משרדי ייעוץ פסולת ואגף התברואה של עיריית ירושלים. הנתונים שיאספו:
 - עלויות השינוע מתחנת המעבר לאתר ההטמנה.
 - עלויות הכניסה לאתר ההטמנה.
 - היטל ההטמנה.

- עלויות תוספתיות כתוצאה ממעבר להפרדה במקור – נתונים אלו יאספו באמצעות ראיונות עומק עם יזמים, מפעילי אתרי טיפול, קבלני הובלת פסולת, ניתוח מאמרים ומחקרים מקצועיים:
 - עלויות השינוע ודמי כניסה למתקן קצה לטיפול בזרם הרטוב.
 - עלויות השינוע ודמי כניסה למתקן קצה לטיפול בזרם היבש.

שלב ב': בניית מודל כלכלי

שלב זה עוסק בגיבוש דגם תפעולי של טיפול בפסולת ומדגיש את הערכים הכלכליים הנובעים ממנו. על מנת לעשות כן יש לבסס שני מרכיבים הכרחיים, הנחות ותרחישי טיפול בפסולת.

1. **הנחות המודל:** הנחות המודל המפורטות להלן נגזרות באופן ישיר מסקירת הספרות לעיל. ערכים כלכליים ותפעוליים ספציפיים יגזרו משלב א' – ביסוס מסד הנתונים.

- הפרדה במקור במקטע הפנים עירוני תיעשה לשני זרמים, רטוב (אורגאני) ויבש.
- יוגדר כי "הזרם הנקי" הינו הזרם הרטוב (האורגני) ואילו היבש הינו "זרם מלוכלך", אשר מכיל פסולת כגון חיתולים, טקסטיל ושאריות נוספות. "הזרם המלוכלך", עלול להכיל מרכיב אורגני או מרכיב אחר אשר אינו מאפשר טיפול באמצעות מיון ומיחזור בלבד.
- במקטע החוץ עירוני יתבצע טיפול באמצעות 3 שיטות עיקריות: הטמנה, מתקן מחזור ומתקן ביולוגי.
- שיעור ההטמנה של פסולת מעורבת בירושלים עומד כיום על 97%.
- גובה היטל הטמנה 50 ש"ח לטון.³⁶

○ דמי הכניסה למתקני טיפול ייעודיים (מתקנים ביולוגיים לזרם הרטוב ומתקני מיון ומיחזור לזרם היבש) עולים ככל שהפסולת מלוכלכת. זאת משום שכמות החומרים למיחזור ואיכותם פוחתת, נדרש היקף טיפול משמעותי יותר וכן אחוז גדול יותר מהפסולת ישלח מהמתקן להטמנה.

2. **בניית תרחישי טיפול בפסולת:** יישום תכנית להפרדה במקור של פסולת עירונית מוצקה, כרוכה בשינויים במבנה העלויות והתועלות של הרשות המקומית. לשם כך, יש לבחון באלו תרחישים התכנית כדאית מבחינה כלכלית עבור הרשות המקומית. על מנת לערוך בדיקת כדאיות מקיפה, אשר משקפת את מגוון האלטרנטיבות, ינתח המחקר ארבעה תרחישים אפשריים שונים:

- **חלופת עסקים כרגיל** – תרחיש זה משמש כאמת מידה. מבנה עלויות הטיפול בפסולת של הרשות המקומית (ירושלים) לא משתנה. המשך איסוף פסולת ללא הפרדה במקור במקטע הפנים עירוני והמשך הטמנה של פסולת מעורבת באתרי הטמנה מוסדרים.
- **חלופת שינוי במקטע החוץ עירוני בלבד** – תרחיש זה כולל המשך איסוף פסולת ללא הפרדה במקור במקטע הפנים עירוני והפרדת הפסולת לשני זרמים בתחנת מעבר לשם טיפול נפרד במתקני קצה ייעודיים (מתקן ביולוגי לזרם האורגאני וקבובי ומתקן מיון ומיחזור לזרם היבש). חלופה זו נבחנת על מנת לבדוק את הכדאיות הגלומה במצב של טיפול בפסולת במתקני קצה ייעודיים ללא ביצוע הפרדה במקור. בתרחיש זה העלות הפנים עירונית היא ללא שינוי ואילו העלות החוץ עירונית משתנה.
- **חלופת שינוי במקטע הפנים עירוני בלבד** – תרחיש זה כולל ביצוע הפרדה במקור במקטע הפנים עירוני של פסולת עירונית מוצקה לזרם רטוב וזרם יבש והמשך הטמנה של זרמי הפסולת השונים באתרי הטמנה מוסדרים. חלופה זו נבחנת על מנת לבדוק את הכדאיות הגלומה במצב של הפרדת פסולת במקור והמשך טיפול בשיטת ההטמנה הקיימת. על פי תרחיש זה מתבצע שינוי במבנה העלויות במקטע הפנים עירוני אך במקטע החוץ העירוני אין שינוי.
- **חלופת שינוי כוללת** – שינוי בשני המקטעים במקביל, ביצוע הפרדה במקור במקטע הפנים עירוני של פסולת עירונית מוצקה לזרם רטוב וזרם יבש וטיפול נפרד במתקני קצה ייעודיים (מתקן ביולוגי לזרם האורגאני וקבובי ומתן מיון ומיחזור לזרם היבש).

³⁶ החל משנת 2011 יעמוד ההיטל על 50 ₪ לטון. בשנת 2010 ההיטל הוא 40 ₪

לוח מס' 3: הערכת מגמות בעלויות הטיפול בפסולת לפי תרחישי המודל

חלופת עסקים כרגיל	חלופת שינוי במקטע החוץ עירוני בלבד	חלופת שינוי במקטע הפנים עירוני בלבד	חלופת שינוי כוללת
ללא	ללא	ללא	עלות מעבר להפרדה במקור (הצטיידות, התאמות בינוי, פרסום והסברה)
ללא שינוי	ללא שינוי	ללא שינוי	תדירות פינוי
ללא שינוי	ללא שינוי	ללא שינוי	עלות אחזקת מאצרות
ללא שינוי	ללא שינוי	ללא שינוי	עלות איסוף ושינוע מקטע פנים עירוני (כולל כניסה לתחנת מעבר) הממוצע הארצי לשינוע פנים עירוני=225 ש"ח לטון. ³⁷ ממוצע ארצי לכניסה לתחנת מעבר=32 ש"ח לטון. ³⁸
ללא	ללא	עלייה גבוהה יחסית	עלות דמי כניסה למתקן מיון
ללא שינוי	ללא שינוי	?	עלות שינוע מקטע חוץ עירוני ממוצע ארצי של בין 0.3 ל-0.6 ש"ח לטון לק"מ ³⁹ .
ללא שינוי	ללא שינוי	ירידה קטנה יחסית	עלות דמי כניסה לאתר הטמנה ממוצע ארצי עומד על כ-41 ש"ח לטון
ללא שינוי	ללא שינוי	ירידה קטנה יחסית	עלות היטל הטמנה 50 ₪ לטון החל מ-2011
?	?	?	עלויות חיצוניות

לוח 3 מציג אומדן למגמות של תרחישי הטיפול בפסולת. לאחר שלב ביסוס מסד הנתונים נוכל להשלים את המשתנים עצמם ולאמוד את הערכים עצמם. ניתוחי הרגישויות שיבוצעו בשלב הבא של המחקר יסייעו בשיקוף שינויים במספר פרמטרים.

³⁷ אדם טבע ודין (2009). "הפרדת פסולת עירונית במקור- המדריך לרשות המקומית".

³⁸ אדם טבע ודין (2009). "הפרדת פסולת עירונית במקור- המדריך לרשות המקומית".

³⁹ אדם טבע ודין (2009). "הפרדת פסולת עירונית במקור- המדריך לרשות המקומית".

שלב ג': ניתוח רגישויות

על מנת לבחון לעומק את העלויות והתועלות הנובעות מהמודל יש לבצע ניתוח רגישויות אשר ישקף את השפעות השינוי בפרמטרים נבחרים על ממצאי המודל. ניתוח הרגישויות יתמקד בארבעה תחומים עיקריים, כמפורט להלן:

1. היטל ההטמנה – מרכיב זה הינו משמעותי במבנה העלויות של הרשות, זאת ועוד על פי מדיניות המשרד להגנת הסביבה קיימת סבירות גבוהה להעלאתו של גבוה ההיטל⁴⁰. אי לכך יבדקו 2 ערכים נוספים לגובה ההיטל 100 ש"ח לטון ו – 150 ש"ח לטון.
2. שיעורי סיוע המשרד להגנת הסביבה – לאור מדיניות המשרד להגנת הסביבה, קיימת סבירות כי יינתן סיוע לרשויות אשר יעברו להפרדת פסולת במקור, סיוע זה עשוי להשפיע על כדאיות כלכלית עבור חלופות טיפול שונות. אי לכך יבחנו שיעורי סיוע שונים מצד המשרד להגנת הסביבה, לעלויות מעבר חד פעמיות במקטע הפנים עירוני (רכישת כלי אצירה, פרסום והסברה, התאמות בינוי), 0%, 20%, 40%.
3. מיקום מתקני הקצה – מרחק השינוע של הפסולת העירונית למתקני קצה (מתקנים ייעודיים או הטמנה) הינו מרכיב משמעותי במחיר הכניסה שיגבה מהרשות בתחנת המעבר. עבור מיקום מתקני קצה ייעודיים יבדקו 3 מיקומים אפשריים: מרחק 25 ק"מ, מרחק 50 ק"מ ומרחק 100 ק"מ. עבור מיקום אתר ההטמנה – יבדקו 3 מיקומים אפשריים: במרחק 50 ק"מ, במרחק 100 ק"מ ובמרחק 150 ק"מ

⁴⁰ <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3413124,00.html>

הערכת קשיים צפויים בהכנת המחקר

המחקר המפורט לעיל טומן בחובו את הקשיים הבאים :

1. היעדר נתונים עדכניים וממוקדים לרשות הנבחנת, ירושלים – על מנת להתמודד עם סוגיה זו יש לקיים מספר נרחב של ראיונות עם אנשי מקצוע ו/או גורמים רלוונטיים במערך התברואה של העיר. כמו כן חשוב לציין שמודל כלכלי מטבעו עוסק במיצוע של נתונים ובהערכות המשקפות את המציאות בקירוב ולכן יתחשב המחקר במספר מקורות נתונים והצלבתם כאמצעי להתגבר על סטיות או פערים.
2. היקף המחקר – העבודה עושה שימוש במסד נתונים נרחב וכוללת התייחסות הן למקטע הפנים עירוני והן למקטע החוץ עירוני. היקף זה הינו משמעותי ועלול להקשות על איגום הנתונים וניתוחם. אי לכך ייעשה ניסיון לבצע ניתוח וביסוס של מבנה העלויות בעיקר במקטע הפנים עירוני שנמצא במוקד העבודה בעוד שבמקטע החוץ העירוני יעשה שימוש בנתונים קיימים ממחקרים או ראיונות.
3. מחירי כניסה למתקנים שאינם קיימים – המחקר עוסק באופן בו משפיע השילוב של שינויים במקטע הפנים עירוני והחוץ עירוני בנפרד ובמקביל. העבודה כוללת התייחסות לעלויות הטיפול במתקנים ייעודיים אשר לא קיימים ופועלים בישראל, בעיקר מתקנים ביולוגיים (עיכול אנאירובי/קומפוסטציה). הדבר מקשה על הערכת מחירי הכניסה למתקנים אלו ולכן יש להסתמך על יזמים בתחום, מפעילי מתקנים לפסולת חקלאית או הערכת אנשי מקצוע. לחילופין ניתן לנתק במחקר את המקטע החוץ עירוני והמטע הפנים עירוני, ברם הדבר עלול לפגום בשלמות המחקר ובחוזק המסקנות שניתן לגזור ממנו.
4. מאפייני הרשות הנבחנת, ירושלים – ירושלים הינה מטרופולין בעל מאפיינים ייחודיים ברמה הלאומית (הרכב אוכלוסייה, מרחקי שינוע פנים עירוניים ועוד). על מנת להתמודד עם סוגיה זו יש לבצע התאמות פי שפורט בפרק שיטות המחקר לעיל. אולם עדין עלולים להתעורר פערים או קשיים נוספים שלא קיבלו מענה מפורט בהצעת המחקר ואשר יטופלו במהלך ביצוע העבודה.
5. הפנמת עלויות חיצוניות – מבנה העלויות כיום איננו כולל הפנמה מלאה של העלויות החיצוניות של שירותי פינוי פסולת. רכיב נוסף במבנה העלויות הינו העלויות החיצוניות הנובע מכל תרחיש. מאחר והיטל ההטמנה אמור לגלם את העלויות החיצוניות הנובעות מהטמנה - תפיסת קרקעות ופליטות מתאן, קיים קושי להוסיף למבנה העלויות את העלויות החיצוניות. זאת ועוד עלויות חיצוניות הן מרכיב רלוונטי בעיקר בבדיקת הכדאיות במישור הלאומי ולא דווקא עבור תקציב הרשות המקומית.

הצעת מחקר זו משמשת כתשתית לביצוע מחקר בנושא הכדאיות הכלכלית במעבר להפרדה במקור בירושלים. שאלת המחקר המרכזית הינה – מהן העלויות והתועלות הכלכליות הנובעות מכניסתה של רשות מקומית גדולה למהלך של הפרדת פסולת עירונית מוצקה במקור (מקרה בוחן ירושלים)? מהלך העבודה יתמקד בבניית מודל כלכלי המניב את ערכי העלות והתועלת מתהליך הפרדת פסולת במקור במקטע העירוני. על מנת לעשות כן, יש לבצע ניתוח שלם הכולל הן את העלות התוספתית הישירה מהפרדה במקור (הוספת מתקני אצירה, סבבי פינוי, הסברה לתושבים וכו'), הן את התועלות והעלויות הנובעות מחלופות הטיפול השונות במקטע החוץ עירוני והן כימות של ההשפעות החיצוניות (חיוביות ושליליות) הנוצרות בתרחישי הטיפול השונים.

ההתמודדות עם אתגר סוגיית הפסולת בכלל, והפסולת העירונית בפרט, מבוסס על דפוסי פעולה הנהוגים במדינות מערביות מפותחות וכוללת מגוון אמצעים. אמצעי מרכזי בניהול משק פסולת על פי דפוסים אלו הינו ביצוע הפרדה במקור של הפסולת העירונית. מהלך זה הינו מורכב, כרוך בשינוי דפוסי פעולה ובעל השלכות כלכליות משמעותיות. העלות הכלכלית הגבוהה הכרוכה במעבר להפרדה במקור של פסולת עירונית מוצקה במקטע הפנים עירוני, מושתתת על תקציב הרשות המקומית מתוקף אחריותה לטיפול בפסולת הנוצרת בתחומה.

מדיניות המשרד להגנת הסביבה בשנים האחרונות, הגורם המקצועי האמון על הסדרת שוק זה. הציבה לה מספר יעדים עיקריים בתחום זה, ביניהם - צמצום נפח ההטמנה והפחתת המפגעים הסביבתיים הנוצרים כתוצאה מטיפול בפסולת. על מנת לקדם מדיניות זו מציע המשרד להגנת הסביבה תמריצים כלכליים בדמות סיוע כספי לרשויות שיעברו להפרדת פסולת עירונית מוצקה לשני זרמים כבר במשק הבית – זרם רטוב "נקי", המכיל פסולת אורגנית רקבובית ומיועד לטיפול ביולוגי וזרם יבש המכיל את כל שאר הרכיבים, כגון: פלסטיק, נייר, קרטון, מתכת זכוכית ועוד. את הזרם היבש ניתן להפריד לרכיבים שונים במתקן קצה ולמכרם כחומר גלם למיחזור, ואילו הזרם האורגאני מטופל במתקני קצה ביולוגיים המפיקים קומפוסט או אנרגיה מהפסולת.

היתרונות הסביבתיים של הפרדה במקור ברורים – איכות הטיפול הביולוגי בזרם הרטוב גבוהה יחסית וההפרדה של הזרם היבש למיון במתקן הקצה יעילה יותר, כך ששיעורי ההטמנה יכולים להצטמצם באופן משמעותי לכדי 40% בלבד. ומכך נובעת החשיבות של מטרת מחקר זה, לבחון האם בנוסף ליתרונות הסביבתיים קיים למהלך גם יתרון כלכלי. ביצוע מחקר מקיף זה יכול לשמש כבסיס למעבר להפרדה בירושלים ובכך לייצר תמריץ לקידום תכנית מסוג זה.

ביבליוגרפיה

מאמרים - ישראל

- ☒ אדם טבע ודין (2001). "מיחזור פסולת מוצקה בישראל ממצאים ויעדים", תל אביב.
- ☒ אדם טבע ודין (2007). "דו"ח העוני הסביבתי", תל אביב.
- ☒ אדם טבע ודין (2009). "הפרדת פסולת עירונית במקור- המדריך לרשות המקומית"
- ☒ בנק ישראל (2009). "הטיפול בפסולת והיטל ההטמנה"
- ☒ המשרד להגנת הסביבה וחברת שלדג (2006). "הרכב הפסולת הביתית – סקר ארצי 2005", ירושלים.
- ☒ המשרד להגנת הסביבה. "אתרי פסולת (מעורבת ביתית) במחוז ירושלים".
- ☒ המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות (2000). "הקומפוסט בישראל - סקר מקורות ושימושים ובחינת כדאיות כלכלית", ירושלים.
- ☒ המשרד להגנת הסביבה (2001). "מיחזור והשבה", ירושלים.
- ☒ המשרד להגנת הסביבה (2005). "הפסולת הביתית- נתונים כמותיים", ירושלים.
- ☒ המשרד להגנת הסביבה (2004). "מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל, מיפוי וניתוח חלופות תכנוניות"
- ☒ חושבה לתכנון בע"מ והמשרד להגנת הסביבה ומשרד הפנים (2005). "תכנית אב לטיפול בפסולת מוצקה בישראל".
- ☒ חברת שלדג והמשרד להגנת הסביבה (2006). "הרכב הפסולת הביתית, סקר ארצי 2005", ירושלים.
- ☒ למ"ס, השנתון הסטטיסטי לישראל (2009). לוח 27.16, פסולת מוצקה ביתית, מסחרית וגזם לפי מחוז ולפי נפה.
- ☒ מוסד שמואל נאמן (2008). "חלופות להפרדה, מיחזור וטיפול באשפה, חיפה".
- ☒ מרכז מחקר ומידע של הכנסת (2006). "היטלי הטמנת פסולת – סקירה משווה", ירושלים.
- ☒ מרכז מחקר ומידע של הכנסת (2006). "שיטות טיפול בפסולת ועלויות מיחזור", ירושלים.
- ☒ מרכז השל לחשיבה ומנהיגות סביבתית (2008). "יוזמות לשימוש מושכל הפסולת".
- ☒ DHV MED בע"מ- הנדסת סביבה ותשתיות (2005), "טיפול תרמי בפסולת עירונית – מסמך רקע",

עמ' 10 – 14

- ☒ Avnimelech Y., Cohen A., & Shkedi D. (1990) "The effect of municipal solid waste compost on the fertility of clay soils. *Soil Technology*", Vol. 3, pp. 275-284
- ☒ Barr, S. (2004) "What we buy, what we throw away and how we use our voice. Sustainable household waste management in the UK". *Sustainable- Development*, 22 (3): 32-44.
- ☒ Gabbay S. (1998) "*The Environment in Israel*". Jerusalem: Ministry of the Environment.
- ☒ European Union (2001). "Study on the Economic and Environmental Implications of the Use of Environmental Taxes and Charges in the European Union and its Member States"
- ☒ Ayalon O, Avnimelech Y & Shechter M (2000). "Alternative MSW Treatment Options to Reduce Global Greenhouse Gases Emissions – The Israeli Example", *Waste Management and research* 18, pp.538-544.
- ☒ EEA (2009), "Diverting waste from landfill -Effectiveness of waste-management policies in the European Union", Report No 7/2009, p.8
- ☒ Eurostat (2009), "Sustainable development in the European Union - 2009 monitoring report on the EU sustainable development strategy". Pp 128-130. Available at:
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-78-09-865/EN/KS-78-09-865-EN.PDF
- ☒ RDC, PIRA, 2001. Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62/EC.
- ☒ UN Habitat (2010), "Solid Waste Management in the World's Cities : Water and Sanitation in the World's Cities". Available at:
<http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2918>
- ☒ European Commission (2000), "Success stories on composting and separate collection" Directorate-General for the Environment Unit E.3, BU-9 02/121. Available at:
http://ec.europa.eu/environment/waste/publications/pdf/compost_en.pdf
- ☒ European Commission (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives
- ☒ Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (2001). "Commercial/Industrial Waste and Compulsory Separation- Waste in the Netherlands". Netherlands.

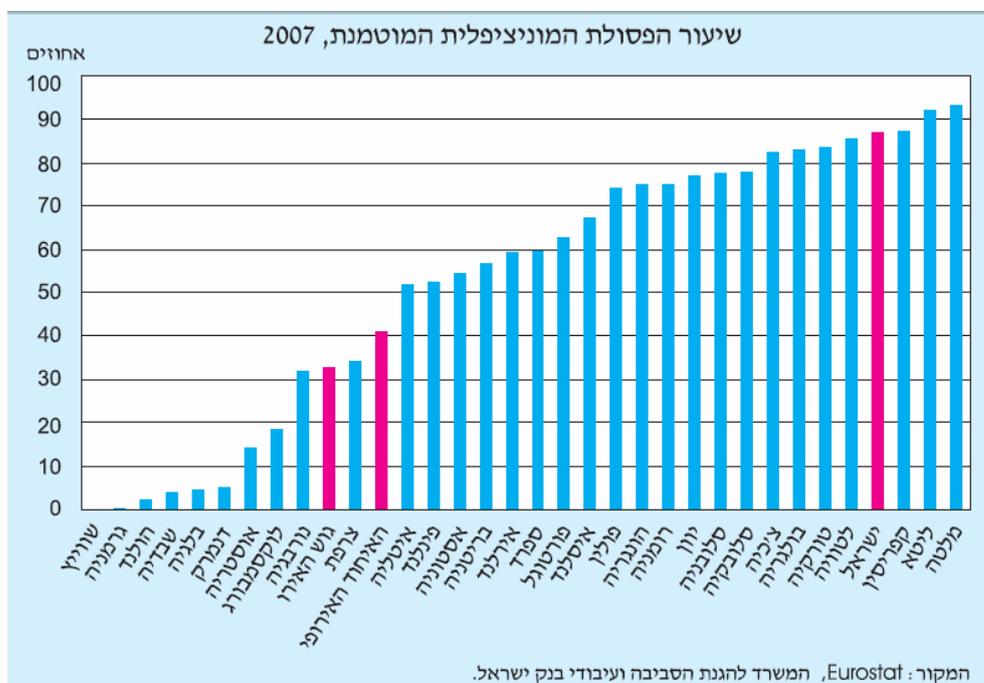
אתרי אינטרנט

- ☒ <http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=HomePage> אתר המשרד להגנת הסביבה
- ☒ <http://www.advancedplasmamapower.com/index.php?action=PublicHomeDisplay> אתר חברת APP
- ☒ <http://www.gasification.org/default.aspx>
- ☒ <http://www.arrowecology.com/mainpage/index2.htm> אתר חברת חץ אקולוגיה
- ☒ <http://www.environment-agency.gov.uk> אתר סוכנות הסביבה הבריטית
- ☒ <http://www.epa.gov/> אתר הסוכנות להגנת הסביבה האמריקנית
- ☒ <http://www.communitypulse.org/california/waste-disposal>
- ☒ http://www.jerusalem.muni.il/jer_main/defaultnew.asp?lng=1 אתר עיריית ירושלים
- ☒ <http://gisweb.jerusalem.muni.il/website/yoni/viewer.htm> עיריית ירושלים מפת GIS
- ☒ <http://www.calcalist.co.il/home/0,7340,L-8,00.html> אתר כלכליסט
- ☒ <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3413124,00.html>
- ☒ <http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm> אתר האיחוד האירופאי בנושא פסולת
- ☒ <http://international.vrom.nl/> אתר משרד הסביבה הבינוי והתכנון האזורי ההולנדי
- ☒ http://www.senternovem.nl/Waste_Management_Department/statistics/index.asp
- ☒ <http://www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuur-milieu/beschrijving/afvalstoffen.htm>
- ☒ <http://www.dwma.eu/> אגודת ניהול הפסולת ההולנדית

ראיונות (עתידיים)

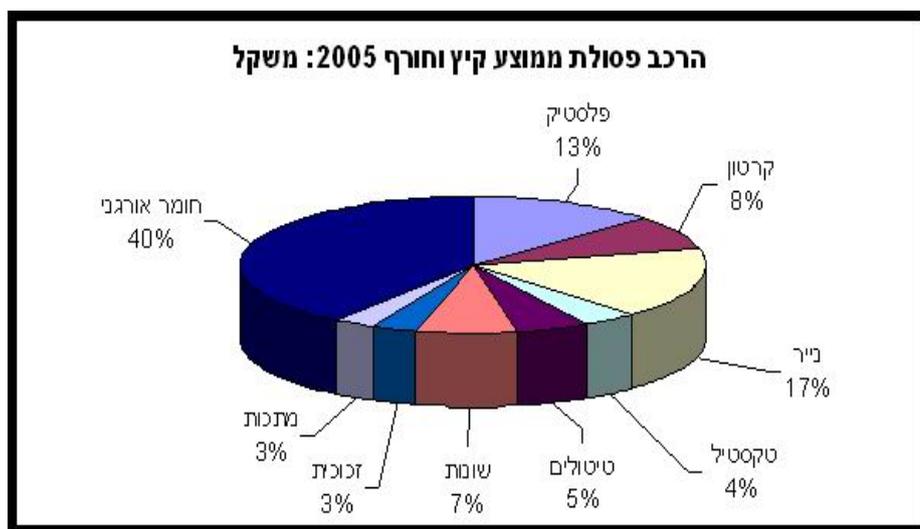
- ☒ מר אילן ניסים – ראש אגף פסולת מוצקה, המשרד להגנת הסביבה
- ☒ גב' מלי לוי – רע"ן, המשרד להגנת הסביבה
- ☒ מר אבי נוביק – יועץ סביבתי, ש.ח.ף. יועצים בע"מ.
- ☒ ד"ר דורון לביא – מנכ"ל משותף, פארטו הנדסה בע"מ.
- ☒ ד"ר אופירה איילון.
- ☒ מר ציון שטרית – מנהל אגף תברואה עיריית ירושלים.

נספח מספר 1 - שיעור הפסולת המוניציפאלית המוטמנת (2007)



ממחקרי בנק ישראל - <http://boi.org.il/deptdata/mehkar/doch09/heb/p9.pdf>

נספח מספר 2 – פילוח הפסולת בישראל לפי זרמים



סקר הפסולת הארצי – שלדג 2005

ביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה תש"ע:

**היקף זיהום הקרקע בארץ ממתכות כבדות כתוצאה
מפסולת מוצקה, בהתמקד בפסולת סוללות ומצברים**



מגישים:

031387574	אילנה ארז
021773254	אילנה מגדר
323711234	אליסון מקלרנון
032919532	ליאב שלם

מנחה: פרופ' עמרם אשל

2010

תודות

לפרופ' עמרם אשל, אוניברסיטת תל אביב, על העזרה וההכוונה המקצועית שניתנו בהומור ובסבלנות רבה.

לקרין ארדון דרייר, על התמיכה המורלית ועזרה בשאלות קנטרניות לדר' דרור אבישר, מעבדת הידרוכימיה באוניברסיטת תל אביב, על העזרה במידע המדעי ועל הנכונות לעזור ולייעץ.

ד"ר אלדד אלרון, מנהל תחום איכות סביבה במעבדות בקטוכם בע"מ, על היעוץ והמענה המפורט לשאלות.

לאבי בן-גל, מנכ"ל "הקורנס מפעלי עופרת", בועז אייל מנכ"ל "גלים ב. טכנולוגיות בע"מ" על השיחות הלבביות ועל העברת המידע העדכני מהשטח

למר אביו מולר, ממונה בטיחות ומנהל הדרכה במפעל תדיראן, על ההתייחסות והמענה לשאלות השונות.

תוכן העניינים

4	1. תקציר
5	2. מבוא
6	3. סקירת הרקע המדעי
6	3.1 זיהום קרקע
6	3.1.1 הגדרת זיהום קרקע
6	3.1.2 סיכוני זיהום קרקע
6	3.1.3 מקורות זיהום קרקע
7	3.1.4 זיהום קרקע ממתכות כבדות
8	3.1.5 זיהום קרקע שמקורו בסוללות
9	3.2 היקף השימוש בסוללות בארץ
10	3.3 טיפול במצברים ובסוללות בעולם
10	3.3.1 טיפולים בשלבי ההטמנה
10	3.3.2 טיפולים להפחתת כמות הפסולת המיוצרת מסוללות
11	3.4 טיפול במצברים ובסוללות בארץ
13	3.5 האתרים החשודים כמזוהמים בארץ
13	3.5.1 אתרי הטמנה ישנים
13	3.5.2 אתרי הטמנה פעילים
14	3.5.3 אתר הטמנה לפסולת מסוכנת
14	3.5.4 מפעלי סוללות/מצברים
14	3.5.5 מפעלי מחזור סוללות/מצברים
14	3.6 מימדי חלחול של מתכות כבדות מאתרי הטמנה
15	3.7 כיצד מנסים להימנע מזיהום קרקע באתרי הטמנה בארץ
16	3.7.1 הוראות המשרד להגנת הסביבה
16	3.7.2 הנחיות המשרד להגנת הסביבה
16	3.7.2.1 יריעות האטימה
18	3.7.2.2 הרכבי היריעות
19	4. שאלת המחקר
19	5. חשיבותה של שאלת המחקר
20	6. הצעת המחקר
20	6.1 חלק ראשון : הערכת כמות הסוללות בשימוש שנתי
21	6.2 חלק שני – רמה ארצית

21	6.2.1 דירוג האתרים שבהם יבדק זיהום הקרקע.....
22	6.3 חלק שני – רמה מקומית.....
23	6.3.1 אתרי הטמנה מאושרים.....
24	6.3.2 אתרי הטמנה שאינם מוסדרים.....
25	6.4 חלק שלישי : שיטה לבדיקת זיהום קרקע ממתכות כבדות.....
25	6.4.1 שלב ראשון: מיפוי האתר והכנת מפת דיגום.....
26	6.4.2 שלב שני: דיגום קרקע ודיגום מים.....
28	6.4.3 שלב שלישי: אנליזה מעבדתית.....
28	6.4.4 שלב רביעי: ניתוח התוצאות.....
30	7. הערכת הקשיים הצפויים במחקר.....
31	8. סיכום.....
31	9. דיון במסקנות והצעות למחקרי המשך.....
33	10. רשימת מקורות.....
36	11. נספחים.....
37	נספח מס' 2.....
38	נספח מס' 3.....
39	נספח מס' 4.....

1. תקציר

פסולת סוללות ומצברים מהווה מטרד סביבתי כיוון שסוללות ומצברים מכילים מתכות כבדות ובנוסף לכך הם קורוזיביים ובתנאים מסוימים עלולים להתפוצץ. בעולם המערבי בשנים האחרונות התחילו להתייחס לנושא מחדש ולפעול על מנת להפחית את הנזק הנגרם מפסולת סוללות ומצברים. עם זאת, נכון להיום אין כל שינוי בגישה לנושא זה בארץ ורוב הסוללות המסולקות מגיעות לאתרי הטמנה רגילים ללא טיפול מיוחד, דבר המהווה סכנה לזיהום קרקע ומי תהום מחלחול המתכות הכבדות מאתרי ההטמנה.

היות ויכולת הקרקע לספוח ולספוג מזהמים היא גדולה, ישנה סכנה שבעיות זיהום קרקע יתגלו רק בשלבים מאוחרים, לכן אנו מציעים כי קיים צורך לבדיקת המצב ברחבי הארץ לגבי זיהום קרקע ממתכות כבדות שמקורם בפסולת סוללות ומצברים. בנוסף לכך אנו רואים חשיבות רבה בבדיקת המים בתת הקרקע, עקב חשד לחלחול של המתכות הכבדות מהקרקע אל מי התהום מכיוון שהם מהווים 75% ממקורות המים בישראל.

בדיקה זו נעשית במספר שלבים המתחילים ברמה ארצית ומגיעים לרמה מקומית. בדיקות ברמה ארצית יכללו הערכה של כמות הסוללות המושלכת לאתרי הטמנה על ידי הערכה של כמות הסוללות והמצברים הנמצאים בשימוש מול כמות הסוללות והמצברים המגיעים להטמנה מסודרת ברמת חובב או למפעלי מחזור (בארץ או בחו"ל). שלב נוסף ברמה הארצית הוא זיהוי האתרים הבעייתיים ביותר (עם מיקוד על אתרי הטמנה נטושים ופעילים), גם מבחינת חשד לזיהום קרקע ממתכות כבדות שמקורם בסוללות ובמצברים, וגם מבחינת חשד לחלחול של המתכות הכבדות אל מי התהום וזיהומם. שלב זה יעשה על ידי שימוש בתוכנת הממ"ג – (מערכות מידע גיאוגרפיות, GIS), תוכנה שתשמש לצורך מיפוי אתרי ההטמנה בשילוב עם פרטים נוספים הכוללים מאפייני אתרים ומידע לגבי מקורות מים ורגישות סיסמולוגית של האתרים. בעזרת הממצאים ניתן יהיה לדרג את האתרים לפי גובה הסיכון לזיהום קרקע ומי תהום, דירוג שישמש כשלב ראשון לבחירת אתרים לבדיקות ברמה המקומית.

הבדיקות שאנו מציעים לעשות ברמה המקומית כוללות בדיקות מגוונות לגבי אתרי ההטמנה עצמם, בין היתר בדיקת מבנה האתר ועמידתו בדרישות המשרד להגנת הסביבה תוך שימוש בדו"חות הנדרשים על ידי המשרד להגנת הסביבה, על מנת להבחין אם יש חריגות בכמות המתכות הכבדות באתר. בהמשך לכך אנו מציעים שישנו צורך לבדיקות קרקע על מנת להבחין בזיהום קרקע ממתכות כבדות. בדיקה זו תתחיל במיפוי האתר הכולל תרשים של האתר ומידע גיאולוגי והידרו-גיאולוגי לגביו והכנת מפת הדיגום. לאחר מכן יתבצע דיגום הקרקע עם שיטת קידוח תואמת לסוג הקרקע ודיגום מים בשיטת Multilevel Sampler (MLS). הדגימות יבדקו במעבדה כימית בטכניקה אנליטית Inductively Coupled Plasma (ICP) ובשיטת Atomic Absorption על מנת להבחין במתכות הכבדות הנמצאות בדגימות ובריכוזן.

בשילוב הבדיקות המוצעות לעיל עם נתוני המעבדה על מפות הדגימה והשוואתם אל מול הריכוזים המרביים למזהמי קרקע הנקבעים על ידי המשרד להגנת הסביבה (ערכי הסף), יהיה אפשר לקבוע את רמת זיהום הקרקע, אם קיימת, ממתכות כבדות. באזורים שיתגלה בהם זיהום קרקע ממתכות כבדות, ניתן יהיה להבין, על ידי בדיקות של תוצאות דגימות הקרקע והמים, אם קיים גם חשש לזיהום מי התהום.

2. מבוא

סוללות משומשות נחשבות כיום לפסולת מסוכנת שיש לטפל בה על מנת למנוע סיכונים סביבתיים הנובעים, בין היתר, מפינוי לא מבוקר שלהן לאשפה העירונית. בסוללות מצויות מתכות כבדות אשר יכולות להשתחרר ממעטפת הסוללה בתנאים הנמצאים במטמנות ובכך לגרום לזיהום הקרקע. מבנה הקרקע מאפשר ספיחת כמויות גדולות של מזהמים מהסביבה וכתוצאה מכך רק בשלבים מאוחרים מתגלים בה מזהמים, לאחר שהצטברו בה בכמויות גדולות. לפיכך מהווה זיהום קרקע ממתכות כבדות נזק שהוא כמעט בלתי הפיך לתווך הבלתי רווי ועלול אף לחלחל ולזהם גם את התווך הרווי (האקוויפר). קרקע המזוהמת מהמתכות הכבדות המצויות בסוללות עלולה לגרום לנזקים חמורים לבריאות האדם ולמערכת האקולוגית כולה.

מדינות העולם המערבי מכירות בסכנה זאת ובשנים האחרונות פועלות נמרצות להקטנת האפשרות כי פסולת סוללות ומצברים תגיע לאתרי הטמנה עם האשפה העירונית. לעומתן, בישראל לא נעשו עד כה צעדים משמעותיים לטיפול בפסולת מסוכנת זו.

הצעת המחקר המובאת להלן מבקשת להעריך את היקף זיהום הקרקע הנגרם ממתכות כבדות שמקורן בפסולת סוללות ומצברים. מחקר זה עשוי לגרום לשינוי האופן בו מטופל הנושא בארץ כיום ולהעלות את המודעות לכך שבשל הקושי לטפל בקרקע מזוהמת, את זיהום הקרקע יש לעצור בשלבים מוקדמים ככל הניתן.

3. סקירת הרקע המדעי

3.1 זיהום קרקע

3.1.1 הגדרת זיהום קרקע

קרקע היא תוצר בליה של מסלע ולפיכך מורכבת ממצבור חלקיקים מינרליים בגדלים משתנים. בין החלקיקים חללים רבים היכולים להכיל אויר, המכונה גז הקרקע, או נוזלים. קרקע רווית מים נקראת אקוויפר (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב). גודל החלקיקים יכול לנוע בין מיקרומטרים, כגון חרסיות, ועד למילימטרים, כגון חול. בהצטברותם, שטח הפנים של צבר החלקיקים עשוי להיות גדול מאוד ועל כן מאפשר ספיחת מזהמים - חומרים שאינם תוצרי בליית המסלע¹. המזהמים עשויים לנוע בסביבה באמצעות הסעת המים או גזי הקרקע, תלוי בתנאים בהם הם מצויים. המונח "קרקע מזהמת" מתייחס הן לחלקיקי הקרקע על המזהמים הספוחים אליהם, הן למזהמים המומסים בתמיסת הקרקע והן למזהמים הנדיפים בגז הקרקע (שם).

הגדרת קרקע מזהמת באופן מעשי היא תלויה שימוש. על מנת להעריך את מידת הנזק שקרקע מסוימת עשויה לגרום ביחס לשימוש שלה, נקבע מדד בשם "ערך הסף" הקובע ריכוז מירבי למזהמים בקרקע. ערך זה משתנה בהתאם לחומר המזהם, בהתאם לשימוש בקרקע (מגורים, חקלאות או מסחר ותעשייה) ובהתאם למרחקה ממי תהום. (אשכול תעשיות, 2004ב). בנספח מס' 1 מפורטים ערכי הסף למתכות כבדות.

3.1.2 סיכויי זיהום קרקע

לקרקע יכולת לספוח ולספוג לתוכה כמויות גדולות של מזהמים מהסביבה. עקב כך זיהומי קרקע מתגלים רק בשלבים מאוחרים, לאחר שהצטברו בכמויות גדולות. קרקע מזהמת עלולה להוות סיכון בריאותי וסביבתי בדרכים שונות, כפי שמפורט בטבלה 1.

3.1.3 מקורות זיהום הקרקע

יש כמה מקורות עיקריים לזיהום הקרקע: תחנות דלק, מפעלי תעשייה, בתי מלאכה, תעשיות בטחוניות, מוסכים, פסולת בנין ואתרי הטמנה. מזהמים נפוצים ממקורות אלו הינם: דלקים, ממסים כימיים, שמנים מינרליים, חומרי הדברה, חומרי נפץ ומתכות כבדות. זיהום הקרקע יכול להיות באתר עצמו, למשל מילוי יתר של מיכלים בתחנות דלק במהלכו נשפך דלק ואזור השפיקה לא מטופל כראוי (רוני, 2009). לחילופין, יכול להוות האתר את מקור הזיהום, אך זה יתגלה במקום אחר, למשל: הזרמת שפכים תעשייתיים מעבר לגדר המפעל, לבריכות חלחול, לנחל קרוב או למערכת הביוב (שם).

¹ המונח "זיהום" (pollution, להבדיל מ- contamination) בהקשרו הסביבתי מתייחס להכנסת חומרים אל הסביבה, בדרך כלל כתוצאה מפעילות האדם, המפירים את המאזן האקולוגי. בהקשר של קרקעות, מוסכם כי השימוש במונח מתייחס לכל מצב שבו נוכחים ריכוזים גבוהים מחומר מסוים (Alloway, 1995)

בשנים עברו, הטיפול בשפכים התעשייתיים ובפסולת חומרים מסוכנים לא היה מוסדר והם הוזרמו לעתים אל הקרקע ללא טיפול (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב). שפכים המכילים מזהמים בריכוזים חורגים מהתקנים המותרים להזרמה לביוב, עלולים להביא להתפוררות הצנרת ובכך לגרום לזיהום הן לקרקע והן למי התהום (שם). כמו כן, הקולחים והבוצה, שהם תוצרי הטיפול במכונני טיהור אשר משמשים להשקיה ולדישון בחקלאות, מזדהמים גם הם בעקבות הזרמת השפכים לביוב ובכך מביאים בעקיפין לזיהום הקרקע.

טבלה 1: סיכונים אפשריים מקרקע מזוהמת (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב)

<ul style="list-style-type: none"> ▪ דרך מערכת העיכול ▪ שתיית מים מזוהמים ▪ בליעת קרקע מזוהמת ▪ אכילת גידולים שגדלו על קרקע מזוהמת 	פגיעה באדם
<ul style="list-style-type: none"> ▪ דרך מערכת הנשימה ▪ נשימת אדים של חומרים מזהמים המתנדפים מגז הקרקע או ממים מזוהמים בעת מקלחת ▪ נשימת חלקיקי אבק שמקורם בקרקע מזוהמת 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ דרך העור ▪ מגע ישיר בקרקע ▪ אדי גז קרקע מזוהמת או מגע עם מים מזוהמים 	
<p>מזהמים המצויים בקרקע עלולים להיות מוסעים אל עבר מי התהום, המהווים 75% ממקורות המים בישראל.</p>	פגיעה במקורות המים
<ul style="list-style-type: none"> ▪ זיהום מקרקעות עלול להגיע לבתי גידול, כגון אפיקי נחלים ולהוות מפגע למערכות אקולוגיות, לחי ולצומח. ▪ יש מזהמים שהצטברותם בצומח ובחי תהווה סיכון עתידי לאדם. ▪ זיהום קרקע מביא לירידה באיכות התוצרת החקלאית ובכמותה. 	פגיעה במערכות אקולוגיות

3.1.4 זיהום קרקע ממתכות כבדות

מתכות כבדות הוא שם שניתן לקבוצה גדולה של יסודות קורט אשר יש להם חשיבות ביולוגית ותעשייתית. המונח "כבד" מתייחס לצפיפות אטומית גבוהה של מתכות (מעל 6 ג'סמ"ק), על אף שהגדרה זאת אינה משביעת רצון מנקודת מבט כימית. כינויים שונים ניתנו לקבוצת היסודות הזאת, מתוכן "מתכות רעילות" אף פחות הולם, מאחר וכל יסודות הקורט רעילים לבעלי החיים אם הם נוכחים בעודף (Alloway, 1995). מתכות כמו קובלט, כרום, נחושת, מנגן ואבץ חיוניים להתפתחות בריאה ונורמלית של צמחים ובעלי חיים בכמות קטנה אך קריטית ורעילים בריכוזים גבוהים. המונח "מתכת כבדה" מקבל קונוטציה של כינוי גנאי המדגיש פן מזהם ורעיל ובכך מתעלם משם כוללני לקבוצת יסודות שיש להם חשיבות כלכלית וסביבתית ניכרת. (שם)

הקרקה היא בו זמנית המקור למתכות ומבלע שסופח לתוכו זיהומי מתכות. בזכות כושר ספיחת המתכות (כמו גם מזהמים רבים אחרים) היא מתפקדת כפילטר המגן על מי התהום מפני נזק מחלחול מתכות. על אף שמתכות רבות הן חלק מהמינרלים המרכיבים את הקרקע, זיהום הקרקע אינו נובע ממתכות שמקורן בה. פעילות האדם הינה גורם עיקרי לזיהום הקרקע במתכות כבדות בדרכים הבאות (Alloway, 1995):

- חציבת מחצבים מכילי מתכות והתכתם להפקת מתכת גולמית
- פרקטיקות הקשורות בחקלאות ובגננות – שימוש בכימיקלים כמו דשנים וחומרי הדברה, או קורוזיית מתכות ששימשו, למשל, לגידור ולגגות
- בוצות שפכים
- שריפת דלקים
- תעשיות המיצרות מתכות או המשתמשות במתכות כחומר גלם ותעשיות ציפוי במתכות כגון כרום ניקל ועוד.
- אלקטרוניקה – גם תעשיית האלקטרוניקה וגם פסולת מוצרי אלקטרוניקה
- תעשיות כימיקלים ואחרות, כגון תעשיית סוללות, צבע, תרופות
- פסולת – ביתית, עירונית ותעשייתית. אם בשל נוכחות מתכות באתרי הטמנה, בשל חלחול וזליגה ממטמנות שאינן בנויות ומנוהלות כראוי, או בשל ערימות אשפה ארעיות.
- כדורי צייד (למטרות "ספורט")
- צבא – פסולת מתכתית שמקורה הן באימונים והן במלחמות

3.1.5 זיהום קרקע שמקורו בסוללות

סוללות הן תאים אלקטרוכימיים בהן מומרת אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. גוף הסוללה – אלקטרודות ו/או תמיסת האלקטרוליט – מורכב לרוב ממתכות. בישראל, בדומה למדינות אחרות בעולם המערבי, השימוש בסוללות הולך וגובר (א.ש.ל, 1998) והן משמשות למגוון שימושים, כגון צעצועים, שעונים, מחשבי כיס, מכשירים ניידים, מצברי מכוניות, ציוד תקשורת וציוד רפואי. שימוש בסוללות הינו נרחב וחולש על כל המגזרים, הביתי, התעשייתי והצבאי כאחד. עד שנות ה-90 מרבית הסוללות הכילו ריכוזים גבוהים של חומרים מסוכנים, בעיקר מתכות כבדות כמו כספית, אבץ, ניקל, קדמיום, עופרת (שם). סוללות המוצאות דרכן לאתרי הטמנה של פסולת עירונית עוברות תהליכי פירוק והתפוררות, במהלכם המתכות עוברות תהליכי מיצוי והתמוססות בתשטיפים שבגוף הפסולת, וממשיכות בזרימה עם התשטיפים. חלחול של תשטיפים כאלו לתת הקרקע ולמי התהום מהווה פוטנציאל מהותי לזיהוםם ובכך מהווה גם סכנה לאדם. בנספח מס' 2 מפורטים נזקים אפשריים לבריאות האדם מחשיפה למתכות אלו.

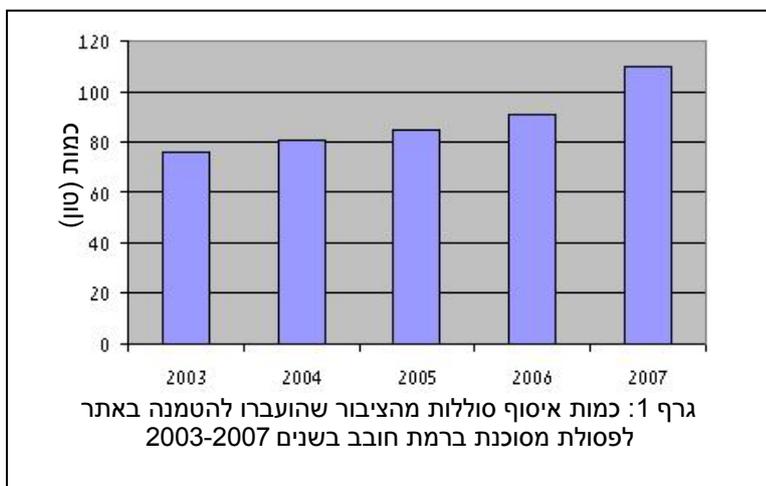
בכדי להבין עד כמה אקוטית בדיקת הזיהום בארץ, נציין כי עד לשנות ה-90 פעלו בישראל כ- 500 אתרי סילוק פסולת גדולים ללא כל איטום מתחתם, ללא ניקוז תשטיפים וללא בקרה

על הפסולת המסולקת (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב). לשם דוגמה להבנת מימדי הזיהום, בשנים אלו סוללות היוו מקור לכמעט חצי מכמות הכספית שנצרכה בארה"ב והיוו מקור ליותר מחצי מכמות הכספית והקדמיום בפסולת העירונית (א.ש.ל, 1998).

סוללות משומשות נחשבות פסולת מסוכנת. כבכל פסולת מסוכנת, יש לטפל בה על מנת למנוע את הסיכונים הסביבתיים הנובעים מפינוי לא מבוקר שלהן לאתרי הטמנה רגילים (פולקמן, 1998). גם אחסון של סוללות משומשות באתרי פסולת רעילה מהווה בעיה סביבתית לאורך זמן, בגלל סיכונים של דליפת כימיקלים ואפשרויות פיצוץ או שריפה (שם). על כך יפורט בהמשך.

3.2 היקף השימוש בסוללות בארץ

בבואנו לבדוק את תמונת המצב בארץ לגבי היקף זיהום הקרקע הנגרם מפסולת מסוכנת זו, גילינו שחסר מידע עדכני בנושא, מה גם שהמידע הקיים לוקה בחסר כפי שיפורט להלן: בעקבות עליית המודעות בעולם המערבי לפוטנציאל הסיכון הסביבתי מפסולת מסוכנת, החל בשנת 1992 המשרד לאיכות הסביבה במבצעי איסוף סוללות משומשות. כעבור חמש שנים, מתוך מטרה לבחון את הדרכים המתאימות להגדלת שיעור הסוללות הנאספות ומופרדות מזרם הפסולת הביתית, נערך "סקר שימוש, איסוף וסילוק" (א.ש.ל, 1998) שהעריך, בין היתר, את כמות הסוללות הנמצאות בשימוש ביתי, את סוגיהן ואת הרכבן. המידע בנוגע לכמויות, צריכה, ייצור ויבוא של סוללות בארץ נתקבל ממקורות שונים אשר חלקם לא שיתפו פעולה בצורה מלאה (למשל, אגף המכס ספק נתונים חלקיים בלבד). צוין אף כי כמות הסוללות הנצרכת בצה"ל חסויה (ואין ספק כי היא משמעותית). כתבי הדו"ח מדגישים (עמ' 17) כי המספרים אליהם הגיעו אינם מהימנים ובאים רק לספק תמונת מצב. הערכתם היתה כי בישראל צורך האדם הממוצע 5-10 סוללות בשנה וכי כמות זו צפויה לגדול בשנים שיבואו. לפי נתונים מאוחרים יותר של המשרד להגנת הסביבה משנת 2003, מדובר על צריכה של 9 סוללות בשנה, שהן כ- 2,000 טון סוללות (המשרד להגנת הסביבה, 2003א). מתוכן, כמות



קטנה מועברת להטמנה מסודרת ברמת חובב כמפורט בגרף 1. כאמור, כל הנתונים האלו מדברים על צריכת סוללות בשימוש ביתי – לא כולל את צה"ל ואת התעשייה – ולפני כניסתם המסיבית לשוק של המכשירים הניידים למיניהם המכילים בתוכם, לרב, סוללות נטענות.

על מנת להעריך את היקף זיהום הקרקע הנגרם מפסולת של סוללות, נחוץ מחקר מקיף ומעמיק שיתן הערכה מחודשת לכמות הסוללות הנמצאות בשימוש בארץ בכל המגזרים.

3.3 טיפול במצברים ובסוללות בעולם

נושא טיפול בסוללות ומצברים נמצא על סדר היום בעולם. בשנים האחרונות אנו עדים לשינוי הגישה לנושא, דבר המראה את חשיבות נושא זיהום הקרקע ומי התהום מפסולת סוללות ומצברים. יש פעולות רבות, בעיקר במדינות מערביות, שמטרתן להפחית את הנזק הנגרם מפסולת מצברים וסוללות. פעולות אלו מטפלות בבעיה בשתי גישות: טיפולים בשלבי הטמנת הפסולת וטיפולים להפחתת כמות הפסולת המיוצרת מסוללות.

חשוב לציין שאמנם במדינות מובילות בנושאי איכות סביבה, כמו אנגליה וארצות הברית, חלה בשנים האחרונות עליה רצינית בחשיבות הניתנת לנושא, אך יש מדינות רבות באירופה שכבר שמו את נושא הזיהום מפסולת סוללות ומצברים על סדר היום לפני עשרות שנים והן פועלות בהתאם. זאת ניתן ללמוד מרמות איסוף הסוללות הגבוהות במדינות אלו. (Environmental Services Organisation, 2009; European Commission, 2009) מקרי בוחן לטיפול בסוללות ומצברים ניקח את אנגליה ונבחן כמה מהחוקים השונים הקיימים בה:

3.3.1 טיפולים בשלבי ההטמנה

ישנם שני חוקים עיקריים:

- (Office of Public Sector Information, 2002) Landfill Directive (2002) חוק מנחה זה כולל איסור על בעלי אתרי הטמנה לקבל חומרים קורוזיביים או כאלו שעלולים להתפוצץ ובכלל זה משלוחי סוללות ומצברים. איסור זה אינו נוגע בנושא של סוללות המגיעות לפסולת עירונית.

- (Office of Public Sector Information,) Hazardous Waste Regulations (2005) (2005

סוללות ומצברים נקבעו כפסולת מסוכנת בשל תכולת מתכות כבדות וחומרים קורוזיביים אשר בתנאים מסויימים עלולים להתפוצץ. עקב החלטה זו חלים עליהם חוקים לגבי אחסון, הובלה וסילוק.

3.3.2 טיפולים להפחתת כמות הפסולת המיוצרת מסוללות

הגבלות לגבי החומרים בהם מותר להשתמש ליצור סוללות, עידוד מחזור של סוללות ומצברים שמקורם בזרם הפסולת הביתית. באנגליה מטפלים בנושא של סוללות בפסולת ביתית בעזרת חוק חדש:

Department for) Waste Batteries and Accumulators Regulations (2009) •
Environment, Food and Rural Affairs [DEFRA], 2009, Department for
(Business Innovation and Skills [BIS], 2009
כפי שצוין לעיל, חוק זה מתייחס בעיקר לנושאים של יצור סוללות ועידוד מחזור.

יצור סוללות

ראשית, נקבעו ספים מקסימאליים לתכולת מתכות כבדות מסוימות בסוללות (ראה טבלה 2) על מנת להפחית את הזיהום הפוטנציאלי שיגרם עם סילוקן. (Office of Public Sector Information, 2008). שנית, ישנן דרישות לגבי תיוג סוללות: על כל סוללה חייב להופיע הסמל הכימי של המתכות הכבדות הנמצאות בה וקיבולת הסוללה.

עידוד מחזור

אומנם כיום שיעור מחזור הסוללות באנגליה נמוך מאוד, כ- 4% (Environmental Services Association, 2009), אך הוצבו בה יעדי מחזור של 25% עד 2012 ו-45% עד 2016.² על מנת להשיג את היעדים שהציבו, הוטלה האחריות לאיסוף ולמחזור או להטמנה מתאימה של סוללות על היצרנים, היבואנים והספקים. משתמשים בהם כדי להגיע לקהל הרחב: כדי לאפשר ללקוחותיהם להחזיר את הסוללות המשומשות, הם מחויבים על פי החוק לספק תשתית לאיסוף סוללות וחובה עליהם להציג פוסטרים בנקודות המכירה המסמנים ללקוחות כי "כאן ניתן להחזיר סוללות" (ראה נספח מס' 3).

מהדוגמה של אנגליה, המייצגת את התיחסות העולם המערבי לנושא הטיפול בפסולת סוללות ומצברים, אנו לומדים כי ניתן דגש רב לנושא זה. ההתייחסות לפסולת סוללות ומצברים היא כאל פסולת מסוכנת והפעולה ביחס אליה הינה בהתאם – בחומרה. ישנן פעולות רבות על מנת להפחית את כמות הסוללות והמצברים המגיעים לאתרי הטמנה ובכך להפחית את זיהום הקרקע ומי התהום שעלול להגרם מפסולת זו.

3.4 טיפול במצברים ובסוללות בארץ

ההבדל המשמעותי ביותר בין הטיפול בארץ לזה שנעשה בעולם המערבי הינו שבארץ איסוף סוללות אינו מעוגן בחוק. איסוף סוללות מהציבור בארץ החל, כאמור, בצורה וולנטרית ביזמת המשרד להגנת הסביבה. התוכנית שמפעיל המשרד מחייבת את שיתוף הפעולה של הרשויות המקומיות. באחריות המשרד לספק מיכלי איסוף לרשויות המקומיות וכשהם מתמלאים, לרכז את הסוללות שנאספו ולהעבירן לרמת חובב. נקודות האיסוף כוללות חנויות, בתי ספר, משרדים ומרכזים מסחריים (המשרד להגנת הסביבה, 2003א).

² מספרים אלו אינם כוללים סוללות ומצברים מרכבים או מתעשייה, שכן לסוללות ולמצברים אלו כבר קיימת תוכנית מחזור נפרדת, שבזכותה שיעור המחזור לסוללות ולמצברים ממקור זה גבוה יותר. היעד למחזור סוללות ומצברים תעשייתיים הינו 100% (DEFRA, 2009)

הבדל נוסף שחשוב לציין הינו כי אמנם קיימות בארץ הגבלות לגבי תכולת הסוללות, אך התקן בארץ הרבה פחות מחמיר לעומת זה שבעולם המערבי. מדובר בהבדלים משמעותיים; כמות המתכות הכבדות נעה בין פי עשר עד פי חמישים יותר לעומת מה שמותר בחו"ל (ראה טבלה 2).

טבלה 2: ספי מקסימום למתכות כבדות בסוללות בארץ ובאנגליה. (נתונים מהמשרד להגנת הסביבה, ומ – Office of Public Sector Information, 2008)

מתכת	ספי מקסימאלי בארץ (%)	ספי מקסימאלי באנגליה (%)
קדמיום	0.025	0.002
כספית	0.025	0.0005
עופרת	0.4	³ 0.4

בשאר הטיפול בסוללות ובמצברים המצב בארץ דומה למצב בעולם: סוללות מוגדרות כפסולת מסוכנת על פי תקנות רישוי עסקים 1990 וסילוקן מותר רק במפעל לטיפול בפסולת מסוכנת ברמת חובב (תקנות רישוי עסקים, 1990). למצברים ניתן יחס לפני שנים רבות בחוק רישוי עסקים, הקובע ב"תנאים ברישיון עסק – מוסך לחשמלאות", כי מצברים הינם חומרים מסוכנים וכי יש לפנות מצברים משומשים או פגומים למפעל מחזור⁴ או לאתר פסולת רעילה ברמת חובב (חוק רישוי עסקים, 1968). עם זאת, בניגוד לנעשה בעולם המערבי, אין בארץ שינוי בחקיקה להפחתת הנזק הנגרם מפסולת סוללות ומצברים. אנו משערים כי חלק מהסיבות לכך נעוצות בהמלצות "סקר שימוש, איסוף וסילוק" שעודכן בשנת 1999, אשר הגיע למסקנה כי עקב ירידת תכולת הכספית בסוללות חד פעמיות בשימוש ביתי והמעבר לסוללות "ירוקות" יותר, לא נשקפת סכנת זיהום עם סילוקן בזרם האשפה הרגיל. עם זאת, ההמלצה היא לפתח נהלים ומערכים מיוחדים לאיסוף, פינוי ואצירה של סוללות כפתור וסוללות נטענות. מכאן כי לא הומלץ בסקר מפורשות על הפסקת איסוף סוללות, אך הסקר קורא למשרד להגנת הסביבה להמשיך לבחון את הנושא ואת דרכי הטיפול המתאימות ולא קובע בצורה נחרצת את דרך הטיפול הכדאית (א.ש.ל, 1999). להערכת מר בעז אייל, מנכ"ל "גלים ב. טכנולוגיות בע"מ", שחברתו עוסקת באיסוף ואחסון סוללות ליתיום-יון וניקל-קדמיום ליצוא בלבד (שיחה טלפונית, 31 מאי 2010) ועובדת עם חברת "סלקום", רק כשליש מהסוללות של המכשירים הנמכרים על ידי החברה מגיעים למחזור (על ידי יצוא).

³ אין הגבלה ממשית, אך אם רמת העופרת בסוללות עולה על ערך זה, יש לסמן זאת על הסוללה
⁴ על פי שיחה שנערכה עם מר אבי בן-גל, מנכ"ל "הקורנס מפעלי עופרת", (13 יוני 2010), 15,000 טון מצברים ממוחזרים במפעליהם בשנה, המהווים 90% מהמצאי.

3.5 האתרים החשודים כמזוהמים בארץ

יש מספר גדול של אתרים החשודים כמזוהמים ממתכות כבדות שמקורן בסוללות ובמצברים. אלו כוללים אתרי הטמנה ומפעלים. שלושה סוגי אתרי הטמנה הרלבנטיים לנושא של זיהום קרקע מסוללות הינם אתרי הטמנה ישנים, אתרי הטמנה פעילים ואתרי הטמנה לפסולת מסוכנת. שני סוגי המפעלים הרלבנטיים הינם מפעלי יצור סוללות ומצברים ומפעלי מחזור סוללות ומצברים. אומנם להרבה מפעלים בארץ יש פוטנציאל לזיהום קרקע מפסולת סוללות ומצברים מכיוון שאין לדעת אם הם מסלקים את פסולת הסוללות שלהם על פי החוק, אך לצורך מחקר זה הוחלט שהסיכוי לכך הינו נמוך ולכן אין צורך לבדוק את כל המפעלים בארץ. נבחן את כל אחד מסוגי האתרים על מנת להבין את ההיקף הפוטנציאלי של הבעיה.

3.5.1 אתרי הטמנה ישנים

על פי המשרד להגנת הסביבה יתכן שיש בארץ מאות אתרי הטמנה מקומיים לא מוסדרים. המספר כה גדול, מכיוון שבעבר הטיפול בפסולת היה בידי הרשויות המקומיות ללא גוף מרכזי המטפל בנושא. בעקבות תמ"א 16 החל מאמץ מרוכז לסגירת האתרים המקומיים, אך מאחר ואין הם מוסדרים, ייתכן וחלק ניכר מהאתרים עדיין פעיל (המשרד להגנת הסביבה, 2003ב). מבנה האתרים האלו לרב ללא שכבות איטום וללא מערכות ניקוז. המספר הגדול של האתרים האלו והעובדה כי לרבים מבניהם אין הגנה מפני חלחול, גורמים לכך שיש סיכוי שהיקף הזיהום מאתרים האלו גדול מאוד.

לשם דוגמה, מהשיחה שנערכה עם בן-גל, מנכ"ל "הקורנס מפעלי עופרת", משנות ה-80 המפעל פועל על פי החוק בפינוי פסולת מסוכנת לרמת חובב, אך בעבר (המפעל פעיל משנת 1972) פונתה כל הפסולת למזבלה באשדוד ועל כן הוא מעריך כי קיים שם זיהום קרקע.⁵

3.5.2 אתרי הטמנה פעילים

בעקבות תמ"א 16 הוקמו מספר קטן יותר של אתרי הטמנה ולפי משרד להגנת הסביבה נכון לספטמבר 2009 ישנם כ- 11 אתרי הטמנה מוסדרים ברחבי הארץ (המשרד להגנת הסביבה, 2009א).

גבולותיהם של האתרים מסומנים בצורה מדויקת וחלים על האתרים האלו חוקים ותקנים לגבי תכנונם, שיפורטו בהמשך. (המשרד להגנת הסביבה, 2003ב). אמנם מספרם של האתרים האלו קטן יותר מהאתרים הישנים ונגקטו בהם צעדים להפחתת הסכנה לזיהום קרקע ומים (כגון פרישת שכבות איטום ובניית מערכות ניקוז), אך מאחר ובארץ רוב הסוללות עדיין מגיעות לאתרי פסולת רגילים ומאחר והדעות חלוקות לגבי עמידות שכבת האיטימה (Bruner, 2002; Rowe and Sangam, 2001), אתרים אלו מהווים סיכון לזיהום קרקע ממתכות כבדות שמקורם סוללות ומצברים.

⁵ עם זאת מציין מר בן-גל כי בעבר המפעל לא פעל בקנה מידה כה גדול כמו היום ועל כן, לטענתו, לא מדובר בכמויות גדולות של פסולת רעילה שהועברה למזבלה.

3.5.3 אתר הטמנה לפסולת מסוכנת

בארץ יש אתר הטמנה אחד לטיפול בפסולת מסוכנת שנמצא ברמת חובב. רמת חובב דורגה במקום השמיני מתוך 20 האתרים החשודים בזיהומי הקרקעות החמורים ביותר ממקורות תעשייתיים, בין היתר בשל הטמנת פסולת מסוכנת במספר אזורי הטמנה ללא תשתיות איטום מספיקות (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב). על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הוטמנו ברמת החובב בשנת 2008 178 טונות של סוללות ומצברים.⁶ (ראה נספח מס' 4) שיטת ההטמנה לסוללות ולמצברים ברמת חובב הינה הטמנה מבוקרת. למרות ששיטת ההטמנה אמורה להיות בטוחה, בגלל הריכוז הגדול של סוללות ומצברים ברמת חובב ומכיוון שאין לדעת מה האמינות של שיטת ההטמנה לטווח הרחוק, ישנה סכנה לזיהום קרקע ממתכות כבדות.

3.5.4 מפעלי סוללות/מצברים

"תדיראן" הינו המפעל היחיד בארץ המייצר סוללות, ו"וולקן מצברים" המפעל היחיד המייצר כיום מצברים. מהתכתבות שנערכה עם מר אורי שלהב, ממונה קרקעות מזוהמות במשרד להגנת הסביבה (27 יוני 2010), עולה כי ידוע למשרד על זיהומי קרקע בשטח מפעלים אלו: זיהום בקדמיום בתדיראן וזיהום בעופרת בוולקן. קשה לקבוע אם הזיהום נגרם בשל פסולת מוצקה או בשל תהליכי היצור במפעלים אלו. מפעל וולקן שפעל בחיפה דורג במקום ה-20 מתוך 20 האתרים החשודים בזיהומי הקרקעות החמורים ביותר ממקורות תעשייתיים (המשרד להגנת הסביבה, 2009ב). סקרים שנערכו במפעל מצאו זיהום נרחב בעופרת בקרקע ובמי תהום.

3.5.5 מפעלי מחזור סוללות/מצברים

מפעלי מחזור מהווים סיכון לזיהום קרקעות גם מאחסון לא נכון של הסוללות הנמצאות באתריהם וגם מפסולת ומתשטיפים הנגרמים מתהליכי המחזור. מחזור משמעותי בארץ נעשה רק בתחום המצברים, ב"הקורנס מפעלי עופרת" אך ישנן מספר חברות שעוסקות ביצוא סוללות לצורך מחזורן. היות והסוללות לא עוברות טיפול לפני יצואן מהארץ, הסכנה העיקרית בחברות אלו היא אחסון לא נכון של הסוללות. מאחר ובמפעלים אין לדעת האם הזיהום נגרם מפסולת מוצקה או מתשטיפים, הוחלט לצורך עבודה זו להתמקד באתרי הטמנה.

3.6 מימדי חלחול של מתכות כבדות מאתרי הטמנה

קשה להבין את מימדי הבעיה של חלחול מתכות כבדות מאתרי הטמנה ממספר סיבות, בינהן:

- יעילות האטימה באתרים

⁶ נתון זה כולל מצברים מרכבים

ע"פ המשרד להגנת הסביבה לא קיים פתרון איטום מלאכותי בעל אמינות של 100% בטווח הארוך (ניסים, 1993). השימוש בשכבות אטימה באתרי הטמנה הינו פרקטיקה חדשה, יחסית, לכן אין לדעת בוודאות עד כמה הן יעילות בטווח הארוך. לפי רוו וסנגם (Rowe and Sangam, 2002) הטווח של אורך חיי היריעות נע בין פחות מעשר שנים ועד לכמה מאות שנים. אורך חיי היריעה מושפע בעיקר מטמפרטורה; אם ב- 20 מעלות צלזיוס מוערך אורך חיי יריעה למעל 700 שנים, הרי שב-50 מעלות צלזיוס ההערכה יורדת משמעותית למעל 40 שנים (Rowe et al., 2009). התחמצנות היא גם גורם ראשי לירידה ביעילות ה- geomembrane (רכיב ביריעת האיטום עליו נפרט בהמשך) ובשלבים מתקדמים עלולה לגרום לסדקים. בבדיקות מעבדה נצאו שתופעה זו מואצת משמעותית כשה- geomembrane נמצאת בסביבת תשטיפים, לעומת מים או אויר (Rowe and Sangam, 2002). בנוסף לכך יש עוד גורמים חיצוניים הכוללים: חומצת סוללות, ממסים וחפצים חדים, שעלולים לגרום נזק לשכבת האטימה במידה והם נמצאים מספיק קרוב אליה. יריעת האטימה אף נמצאת בסכנה מנזק שעלול להגרם מכלי רכב העובדים באתרי ההטמנה ומבליה טבעית.

- חלחול איטי

חלחול של מתכות כבדות מאתרי הטמנה הוא איטי מאוד וראו שמתכות כבדות נשארות בתוך הפסולת לזמן רב (Jain et al., 2005), לכן אפשר לצפות לכך שחלחול מתכות כבדות ימשך זמן רב.

- גורמים חיצוניים

ישנם מספר גורמים חיצוניים המשפיעים על קצב החלחול של מתכות כבדות באתרי הטמנה. הגורמים האלו כוללים את סוג הקרקע אליו הן מחלחלות ואת תוכנותיו הפיסיות והכימיות (Dube et al., 2001). על כן יש לקחת בחשבון גם את גיאולוגיית האתר. קצב החלחול משתנה גם לפי סוג המתכת, לדוגמא: קצב החלחול של כספית איטי ביחס לקצב החלחול של קדמיום. (Fodor and Szabo, 2004) גורם חיצוני נוסף שמשפיע הוא החומציות של האדמה וככל שעולה החומציות יורד קצב החלחול. על כן גם לטמפרטורה בתוך האתר יש השפעה, מכיוון שהטמפרטורה משפיעה על אורך שלב יצירת החומצה של החומר האורגני בתוך האתר ובכך משפיע על החומציות באתר (Lui and Sang, 2010).

3.7 כיצד מנסים להימנע מזיהום קרקע באתרי הטמנה בארץ

בדצמבר 1993 המשרד להגנת הסביבה, אגף פסולת מצוקה, הוציא דו"ח המטפל בנושא (ניסים, 1993). דו"ח זה נכתב על סמך הנחיות התקפות לארצות מפותחות, בעיקר ארצות הברית, עם שינויים שנעשו בעזרת אנשי מקצוע בארץ, על מנת להתאימו לתנאי הארץ. הדו"ח כולל הוראות מחיבות והנחיות שאינן מחיבות, אך מהוות מסמך מכון ומדריך לבעלי

אתרי הטמנה. מטרתו הראשי של הדו"ח היא הקטנת חלחול התשטיפים מאתרי הטמנה ל-5 מ"מ/שנה לשם הפחתת זיהום קרקע ומי תהום על ידי תשטיפי האתר.

3.7.1 הוראות המשרד להגנת הסביבה

ההוראות עוסקות בתכנון אתרי הטמנה לפסולת ביתית. על מנת לאשר שימוש באתר הטמנה, על בעליו להגיש תוכנית שתוכיח כי האתר יעמוד בדרישות המשרד. הדרישות כוללות:

- הקטנת החלחול: רמת החלחול המקסימאלי המותרת לרכיב האנכי של התשטיפים היא 5 מ"מ/שנה.
- הקמת מערכת טיפול ואגירת תשטיפים: צריכה להיות מתוכננת כך שתקלוט את כל תשטיפי האתר ותתמודד גם עם ספיקות גבוהות בארועי גשם.
- מניעת הכנסה של נגר עילי: כדי שלא יהיה מגע עם הפסולת, עם בריכת האגירה ועם מערכת הטיפול בתשטיפים.
- טיפול בתשטיפים
- ניטור: ניטור של התשטיפים, הקרקע, התווך הבלתי רווי ומי התהום.

3.7.2 הנחיות המשרד להגנת הסביבה

ההנחיות עוסקות בפתרונות הנדסיים למניעת חלחול תשטיפים מאתרי הטמנה ומפרטות את דרישות המשרד לגבי מוליכות הידראולית, עובי שכבת האטימה ושכבת הניקוז. יש דגש רב על ניקוז והרחקה של התשטיפים מכיוון שהמשרד מציין ש"אמצעי איטום בלבד ללא ניקוז או הרחקה של תשטיפים ישמש לכל היותר כגורם מעכב" (ניסים, 1993, עמ' 3). סיבותיהם להנחיה זו הינן כי הרכב התשטיפים של כלל החומרים, ביניהם חומצות סוללות, עלולים לגרום נזק לשכבת האטימה ולכן רצוי להקטין לכל היותר את זמן שהיית התשטיפים על גבי שכבת האטימה.

3.7.2.1 יריעות האטימה

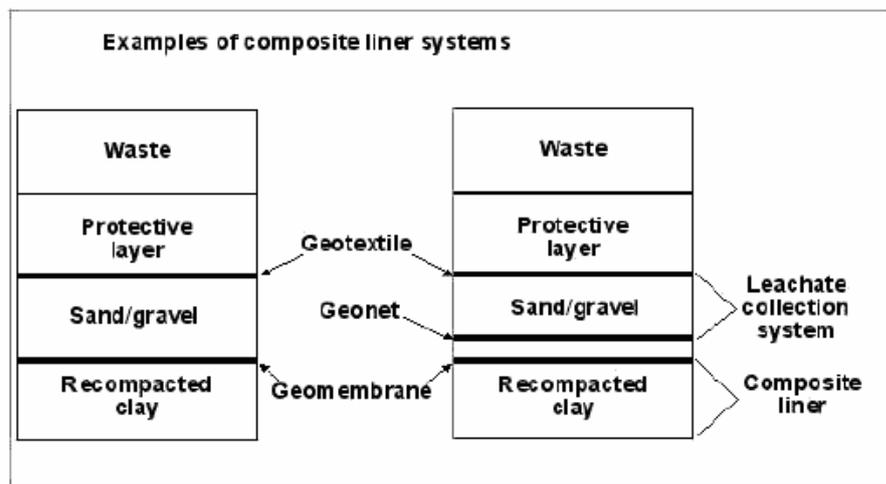
יריעות האטימה מיצרות חסם בין הפסולת לסביבה על מנת להפחית ככל האפשר את חלחול התשטיפים מאתרי הטמנה. ליריעות יש שני חלקים, חלק האטימה (מורכב משכבת פלסטיק או מחרסית) ומערכת לאיסוף תשטיפים שהיא מערכת צינורות בתוך שכבת חול או חצץ שמטרתה איסוף תשטיפים מאתר הטמנה אל בריכות האחסון. היריעות עשויות מגוון חומרים, חלקם טבעיים, חלקם לא טבעיים, והרכב החומרים משתנה בהתאם לכמה גורמים, אך בעיקר בהתאם לסוג הפסולת שיוטמן באתר. שני סוגי יריעות רלוונטיים למחקר זה יריעת אטימה משולבת ויריעת אטימה כפולה.

- יריעת אטימה משולבת (Composite Liner System)

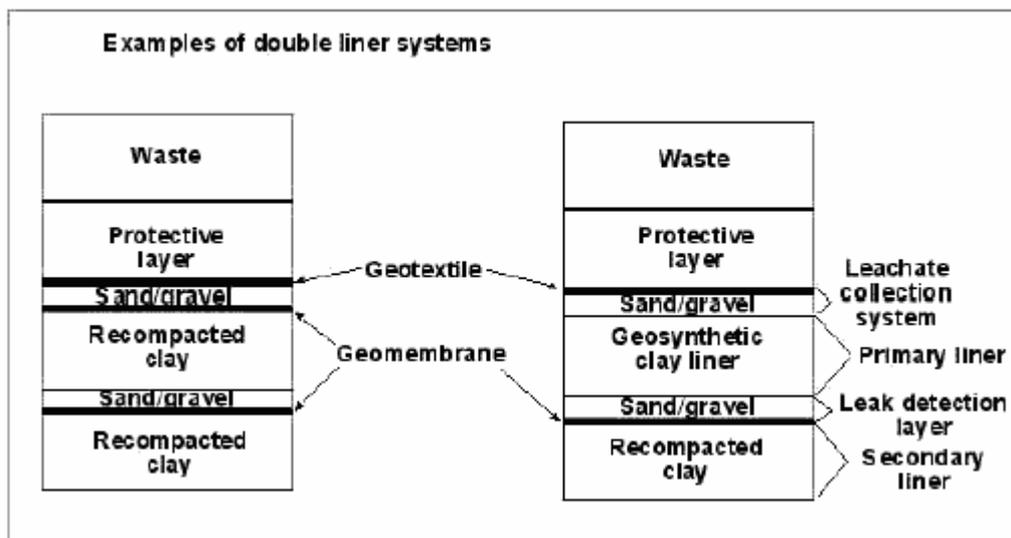
נמצאת בשימוש באתרי הטמנה לפסולת ביתית. יריעה זו עשויה משילוב של שכבת חימר ושכבת פלסטיק (ראה תרשים 1) על מנת ליצור אטימה טובה יותר ובכך להימנע בצורה יעילה יותר מחלחול תשטיפים.

• יריעת אטימה כפולה (Double Liner System)

נמצאת בשימוש באתרי הטמנה לפסולת ביתית ובאתרי הטמנה לפסולת מסוכנת. יריעת אטימה כפולה עשויה או משתי יריעות יחידות, או משתי יריעות משולבות, או מיריעה יחידה בשילוב עם יריעה משולבת (ראה תרשים 2). השכבה העליונה משמשת לאיסוף תשטיפים והשכבה התחתונה משמשת כגיבוי לשכבה העליונה ולגילוי נזילות (Hughes et al.). אם השכבה העליונה עובדת כצפוי לא אמורים להופיע תשטיפים בשכבה התחתונה, על כן המצאות תשטיפים שם מהווה אינדיקציה לבעיה בשכבה העליונה.



תרשים 1: דוגמא ליריעת אטימה משולבת (Hughes et al.)



תרשים 2: דוגמא ליריעת אטימה כפולה (Hughes et al.)

3.7.2.2 הרכבי היריעות

- להלן סקירת החומרים החשובים והנפוצים ביותר בשכבת האטימה של אתרי הטמנה כיום:
- חרסית: חומר טבעי עם כושר אטימה גבוה. באזורים בהם החרסית נמצאת בקרקע באופן טבעי, ניתן להשתמש בה כשכבת אטימה נגד חלחול תשטיפים מאתר ההטמנה. שכבה של 30 ס"מ של חרסית נחשבת כמספקת לעצירת תשטיפים, אך בדרך כלל משתמשים בשכבה של בין 60 ס"מ ועד למטר וחצי, מכיוון שלחרסית יש נטייה להסדק. הסדקים, שנובעים מייבוש או משינוי טמפרטורה, מורידים ביעילות האטימה. (Hughes et al.) בארץ העובי המינימאלי של שכבת החרסית לפי הנחיות המשרד להגנת הסביבה הינו 50 ס"מ (ניסים, 1993).
 - Geomembranes: שכבות דקות של חומרים פלסטיים, ביניהם החומר הנפוץ ביותר לשימוש באתרי הטמנה הינו HDPE. זאת כיוון שהוא חזק, אטום למים ויש לו עמידות גבוהה לרוב הכימיקלים. (Hughes et al.) בארץ העובי המינימאלי של השכבה לפי הנחיות המשרד להגנת הסביבה הינו 1.5 מ"מ (ניסים, 1993).

4. שאלת המחקר

מהו היקף זיהום הקרקע בארץ ממתכות כבדות כתוצאה מפסולת מוצקה, בהתמקד בפסולת של סוללות ומצברים?

5. חשיבותה של שאלת המחקר

בארץ הפתרון העקרי לפסולת הוא הטמנה בקרקע. ככלל, קרקע היא משאב מוגבל ובפרט בארץ בה כמות הקרקע מלכתחילה קטנה, ככל שקרקעות מזדהמות הן מגבילות את השימוש בהן לטווח מאוד רחוק. בתנאים מסויימים הסעת המזהמים מהקרקע תגרום לזיהום מי התהום וזהו נזק בלתי הפיך, כשבמדינתנו 75% ממקורות המים הם תת קרקעיים. מאפיין יחודי לזיהום הקרקע, אולי בשונה מזיהומי אויר ומים, הוא שלקרקע יכולת ספיחה וספיגה של מזהמים בכמויות גדולות ויכול לעבור זמן רב עד שהזיהום הזה מתגלה במי התהום; עובדה זו עשויה להסביר את חוסר תשומת הלב של הרשויות לזיהום קרקע עד לשנים האחרונות – לכן חשוב מאוד להבין את מנגנוני זיהום הקרקע ולהשקיע בשלב שעוד ניתן למנוע אותם.

המחקר המוצע להלן יתן הערכה מעודכנת לכמות הפסולת המסוכנת שמקורה בסוללות ובמצברים ולהרכבן. במחקר יזוהו אתרים שיוגדרו כבעלי פוטנציאל לזיהום קרקע על מנת להעריך את רמת הסיכון הפוטנציאלית הטמונה בהם. בנוסף, המחקר יציע שיטה לזיהוי מתכות כבדות ולניטורם בתת הקרקע או באתרים העלולים להוות נקודות זיהום עתידיות. נתונים אלו יסייעו למקבלי ההחלטות לדון מחדש באופן הטיפול בפסולת המסוכנת שמקורה בסוללות ובמצברים ובכך לצמצם את מימדי זיהום הקרקע במתכות כבדות.

6. הצעת המחקר

גישת המחקר

המחקר יתמקד בשתי רמות חקר: רמה ארצית ורמה מקומית. בשלב ראשון, ברמה הארצית, תבוצע הערכה מחודשת (שתעדכן את ההערכה שניתנה ב"סקר שימוש, איסוף וסילוק" משנת 1998) לכמות הסוללות והמצברים הנמצאים בשימוש מדי שנה בארץ ולסוגיהם. זאת על מנת להעריך את כמות הסוללות המושלכות לאתרי פינוי הפסולת השונים ולדעת מהן המתכות המרכיבות אותן. בשלב השני, יזוהו ברמה הארצית אתרי סילוק פסולת (נטושים ופעילים). מידת סכנת זיהום הקרקע בהם תוערך על פי נתונים פיזיים שונים וכך יוצר דירוג שיסייע בבחירת האתרים לבדיקה. ברמה המקומית, יבחנו גורמים שונים הן באתרי סילוק פסולת בלתי מוסדרים והן באתרים המוסדרים אשר יעידו על פוטנציאל הזיהום בהם. המידע שיתקבל יסייע בבחירת האתרים הדחופים ביותר לבדיקת זיהום הקרקע בהם. בשלב השלישי, תתואר שיטת הבדיקה אשר תקבע אם הקרקע מזהמת במתכות כבדות.

ארגון נתוני המחקר לשלב השני (ברמה הארצית) יעשה באמצעות תוכנת הממ"ג – מערכות מידע גיאוגרפיות (Geographical Information Systems, GIS) – כלי מבוסס מחשב לניתוח מידע גיאוגרפי מרחבי (מתוך אתר ESRI). תוכנת הממ"ג מאפשרת אכסון, ניהול, ניתוח והצגה של מידע מרחבי הן במופע גרפי והן בטבלה, תוך שימת דגש על המאפיינים המרחביים של המידע. כל סוג של מידע ניתן לעריכה ולהצגה בשכבת מידע נפרדת. כמו כן, ניתן ליצור שכבת מידע אחת המאחדת את הנתונים השונים. בתוכנת הממ"ג ניתן לייצג שכבה על ידי נקודות, קווים ופוליגונים, בהתאם לסוג המידע אותו היא מציגה. לדוגמא: נחלים וכבישים יתוארו בשכבת קווים ואילו סוגי מסלע הנפרשים על פני שטח רציף יסומנו בשכבה פוליגונית.

6.1 חלק ראשון : הערכת כמות הסוללות בשימוש שנתי

כפי שמצוין ב"סקר שימוש, איסוף וסילוק" (א.ש.ל 1998) ניתן להבחין בין שני סוגים עיקריים של משתמשים בסוללות: משתמשים במשק הביתי ומשתמשים מסחריים, תעשייתיים, רפואיים וצבאיים. ההבדלה הזו חשובה, שכן השליטה על האיסוף והסילוק, על יכולת הפיקוח והאכיפה, על סוגי הסוללות ועל מגוון השימושים בהן, נובעת ממנה. אם כך, בהנחה כי ממוסדות ניתן להשיג מידע מסודר על כמות הסוללות בשימושם, כמו גם על אופן פינויין, עיקר הצעת המחקר תתמקד בהערכת כמות הסוללות בשימוש ביתי וסוגיהן. המקורות מהם ילקח מידע זה הינם:

1. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה: מצאי של מכשירים המשתמשים בסוללות, כגון: מחשבים ניידים, טלפונים ניידים, מצלמות, צעצועים אלקטרוניים וכד'.

2. מפעלי יצור סוללות: מבדיקה שערכנו עולה כי המפעל היחיד המייצר סוללות בארץ הינו תדיראן, ש- 10% מהיקף הייצור שלו הוא לשימוש בארץ. (שיחה עם מר אביהו מולר, ממונה בטיחות ומנהל הדרכה במפעל תדיראן, 8 יוני 2010).

3. יבואני סוללות.

4. סקר מדפים ברשתות השיווק הגדולות, בחנויות מקצועיות ובמרכולים גדולים בערים הגדולות (בדומה למפורט ב"סקר שימוש, איסוף וסילוק", א.ש.ל 1998, עמ' 18).

5. יצרני מצברי רכב: כדוגמת "שנפ", "וולקן".

כמו כן, יש להעריך את כמות הסוללות המושלכות לאתרי פינוי פסולת מסוכנת ולמחזור. כאן התמונה שונה עבור מצברים ועבור סוללות, כפי שצוין, רב המצברים בארץ ממוחזרים. המקורות מהם ילקח מידע זה הינם:

1. בדיקה מול חברות סולר לגבי מחזור והטמנה של סוללות ממכשירים הנאספים מהציבור.

2. המשרד להגנת הסביבה, המפעיל מערך איסוף סוללות מהמגזר הביתי.

3. אתר הטמנת פסולת מסוכנת ברמת חובב.

4. בדיקה מול חברות המתמחות באיסוף פסולת אלקטרונית מהציבור המכילה סוללות.

5. בדיקה מול מוסכים ומול חברות העוסקות במחזור מצברים לוודא כי אכן מקפידים על נוהלי המחזור ולברר האם יש מצברים שאינם ממוחזרים, איזו כמות ולאן הם מגיעים.

6.2 חלק שני – רמה ארצית

6.2.1 דירוג האתרים שבהם יבדק זיהום הקרקע

להלן יפורטו הנתונים שיאספו ביחס לאתרי סילוק פסולת ברמה הארצית, על מנת ליצור מיפוי של אתרי סילוק הפסולת ולדרגם על פי פוטנציאל זיהום הקרקע שלהם. כאמור, כל סוג של נתון ייוצג כשכבה בתוכנת הממ"ג.

שכבה 1A: בנספח מס' 5 מפורטים אתרי פסולת גדולים המיועדים לשיקום ומיקומם בקורדינטות (המשרד להגנת הסביבה, 2006). שכבה זו (שכבת נקודות) תכלול את נקודות הציון של אתרי פסולת אלו.

שכבה 2A: 11 אתרי סילוק פסולת מוסדרים להטמנת פסולת מעורבת. שכבה זו (שכבת נקודות) תכלול את נקודות הציון של אתרי פסולת אלו (המשרד להגנת הסביבה, 2009א).

שכבה 3A: שכבה פוליגונית שתכלול מיפוי של מקורות מים על פי נתונים שיתקבלו מחברת מקורות. ימופו גבולות מאגרי המים, גבולות האקוויפרים השונים וגבולות מקורות מים עקריים אחרים. בהתאם לחשיבות מקור המים, יבנה סרגל משקולות, על פיו כל פוליגון יקבל ציון.

שכבה 4A: שכבה פוליגונלית שתכלול מיפוי של אתרים רגישים סיסמולוגית לתנודות קרקע על פי נתונים שיתקבלו מהמכון הגאולוגי. בהתאם למידת הרגישות, יבנה סרגל משקולות, על פיו כל פוליגון יקבל ציון.

שכבה מסכמת 5A: שכבת סופרפוזיציה אשר מאחדת את שכבות 4A-1A ומצליבה את נתוניהם. המשקולות השונים יסוכמו ליצירת מדרג חשיבות לבדיקת אתרי הפסולת על פי מיקומם ביחס לנתונים הפיזיים המאפיינים אותם.

לאור שכבה 5A תוכן רשימה המדרגת את האתרים החשובים ביותר לבדיקה על פי מידת הרגישות הפיזית של השטח.

לאחר המיפוי ברמה הארצית יבחרו אתרי הפסולת השונים אותם נחליט לבדוק. הקריטריונים לבחירת האתר הינם:

- גודל האתר – יבחרו אתרים גדולים בהם הסיכון לזיהום קרקע ולזיהום מי התהום הינו גדול יותר.

- מיקום האתר – יבחרו אתרים באזורים שונים בארץ, תוך התחשבות באתרים הממוקמים באזורי מגורים בהם הסיכון לזיהום משמעותי יותר.

- משך זמן פעילות האתר – מידע זה חשוב בעיקר בנוגע לפסולת של סוללות מפני שהרכב הסוללות השתנה עם השנים. לפי זמן פעילות האתר נוכל להעריך אילו מתכות אנו מצפים למצוא בקרקע. בעבר השתמשו בעיקר בסוללות המכילות קדמיום, ניקל וכספית, בימינו עולה השימוש בסוללות המכילות ליתיום.

- מידע מוקדם על זיהום – כמו, למשל, המידע שעלה מהמחקר המקדים על המזבלה באשדוד אליה פונתה פסולת מצברים (ראה סעיף 3.5.1).

אתרים לדוגמה:

- אתרי הטמנה ישנים – חירייה

- אתרי הטמנה פעילים – גני הדס

- אתר הטמנה לפסולת מסוכנת – רמת חובב

- מפעלי ייצור סוללות – תדיראן סוללות

- מפעלי ייצור מצברים – וולקן מצברים

ההתמקדות תהיה בעיקר במטמנות עקב הסיבות הניתנות לעיל וגם משום שמספר המטמנות בארץ גדול בהרבה ביחס למספר מפעלי הייצור של סוללות ומצברים.

6.3 חלק שני – רמה מקומית

בדיקות הבחנות את זיהום הקרקע באתרים הנבחרים

בכדי לבחון את פוטנציאל זיהום הקרקע של האתרים: עבור אתרי הטמנה אשר אושרו על ידי המשרד להגנת הסביבה נשתמש באמצעי בדיקה זמינים מתוך הדו"חות, התוכניות

והתסקירים שהוגשו למשרד עם אישור הקמתם. עבור אתרי הטמנה שאינם מוסדרים, ננקוט בבדיקות אחרות:

6.3.1 אתרי הטמנה מאושרים

בחינת דו"חות הבקרה והניטור: כאמור, מטמנות המאושרות על ידי המשרד להגנת הסביבה מחויבות בהתקנת אמצעי בקרה ובניטור זיהומים בתת קרקע, כפי שמצוין בסעיף 3.6 ב"תנאים לרשיון עסק לאתר לסילוק פסולת גושית": "תכנית למתקני ניטור ובקרה, שתפרט מיקום, מבנה ואופן פעולה של מערכות לניטור תשטיפים, מי תהום, קרקע, ומזהמי אויר בתחום האתר ובסביבתו" (המשרד להגנת הסביבה, 2004א, עמ' 7).

- בחינת דו"חות קודמים ודו"חות נוכחיים על מנת לזהות מקרי זיהום חריגים.
- בחינת התשטיפים: על פי סעיף 4.2.1 ב"תנאים לרשיון עסק לאתר לסילוק פסולת גושית": "באתר תימצא מערכת לאגירה, טיפול וסילוק של כל התשטיפים שעשויים להיווצר כתוצאה מגשם על תאי הטמנה פתוחים, בתוספת נזלים המתנקזים מן האשפה עצמה או מכל מקור אחר" (המשרד להגנת הסביבה, 2004א, עמ' 8). על בעל העסק לבצע בדיקות של איכות התשטיפים אחת לשלושה חודשים, על סמך פרמטרים שנקבעו במשרד להגנת הסביבה, בינהם גם מתכות כבדות.
- דו"חות אלו יבדקו על מנת לזהות חריגות בכמות המתכות הכבדות שיהוו סכנה חמורה במידה ותהיה דליפה ממערכת האיטום.
- מידע תכנוני: לכל מטמנה מאושרת ישנו סט תוכנית שמוגשות לאישור – תכנון מטמנה חייב לעמוד בפרמטרים שונים (המשרד להגנת הסביבה, 2004א).

רשימת התוכניות

1. תכנית הנדסית מפורטת של האתר על מתקניו הקיימים והמתוכננים.
2. תכנית הנדסית מפורטת לניקוז היקפי.
3. תכנית הנדסית מפורטת למניעת חלחול. פירוט מלא של נתוני השכבות השונות במערכת האיטום, הניקוז והאיסוף.
4. תכנית למתקני ניטור ובקרה.
5. תכנית הנדסית מפורטת לסגירה של כל אחד מתאי הטמנה הקיימים. יוודא כי הפרמטרים הנדרשים תואמים לתוכניות שהוגשו עבור המטמנה.

קריטריונים שיבדקו

1. האם השיפועים עומדים בתקן המותר
2. עובי יריעת המיגון
3. בחינת סוג החיבור בין היריעות.
4. עובי שכבת הניקוז
5. קוטר צנרת הולכת התשטיפים

6. בחינת אמצעי טיהור התשטיפים

- תסקירי השפעה על הסביבה: מתסקיר זה ניתן לקבל מידע פיזי רב על סביבת האתר, על הרגישויות השונות היכולות לפגוע בסביבה, ועל חלופות שונות להקמת האתר. בהכנת התסקיר נדרשים סוקריו להצגת המידע הבא:
 - תיאור התוכנית המוצעת למטמנה
 - מפות רקע
 - תיאור העבודות הכרוכות בהקמת הפרויקט
 - תיאור סביבת המטמנה - מבנה הקרקע, אגני היקוות ואקוויפרים, ערכי טבע, תיאור תכונות נופיות
 - ניתוח השפעת מימוש התוכנית על השטח המתכונן וסביבתו והשתלבותה בסביבה מבחינות אקולוגיות, הידרולוגיות, חזות ונוף
 - חלופות תכנוניות
- במקרה הצורך, יבדק התסקיר ויבחנו ההיבטים היכולים להצביע על כשלים שיגרמו לזיהום הקרקע במרחב המטמנה.
- הרכב החומרים המגיע למטמנה: במסגרת תנאי רישיון העסק לפתיחת מטמנות ישנו הכרח לתעד את מקורות האשפה המגיעים למטמנה. יתכן וניתן יהיה לבדוק המצאות של פסולת סוללות ומצברים.

6.3.2 אתרי הטמנה שאינם מוסדרים

משנת 1995 פועל המשרד להגנת הסביבה לסגירת אתרי פסולת שאינם מוסדרים. אתרים אלה מאופיינים במחסור בתשתיות חיוניות ועקב זאת נגרמו מפגעים סביבתיים קשים, בהם: זיהום קרקעות ומי תהום, זיהום אויר, פליטת גזי חממה ומפגעים נופיים. סגירת האתרים אינה מונעת את המשך המפגעים; עד היום נסגרו מאות אתרים פיראטיים, בהם 77 אתרים גדולים אך רק כ- 10 אתרים גדולים שוקמו או נמצאים בשלבי שיקום שונים (המשרד להגנת הסביבה, 2006).

- בדיקת איטום: יבדק מצאי יריעת איטום מתחת לאתר סילוק האשפה או שכבה חרסיתית האמורה למנוע את חלחול החומרים המזהמים לתת הקרקע ומשם למי התהום.
- חיפוי המטמנה: יש חשיבות רבה לכיסוי מטמנות שהעברת הפסולת אליהם הופסקה בשכבת קרקע ואף ביריעת איטום סינטטית על מנת למנוע חלחול מי גשמים דרך ערמות הפסולת ושטיפתם, זיהום קרקע וחלחול למי תהום. חיפוי המטמנות יבדק – האם קיים, באיזה אופן נעשה. על מנת להחליט אם אופן זה מספק, יושוו הממצאים להמלצות המשרד להגנת הסביבה המדברות על יריעת H.D.P.E בעובי 1.5 מ"מ או איטום אחר שווה ערך שיעמוד בדרישות תקנים בינלאומיים לשימוש במטמנות כמפורט בספח מס' 6 חלק ג' סעיף 2.1.

- סוגי החומרים שהובאו בעבר להטמנה: אם קיים תיעוד על החומרים שהובאו בעבר אל שטח המטמנה הוא יבדק, על מנת לחפש תעוד הנוגע לפסולת סוללות ומצברים.
- פינוי הפסולת: בחלק מהמטמנות הנטושות פונתה פסולת אל מטמנות מוסדרות. מטמנות "מפונות" הן בעלות סיכון נמוך יותר לזיהום הקרקע, על כן מידע זה ילקח בחשבון.
- המערכת ההידרולוגית, ערוצי נגר קיימים: יבחנו נתיבי הזרימה באזור המטמנה, מתלול הפסולת, ערוצי זרימה העתידיים להתחפר או מתחפרים כבר כיום המדרדרים את דפנות המטמנה, על מנת לזהות פוטנציאל זיהום ברדיוס גדול יותר מזה של שטח המטמנה המקורי.

6.4 חלק שלישי: שיטה לבדיקת זיהום קרקע ממתכות כבדות

להלן תפורט שיטת מחקר הבאה לבדוק האם המתכות הכבדות המצויות בסוללות ובמצברים נספחות לקרקע וגורמות לזיהום הקרקע או מחלחלות למי התהום וגורמות לזיהום האקוויפר. השיטה שפיתחנו כוללת דיגום, מיצוי ואנליזה של מתכות אלו. לצורך ביצוע המחקר יש לחלקו למספר שלבים עיקריים:

- מיפוי האתר והכנת מפת דיגום.
- דיגום קרקע ודיגום מים.
- אנליזה מעבדתית.
- ניתוח התוצאות.

6.4.1 שלב ראשון: מיפוי האתר והכנת מפת דיגום

א. לעריכת מיפוי האתר ידרשו התכניות ההנדסיות המפורטות של האתר והמידע הרלוונטי הנ"ל:

- תרשים מעודכן של האתר הכולל בתוכו את כל האזורים והמוקדים החשודים כמזהמים תוך התחשבות בתשתיות העלולות להביא להסעת מזהמים מחוץ לגבולות האתר, לדוגמה ניקוז.

- מידע גיאולוגי של האתר – הכולל בדיקה של חתך גיאולוגי המפרט את סוג הקרקע. לסוג הסלע יש חשיבות ביכולת הספיחה של המתכות.

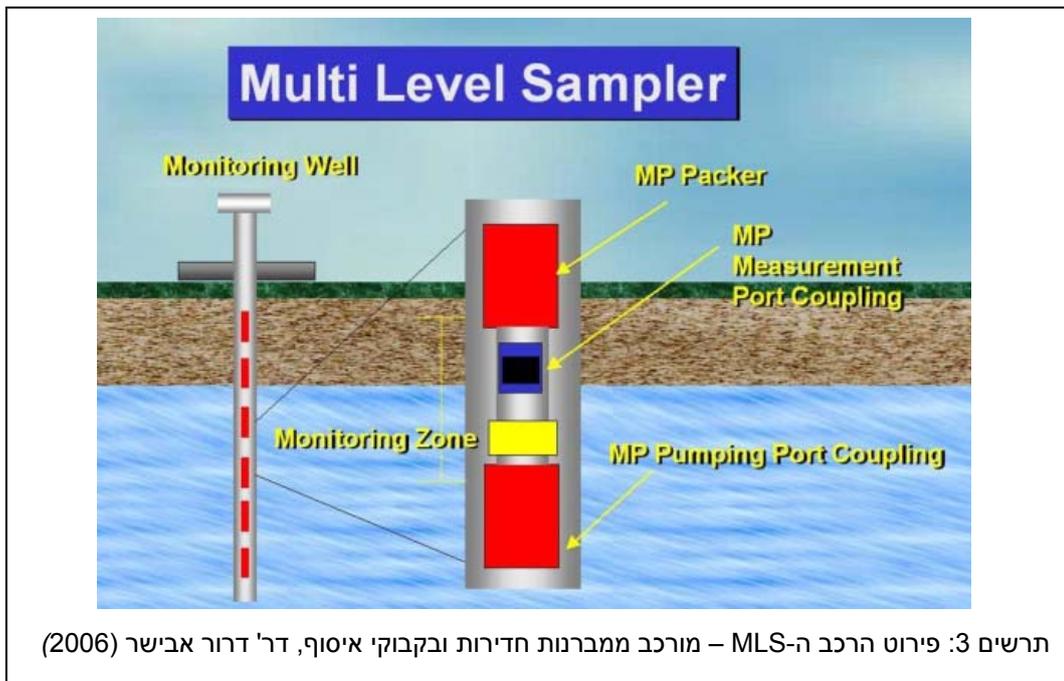
- מידע הידרו-גיאולוגי של האזור הכולל מרחק מנחלים ומגופי מים עיליים ומידע על מי התהום, כגון: כיוון זרימת מי תהום, מפלס מי התהום ועומקו, סוג האקוויפר, מיקום קידוחי מים סמוכים של ניטור והפקה.

במידה ואין המידע הנ"ל תופנה בקשה לגיאולוג והידרוגיאולוג מומחים לצורך בדיקות מקיפות של המקום וקבלת המידע הרלוונטי.

ב. לאחר מיפוי האתר תשורטט מפת הדיגום בה יסומנו נקודות הדיגום המוצעות תוך התחשבות במידע הנ"ל.

6.4.2 שלב שני: דיגום קרקע ודיגום מים

דיגום הקרקע והמים מאפשר בדיקה נקודתית של הימצאות מתכות כבדות באתר הרלוונטי. שלב זה מורכב מהתייחסות לשיטות דיגום ידועות תוך התאמתם לשאלת המחקר. דיגום הקרקע מסתמך על נוהל ביצוע סקר קרקע לאיתור נוכחות מזהמים מתוך האתר של המשרד להגנת הסביבה (נספח מס' 7). המתכות המצויות בקרקע עלולות לחלחל דרך התווך הבלתי רווי ועד לתווך הרווי ולגרום לזיהומו. אנו רואים חשיבות גבוהה בבדיקת המים המחלחלים בקרקע. דיגום מים בשיטת Multilevel Sampler -MLS המשמשת לבדיקת המוביליות של המתכות הינה שיטה בה מוחדר ה-MLS לקידוחי ניטור. ה-MLS מורכב ממברנות חדירות כאשר בין הממברנות ישנם בקבוקי איסוף כפי שניתן לראות בתרשים 3. המים מחלחלים ועוברים דרך הממברנות ומגיעים לבקבוקי האיסוף (Hyman 1990; יעוץ דר' דרור אבישר, ראש מעבדת הידרוכימיה באוני' תל אביב).



א. ביצוע דיגום קרקע – Soil core sampling:

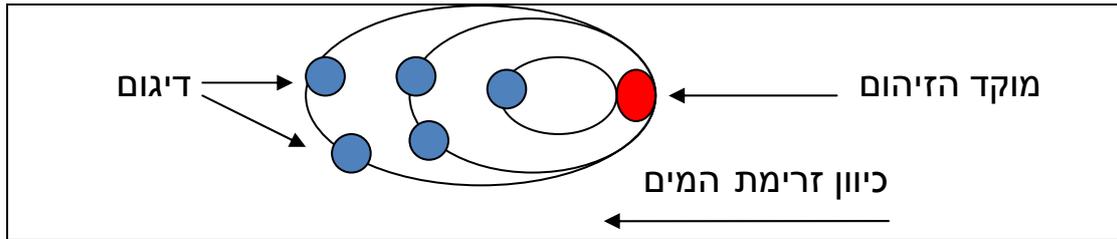
- שיטת הקידוח (לדוגמא מקדח ספירלי, מקדח חלול) לנטילת דוגמאות קרקע תהיה תואמת את סוג הקרקע והקידוח יעשה באופן שימנע נדידת זיהומים בין הדוגמאות.
- מחקר מקדים – בתחילה יבוצעו מס' מצומצם של קידוחים ע"מ לתחום את האזור החשוד כמזוהם ולקבל תמונה מדויקת ככל האפשר של השטח הרלוונטי.
- דיגום במימד האופקי – מיקום הקידוחים בשלב הראשון יהיה במקומות החשודים ביותר למציאת מזהמים ועד לאזור בו לא מופיע זיהום כלל.

- דיגום במימד האנכי – יבוצעו קידוחי קרקע לעומק של מספר מטרים עד למפלס מי תהום ויילקחו דגימות כל חצי מטר.
- צפיפות הקידוחים תתבצע על פי המטריצה הבאה – המבוססת על התקן ההולנדי NVN 5740 (טבלה מס' 3):

טבלה מס' 3 – צפיפות קידוחים ובדיקות ביחס לשטח הכולל של המטמנה (לקוח מנספח מס' 7, עמ' 4-5)

השטח הכולל של המטמנה בדונמים	מספר קידוחים עד 50 ס"מ	מספר קידוחים עד 200 ס"מ	מספר קידוחים למי תהום	סה"כ קידוחים
0.1	3	1	1	5
1	6	2	1	9
2	12	3	1	16
10	20	6	2	28
20	30	9	3	42
30	40	12	4	56
50	60	18	6	84
100	110	33	11	154

- דגימת ביקורת: תילקח מחוץ לאתר, באופן שדוגמאות הקרקע יהיו מקרקע זהה ככל האפשר לקרקע שבאתר הנדגם אולם לא תכלול זיהום כלשהו מעבר למרכיבים הטבעיים של הקרקע (השכיחות טבעית של המתכות בקרקע).
 - כל דגימה תמוספר לפי מיקומה על מפת הדיגום.
- ב. ביצוע דיגום MLS - Multilevel Sampler:
- ה-MLS יוחדר לקידוחי ניטור קיימים לתקופה של כשלושה חודשים. במידה ואין קידוחי ניטור באתר, יש לקדוח קידוח אשר תואם את סוג הקרקע. הקידוח יעשה באופן שימנע נדידת זיהומים בין הדוגמאות.
 - דיגום במימד האופקי - הקידוחים הנבחרים ייצגו נקודות ההולכות ומתרחקות ממוקד הזיהום עד לאותו מקום בו לא יימצא זיהום וזאת ע"פ כיוון זרימת המים המודגם בתרשים 4.
 - לאחר כשלושה חודשים הוצאת ה-MLS עם בקבוקי האיסוף אשר ישלחו למעבדה לביצוע אנליזה כימית.



תרשים 4: פירוט נקודות הדיגום (בכחול) ביחס למוקד הזיהום (באדום) ולכיוון זרימת המים

6.4.3 שלב שלישי: אנליזה מעבדתית

לאחר איסוף דגימות הקרקע והמים יעברו הדגימות למעבדה כימית לצורך אנליזה מעבדתית. הדגימות ישמרו בקירור או באמצעים המבטיחים כי לא יהיה עיוות בתוצאות משלב הדיגום ועד שלב האנליזה במעבדה. שלב האנליזה כולל מיצוי והכנת הדגימות להרצה במכשור האנליטי המתאים. שימוש בשיטות אלו נבחר לאור יעוץ של ד"ר אלדד אלרון, מנהל תחום איכות סביבה במעבדות בקטוכם בע"מ.

א. מיצוי והכנת הדגימות לאנליזה מעבדתית:

מיצוי דגימות הקרקע והמים במעבדה ע"פ שיטות מיצוי המתאימות לכל דוגמה והכנת תמיסה המתאימה לבדיקה במכשירים האנליטיים.

ב. המכשור האנליטי:

• ICP- Inductively coupled plasma

טכניקה אנליטית המשמשת לאיתור עקבות של מתכות בדגימות סביבתיות. המטרה העיקרית של ICP היא לגרום לאלמנטים לפלוט קרינה באורך גל מסוים, אשר ניתן למדוד אותו.

• AA – Atomic-Absorption

בליעה אטומית היא שיטה ספקטרוסקופית לקביעה איכותית וכמותית של אטומים במצב צבירה גזי. השיטה מתבססת על מעברים אנרגטיים לא יציבים של האלקטרונים באטום. לכל יסוד כימי יש ספקטרום בליעה המאפיין אותו, על פי רמות האנרגיה של האלקטרונים שלו וניתן להשתמש בספקטרום הבליעה כדי לאבחן חומר. באמצעות מכשיר הבליעה האטומית ניתן לקבוע את ריכוזם של מתכות בתמיסות שונות.

6.4.4 שלב רביעי: ניתוח התוצאות

א. כימות התוצאות:

• לפי תוצאות הבדיקה האנליטית יתקבל מידע על סוגי המתכות הנמצאות בקרקע וריכוזן.

ב. מיפוי האזור המזוהם:

• לאחר כימות התוצאות ניתן למפות את האזור המזוהם. יתקבל מידע על סוגי המתכות הנמצאות בכל דגימה ולפי מס' הדגימה ניתן יהיה למפותם בשטח לפי מפת הדיגום.

לפי השוואה לערכי סף ידועים ניתן יהיה לבדוק האם ריכוז המתכת עולה על ערך הסף המותר לפי התקן או לא, ולפיכך איזה אזור מזוהם יותר ואיזה מזוהם פחות או לא מזוהם כלל.

• לפי תוצאות דגימת הקרקע ודגימת המים יהיה בידינו המידע האם המתכות נספחות אל הקרקע או מחלחלות למי התהום וכתוצאה מכך האם הקרקע מזוהמת או שיש חשש כי מי התהום הזדהמו.

7. הערכת הקשיים הצפויים במחקר

- הקושי הגדול במחקר זה הינו היכולת לבודד מתוך תוצאות המחקר את כמות המתכות שמקורה מפסולת של סוללות ומצברים בלבד. ישנם מקורות נוספים המכילים את אותן המתכות המרכיבות את הסוללה ואת המצבר.
- לאחר ביצוע הניסוי תתקבל תוצאה של סוג וכמות המתכות בקרקע, אותה ניתן לשייך לסוללה או למצבר המתאימים לפי הרכבם, אך יש להעריך כמה מכמות זו מקורה אכן בסוללות ומצברים ולא בפסולת אחרת. הערכה זו הינה מורכבת ביותר ומכילה פרמטרים רבים, לדוגמה כמות הסוללות והמצברים הנזרקים מידי יום בארץ, כמות הפסולת המגיעה לאתר הטמנה לעומת כמות הפסולת המגיעה להטמנה של פסולת מסוכנת.
- מגוון אתרים לבדיקה עלול להוות קושי נוסף. סוג האתר ומיקומו עלולים להשפיע על התוצאות וזאת משום שלדוגמה בקרקע של מפעל ייצור יש צפי לקבלת ריכוז גבוה מהמתכת בה משתמשים באותו המפעל, לעומת אתר הטמנה של פסולת ביתית שבו הצפייה לקבל מתכות שונות ומגוונות ממקורות שונים. לכן בחירת האתרים לבדיקה הינה משמעותית ביותר.
- הבדל משמעותי נוסף הינו אתרי הטמנה ללא יריעת איטום ואתרי הטמנה בעלי יריעת איטום. מטרת יריעת האיטום הינה למנוע את זיהום. ייתכן ולאחר בדיקת אתרי הטמנה בעלי יריעת איטום יתגלה כי אין כלל זיהום ואין צורך לבדוק ולהתמקד באתרים מסוג זה.
- בעיה נוספת הינה יעילות היריעה לאורך זמן. ייתכן כי אתרי הטמנה בעלי יריעת איטום יעילים במניעת זיהום, אך בעוד כמספר שנים היריעה עלולה להיקרע או להיפגם, יעילותה תרד ותגרום לזיהום הקרקע.
- הרכב הסוללות השתנה לאורך השנים ולכן באתרים שפעילים זמן רב הצפייה להרכב שונה של מתכות מאשר באתרים שפועלים תקופה קצרה, המשמעות היא שיש לבדוק טווח רחב של מתכות לפי הרכב הסוללות לאורך השנים, מה שמקשה על התמקדות בהרכב מתכות מסוים.
- קצב החלחול של מתכות כבדות יכול להיות איטי מאוד ומשתנה ממתכת למתכת לכן קשה לדעת עד כמה מצב הזיהום היום משקף את המצב הזיהום בעתיד. חשוב לבדוק את הקרקע בעומקים שונים מפני שייתכן כי בעומק הקרקע לא נמצא זיהום ממתכת מסוימת אך קרוב לפני הקרקע המתכת אכן קיימת. הסיבה היא חלחול איטי.

8. סיכום

השימוש בסוללות ובמצברים הינו שימוש נרחב אשר הולך וגובר עם השנים. סוללות ומצברים, לאחר פרק זמן מסוים ובמגע עם חומרים נוספים, עוברים תהליכי פירוק והתפוררות. הם מכילים ריכוזים גבוהים של חומרים מסוכנים, בעיקר מתכות כבדות. בתהליך הפירוק מתכות אלו עלולות להגיב עם חומרים נוספים בסביבה והתוצאה עלולה להיות מסוכנת.

במטמנה או בכל אתר פסולת יש מגוון רחב מאוד של חומרים. משמע חומרים שונים עלולים להיות במגע עם תוצרי הפירוק של הסוללה או המצבר. תרכובות אלו עלולות להישאר בקרקע, בתווך הבלתי רווי, או לחלחל לתת הקרקע ולמי התהום, לתווך הרווי. בשני המקרים התוצאה הינה זיהום. זיהום קרקע הוא מסוכן כאשר יש שימוש בקרקע מזוהמת לצורכי חקלאות, לבנייה או לכל צורך אחר של בני האדם, בעלי החיים והצמחייה שתגדל בקרבת קרקע מזוהמת. זיהום מי התהום הוא מסוכן, כי מים מזוהמים אלו עלולים להגיע למי השתייה או להשקיה בחקלאות. בדרכים אלו יכול האדם להחשף למתכות אותן מכילות סוללות ומצברים וידוע על נזקים רבים שעלולים להגרם לבריאותו מחשיפה זו.

במחקר המוצע ייבדק היקף זיהום הקרקע בארץ ממתכות כבדות. תוצאות המחקר יתנו מדד להיקף הזיהום וכתוצאה מכך תתקבל המסקנה האם יש לפעול באופן שונה באיסוף ובהטמנה של פסולת סוללות ומצברים. מידע זה הינו חשוב ורלוונטי בעיקר במדינה בה משאב הקרקע הינו משאב מוגבל ובמדינה בה מי השתייה ומי ההשקיה מתבססים רבות על מי התהום.

9. דיון במסקנות והצעות למחקרי המשך

במחקר זה התמקדנו בפסולת של סוללות ומצברים כאשר מתכות כבדות מצויות גם כן במוצרים נוספים, ולכן בכדי להגיע למסקנה כי המתכת אותה מצאנו בקרקע/במים אכן נובעת מפסולת של סוללות ומצברים, יש לערוך מחקר נוסף המבדיל בין פסולת של סוללות ומצברים לפסולת אחרת המכילה מתכות. זאת ניתן לגלות על ידי בדיקה של כל המקורות המכילים מתכות, בדיקה האם המקור מסוללות מתאפיין בשילובים ידועים, בדיקה של כל הפסולת שמגיעה לאתרי הפסולת ומתוך מידע זה לדעת מהו אחוז המתכות שאכן מגיע מפסולת של סוללות ומצברים.

בנוסף הרכב הסוללות משתנה עם השנים ולכן עלול להשפיע על חשיבות האיסוף וההטמנה של הסוללות. ייתכן שבעוד מספר שנים הסוללות לא יכילו חומרים מסוכנים או שהטמנה של חומרים אלו לא תהווה בעיה סביבתית ולכן לא יהיה צורך לבדוד את הסוללות משאר הפסולת.

עם השימוש העולה באנרגיה ירוקה יש שאיפה לעבור לרכבים ירוקים המונעים בעזרת מצבר חשמלי ולא בעזרת מצבר המכיל עופרת. שינוי זה ישפיע על הפסולת שתתקבל משימוש במצברים. ייתכן שבעוד מספר שנים אופן ההתייחסות לפסולת ממצברים תשתנה אף היא.

10. רשימת מקורות

- א.ש.ל איכות סביבה ואקוסטיקה בע"מ (1998) "סוללות 'תא יבש' - סקר שימוש, איסוף וסילוק - תמונת מצב ומגמות", מוגש לאגף לאיכות הסביבה אגף פסולת מוצקה
- א.ש.ל איכות סביבה ואקוסטיקה בע"מ (1999) "סוללות 'תא יבש' סקר שימוש, איסוף וסילוק (מניעת זיהום ממתכות כבדות) – עדכון מגמות והשלמת תמונת מצב", מוגש לאגף לאיכות הסביבה אגף פסולת מוצקה
- אבישר ד. (2006) "Multilevel Sampler (MLS)", מצגת
- המשרד להגנת הסביבה (2001) "נוהל ביצוע סקר קרקע לאיתור נוכחות מזהמים", אשכול תעשיות - אגף שפכי תעשייה וקרקעות מזהמות
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=seker_karka&enZone=seker_karka [נצפה 26 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2003א) "סוללות או לא להיות. חוברת מידע ופעילות"
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=blankPage&enDisplay=view&enDispWhat=object&enDispWho=index_pirsumim%5E1260&enZone=pirsum_veHot_saa_laor&enVersion=0& [נצפה 27 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2003ב) "תמ"א 16"
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=waste_planning&enZone=waste_planning: [נצפה: 27 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2004א) "אתר סילוק פסולת גושית, תנאים לרשיון עסק לאתר לסילוק פסולת גושית"
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^13309&enZone=misgeret_water [נצפה 31 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2004ב) "ערכי סף ראשוניים למזהמים בקרקעות", אשכול תעשיות, אגף שפכי תעשייה וקרקעות מזהמות, תל אביב.
- המשרד להגנת הסביבה (2006) "שיקום אתרי סילוק פסולת מעורבת"
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=dump_restore&enZone=dump_restore [נצפה 27 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2009א) "אתרי סילוק פסולת מוסדרים להטמנת פסולת מעורבת", האגף לטיפול בפסולת מוצקה
http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/ModulKvatzim/atarey_siluk_1.pdf [נצפה 31 יולי 2010]
- המשרד להגנת הסביבה (2009ב) "זיהום קרקעות בישראל – רשימת האתרים החשודים בזיהומי הקרקעות החמורים במיוחד ממקורות תעשייתיים" ירושלים.
- המשרד להגנת הסביבה (2010) "רשימות אתרים מאושרים לטיפול וסילוק פסולת"
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^12619&enZone=psolet_mutzaka [נצפה 27 יולי 2010]
- ניסים א. (1993) "הוראות/הנחיות למניעת חלחול בתחתית הערמה באתר סילוק פסולת ביתית" המשרד להגנת הסביבה, אגף פסולת מוצקה.

http://www.sviva.gov.il/Environment/Static/Binaries/ModulKvatzim/pen_preventi_on_1.pdf [נצפה: 30 יולי 2010]

פולקמן י., נוסבאום ד., לוי ה., אלשייך ג. (1998) "הקריה למחקר גרעיני – נגב, גישה חדשה לנטרול ולסילוק פסולת של סוללות ומצברים משומשים", דו"ח מסכם המוגש למדען הראשי במשרד לאיכות הסביבה

רוני י. (2009) "זיהום קרקע בישראל – התופעה ודרכי הטיפול בה", כנסת ישראל, מרכז המחקר והמידע, ירושלים.

חוקים ותקנות

חומרים מסכנים ג.3. חוק רישוי עסקים – התשכ"ח 1968, תנאים ברישיון עסק – מוסך לחשמלאות

סילוק פסולת חומרים מסכנים 2.א תקנות רישוי עסקים (סילוק פסולת חומרים מסכנים) התשנ"א - 1990

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (1990) "Toxicological profile for silver", Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2005) "Toxicological Profile for Zinc (Update)", Atlanta, GA: U.S. Department of Public Health and Human Services, Public Health Service.

Alloway, B.J. (Ed.) (1995) *Heavy metals in soils*. 2nd Edn., Blackie Academic and Professional, Glasgow, United Kingdom

Bradford T., Cook M. N. (1997) "Inductively Coupled Plasma", Retrieved July 26th 2010 from:

<http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/smprimer/icp/icp.html>

Bruner. M.C. (2002) "The Bottom Liner", *Environmental Practice* 4(1)

Chuangcham, U, Wirojanaqud, W, Charusiri, P, Milne-Home, W, Lertsirivorakul, R. (2008) "Assessment of Heavy Metals from Landfill Leachate Contaminated to Soil: A Case Study of Kham Bon Landfill, Khon Kaen Province, NE Thailand", *Journal of Applied Sciences* 8(8):1383-1394

Denkhaus a E., Salnikow K. (2002) "Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity" *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42(1):35-56

Department for Business Innovation and Skills (2009) "EC Directive on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators", Retrieved July 27th, 2010 from: <http://www.bis.gov.uk/policies/business-sectors/environmental-and-technical-regulations/environmental-regulations/batteries-and-accumulators>

Department for Environment, Food and Rural Affairs (2009) "Portable Batteries", Retrieved July 27th, 2010 from:

<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/producer/batteries/index.htm>

Dube A., Zbytniewski R., Kowalkowski T., Cukrowska, E., Buszewski B. (2001) "Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil", *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1): 1-10

- Eijkelpamp, "Soil core sampling", Retrieved July 26th 2010 from: <http://www.eijkelpamp.com/Portals/2/Eijkelpamp/Presentations/Soil%20core%20sampling-def.pdf>
- Environmental Services Organisation (2009) "Briefings: Batteries", Retrieved July 27th, 2010 from: http://www.esauk.org/publications/briefings/090909_batteries_directive.asp
- ESRI, "What is GIS? Geographic Information Systems", Retrieved 26th July 2010 from: <http://www.esri.com/what-is-gis/index.html>
- European Commission (2009) "European Union – Taking a united approach to battery recycling", Retrieved July 27th, 2010 from: http://ec.europa.eu/environment/etap/inaction/showcases/eu/332_en.html
- Fodor L., Szabo L. (2004) "Study of Heavy Metal Leaching in the Soil", *13th International Soil Conservation Organisation Conference*, Brisbane, Australia. Paper No. 216
- Hughes K.L., Christy A.D., Heimlich J.E. "Landfill Types and Liner Systems" *The Ohio State University Extension*, Retrieved July 27, 2010, from: <http://ohioline.osu.edu/cd-fact/pdf/0138.pdf>
- Hyman, J. A. (1990). "Groundwater monitoring in three dimensions using the Multi-Level Sampler" Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Jain P., Kim H., Townsend T.G. (2005) "Heavy metal content in soil reclaimed from a municipal solid waste landfill", *Waste Management*, 25:25–35
- Järup L. (2003) "Hazards of heavy metal contamination" *British Medical Bulletin*, 68:167-182; doi:10.1093/bmb/ldg032
- Lui H-H, Sang S-X (2010) "Study on the law of heavy metal leaching in municipal solid waste landfill", *Environ Monit Assess*, 165:349–363
- Office of Public Sector Information (2002) "Statutory Instrument 2002 No. 1559 The Landfill (England and Wales) Regulations 2002", Retrieved July 27th, 2010 from: <http://www.opsi.gov.uk/SI/si2002/20021559.htm?lang=e>
- Office of Public Sector Information (2005) "Statutory Instrument 2005 No. 894 The Hazardous Waste (England and Wales) Regulations 2005", Retrieved July 27th, 2010 from: <http://www.opsi.gov.uk/si/si2005/20050894.htm>
- Office of Public Sector Information (2008) "The Batteries and Accumulators (Placing on the Market) Regulations 2008. 2008 No. 2164", Retrieved July 27th, 2010 from: http://www.opsi.gov.uk/si/si2008/pdf/uksi_20082164_en.pdf
- Rowe R.K., Sangam H.P. (2002) "Durability of HDPE geomembranes", *Geotextiles and Geomembranes*, 20: 77-95
- Rowe R.K., Rimal S., Sangam H. (2009) "Ageing of HDPE geomembrane exposed to air, water and leachate at different temperatures", *Geotextiles and Geomembranes*, 27: 137–151
- Tissue B. M. (1996) "Atomic-Absorption Spectroscopy", Retrieved July 26th 2010 from: <http://elchem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/spec/atomic/aa.htm>

11. נספחים

נספח מס' 1: מצורף בקובץ בשם "נספח 1 ערכי סף ראשוניים למזהמים בקרקעות"
נספח מס' 5: מצורף בקובץ בשם "נספח 5 רשימת אתרי פסולת גדולים המיועדים לשיקום"
נספח מס' 6: מצורף בקובץ בשם "נספח 6 הוראות והנחיות לסגירה ושיקום מטמנות"
נספח מס' 7: מצורף בקובץ בשם "נספח 7 נוהל ביצוע סקר קרקע לאיתור נוכחות מזהמים"

נספח מס' 2

להלן פירוט של נזקים לבריאות האדם הנגרמים מחשיפה סביבתית למתכות כבדות הנמצאות בסוללות, כפי שצוינו בספרות. (Järup, 2003; Denkhaus & Salnikow, 2002;)
(ATSDR, 1990, 2005)

החומר	הנזק לגוף האדם
כספית	נזק לריאות, למערכת העצבים, לכליות
קדמיום	נזק לכליות, מסרטן בסבירות גבוהה
עופרת	נזק למערכת העצבים, הפרעות בהתנהגות ובריכוז (אצל ילדים), נזק לכליות
ניקל	אלרגיות בעור, נזק לריאות, הרעלה בכליות ובמערכת הלב, חומר מסרטן
כסף	נזק לעור
אבץ	בחילות, הקאות, אנמיה, ירידה בכולסטרול "הטוב"



פוסטר שחובה על ספקי הסוללות באנגליה להציג על מנת להודיע ללקוחותיהם על תחנות בהם ניתן להחזיר סוללות (DEFRA,2009)

כמות פסולת מסוכנת הכוללת סוללות ומצברים שהועברו לטיפול באתר רמת חובב (הלשכה

המרכזית לסטטיסטיקה)

פסולת מסוכנת
HAZARDOUS WASTE

27.17

כמות פסולת מסוכנת שהועברה

לטיפול באתר רמת חובב, לפי סוג חומר ושיטת טיפול

AMOUNT OF HAZARDOUS WASTE DELIVERED FOR TREATMENT AT
RAMAT HOVAV SITE, BY TYPE OF MATERIAL AND METHOD OF TREATMENT

Tons	טונות								
Type of material and method of treatment	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2000	1995	סוג חומר ושיטת טיפול
TOTAL	126,165	R136,267	124,686	104,071	103,282	108,006	68,211	43,655	סך הכל
TYPE OF MATERIAL	סוג החומר								
Sediments	65,202	67,572	65,145	51,836	48,046	58,760	34,799	10,480	משקעים
Organic material	39,097	36,798	34,330	29,994	31,304	29,654	14,244	12,216	חומר אורגני
Acids	4,926	6,573	6,601	7,023	8,164	8,751	7,754	8,560	חומצות
Waste water and alkalines	9,779	16,550	11,421	10,095	13,034	7,673	7,937	7,050	שפכים ובסיסים
Chromates	4,850	6,697	5,239	3,582	1,305	1,412	494	242	כרומטים
Hydrazide and cotnon	-	-	-	-	-	-	1,041	1,318	הידריד וכותניון
Medicinal waste	1,094	818	559	387	471	666	486	509	פסולת תרופות
Cyanides	216	398	492	231	196	207	378	129	ציאנידים
Laboratory waste	0	2	2	2	21	27	53	22	פסולת מעבדה
Copper-ammonia complex	-	9	-	-	-	1	41	369	נחשת אמוניקאלית
Batteries and car batteries	178	156	226	225	211	186	274	369	סוללות ומצברים
Thionyl chloride	20	20	25	20	24	16	30	82	תיונל כלוריד
Gas tubes	2	R24	17	58	18	26	10	23	בלוני גז
PCB and PCB Oil	44	6	8	6	15	6	-	867	PCB ושמן PCB
Cytotoxic waste	678	R638	618	609	469	432	284	192	פסולת ציטוטוקסית
Other materials(1)	80	5	3	2	4	149	5	1,227	חומרים אחרים(1)
METHOD OF TREATMENT	שיטת טיפול								
SECURED LANDFILL	54,523	R52,184	52,439	50,052	40,954	59,215	35,576	17,595	הטמנה מבוקרת
Thereof:	מזה:								
Sediments	53,226	51,201	51,668	49,260	40,280	58,226	34,789	10,474	משקעים
Organic material	-	1	2	139	7	7	-	-	חומר אורגני
Medicinal waste	1,073	791	522	365	426	618	486	509	פסולת תרופות
Laboratory waste	0	1	2	1	8	13	53	22	פסולת מעבדה
Batteries and car batteries	178	156	226	225	211	186	233	301	סוללות ומצברים
Gas tubes	2	R24	17	58	18	26	10	23	בלוני גז
INCINERATION	33,471	R41,888	33,301	29,913	31,772	23,506	16,170	12,473	שריפה
Thereof:	מזה:								
Organic material	24,321	27,859	26,099	23,664	22,808	20,802	14,244	12,216	חומר אורגני
Waste water and alkaline	8,222	12,916	6,225	5,944	8,391	2,078	-	-	שפכים ובסיסים
Copper-ammonia complex	-	-	-	-	1	41	-	-	נחשת אמוניקאלית
Cytotoxic waste	678	R638	435	68	469	432	284	192	פסולת ציטוטוקסית
NEUTRALIZATION	6,439	10,142	8,866	7,905	11,144	14,133	14,327	10,239	ניטרול
Thereof:	מזה:								
Acids	4,926	6,535	6,512	6,542	7,908	8,538	7,750	8,560	חומצות
Waste water and alkaline	1,512	3,597	2,321	1,360	3,235	5,590	6,574	1,658	שפכים ובסיסים
DETOXIFICATION	4,870	6,708	4,902	4,166	1,486	1,725	2,136	2,174	דטוקסיפיקציה
Thereof:	מזה:								
Chromates	4,850	6,688	4,877	3,574	1,305	1,408	494	242	כרומטים
Cyanides	-	-	-	35	154	152	310	129	ציאנידים
Thionyl chloride	20	20	25	20	24	16	30	82	תיונל כלוריד
BIOLOGICAL TREATMENT	16,633	18,764	14,607	4,167	9,767	2,171			טיפול ביולוגי
Thereof:	מזה:								
Organic material	4,685	R2,419	1,175	1,597	1,880	1,786	-	-	חומר אורגני
Sediments	11,948	R16,317	13,378	2,559	7,764	385	-	-	משקעים
EVAPORATION	-	-	2,819	2,678	1,352				אייד
Waste water and alkaline	-	-	2,819	2,678	1,352	-	-	-	שפכים ובסיסים
RECYCLING	1,109	1,157	1,524	1,042	1,172	971			מחזור
Thereof:	מזה:								
Organic material	1,097	1,151	1,102	1,042	989	785	-	-	חומר אורגני
OTHER TREATMENTS	9,121	5,424	6,227	4,149	5,634	6,285	1	1,174	טיפולים אחרים

Source: The Environmental Services Company (ESC), Ramat Hovav.

1. Acid sludge, materials for safe keeping, magnetic tapes, magnesium, light metals, unidentified materials etc.

מקור: החברה לשירותי איכות הסביבה, רמת חובב.

1. בוצה חומצית, חומר למשמרת, סרטים מגנטיים, מתכות קלות, מגנזיום, חומר ללא פירוט וכו'.

**השוואה בין קומפוסטציה בקנה מידה קטן (קומפוסטציה ביתית)
לקומפוסטציה בקנה מידה גדול (מפעלי קומפוסט)**



**הצעת מחקר במסגרת קורס פרויקטים באיכות סביבה, פרופסור עמרם אשל,
ביה"ס ללימודי סביבה פורטר, אוניברסיטת תל אביב**

מגישים:

אהוד זלצמן

אפי מיטניק

סיון שלחין

נעה שמעוני

הנחייה מקצועית: גב' קרין ארדון דרייר

תש"ע 2010

תודות

ברצוננו להביע את הכרת תודתינו לפרופסור עמרם אשל מרכז הקורס על פריסת נושא הטיפול בפסולת בפנינו ומגוון ההרצאות המעניינות ששמענו בקורס. לגבי קרין ארדון דרייר אשר הנחתה אותנו בכתובת הצעת מחקר זאת, על סבלנותה והערותיה אשר עזרו לנו רבות בעבודה המשותפת ובגיבוש תוצר הסופי. לד"ר יעל לאור ממינהל המחקר החקלאי אשר הרצאתה במסגרת הקורס היוותה עבורנו טריגר בבחירת הנושא ושסייעה לנו במציאת חומר מקצועי.

תוכן עניינים

4.....	1. תקציר.....
6.....	2. מבוא
7.....	3. סקירת הרקע המדעי
7.....	3.1 מרכיבי האשפה הביתית.....
8.....	3.2 דרכי טיפול בפסולת אורגנית (רקבובית)
8.....	3.2.1 טיפול תרמי.....
8.....	3.2.2 פסולת לאנרגיה
8.....	3.2.3 קומפוסטציה.....
9.....	3.2.3.1 קומפוסטציה ביתית
12.....	3.2.3.2 קומפוסטציה תעשיתית.....
15.....	3.2.3.3 הבדלים בין שיטות הקומפוסטציה.....
17.....	3.2.3.4 שימושי קומפוסט
19.....	3.2.3.5 מדדים עיקריים לאיכות קומפוסט.....
23.....	4. שאלות המחקר
23.....	5. השערות המחקר
23.....	6. רציונל וחיובות המחקר
25.....	7. שיטות המחקר.....
29.....	8. הערכה של הקשיים הצפויים, מגבלות הניסוי ומחקרי המשך.....
29.....	9. סיכום
30.....	10. רשימת מקורות
33.....	11. נספחים

1. תקציר

עם הגידול בצפיפות האוכלוסין והעלייה בצריכת מוצרים שונים, שחלק ניכר מהם איננו מתכלה במהירות, נוצרה במרבית מדינות העולם בעיה בטיפול בכמויות הפסולת הרבות שמצטברת. פסולת זו גורמת לזיהום הקרקע ומי תהום, למפגעי נוף, תופסת קרקעות יקרות, ועוד. את הפסולת ניתן לחלק לשתי קטגוריות עיקריות – פסולת טבעית (כולל חומרים אורגניים, ופריקים), ופסולת מלאכותית. בהתייחס למגזר הפסולת הביתית – כ-40% מכלל האשפה הביתית היא פסולת אורגנית, והיא הרכיב העיקרי מבחינה משקלית בה. אחד מהפתרונות היעילים ביותר לטיפול בפסולת הטבעית / אורגנית הוא באמצעות קומפוסציה – פירוק ביולוגי מואץ של החומר למרכיביו הבסיסיים. הקומפוסט המתקבל יכול (כתלות באיכותו) לשמש בחקלאות, ביערנות ועוד כתוסף בעל חשיבות לעידוד צמיחה, וטיוב קרקעות. לעומת זאת, קומפוסט לא איכותי עשוי לגרום לתוצאות הפוכות – זיהום הקרקע ומי התהום, או פגיעה בגידולים. תהליך קומפוסציה אידיאלי כולל ארבעה שלבים: מזופילי, תרמופילי, התקררות והבשלה. כאשר לאורך כל השלבים קבוצות של מיקרואורגניזמים וחידקים מבצעות פירוק ביולוגי של החומר למרכיביו העיקריים. תהליך זה או חלקים ממנו מתרחשים גם באופן טבעי במשכי זמן ארוכים אולם באמצעות שיטות שונות וטיפול נכון, ניתן להגיע לתהליך מהיר ואפקטיבי לטיפול בכמויות גדולות של פסולת. מאפייני היישום השונים המשפיעים ביותר על התהליך הם: חומרי הגלם בשימוש, רמות הלחות והחמצן בתהליך, והומוגניות החומר. ישנן שיטות מגוונות ליישום התהליך (ערימה / בור / אוורור מואץ / וורמיקומפוסציה ועוד), כאשר איכות הקומפוסט הנוצר משתנה בין שיטה לשיטה. בעת בחינת הפרקטיקה של ביצוע התהליך, ניתן להבחין בין תהליך בקנה מידה גדול (תעשייתי) לבין תהליך בקנה מידה קטן (בייתי) – כאשר עם השינוי בסדר הגודל, משתנים מאפייני ורמת הטיפול ובקרת התהליך. יישום קומפוסציה בקנה מידה גדול וקטן שונים במהותם, זאת בעיקר נוכח ההבדל במקצועיות המפעיל, אמצעי הבקרה, האוורור ועוד. עם עליית המודעות הציבורית לבעיית הפסולת, הולך ומתרחב השימוש באמצעים להפחתת כמויות הפסולת הנשלחת להטמנה. אחד מהאמצעים לטיפול בבעיה הוא הקומפוסטר הבייתי. לעומת זאת, פתרון אחר הנמצא בבחינה (ואף ביישום במספר יישובים בישראל, ובמדינות ברחבי העולם) הוא הפרדת הפסולת במקור לזרם "רטוב" (אורגני) וזרם יבש (מלאכותי), ומשם הסעת הזבל הרטוב לאתרי קומפוסציה תעשייתיים. לשם בחירת היישום הראוי ביותר סביר בהחלט שאחד מהפרמטרים הנבחנים הוא – איכות התוצר. בעולם מדדים רבים להגדרת איכות הקומפוסט, אולם הם אינם אחידים. בישראל משמש תקן 801 משנת 2000, שאיננו מחייב, וקובע מדדים לאיכות התוצר לפי השימושים העתידיים של הקומפוסט. מדדים עיקריים המשמשים להערכת איכות הקומפוסט הם: תכולת מתכות כבדות, אחוז הרטיבות, מוליכות חשמלית, העדר פתוגניים, תכולת חומר אורגני, ריכוז נוטריינטים, יחס פחמן-חנקן ו pH. המחקר המוצע דן בהשוואה בין איכות תוצרי תהליכי קומפוסציה של פסולת אורגנית ביתית מופרדת במקור, המתקבלים בתהליכי קומפוסציה בסדרי גודל שונים ובשיטות שונות. לשם פישוט המחקר, אנו מציעים לבדוק את הרכב הקומפוסט המתקבל בשיטות השונות, ואת מידת השפעתו על צמיחה של חיטה, ועל קרקע המשמשת כמצע לגידול חיטה. לאור מאפייני היישום השונים (אוורור, בקרה, הומוגניות, טמפי התהליך) ניתן לשער כי התוצאות צפויות להראות שוני בין תוצרי הקומפוסט השונים, כאשר אנו מניחים שתהליך מושלם יותר, שתוצריו צפויים להכיל חומר אורגני וחומרי הזנה רבים, יהיה טוב יותר בעבור הגידולים והקרקעות. אם אכן ימצאו הבדלים משמעותיים בין קומפוסטציה בקנה מידה גדול לעומת קנה

מידה קטן, או בין השיטות השונות, הדבר ישפיע ללא ספק על הפתרון הצפוי להיות מיושם עבור הפסולת האורגנית מהמגזר הביתי (הפרדת פסולת במקור או חלוקת קומפוסטרים – כשני תהליכים מתחרים. השלב הראשון בביצוע המחקר יהיה הקמת מערכי קומפוסטציה: בקנה מידה קטן – ערימה, קומפוסטר, וורמיקומפוסטציה. בקנה מידה גדול – שורה, שורה מאווררת, ערימות מכוסות בגורטקס, וריאקטור אופקי. מערכי הקומפוסטציה יוזנו בחומרי גלם ממקורות זהים, ימוקמו בסמיכום זה לזה, תחת ההנחיות של תקן 801 הישראלי. לאחר השלמת התהליך תבחן איכות תוצרי הקומפוסטציה במעבדה. שלב נוסף הוא גידול עציצים עם חיטה תוך תוספת קומפוסט מהתהליכים השונים (עם ובלי דישון), ובחינת התפתחות הגדילה שלה כתלות במקור הקומפוסט. לאחר סיום שלב גידול החיטה, תיבדק ההשפעה על הרכב מצעי הגידול השונים בבדיקות כימיות ומיקרוביולוגיות. בסיכומו של דבר, תוצאות המחקר המוצע צפויות לתת אינדיקציה על איכות התוצר של שיטות הקומפוסטציה השונות, בסדרי גודל שונים, כאשר מקורם של חומרי הגלם בפסולת ביתית.

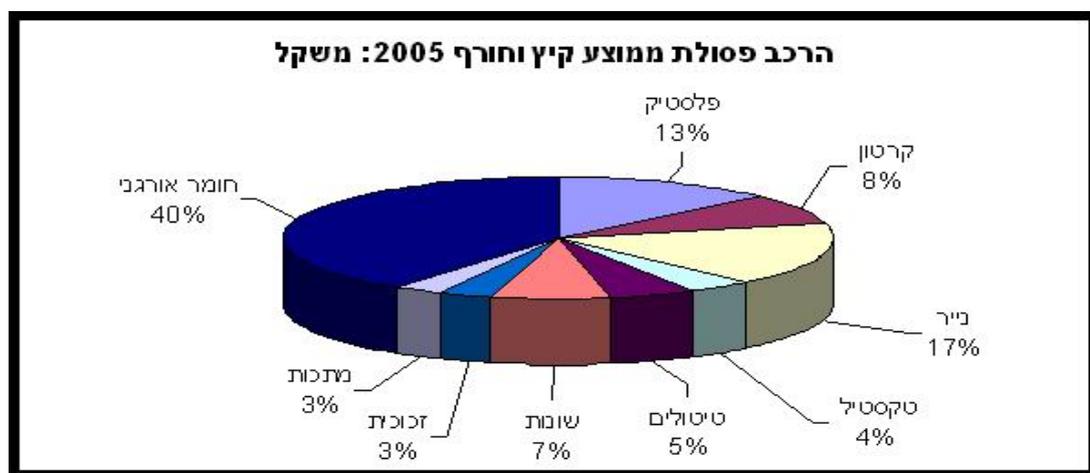
2. מבוא

פסולת היא תוצר לוואי של רוב פעילויות החברה האנושית. בעת העתיקה כמויות הפסולת היו זניחות בשל צפיפות האוכלוסייה הנמוכה וניצול מועט של המשאבים הטבעיים. ברוב מרכזי האוכלוסייה הפסולת הושלכה כלאחר יד לרחובות הכפרים ולאזורים המרוחקים, כשהממשל לא הקנה לסניטציה חשיבות רבה. הצורך בהסדרת הטיפול בפסולת עלה לכותרות בשיאה של המהפכה התעשייתית במאה ה-18 כאשר גידול אוכלוסייה והגירה מסיבית מהאזורים הכפריים לערים המתועשות הביאו לעלייה משמעותית בכמויות הפסולת התעשייתית והביתית במרכזי הערים אשר תרמו בהפצת מחלות ומגפות ויצרו מפגעים תברואתיים (http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_waste_management, 2010). שיטת הטיפול הנפוצה לפסולת היא הטמנתה: בעבר במזבלות- אתרים אשר נבחרו לשימוש זה או הפכו לכאלו במשך הזמן, ללא כל הכנה מוקדמת או דאגה להשפעות סביבתיות, וכיום במטמנות מסודרות אשר מתוכננות באופן שיפחית את הפגיעה הסביבתית. לפי ניתוח מרכיבי האשפה הביתית הנעשה באופן סדיר בארץ, הרכיב הנפוץ ביותר מבחינה משקלית הוא הפסולת אורגנית שמהווה כ-40% מכלל האשפה הביתית (סקר הפסולת הביתית שלדג, 2005). פסולת זו היא גם הגורם העיקרי לרוב הבעיות הסביבתיות הנגרמות מהטמנה: זיהום קרקעות מקורות מים, היווצרות גזי חממה ועוד, ועל כן יש חשיבות רבה במציאת פתרונות אלטרנטיביים לסוג פסולת "בעייתית" זו. אחת הדרכים היעילות לטפל במקטע הפסולת האורגנית היא הפיכתה לקומפוסט- מטייב קרקע ומשפר גדילת צמחים, חומר אשר נוצר באופן טיבעי בהרקבות חומר אורגני אבל על ידי יצירתו בתהליך מבוקר ניתן לשלוט בהרכבו ובטיבו. ניתן לנקוט בשיטות שונות על מנת ליצור קומפוסט הנבדלות בינהן בסדר הגודל, חומרי הגלם והתהליך עצמו. במחקר זה נבחין בין קומפוסטציה בסדר גודל גדול- קומפוסטציה תעשייתית לבין קומפוסטציה בסדר גודל קטן- קומפוסטציה ביתית. עד היום רוב הקומפוסט נוצר בשיטות התעשייתיות בהם יש פרוטוקולים מוגדרים, בקרה לאורך התהליך ובדיקת טיב התוצרים ואילו קומפוסטציה ביתית התבצעה באופן די איזוטרי ולא היוותה אלטרנטיבה ראויה בעיני מקבלי החלטות לטיפול בפסולת האורגנית. הנחת היסוד של מחקר זה היא ששינויים שעובר תחום הטיפול בפסולת מוצקה בארץ יהפוך את הקומפוסטציה הביתית לנפוצה יותר ועל כן יש לפתח מנגנונים לבדיקת תוצרי שיטות קומפוסטציה זו. השאלות הנשאלות במסגרת מחקר זה הן האם יש הבדל בהרכב הקומפוסט המתקבל בקומפוסטציה בשיטות וסדרי גודל שונים. האם מידת מידת גדילה של עציצי חיטה מושפעת מסוג הקומפוסט הניתן ומהן ההשפעות של סוגי הקומפוסטים השונים על מצע הגידול לעציצים. הבחירה בחיטה כצמח המחקר היא בשל היותו מקור מזון עיקרי לאדם ואחד מסוגי הגידולים הנפוצים ביותר בארץ ועל כן יש חשיבות רבה במידת גדילתו.

3. סקירת ספרות

3.1 מרכיבי האשפה הביתית

האשפה הביתית מוגדרת כפסולת מוצקה מכל סוג שהוא, שמפונה מבתי מגורים באחריות הרשות המקומית. היא איננה פסולת מסחרית, תעשייתית או פסולת בניין (טל, 2008). פסולת זו מכילה מרכיבים אורגניים ואנאורגניים, שאריות מזון, אריזות פלסטיק נייר זכוכית ועוד. בשנת 2006, כמות הפסולת המוצקה שנוצרה בישראל הייתה כ- 6 מיליוני טונות שהם בממוצע 1.53 ק"ג אשפה ביום לאדם בישראל. למעשה מדובר על גידול של 3% בשנה. המרכיב העיקרי מבחינה משקלית באשפה הביתית, הוא חומר אורגני. בסקר הפסולת האחרון שנערך בארץ בשנת 2005, נמצא שכמות החומר האורגני מהווה כ-40% מכלל הפסולת הביתית. במהלך השנים, ניתן להצביע על ירידה שחלה בכמות הפסולת האורגנית. ירידה זו ניתן להסביר בהרגלי הצריכה שהשתנו בקרב האוכלוסייה – מעבר לאוכל קפוא וגידול בצריכת אריזות, יחד עם זאת, שיעור הפסולת האורגנית בישראל עדיין נחשב לגבוה מאוד בהשוואה לשאר מדינות אירופה (טל, 2008). כיום רק אחוזים בודדים מהפסולת הביתית מופנים למיחזור ורובה עדיין מועבר להטמנה, וזאת בשל עלותה הנמוכה של שיטת ההטמנה לעומת שיטות טיפול אחרות לפסולת. החומר האורגני גורם למרבית הבעיות הסביבתיות הנובעות מהטמנת הפסולת: זיהום קרקע ומים, היווצרות גזי חממה ותשטיפים ועוד.



איור 1: הרכב הפסולת המוצקה, הכנסת, מרכז המחקר והמידע

זרם הפסולת האורגנית מתחלק לשני תת זרמים (סקר הפסולת הביתית שלדג, 2005): אורגני רקבובי - חומר אורגני פריק, כולל שאריות מזון ומרכיבים ניגרים (שתייה). אורגני אחר - פסולת מוצרים העשויים חומרים אורגניים כגון – גומי ועור (נעליים, תיקים).

3.2 דרכי טיפול בפסולת אורגנית (רקבובית)

פסולת אורגנית רקבובית כאמור היא החלק הפריק מזרם הפסולת האורגנית, היא מכילה שאריות ירקות ופירות, ירקות, אוכל מבושל, גזם ועוד, חומרים אשר מתפרקים בתהליכי הרקבות טבעיים בפרק זמן קצר. פסולת זו מכילה בדרך כלל אחוז רטיבות גבוה והיא בעלת ערך קלורי נמוך לעומת מרכיבים אחרים בפסולת הביתית (נייר, קרטון וכו')

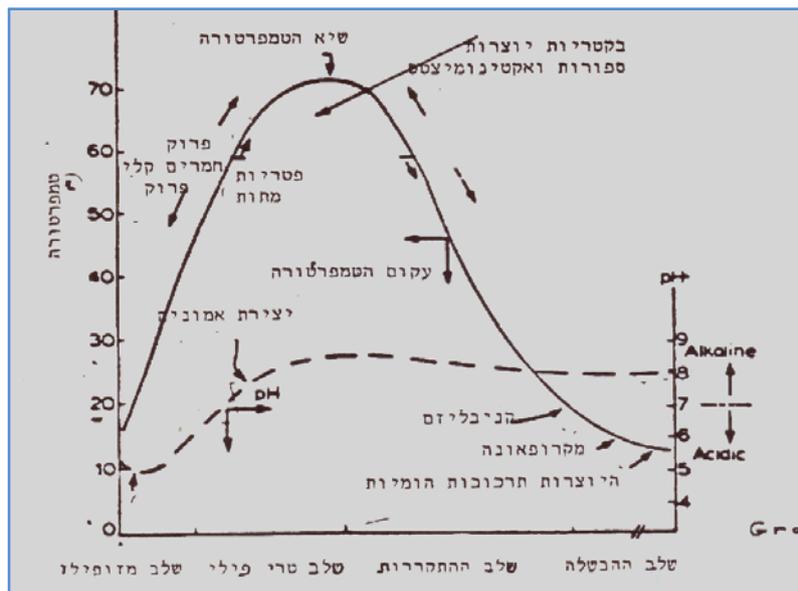
שיטות טיפול אלטרנטיביות בפסולת האורגנית הרקבובית

3.2.1 טיפול תרמי: שיטה זו לא מיושמת בישראל. נחשבת ליקרה יחסית ומזהמת (זיהום אוויר). מבחינת היתרונות של השיטה ניתן להצביע על צמצום נפח הטמנת הפסולת, צמצום שטחים ומניעת חלחול מזהמים למי התהום. אך שיטה זו אפקטיבית יותר עבור רכיבים בעלי ערך קלורי גבוה בזרם הפסולת והינה פחותת חשיבות בטיפול בפסולת האורגנית.

3.2.2 פסולת לאנרגיה: תסיסה אנאירובית בה נוצר גז מתאן המשמש לייצור אנרגיה.

3.2.3 קומפוסטציה – תהליך אירובי של פירוק וייצוב ביולוגי של חומר אורגני בתנאים תרמופיליים המתפתחים כתוצאה מהחום המשתחרר מפעילות ביולוגית ויצירת מוצר סופי וציב – קומפוסט, המתאים לאחסון, כמצע גידול, וליישום לקרקע מבלי לגרום להשפעות סביבתיות שליליות (HAUG, 1980, 1993). הקומפוסטציה הינה תהליך דינאמי בו ארבעה שלבים עיקריים, בהתאם למהלך הטמפרטורה – מזופילי, תרמופילי, התקררות והבשלות (אדלר, 2009).

בשלב הראשון, **השלב המזופילי**, מיקרואורגניזמים מהפסולת, מהאוויר והמים מתחילים לנצל את החומר האורגני וחלה התרבות גדולה של אוכלוסיותיהם (בעיקר חיידקים). שלב זה נמשך מספר ימים בודדים. השלב הבא בתהליך הוא **השלב התרמופילי** בו מתרחש עיקר פירוק החומר האורגני. אוכלוסיות תרמופיליות של בקטריות מנצלות את החומר האורגני קל הפירוק ובמהלך המטבוליזם שלהם משתחרר חום המעלה את הטמ' למעל 45°C . שלב זה נמשך 2-3 שבועות ובו מושמדים רוב זרעי הצמחים, עשבי הבר והפתוגנים לאדם



איור 2: מהלך השתנות הטמפרטורה בתהליך הקומפוסטציה

ולצמח. **בשלב ההתקררות** נוצל כבר רוב החומר האורגני קל הפירוק ולכן רמת המטבוליזם יורדת ועימה הטמפרטורה. האוכלוסיה המיקרובאלית מתחלפת באוכלוסיה מזופילית המורכבת מפטריות וחיידקים המנצלים פולימרים אורגניים. השלב האחרון בתהליך הוא **שלב ההבשלה** שאורכו נע בין מספר שבועות עד חודשים. במהלך שלב זה מתרחש פירוק איטי של חומר אורגני ובמקביל החומר האורגני הקיים עובר פילמור (הומיפקציה) למקרומולקולות יציבות יותר (חומרים הומיים). בשלב זה מתאכלס הקומפוסט באוכלוסיה מיקרובאלית מזופילית תחרותית המקנה לו יכולת דיכוי מחלות צמחים (חלמיש ואח' 2000). בסיום תהליך כולו, הפסולת שהייתה גורם מזיק הופכת לקומפוסט, מוצר כלכלי וחיוני לסביבה. (סברדלוב ואח', 2004).
על מנת לאפשר את תהליך הקומפוסטציה, יש לקיים מספר תנאים אופטימאליים:
(חלמיש ואח', 2000)

1. יחס בין אחוז החנקן לאחוז הפחמן: אשר מאפשר מינון נכון בין מקרואלמנטים חיוניים לניצול על ידי המיקרואורגניזמים. יש להקפיד על יחס שבין 1: 30 – 35. יחס גדול מזה (עודף פחמן), יגרום לתהליך הפירוק להיות איטי יותר בגלל שהחנקן יהיה גורם מגביל, ואילו יחס קטן מזה (עודף חנקן) יגרום לאיבוד חנקן לאטמוספירה ויצירת ריחות רעים.
2. לחות: הכרחית לשם קיום תהליכי הפירוק המיקרובאליים. תכולת רטיבות גבוהה תגרום ליצירת תנאים אנארוביים ולהאטת הפירוק ואילו תכולת רטיבות נמוכה מידי תמנע פעילות מיקרובאלית.
3. אוורור: תהליך הקומפוסטציה מבוסס על פירוק אירובי, חוסר בחמצן יגרום ליצירת תנאים אנאירוביים, האטת הפירוק ושחרור ריחות רעים. גם אוורור יתר אינו רצוי מאחר והוא יקרר את החומר האורגני ויאט את תהליכי הפירוק.
4. טמפרטורה: מאפשרת גם פירוק מהיר של החומר וגם מבטיחה סניטציה של הפסולת.

ניתן להבחין בין שני סדרי גודל של תהליכי קומפוסטציה הנמצאים בשימוש: קומפוסטציה תעשיתית- המתבצעת בקנה מידה גדול בתהליכים מבוקרים בהם קיימת בקרה על התהליך, וקומפוסטציה ביתית- המתבצעת באופן איזוטרי בגינות בתים פרטיים וגינות קהלתיות. בחלק זה ננסה לעמוד על ההבדלים ביניהן.

3.2.3.1 קומפוסטציה ביתית

כללי

קומפוסטציה בקנה מידה קטן, מתבצעת לרוב בגינה הביתית, גינות קהלתיות או ישובים כפריים על ידי ניצול הפסולת האורגנית המצויה במטבח ובגינה. בשיטה זו נאספת אותה פסולת ומועברת למיכל הביתי ולאחר מספר חודשים, מתקבל קומפוסט איכותי (המשרד להגנת הסביבה, 2008).

החומרים האורגניים המומלצים להכנת קומפוסט הם: גזם מהגינה הביתית (ענפים גרוסים, גזם מדשאות ועלים), שאריות של פירות וירקות, קפה ותה (שקיקים), שאריות של תבשילים (חלביים וצמחיים), קליפות ביצים, שאריות בד (כותנה וצמר) ואפילו נייר (טישו ונייר רגיל). אם זאת, ישנם חומרים שלא מומלץ להכניס כגון – בשר, דגים, שומן ועצמות, הפרשות אדם (כולל חיתולים), חומרים אנאורגניים, חומרים אשר אינם מתפרקים באופן ביולוגי.

שיטות קומפוסטציה בקנה מידה קטן

בור / ערימה: יצירת בור או ערימה בשטח פתוח וחשוף שגודלם לא יעלה על 1*1 מטר על מנת לשמור על יעילות התהליך. במהלך התהליך יש חשיבות רבה לשמירה על תכולת לחות גבוהה המושגת על ידי הרטבה מידי מספר ימים. לאורור אקטיבי של הפסולת ולשמירה על יחס הפחמן לחנקן אופטימלי על ידי הוספה לסירוגין של חומרי גלם "ירוקים"- הגזם מהגינה, הפירות, הירקות ושקיות התה והקפה העשירים בחנקן לבין חומרי גלם "חומים"- העלים היבשים, ענפים ונסורת העשירים בפחמן. התהליך כולו נמשך מספר חודשים.

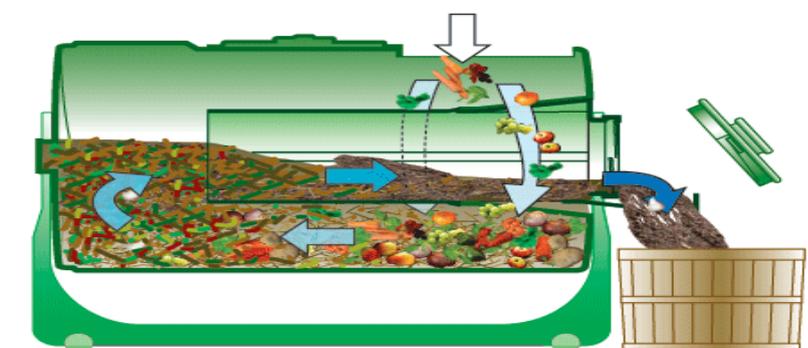


איור מספר 3: ערימת קומפוסט

מיכל קומפוסט: ישנם סוגים רבים של מיכלי קומפוסט ביתיים הנמכרים בחנויות, בין הסוגים, ניתן למנות קומפוסטרים פתוחים וסגורים העשויים חומרים שונים. תהליך הקומפוסטציה במיכל מזכיר את התהליך בבור וערימה אך נחשב לדרך יותר מודרנית להפוך פסולת לדשן מאשר שימוש מסורתי בערימה או בור. למיכל עצמו דופן כפולה אשר מאפשרת חדירה ומעבר של אוויר הדרוש לתהליך קומפוסטציה יעיל. למיכל יש שני פתחים – עליון, בו מכניסים את הפסולת האורגנית מהבית ומהגינה וכן, פתח תחתון המאפשר להוציא את הקומפוסט המוכן בסוף התהליך.



מיכל קומפוסט



העירוני" מאחר ואין הוא דורש גינה ואפשר למקם אותו.

לאסטרטגיית מחזור טבעית, בה תולעי הקומפוסט האדומות, לצד הפטריות, מיקרואורגניזמים ויצורים חד תאיים אחרים ניזונים מהחומר האורגני הנרקב ומפרישות אותו כחומר אורגני זמין לצמחים ולקרקע. המדע מכיר בכ – 4,400 מיני תולעי אדמה, אשר מחולקים לשתי קבוצות עיקריות – 1. תולעי אדמה כגון שלשול גינה נפוץ 2. תולעי קומפוסט, שהנפוצים בהם הם תולעי הקומפוסט האדומות (*EISENIA FETIDA*).
וורמיקומפוסטציה הינו תהליך שונה מקומפוסטציה רגילה בה דנו עד כה ועל מנת לשמור על יעילותו יש להקפיד על התנאים הבאים:

1. מידות חום: התולעים שורדות בטווח טמפרטורה של בין 10 – 28 מעלות צלזיוס כאשר הטמפרטורה האופטימאלית הינה 21 מעלות.
2. יחס פסולת- תולעים: תולעת אוכלת כחצי ממשקל גופה ליום, ולכן על כל 1 ק"ג פסולת אורגנית ביתית, דרושים 2 ק"ג תולעים.
3. לחות: על מנת שהתולעים יתפתחו במצבור החומר האורגני יש להקפיד על טווח לחות מומלץ של 75%.
4. איוורור: מעבר חופשי של אוויר.



איור מספר 6: תולעי קומפוסטציה אדומות *EISENIA FETIDA* ומיכל ביתי לתולעים

3.2.3.2 קומפוסטציה בקנה מידה גדול (קומפוסטציה תעשייתית)

כללי

קומפוסטציה בקנה מידה גדול איננה מוגדרת היטב במאמרים ובמקורות. יחד עם זאת, ישנם מספר מאפיינים המייחדים שיטות קומפוסטציה בקנה מידה גדול מקומפוסטציה בקנה מידה קטן (ביתית). ראשית, קנה המידה של כמות חומרי הגלם והתוצרים הינו גדול מאוד – מאות טונות בשנה ולמעלה מכך. כאשר מדובר בקנה מידה גדול הקומפוסטציה נעשית באתר ייעודי (ניתן לאמר – מפעל) - שעיקר הפעילות בו נוגעת לטיפול בחומר, שליטה ובקרת התהליך, ויצירת הקומפוסט. מעבר לכך, חומרי הגלם למפעל קומפוסטציה בקנה מידה גדול עשויים להגיע מקורות רבים או ממפעלים גדולים: בעלי חיים (הפרשות או גופות), בוצות מכוני טהור, אשפה אורגנית ביתית, תוצרי לוואי של ייצור מזון, קליפות פרי, גפת זיתים וגלעינים. (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000)

ככלל, ניתן לאמר שהגדלת קנה המידה של תהליך הקומפוסטציה מבייתי לתעשייתי, טומן בחובו הגדלה של בעיות בתהליך: כך, מטרד הריח מקומפוסטציה בקנה מידה גדול עשוי להיות משמעותי, וכן זיהום קרקעות בתשטיפים. יחד עם זאת, ישנם יתרונות רבים בקומפוסטציה בקנה מידה גדול – ראשית, הדבר נעשה בד"כ במפעל מורשה, תחת בקרה ובכלל זאת התהליך עושה שימוש באמצעי בקרה מתקדמים יותר, והמנהלים אותו הם אנשים מומחים ומנוסים.

קומפוסטציה בקנה מידה גדול בישראל

במדינת ישראל ישנם מספר יצרני קומפוסט בקנה מידה גדול, כאשר כמות הקומפוסט המופקת במפעלים אלו עומדת על כ- 500,000 טון בשנה בסה"כ (לאור, 2010). כיום קיים כשל שוק בתחום זה במדינת ישראל, שכן הביקוש גדול מן ההיצע (סקר קומפוסט בישראל, 2002) גם בנייתוחים אודות ההיצע והביקוש הצפויים לקומפוסט בשנת 2020 ניתן לראות כי הביקוש יגבר על ההיצע. (סקר קומפוסט לישראל, 2002). יש לציין כי מרב הפסולת הממוחזרת כיום היא פסולת בעלי חיים ובוצת שפכים. נכון לשנת 2009 מרבית אתרי הקומפוסטציה בארץ פעלו ללא רשיון עסק, בקרה, וכו' ואף גרמו לנזקים סביבתיים כגון זיהום מי תהום (http://www.sviva.gov.il/Environment/bin, 2010).

שיטות קומפוסטציה בקנה מידה גדול

שיטת השורות (windrows) היא מעין "קנה מידה גדול" של שיטת הערמה ליצירת קומפוסט. את חומרי הגלם מניחים בשורות שאורכן עשרות מטרים, רוחבן כארבעה מטרים, וגובהן כשני מטרים. את השורות מניחים בד"כ על מצע בלתי חדיר לתשטיפים, ואת התשטיפים מהערמות נהוג לאסוף. אופן השמירה על לחות – הרטבה אקטיבית של הערמות, תוך שימוש במים או בתשטיפים שנאספו. אופן האוורור - ערבוב הערמה נעשה באמצעות הפיכת השורות מדי מספר ימים, על ידי טרקטור / רכב המיועד לכך.

ניתן לומר ששיטה זאת היא הזולה והפשוטה ביותר ליישום, כאשר כל שנדרש הוא שטח פתוח, ויכולת השקיה והפיכת הערמות. יחד עם זאת, בשל מאפייניה, בשיטה יש רגישות לתנאי מזג האוויר, עשויים להיפלט ריחות לסביבה (שהרי אין בקרה על האוויר הנכנס והיוצא מאזור הקומפוסטציה), ומידת יכולת הבקרה על התהליך ואיכות התוצר הם נמוכים.



איור מספר 7: תהליכי הכנת ועיבוד קומפוסט בשורות. בשתי התמונות העליונות נערם חומר הגלם בשורות, בתמונות שבמרכז נעשה ערבוב של הקומפוסט, ובתמונות שלמטה ניתן לראות שורות קומפוסט שנמצאות בתהליך ההבשלה.

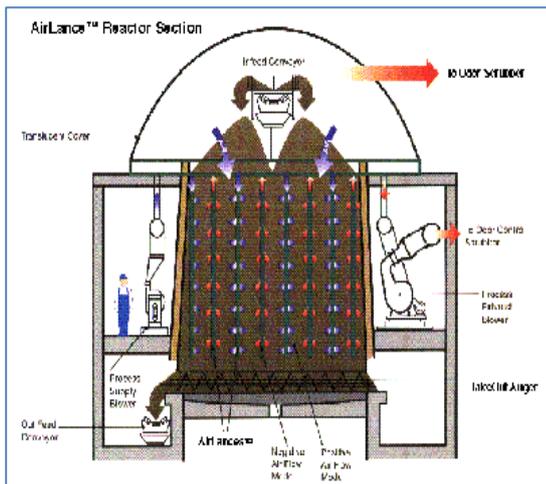


איור מספר 8: שיטת השורות במבנה סגור

שיטת השורות במבנה סגור הנה שדרוג של שיטת השורות שאוזכרה לעיל. בה מנוצלת פשטות של שיטת השורות, תוך ניסיון להתגבר על חלק מהבעיות שאוזכרו לעיל באמצעות שמירה על הקומפוסט תחת קורת גג. אופן השמירה על הלחות והאוויר אינם משתנים. השיפור שמעניקה שיטה זאת יהיה בעיקר במניעת ריחות, ותלות נמוכה במזג האוויר, אך יחד עם זאת, שיטה זאת יקרה יותר מקודמתה.

שיטת הריאקטור / תא סגור (in vessel) שימוש בריאקטור אנכי או אופקי שתפקידו להאיץ את שלביו הראשונים של התהליך. חומרי הגלם הנכנסים לריאקטור נמצאים בו מספר ימים. התהליך בריאקטור מבוקר מאוד, תוך שימוש באוויר מאולץ (ולעיתים גם ערבוב) ויניקת אוויר לפילטר ביולוגי למניעת ריחות.

בסוף המעבר בריאקטור, נדרש המשך התהליך והתגבשות הקומפוסט בערמות, ולעיתים אף אוורורן. אך משך הזמן והטיפול הנדרש בהן קצרים משמעותית משיטת השורות (כיוון שעיקר התהליך התרחש כבר בריאקטור).



איור מספר 9: קומפוסטציה בריאקטור אנכי



איור מספר 10: קומפוסטציה בריאקטור אופקי

יתרונה הגדול של שיטה זאת הוא הבקרה לאורך שלביו הראשונים של התהליך שמאפשרים להגיע לתנאי קומפוסטציה אידיאליים, ובשל כך גם לקיצור התהליך.

שיטת הקומפוסטציה בריאקטור מתחלקת לשני תתי תהליכים: ריאקטור אנכי וריאקטור אופקי.

ריאקטור אנכי – חומרי הגלם מוכנסים בראש הריאקטור ויורדים באופן גרוויטציוני עם הזמן. משך התהליך בריאקטור

שכזה עשוי להמשך ימים בודדים עד כשבועיים. בד"כ לאחר סיום התהליך בריאקטור הקומפוסט עובר לערימות מאווררות לשם סיום התהליך ולשלב הקירור.

ריאקטור אופקי – חומרי הגלם מוכנסים לתוך מיכל גלילי (בד"כ בקוטר של עד כ-4 מטר ובאורך של עד 30 מטר) המסתובב בקצב של עד סיבוב בדקה, ויוצאים לאחר ימים בודדים מצידו האחר. התוף המסתובב מאפשר ניפוי חומרים תוך כדי התהליך, ולכן תהליך זה מתאים מאוד לפסולת ביטית מוצקה. לעומת זאת, תהליך זה איננו מתאים לבוצה – כיוון שהיא הופכת למעין "כדור שלג" בתוף ואיננה מתאווררת היטב. (סקר הקומפוסט בישראל, 2010)

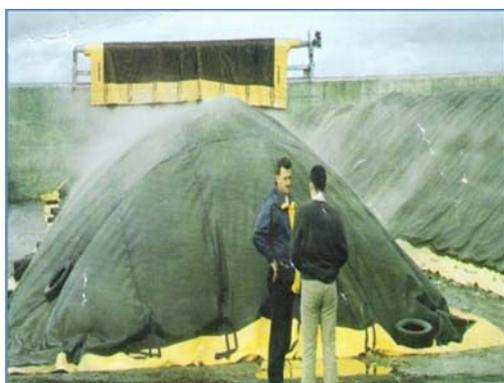


איור מספר 11: מפוח לערמות מאווררות

שיטת הערמות המאווררות מהווה מענה טכנולוגי שונה לנושא האוורור לעומת הפיכת הערמות שנעשתה עד כה. בשיטה זו, מכינים מבעוד מועד מערכת צינורות אוורור על הקרקע, ועליהן מניחים את ערמות/שורות הקומפוסט. באמצעות מפוח דוחסים אוויר לתוך מערכת הצינורות וניתן לשלוט בכמות החמצן המצויה בקומפוסט.

יש לציין, כי אחת הבעיות בשיטה זו היא חוסר ההומוגניות

של הקומפוסט (בשל חוסר ההומוגניות של האוורור), ולפיכך נדרש תכנון מדוקדק ונכון של מערכת האוורור. ניתן לבצע אוורור מאולץ גם בתוך תעלות קומפוסט, ובכך להוסיף אוורור גם מהצדדים.



איור מספר 12: קומפוסטציה בשיטת גור

שיטת גור (Gore) בה מניחים ערמת קומפוסט על משטח מחורר ומכסים אותו ביריעות Gore-tex. מאוורר מזרים אוויר לתוך הערימה, כאשר הטמפרטורה וריכוז החמצן בערימה מנוטרים ומועברים למערכת בקרת האוורור. יתרון השיטה הוא בכך שיריעות ה-Gore-tex חדירות לגזים, כגון CO_2 אך לא לנוזלים. לפיכך, אדי המים מצטברים על חלקן הפנימי של היריעות, מתעבים, וכך נוצרת שכבה המונעת פליטת ריחות. יתרונה הגדול של השיטה הוא בכך שאין

הפצת ריחות, הבקרה על התהליך גבוהה, הטמפרטורה אחידה וניתנת לבקרה, ורמת הלחות אחידה בכל הערימה. לעומת זאת, עלות השיטה גבוהה יחסית. (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000)

3.2.3.3 ההבדלים בין שיטות הקומפוסטציה (קנה מידה גדול וקנה מידה קטן)

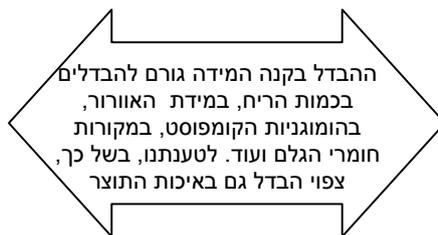
בטבלה שלהלן מסוכמים ההבדלים העיקריים בין הקומפוסטציה בקנה מידה גודל לאלו שבקנה מידה קטן. לאחר טבלה זאת, מצוינות גם מגבלות היישום בהתייחס לשיטות השונות.

טבלה מספר 1: השוואת בין קומפוסטציה בקנה מידה גדול לבין קומפוסטציה בקנה מידה קטן
 (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000, לאור, 2010 ;
<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=3174>, 2010)

קנה מידה גדול	קנה מידה קטן	
עשרות עד מאות	המונים- קושי לדעת באופן מדויק אך לפחות כמה אלפים	מספר יצרנים בארץ
לכל הפחות עשרות עד מאות אלפי ליטר	עד כמה אלפי ליטרים	סדר הגודל של כמות התוצר
מליוני מ"ק בשנה (כבר בתחילת העשור הקודם יוצרו כ- 430,000 מ"ק בשנה)	כ- 250,000 מ"ק בשנה	פוטנציאל הייצור (על סמך כמות חומרי הגלם הקיימים)
אחד מהפרמטרים הנמדדים בתהליך הייצור	קשה לודא הגעה לטמפרטורה קוטלת הפתוגנים	הגעה לשלב התרמופילי
נעשים באופן מסודר כחלק מדרישות התהליך	באופן ספורדי כתלות במפעיל ובסוג הקומפוסטר	ערבוב ואוורור
כיום- בעייתית כי חומרי הגלם מגוונים והפסולת הביתית מופרדת רק בשלב מאוחר כך שהיא יכולה להכיל מזהמים, מתכות רעילות וכו'. בעתיד- מקור חומר הגלם יהיה פסולת מופרדת במקור ואז האיכות תישפר.	גבוהה- חומר הגלם הוא חומר אורגני מופרד במקור	רמת נקיון חומרי הגלם
דורשת מערך איסוף חומרי הגלם ופיזור התוצרים אשר מעלים את עלות התהליך	לא נדרשת כי בדרך כלל היצרנים הם גם הצרכנים	הובלת חומרי הגלם והתוצרים
מושגים כתלות בפתרון קצה - בעתיד תהיה מיושמת ההפרדה במקור	העלות המודעות לחשיבות הפחתה במקור, מיחזור וכו', פיתוח פרויקטים של גינות קהילתיות- אשר מעלים מוערבות התושבים, גורמים ליצירת שטחים ירוקים בתוך ערים,	יתרונות חברתיים- כינוכיים

נוסף, על ההבדלים הכלליים שהוזכרו עבור כל סדר גודל של קומפוסטציה בטבלה שלעיל, מצאנו לנכון לציין גם מגבלות **יישום** עיקריות של השיטות:

1. **מקצועיות המפעיל** - לא צפוי כי כלל התושבים המבצעים קומפוסט בייתי יעברו הכשרות מקצועיות והדרכות. זאת בניגוד לצפוי עבור מפעילי אתרי קומפוסט תעשייתיים.
2. **מדידת איכות התוצר** - לא צפוי כי כלל התושבים המחזיקים קומפוסטרים בביתם יחזיקו בכלים מתוחכמים ויבצעו בקרה על תהליך הקומפוסטציה. לרוב, צפוי שהמדד העיקרי לבשלות התוצר תהיה בחינת המראה והריח שלו. לעומת זאת, בקומפוסטציה בקנה מידה גדול, סביר כי ישלחו דגימות מן התוצר למעבדה, וכלי המדידה של איכות התוצר יהיו מקצועיים ויקרים יותר.
3. **יישום בבתים משותפים** - יישום קומפוסטר בייתי צפוי להיות בעייתי בבתים משותפים, בשל המחסור בשטח זמין (גינה) ובעיות ריח אפשריות. לעומת זאת, כאשר מדובר בקומפוסט בקנה מידה גדול, נדרשת הפרדה לשני פחים שונים בלבד.
4. **NIMBY** - יישום קומפוסטציה בקנה מידה גדול נתקל וצפוי גם בעתיד להתקבל בבעיית ה NIMBY, שכן מיקומו של האתר צפוי להשפיע (בעיקר כתלות בפליטת הריחות) על איכות חיי התושבים בסביבתו.
5. **הפרדה במקור** - אחד מהמכשולים הגדולים הצפויים באשר לביצוע קומפוסטציה של פסולת מוצקה ביתית בקנה מידה גדול, היא יכולתו של האזרח להפריד את הפסולת לשני זרמים שונים באופן מוצלח. בעיה שכזאת איננה צפויה ביישום בקומפוסטציה ביתית בשל העובדה שהאדם המפריד את הפסולת הוא האדם האחראי על התהליך והמרוויח ישירות מן התוצר.
6. **הסעת חומרי הגלם והתוצרים** - בעיה זאת פתירה, אולם בוודאי שדורשת התייחסות של מתכנני אתר קומפוסטציה בקנה מידה גדול - אקולוגית, כלכלית וארגונית. השימוש בקומפוסטרים בייתיים מבטל את הצורך בתהליך זה.



איור מספר 13: המחשת ההבדל בין סדרי הגודל של קומפוסטציה בקנה מידה גדול לבין קומפוסטציה בקנה מידה קטן

3.2.3.4 שימושי קומפוסט

זבלים אורגניים שמשו משחר ההיסטוריה החקלאית גורם עיקרי בשמירת פוריות הקרקע. מנגנוני ההשפעה של זבלים על המערכת קרקע-צמח מוכרים בחלקם וכוללים השפעות על הזנת הצמח, התכונות הפיסיקליות של הקרקע, הגנת ובריאות הצמח ועידוד הגידול. עם הרחבת השימוש בדשנים הצטמצם השימוש בזבלים ובפסולות אורגניות בשל היותם מרוכזים יותר, נוחים יותר לפיזור שינוע ואחסון אבל כיום לאחר כ-100 שנים של שימוש בדשנים חל שינוי במגמה זו וזאת בשל הגורמים הבאים:

1. חלה התדרדרות במקורות חומרי הגלם והאנרגיה ליצור הדשנים ובמקביל שבה והתחזקה ההכרה בפוטנציאל הטמון בפסולות האורגניות כמקור יסודות מזון לחקלאות
2. ניכרות תופעות לוואי אקולוגיות לא רצויות עקב השימוש בדשנים ועקב הצטברות פסולות אורגניות בלתי מנוצלות.
3. מתגלות תופעות של ירידה בפוריות קרקעות הנתונות למשטר גידולים ודישון אינטנסיביים ומסתמן יתרונה של "ההזנה המשולבת" - יישום דשנים כימיים וחומר אורגני במשולב. (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000) השינוי נובע מאלמנטים הרבה יותר יסודיים של מעבר החברה ממצב של חברה כפרית חקלאים ברובה לחברה עירונית שאין לה זיקה לקרקע ולשימוש בקומפוסט מבין השימושיים העיקריים בקומפוסט ניתן למנות:
1. חקלאות קונבנציונלית- מהווה את פוטנציאל השימוש הגדול ביותר. אפליקציית קומפוסט בגידולי שדה וחממות ואחד (AZIS, 1992)
2. חקלאות אורגנית- הנה הצרכן הוותיק והיא זו המושכת אחריה את נושא הקומפוסט. בחקלאות האורגנית אין שימוש בדשנים כימיים ולכן הקומפוסט מהווה את מקור ההזנה העיקרי למערכת החקלאית (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000).
3. גננות- פרטית וציבורית. כשיש הבדל בין גידול במצעים מנותקים ואדניות לבין גידול בקרקע עליו נעמוד בהמשך.
4. יערנות- תוספת קומפוסט לאדמת יערות לא רק שמשפרת את טיב הקרקע אלא גם משקמת את אובדן הנוטראנטים שנגרם עקב כריתת העצים (AZIS 1992).
5. שיטת טיפול אלטרנטיבית לסילוק הפסולת האורגנית- כאמור במקום להטמין את הזרם האורגני יחד עם שאר הפסולת הביתית באתרי הטמנה או לחלופין לשרוף אותו (מה שעדיין נחשב פתרון נפוץ לטיפול בפסולת אורגנית חקלאית)

השפעת תוספת קומפוסט על הצמחים והקרקע

שיפור גדילת הצמחים - בראש ובראשונה הקומפוסט הינו מקור לחומר אורגני ונוטריאנטים זמינים שהצמח זקוק להם לשם התפתחותו הצמחים לא זקוקים לחומר אורגני מהקרקע אך בנוסף הקומפוסט משמש מקור למולקולות אורגניות גדולות כמו חומצות אמינו, חומצות שומן, פנולים, חומרי אנטיביוטיקה, הורמונים צמחיים, ויטמינים, חומצות גרעין וחומרים הומיים אשר משמשים כמעודדי צמיחה (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000).

מנגנון שיפור גדילה נוסף של יישום קומפוסט הוא בדיכוי התפתחות גורמי מחלה צמחיים מסוגים שונים: פטריות הפוגעות בשורשי הצמחים, מחלות הנגרמות על ידי נמטודות, בקטריות ועשבים שוטים (Soumar, 2003)

טיוב קרקעות - אפליקציית קומפוסט מביאה לשיפור ניכר בתכונות הקרקע. מבחינה פיזיקלית הקומפוסט משפר את מבנה הקרקע: מעלה נקבוביות, מוריד צפיפות של הקרקע, משפר אגרציה- התלכדות חלקיקי הקרקע, מעלה עמידות בפני סחף ומפחית איטום, מעלה תחלופת גזים ויכולת אחזקת המים (מצגת מאת Stromberg) מבחינה כימית הקומפוסט משנה ומייצב את pH הקרקע ומעשיר אותה בחומר אורגני ונוטריאנטים זמינים שגורמים גם לעידוד הפעילות המיקרובאלית בקרקע. לשימוש בקומפוסט כמטיב קרקעות חשיבות רבה בארצנו בה הקרקעות מאופיינות ברמה נמוכה של חומר אורגני בשל תנאי האקלים, וכן בעלות תכונות פיזיקליות לקויות, וזאת בגלל הרכב החרסיות, רמת המלחים הגבוהה והימצאות נתרן בקרקע. הקומפוסט יכול גם לשמש כבלם לתופעת המידבור- כיבוש שטחים חקלאיים על ידי המדבר הנגרמת בין היתר בשל עודף המלחה וניתרון הנגרמות בשל שיטות החקלאות האינטנסביות הנהוגות בימינו. (אבנימלך, 1996)

סכנות השימוש בקומפוסט

מתכות כבדות - חשיפת צמחים לריכוזים גבוהים של מתכות כבדות גורמת לנזק ראשוני בפעילות הביוכימית בתאי הצמח ויכולה להביא להפחתה משמעותית ביבול. בקליטת המתכות בצמחים יש סכנה להצטברות המתכות במעלה שרשרת המזון ונזקים בטווח הארוך. סכנת המתכות הכבדות קיימת בעיקר בקומפוסט שמקורו פסולת עירונית שלא הופרדה במקור ובוצות בהן יש חשש להצטברות מתכות כבדות ממצברי מכוניות, סוללות, פסולת אלקטרונית, שפכים תעשייתיים עוד. (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000)

חשיפה לפתוגנים - במידה ותהליך הקומפוסטציה לא נעשה בתנאים המתאימים קיים חשש שגורמי מחלה שונים יגיעו מהקומפוסט למערכת הצמחית ובעלי החיים (פירוט בהמשך)

הצטברות דיוקסינים - מזהמים אורגניים עמידים שמצטברים במעלה שרשרת המזון בשל יכולתם להתמוסס בשומן ובשל יציבותם הכימית הגבוהה ויכולים לגרום לסרטן, פגיעה בפוריות, במערכת החיסונית ועוד (גולדמן, 2003) תרכובות אלה הם בעיקר מוצרי לוואי בלתי רצויים של תהליכי חימום וייצור תעשייתי כגון התכה, הבהרה של נייר וייצור קוטלי עשבים וחומרי הדברה.

זיהום מקורות מים וקרקע - שימוש בקומפוסט המכיל כמויות גדולות של מלחים, מתכות כבדות או לחלופין אפלייקצית עודף קומפוסט יכולים לגרום לזיהום קרקעות, מי תהום ומקורות מים עיליים.

מהסיבות לעיל יש חשיבות רבה בפיקוח על איכות והרכב תוצרי הקומפוסטציה ולהלן סקירה של המדדים המובילים המשמשים לכך:

3.2.3.5 מדדים עיקריים לאיכות קומפוסט

בעולם קיימים מדדים רבים ושונים לבדיקת איכות קומפוסט, אך הם אינם אחידים. חלקם מופיעים בתקנים וחלקם מופיעים במחקרים. בארץ קיים תקן ישראלי 801 משנת 2000 לאיכות קומפוסט של מכון התקנים אך הוא אינו מחייב כרוב התקנים בארץ. תקן זה קובע מדדים לאיכות התוצר המחולקים לפי שימושים עתידיים של הקומפוסט: קומפוסט לשימושים חקלאיים למצעים מנותקים ולגינון וקומפוסט לשימושים חקלאיים בלבד. להלן פירוט המדדים העיקריים המשמשים להערכת איכות קומפוסט.

תכולת מתכות כבדות

על פי ההגדרה המקובלת, מתכת כבדה היא כל מתכת אשר משקלה הסגולי עולה על 5 גר"/סמ"ק. בנוסף, נוהגים להשתמש במושג זה גם כאשר רוצים לתאר השפעה מזיקה של יסודות מסוימים על הסביבה. כך, לדוגמה, מקובל לכרוך במושג מתכת כבדה גם מתכות רעילות בעלות משקל סגולי נמוך יותר, אף על פי שמתכות כבדות רבות מכילות יסודות קורט הנחוצים לגוף האדם, בדרך כלל הן רעילות בריכוזים גבוהים מן הדרוש (האתר להגנת הסביבה) ברמות גבוהות מתכות כבדות גורמות נזק למערכת האקולוגית, הן עלולות להצטבר ברקמות צמחיות ולעלות במעלה שרשרת המזון וכתוצאה מכך גם לגרום לפגיעה באדם. (אתר המשרד להגנת הסביבה, 2010)

התקנים בעולם ובישראל קובעים ריכוז מקסימאלי של כל אחת מסוגי המתכות הכבדות בתוצר הקומפוסטציה. ניתן לציין שתקן 801 הרבה פחות מחמיר מהתקנים בעולם בקביעת ריכוזים מקסימליים של מתכות כבדות. בטבלה הבאה מופיע פירוט תכולת הריכוז המקסימלי של מתכות כבדות לפי התקן הישראלי.

טבלה מספר 2: ריכוז מקסימאלי של מתכות כבדות בקומפוסט (תקן הקומפוסט הישראלי)

מתכת	ריכוז מקסי (מ"ג / ק"ג חומר יבש)
כספית	5
כרום	400
ניקל	90
קדמיום	20
עופרת	300
נחושת	600
אבץ	2500

אחוז רטיבות

אחוז הרטיבות הינו מדד לריכוז המים בתוצר. מים הם מרכיב חיוני להתפתחות הצמח ולקומפוסט תפקיד חשוב בשמירה על רטיבות הקרקע, אולם עודף במים מונע כניסה של חמצן לקרקע ובכך ומשבש את פעילות המיקרואורגניזמים בקומפוסט. על כן יש להקפיד על טווח רטיבות של בין 25%-40% לפי תקן הקומפוסט הישראלי.

מוליכות חשמלית – מליחות

מוליכות חשמלית מעידה גם על רמת המליחות של התוצר מכיוון שככל שהוא מלוח יותר, הוא גם מוליך יותר חשמל בשל ריכוז גבוה יותר שליונים מסיסים. מליחות גבוהה גורמת לעלייה בלחץ האוסמוטי של תמיסת הקרקע ופוגעת ביכולתו של הצמח לקלוט מים בנוסף לחלק ממרכיבי המליחות כמו נתרן יש השפעה מזיקה על מבנה הקרקע. (וובר, 1993) בתקן הישראלי מוגדרת רמת המוליכות החשמלית של התוצר לפי סוג הגידולים המגודלים על הקרקע ולפי עומק ההטמנה בקרקע (עד עומק 5 ס"מ או 20 ס"מ) ושקומפוסט שמוליכותו החשמלית גבוהה מ 4 dSm^{-1} אסור בפיזור עילי או בהצנעה רדודה (עד עומק 5 ס"מ).

העדר פתוגנים

החשש העיקרי בעת אפליקצית קומפוסט בגידולים חקלאיים הינו הימצאות גורמי מחלה שונים היכולים להזיק למערכת הצמחית, לבעלי חיים ובעיקר לבני אדם. הגורם המשפיע ביותר על כמות הפתוגנים בקומפוסט הוא הגעה לטמפרטורה קוטלת פתוגנים בתהליך הקומפוסטציה. תקנות EPA מחייבות שהייה

של 3 ימים לפחות מעל טמפי של 55°C (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000), ולפי תקנים שונים טווח הטמפרטורות הרצוי בשלב התרמופילי הוא בין 50 ל-60 מעלות צלזיוס. בטמפרטורה נמוכה יותר, תהיה פעילות נמוכה ואיטית יותר של המיקרואורגניזמים וחוסר השמדת פתוגנים ואילו טמפרטורה גבוהה יותר תגרום להפסקה טוטלית של פעילות מיקרובאלית, ואיבוד חנקן בתוצר.

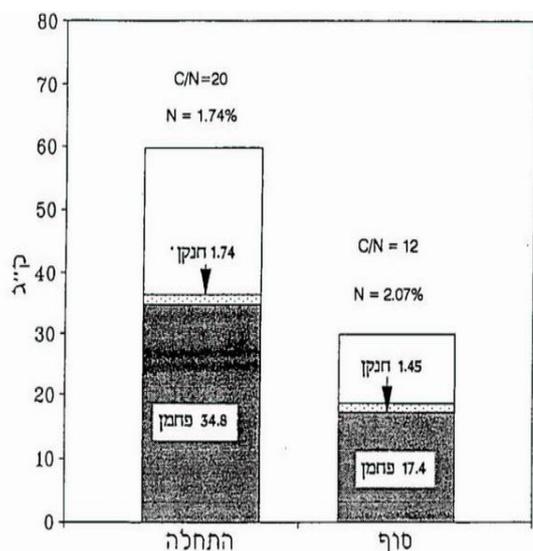
תכולת חומר אורגני

אינדיקטור מרכזי לאיכות הקרקע, ככל שריכוזו גבוה יותר, הקרקע איכותית יותר ותתמוך בצורה טובה יותר בגידולים. החומר האורגני מעלה את פוריות הקרקע, משפר את מבנה הקרקע ומפחית סחף ולכן מהווה מדד חשוב בבדיקת איכות קומפוסט. התקן הישראלי קובע מינימום של 35% חומר אורגני מהחומר היבש בקומפוסט לשימושים חקלאיים למצעים מנותקים ולגינון לעומת 25% בקומפוסט לשימושים חקלאיים בלבד וזאת מתוך הבנה שבמצע מנותק הקומפוסט מהווה מקור עיקרי (אם לא יחיד) לתוספת חומר אורגני למצע הגידול לעומת קרקע בה זמינים מקורות נוספים.

ריכוז נוטריינטים

נוטריאנטים הם יסודות ותרכובות כימיים החיוניים לחיים ולגדילה של צמחים ויצורים חיים. הקומפוסט מספק מקור לנוטריאנטים זמינים לשימוש על ידי הצמחים ולהעשרת הקרקע. מבין שלל נוטריאנטים חיוניים להתפתחות וגדילת צמחים ניתן למנות 3 עיקריים:

חנקן - מהווה מרכיב חיוני בבניית מולקולות החלבון, הכלורופיל וחומצות הגרעין של הצמח, נקלט בצורת אמון וניטרט הנוצרים בתהליכים מיקרובאליים בקרקע.



איור מספר 14: דוגמה לירידה ביחס הפחמן לחנקן בתהליך הקומפוסטציה

אשלגן - מרכיב חיוני בשליטה על תכולת המים בצמח, פוטוסינטזה, קליטת חנקן והובלתו.

זרחן הוא מרכיב חיוני ליצירת מולקולות אנרגיה (ATP), למבנה ממברנות וחומצות גרעין. נקלט בצורת תחמוצות וחומרים אורגניים. לפי התקן הישראלי ישנה דרישה לריכוז של 25% עבור כל אחד משלושת הנוטריאנטים הנ"ל מהחומר היבש. ובמדד האמריקאי מופיעים ערכים של 3 ק"ג זרחן לטון של קומפוסט, 6 ק"ג אשלגן לטון של קומפוסט ו-8 ק"ג נתרן לטון של קומפוסט (William, 2000).

יחס פחמן לחנקן C/N

הינו מדד מקובל להערכת בשלות הקומפוסט. בתהליך הקומפוסטציה מנוצל הרבה מהפחמן על ידי פעילות מיקרוביאלית ואילו החנקן מנוצל ברמה נמוכה יותר. אם נשווה את יחס הפחמן לחנקן בתחילת ובסוף

התהליך נראה שהוא ירד עקב צריכה גדולה יותר של פחמן מחנקן. בתקן הישראלי לא מופיעים ערכים מוחלטים ליחס זה אך תקנים בעולם קובעים יחס C/N לחומר אורגני בשל ומיוצב של 10-15.

pH

pH או ערך ההגבה הוא מדד לרמת החומציות של תמיסה, המתבסס על ריכוזם של יוני הידרוניום (<http://he.wikipedia.org/wiki/PH>, 2010). ערכי ה-pH בקרקע נעים בדרך כלל בתחום של 5-8.5. כאשר תחום זה נשמר באמצעות ריכוזים גבוהים של אלומיניום המהווה בופר בתחום הנמוך, וריכוזי גיר גבוהים לשמירת ערכי ה-pH הגבוה (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000). pH מעיד על מידת זמינות הסודות ההזנה לצמחים והוספת קומפוסט יכולה (כתלות ב-pH שלו) לשנות או לייצב את pH הקרקע. (מצגת מאת Stromberg) לפי התקן הישראלי חייב pH הקומפוסט להישמר בטווח של 5-8.5.

גודל החלקיקים

יש להבטיח גודל הומוגני של חלקיקי הקומפוסט על מנת ששחרור החומרים הזמינים בקומפוסט יעשה באופן אחיד ומיטבי. הגודל קריטי יותר כשמדובר בקומפוסט לשימוש במצעים מנותקים אשר בהם יש תלות רבה יותר בחומרי ההזנה בקומפוסט. התקן הישראלי קובע גודל מקסימלי של 20 מ"מ לחלקיקים אך ניתן שיהיו חלקיקים גדולים מכך בתנאי שהם לא מהווים יותר מ-10% ממשקל הקומפוסט.

תכולת חומרים זרים

מדד לאחוז החומרים הזרים בקומפוסט. חשוב יותר בקומפוסט שמגיע מפסולת ביתית לא מופרדת במקור אשר יכולה להכיל זכוכיות, פלסטיק, מתכות, קרמיקה או אבנים. כמובן שככל שהקומפוסט מכיל פחות חומרים זרים הוא נחשב לאיכותי יותר. בתקן הישראלי מוגדרת כמות של 5% חומרים זרים שאינם עוברים בנפה של 5 מ"מ כאחוז מהחומר היבש בקומפוסט למצעים מנותקים וגינון.

בנוסף למדדים שהוזכרו, ישנם מדדים שאינם נמדדים בערכים מוחלטים ולכן קשים לכימות אולם לא ניתן להתעלם מהם: הטקסטורה של הקומפוסט צריכה להיות מפוררת ואחידה, נטולת שרידים ניכרים לעין של חומרי המוצא, הריח של הקומפוסט הוא ריח של אדמה לאחר גשם וצבעו חום-כהה.

4. שאלות המחקר

במחקר זה נבקש להשוות בין איכות תוצרי תהליכי קומפוסטציה של פסולת אורגנית ביתית מופרדת במקור המתקבלים בתהליכי קומפוסטציה בסדרי גודל שונים ובשיטות שונות. ניתן לחלק שאלה זו ל-3 תת שאלות:

1. האם יש הבדל בהרכב הקומפוסט המתקבל בכל אחת משיטות הייצור
2. האם מידת הגדילה של צמחי חיטה מושפעת מסוג הקומפוסט הניתן להם
3. מהן ההשפעות של תוצרי הקומפוסטציה על הקרקע המשמשת כמצע גידול לצמחי החיטה

5. השערות המחקר

צפויים הבדלים בהרכב הקומפוסט שיתקבל בסדרי גודל שונים וכן בשיטות השונות בכל אחד מסדרי הגודל. עיקר ההבדלים הצפויים הם בריכוז החיידקים אשר כמותם יורדת בהגעה לשלב התרמופילי. בתהליכים בקנה המידה הקטן ישנה בעייתיות בהומוגניות התוצר ווידוא ההגעה לטמפרטורה הדרושה לקטילת פתוגנים ולכן אנו צופים שבקומפוסט ממקור קומפוסטציה ביתית ריכוז החיידקים יהיה גבוה יותר. ההשפעות העיקריות של הקומפוסט על הצמחים הם בהספקת נוטריאנטים ובקטילת פתוגנים מזיקים. אנו צופים שקומפוסטים בעלי תכולה גבוהה יותר של חומר אורגני ונוטריאנטים זמינים כמו: חנקן נתרן אשלגן יאפשרו גדילה רבה יותר של צמחי החיטה. יכולת דיכוי גדילת פתוגנים מזיקים לצמחים תלויה בהרכב המיקרובאלי של הקומפוסט. אנו צופים שבקומפוסטים שבהם תהיה אוכלוסיית מיקרואורגניזמים תחרותית לפתוגנים הם פחות יוכלו להתפתח והצמחים יגדלו יותר. ככל שסוג קומפוסט מסוים יכיל יותר חומר אורגני ונוטריאנטים כך שנצפה שקרקע הגידול שהושבחה על ידו תהיה בעלת יותר חומר אורגני ונוטריאנטים זמינים ובנוסף תהיה בה פעילות מיקרובאלית רבה יותר.

6. רציונל וחשיבות המחקר

קומפוסטציה הינה שיטה המשמשת כיום בקנה מידה תעשייתי לנטרול פסולת אורגנית ממתקני טיהור שפכים, בתי בד, תוצרי לוואי בתעשיית המזון וכן פסולת עירונית מוצקה. בנוסף קיימות שיטות לביצוע תהליך הקומפוסטציה בקנה מידה קטן במטבח או בחצר הבית. אבל עד כה שימוש בפסולת אורגנית המופרדת במקור ליצירת קומפוסט ברמת הפרט או השכונה לא היווה חלופה הולמת לשיטות התעשייתיות בשל כמויות התוצר הנמוכות (הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי 2000), מספר רב של יצרנים והקושי באיסוף ושינוע חומרי הגלם והתוצרים וכן בשל הקושי להבטיח קבלת תוצר הומוגני ומיוצב בכל אחת משיטות הקומפוסטציה הביתית.

הנחת היסוד שלנו בעבודה זו היא שתנאי המשחק השתנו, בעשור האחרון אנו עדים לתהליכים שונים אשר משנים וישנו את מידת הכדאיות של שימוש בקומפוסטציה ביתית לנטרול פסולת אורגנית רקבובית מזרם הפסולת העירונית המוצקה (שהיא חומר הגלם הזמין בבית לשם יצור קומפוסט ולכן בשיטה זו אי אפשר להשתמש בפסולות אורגניות ממקורות שונים אשר כן משמשים בתהליכי קומפוסטציה תעשיתית). בעשור האחרון המשרד להגנת הסביבה מקדם פתרונות אלטרנטיביים לטיפול בפסולת כמו מיחזור, השבה, הפיכה לאנרגיה והפחתה במקור מתוך שאיפה להקטין באופן הדרגתי עד לשנת 2020 את כמויות הפסולת המועברות להטמנה ל- 50% לכל היותר (<http://www.sviva.gov.il/bin.2010/>).

מהלך נוסף שצפוי להיות מיושם בשנים הקרובות הוא "הפרדה במקור"- הפרדה ל-2 זרמי פסולת, אורגנית רקבובית ויבשה אשר יזרקו ל-2 פחים נפרדים בכל בית אב ובכך תיתאפשר קבלת חומרי גלם איכותיים יותר לתהליכים האלטרנטיביים לטיפול בפסולת. בהקשר של קומפוסטציה הפרדת הפסולת האורגנית הרקבובית משאר חומרי הפסולת תוביל לקבלת קומפוסט נקי יותר ממתכות כבדות, זכוכיות ומזהמים נוספים ובכך תשפר את התהליך.

גורם נוסף שלא ניתן להתעלם ממנו היא המודעות הציבורית הרבה בשנים האחרונות לנושאי שמירת הסביבה אשר מלווה בעלייה באחוזי תהליכי מיחזור וולנטריים, פיתוח שוק למוצרים שפגיעתם בסביבה מופחתת, פריחתם של פרויקטים לגינון קהילתי ועלייה במידת הנכונות של הציבור להיות חלק פעיל בתהליך הטיפול בפסולת, כל זאת על מנת להפחית את מידת הפגיעה במערכת האקולוגית ולהבטיח סביבת חיים נאותה לחיים בדור זה אך גם לדורות הבאים.

מהסיבות שזכרו לעיל בישראל של 2010 יש מקום לבחון האם קומפוסטציה ביתית יכולה לשמש אלטרנטיבה ראויה לטיפול בזרם האורגני הרקבובי. השוואה זו חייבת להיות מקיפה ולכלול אספקטים שונים וביניהם: כדאיות כלכלית, השפעות חברתיות וסביבתיות אך בראש ובראשונה יש לבחון האם תוצרי הקומפוסטציה הביתית עומדים באותם סטנדרטים הנהוגים כיום לגבי קומפוסטציה תעשיתית והאם הם יכולים לשמש לאותם שימושים. מחקר זה מהווה מחקר וראשוני שמטרתו בדיקה אוביקטיבית של איכות והרכב תוצרי קומפוסטציה בסדרי גודל שונים ובחינת השפעת התוצרים על גידולים בעציצים.

7. שיטות המחקר

חלק א: ביצוע קומפוסטציה בסדרי גודל ושיטות שונות

בשלב ראשון יוקמו 7 מערכי קומפוסטציה במתקן המחקר בנווה יער -מרכז המחקר הצפוני של מינהל המחקר החקלאי, אשר ממוקם בגבול שבין עמק יזרעאל והגליל התחתון. במתקן ישנה יחידת משק מקצועית המעבדת שטח של כ-1500 דונם ויכול לשמש לניסויים השוואתיים שונים (<http://www.agri.gov.il/he/units/regionalcenters/9.aspx>, 2010).

פירוט מערכי הקומפוסטציה:

1. בקנה מידה קטן:

- א. ערימה- המכילה 400 ליטר, בקוטר 1 מטר ובגובה 1.2 מטר = 942 ליטר
- ב. קומפוסטר- מיכל המכיל 420 ליטר, במידות 79 ס"מ על 79 ס"מ ובגובה 105 ס"מ=655 ליטר (<http://www.hamamit.co.il/27661>/דגמי-קומפוסטרים, 2010)
- ג. ורמיקומפוסטציה- 4 מיכלים כל אחד של 100 ליטר, במידות 50 ס"מ על 60 ס"מ ובגובה 33 ס"מ (<http://www.worms.com/the-original-vermicomposter.html>, 2010)

2. בקנה מידה גדול: כמות של 10,000 ליטר פסולת אורגנית שתסודר לערימות בגובה 2 מטר, בסיס ברוחב של 2 מטרים ואורך של 5 מטרים.
 - א. שורה (windrows)
 - ב. שורה/ערימה מאווררת
 - ג. שורה/ערימה מכוסה ביריעת גורטקס (שיטת gore)
 - ד. מתקן סגור- בשלב הראשון בריאקטור אופקי סגור עם תוף מסתובב (שיטת המתקן הסגור המוגדרת כמתאימה ביותר לפסולת עירונית מוצקה. ממימדי התוף 3 מטר קוטר ו-10 מטר אורך ובשלב שני בערימות בגודל זהה לשאר השיטות.

על מנת לאפשר השוואה טובה ככל האפשר בין תוצרי השיטות השונות לאורך הניסוי כולו ישמרו תנאים סביבתיים זהים בין מערכי הקומפוסטציה:

1. מקור חומר הגלם לקומפוסטציה זהה: פסולת אורגנית מופרדת במקור שתאסף באחד הישובים שהחלו את פיילוט ההפרדה במקור.
2. המערכים ימוקמו בסמיכות אחד לשני בשטח מקורה של מתקן המחקר, וזאת על מנת למנוע השפעת תנאי מזג האוויר על הניסוי ותוצאותיו.
3. תנאי הכנת הקומפוסט בכל אחת מהשיטות יהיה לפי הגדרת התקן הישראלי 801 (2000)

שמגדיר קומפוסטציה כתהליך המתבצע לפחות למשך 15 יום, עם לפחות 5 ערבובים במהלך התהליך על מנת להבטיח את הומוגניות התוצרים וכן וידוא הגעה לטמפרטורה של 55 מעלות צלזיוס על מנת להבטיח קטילת פתוגנים.

4. במהלך הניסוי כולו יבדקו מדדים להערכת בשלות הקומפוסט ומשך זמן כל אחד מהתהליכים יקבע לפי ההגעה למידת הבשלות רצויה (דרגה 5 למצעים מנותקים לפי תקן הקומפוסט- נספח ב) .
5. בגמר תהליכי היצור הקומפוסטים יאוכסנו התוצרים בתנאים זהים.

חלק ב: בחינת הרכב תוצרי הקומפוסטציה

בסיום תהליכי הקומפוסטציה יבחנו המדדים הבאים: גודל חלקיקים, תכולת חומרים זרים, pH, מוליכות חשמלית, תכולת חנקן, אחוז רטיבות, תכולת חומר אורגני, יחס פחמן לחנקן, תכולת נוטריינטים וריכוז חיידקים. להערכת איכות הקומפוסט שיתקבל בכל אחת מהשיטות. (ראה נספח 3: פירוט דרכי המדידה של הפרמטרים)

ניתוח התוצאות

עבור כל אחד מהפרמטרים: התוצאות המתקבלות ישוו לערכים הנדרשים על פי התקן הישראלי בנוסף כל אחד מסוגי הקומפוסט ידורג מ-1-7 (כמספר סוגי הקומפוסט).
על מנת לשקלל את כל הפרמטרים, ינתן לכל קומפוסט ציון סופי לפי הדירוג שלו בכל אחד מהפרמטרים. בנוסף יבוצע ניתוח סטטיסטי לבחינת מובהקות ההבדלים בין התוצרים השונים.

חלק ג: גידול עציצי חיטה עם טיפולי קומפוסט שונים

גידול זרעי חיטה (*Triticum aestivum*) ב-80 עציצים למשך 120 יום (פרק הזמן הממוצע של גידולי חיטה שונים).
גם בשלב זה ישמרו תנאים סביבתיים זהים ככל האפשר בין הטיפולים השונים.

פירוט הטיפולים השונים:

16 סוגי טיפולים \times 5 חזרות לכל טיפול = סה"כ 80 עציצים P1-P80
עבור כל אחד מסוגי הקומפוסטים יהיה עציץ שיכיל קומפוסט בלבד ואחד שיכיל קומפוסט ודשן. זאת על מנת להפריד בין תוספת הגדילה שנגרמת על ידי תוספת הדשן לזו הנגרמת על ידי תוספת הקומפוסט.
בקורות בניסוי- מ-2 סוגים: עציץ ללא קומפוסט או דשן ועציץ עם דשן בלבד (גם להם יהיו 5 חזרות)

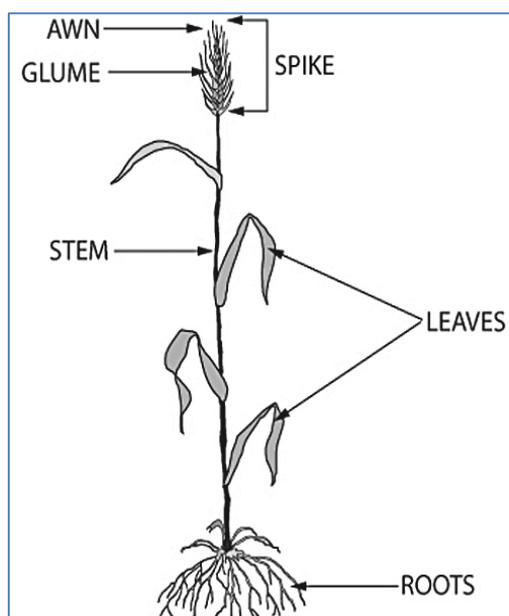
טבלה מספר 3: פירוט 16 סוגי הטיפולים

P 16	P 15	P 14	P 13	P 12	P 11	P 10	P 9	P 8	P 7	P 6	P 5	P 4	P 3	P 2	P 1	עציץ תוספת
c7	c7	c6	c6	c5	c5	c4	c4	c3	c3	c2	c2	c1	c1	-	-	קומפוסט
-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	-	√	√	-	דשן



איור מספר 15 : אילוסטרציה

הכנת העציצים: עציצים בנפח 10 ליטר (http://www.crocus.co.uk/html/pot_size.htm, 2010) ימולאו במצע גידול המכיל אדמה חולית חרסתית עד ל4/5 מהגובה שלהם, תוספת הקומפוסט/דשן תעורבב עם האדמה לפני ההכנסה לעציץ. ממצע הגידול תילקח דגימה לניסוי הבא*. בכל עציץ יזרעו 8 שתלי חיטה. העציצים יושקו על ידי מערכת טפטפות אוטומטית. יעשה שימוש בדשן כימי לתוספת נוטריאנטים חיוניים לצמחים. תוספת קומפוסט לעציצים תהיה לפי כלל האצבע של יחס של 1:4 קומפוסט לאדמה בהתאמה (אבנימלך, 1996).



איור מספר 16 : צמח החיטה הבשל

חלק ד: בחינת השפעת הקומפוסט על**גדילת הצמחים וקרקע הגידול**

בגמר שלב גידול הצמחים:

א. יקצרו הצמחים ויבדקו מדדים שונים להערכת

מידת הגדילה והיבול שלהם:

- גובה הצמח- בס"מ
- מספר העלים (tillers/leaves)

- אורך השיבולת (spike) – בס"מ
 - ביומסה טוטלית לכל עציץ – 2 מדידות נפרדות, אחת למשקל הטרי והשנייה לאחר ייבוש בתנור ב-105°C לקבלת המשקל היבש
 - תנובת זרעים פר עציץ- מספר זרעים שיספרו בכל עציץ
 - ביומסת זרעים מכל עציץ – משקל הזרעים שיאספו מכל עציץ [גרם]
- ב. תתבצע אנליזת הקרקע בעציצים

בסיום הניסוי ולאחר הוצאת הצמחים ילקחו דגימות קרקע מהעציצים וכן דגימות קרקע שילקחו ממצע הגידול לפני זריעת הצמחים (סעיף הכנת העציצים מהחלק הקודם בניסוי) לבדיקות כימיות ומיקרובאליות. וזאת על מנת לבדוק האם יש שוני מובהק בהרכב מצע הגידול לפני הניסוי ואחריו וכן האם קומפוסטים מסוגים מסוימים ישפיעו אחרת על קרקע הגידול. מכל עציץ ילקחו 5 דגימות מאזורים שונים שיאוחדו לדגימה אחת. הדגימות ייובשו למשך לילה אחד במקום קריר ויבש, יסוננו בנפת 2 מ"מ, יועברו למיכלי פלסטיק עם ראש מתברג ויאוחסנו בטמפרטורת החדר (Marchesini et al 1998).

בדיקות כימיות

שיטות המדידה בחלק זה זהות לאילו שבחלק ב של הניסוי למעט השינויים המוזכרים. יבוצעו הבדיקות הבאות:

משקל חומר יבש- ייבוש בתנור בטמפ' $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ למשך 18 שעות, pH- יוכן תסנין של אדמה ומים מזוקקים ביחס 1:2.5 (Marchesini et al 1998) תכולת חומר אורגני, יחס C/N, אחוז רטיבות, תכולת נוטריאנטים-נתרן, אשלגן, זרחן וריכוזי מתכות כבדות, מוליכות חשמלית.

בדיקות מיקרובאליות

מהדגימות יוכנו תסנינים שיעברו מיהולים עשורניים עם יחס התחלתי של 1:10 דגימה למים מזוקקים עם Na-pyrophosphate 0.1%. המיהולים יועברו למבחנות המכילות מצע גידול נוזלי או צלחות פטרי עם מצע גידול מוצק (בהתאם לתנאי הגידול של כל אחד מסוגי המיקרואורגניזמים). קביעת כמות המיקרואורגניזמים תעשה בשיטת MPN- המבוססת על הערכה הסתברותית. בסיום ההדגרה יספרו מספר המבחנות העכורות עבור כל מיהול. מן היחסים שיתקבלו בין המבחנות החיוביות והשליליות במספר המהולים שנבדקו יחושב המספר המסתבר ביותר של המיקרואורגניזמים שבתרחף

(Marchesini et al, 1998.) (2010, <http://www.jlindquist.net/generalmicro/102dil3.html>)

ניתוח התוצאות

יבוצע ניתוח סטטיסטי לבחינת מובהקות ההבדל בין מאפייני מצע הגידול לפני ואחרי הניסוי וכן הבדלים בין תוספת הקומפוסטים השונים וההשפעה שלהם על מאפייני מצע הגידול.

8. מגבלות הניסוי, קשיים צפויים ומחקרי המשך

חומרי הגלם לייצור הקומפוסט- בתהליכי קומפוסטציה תעשייתיים יש שימוש במגוון רחב של חומרי גלם ופסולת ביתית מוצקה מהווה רק חלק מהם. מכיוון ששאר חומרי הגלם בשיטות התעשייתיות לא זמינות לשימוש בתנאי קומפוסטציה ביתית, בניסוי זה חומרי הגלם ב-2 סדרי הגודל זהים. אנו מודעים לבעיות מסוימת בכך אבל על מנת לאפשר השוואה בין התוצרים שיווצרו בשיטות השונות יש לנסות ולשמור על שאר התנאים זהים ככל האפשר.

השפעות האיחסון- בשל ההבדלים בזמני סיום כל אחד מתהליכי ייצור הקומפוסט יכול להיווצר מצב שחלק מהתוצרים יאוחסנו למשך פרק זמן ארוך יותר מאחרים לפני תחילת שלבי הניסוי הבאים. למשך זמן אחסון קומפוסט יש השפעה מסוימת על טיבו: קומפוסט ישן אשר אינו משמש מצע לפעילות מיקרו-אורגניזמים בקרקע, יעיל פחות מחומר טרי ופעיל יותר (Saadi et al 2010). על מנת להתגבר על קושי זה ניתן למדוד מדדי איכות הקומפוסט בגמר שלב הייצור וגם לפני שלב הגידול בעציצים.

מדידת בשלות הקומפוסט- קצרה היריעה במסגרת מחקר זה לפירוט בנושא מדידת בשלות הקומפוסט. מדובר בנושא מורכב, קיימים אינספור מדדים שונים לבשלות וויכוח בעולם המדעי. באופן כללי ניתן לומר שמידת בשלות הקומפוסט תלויה באפליקציה שלו: במצעים מנותקים וגינון או בשדות. במחקר זה מדידת בשלות הקומפוסט תעשה בשיטה המוצעת בתקן הישראלי 801.

בחינת ההשפעת הקומפוסט על הצמחים והקרקע- מאחר ומדובר במחקר ראשוני החלטנו לבצע את הבדיקה בעציצים מאחר שמדובר במערכת סגורה ומבוקרת בה ניתן להבטיח תנאי ניסוי דומים ככל האפשר בין הטיפולים השונים אבל מודל הגידול בעציץ לא באמת מהווה מודל המאפשר לבחון את מגוון ההשפעות על קרקע ולכן דרושים מחקרים עתידיים בהם תיבחן השפעת הקומפוסט בתנאי שדה, לאורך פרק זמן ארוך יותר- מספר שנות גידול, עם בחינה של השפעת הקומפוסט על גידול צמחים מסוגים שונים והשפעות סביבתיות נרחבות יותר על מקורות המים, איכות האויר והקרקע באזור.

9. לסיכום

מטרתו של מחקר זה היא לבחון באופן אובייקטיבי תוצרי קומפוסטציה המתקבלים בסדרי גודל שונים ובשיטות קומפוסטציה שונות. תוצרי הקומפוסטציה יושוו מבחינת הרכבם הכימי, פיזיקלי וביולוגי וכן תיבדק מידת יעילותם כמשפרי גדילת צמחי חיטה בעציצים וכמטייבי קרקע הגידול. בסופו של יום אנו מקווים שתוצאותיו של מחקר זה יהיו כלי שימושי בידי מקבלי ההחלטות בשאלה מהן שיטות הטיפול האלטרנטיביות העדיפות לטיפול בזרם הפסולת האורגני וכן ישמשו לפיתוח סטנדרטים ספציפיים לשיטות הקומפוסטציה הביתית שאינם בנמצא כיום. מחקר זה הינו ראשון מסוגו ועל מנת לעמוד בדרישות שאפתניות אילו יש צורך במחקרים נוספים בהם יבחנו ההשפעות המקיפות יותר של תהליכי קומפוסטציה משני סדרי הגודל- מבחינה כלכלית, חברתית וסביבתית וכן יבדקו השפעות הקומפוסט לאורך זמן, על גידולים נוספים ועוד.

10. מקורות ספרותיים אלה המודגשים בצהוב לא נזכרו בתוכן ההצעה

- אבנימלך, יורם. (1996). קומפוסטציה: הופכים זבל לזהב. "ירוק כחול לבן" 9 (74) עמודים 14-15.
- אילון, אופירה, קן, עידו, פדרמן, עידו. (2005). מיחזור חומר אורגני מפסולת ביתית בישראל – היבטים כלכליים וסביבתיים. המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה.
- גולדמן, עוגן. (2003). הדיוקסינים – תמונת המצב בישראל. הכנסת מרכז המחקר ומידע.
- טל, אורי. (2008). פסולת ביתית בישראל. הכנסת מרכז המחקר והמידע.
- לאור, יעל. (2010). עקרונות תהליכי קומפוסטציה. מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר נוה יער.
- מכון התקנים הישראלי. (2000). תקן ישראלי – ת"י 801 קומפוסט.
- Aviani, I., Laor, Y., Medina, S., Krassnovsky, A., Raviv, M. (2010). Co composting of solid and liquid olive wastes: Management aspects and the horticultural value of the resulting compost. *Bioresource Technology*.
- אין לכתוב שמות פרטיים במלואם אלא בר"ת בלבד. בכל מקרה שמות המשפחה צריכים להופיע קודם!
- Hiralipoudre, Azizs, Mcconnel, Nisb & Smith, Wayneh. (1992). Uses and benefits of MSW compost: A review and an assessment. *Biomass and Bioenergy* vol 3, 267-279.
- Ibrahim, Muhammad, Ul Hassan, Anwar, Iqbal, Muhammad & Elahi Valeem Ehsan. (2008). Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. *Pak. J. Bot.*, vol 40(5): 2135-2141.
- Lundie, S and Peters, G. (2005). Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of cleaner production* vol 13: 275-286.
- Marchesini, A., Allievi, L., Comotti, E. and Ferrari A. (1998). Long term effects of quality compost treatment on soil. *Plant and Soil* vol 106: 253-261.
- Martinez – Blanco, J., Colon, J., Gabarrell, X., Font, X., Sanchez, A., Artola, A. and Rieradevall, J. (2010). The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. *Waste management* Vol 30:984-994.

Saadi, Ibrahim., Laor, Yael., Medina, Shlomit., Krassonovsky, Arkady., Raviv, Michael. (2010). One year storage under various moisture and temperature conditions. Soil Biology & Biochemistry vol 42: 626-634

Soumar, M. (2003). Effect of municipal solid compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource Technology vol 86: 15–20

Stamatiadis, s., Werner M. and Buchanan, M. (1999). Field Assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a Broccoli (SAN BENITO COUNTRY, CALIFORNIA). Applied Soil Ecology vol 12: 217-225.

Viller, M.C. (1993). Physical and chemical characterization of four composting urban refuses. Bioresource Technology vol 45: 105-113.

William F. Brinto, (2000) Compost Quality Standarts & Guidelines - final report, wood end reaserch laboratory, New York State Association of Recyclers.

William F. Brinto, (2001) an intrenational look at compost standarts, biocycle intrenational, 74-76

אתרים ברשת:

אגסי, מ., בינימיני, י., פיזיק, א., גוטסמן, מ., הדס, מ., פיין, פ., לוי, ג., זיבלב, ל., קטאין, ש., ארז, ד. (2000). קרקעות חקלאיות כאתר פוטנציאלי לסילוק קומפוסט אשפת ערים, נדלה ב 25.6.10 מתוך http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/ModulKvatzim/1000-9_1.pdf

אדלר, אורי. (2009). קומפוסט מטייב הקרקע העיקרי בחקלאות האורגנית בישראל. נדלה ב 15.7.10 מתוך http://www.organic-israel.org.il/content2.php?actions=show&id=4427&r_id=2810

בלאו, אבי. (2008). פרויקטים ברמה המקומית קהילתית, למיחזור ומניעת יצירת פסולת, סקירת דוגמאות מהעולם ומהארץ. נדלה ב 25.6.10 מתוך <http://www.kayamut.org.il/images/eyaltest/psolet%20final%2007.07.pdf>

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2007). מדדים לפיתוח בר קיימא. נדלה ב 15.7.10 מתוך http://www.cbs.gov.il/publications09/sdi07/pdf/indi10_h.pdf

המשרד להגנת הסביבה. (2009). אמות המידה לסיוע לקידום אמצעים חלופיים להטמנת פסולת מכספי היטל ההטמנה 2008-2012. נדלה ב 5.7.10 מתוך

http://www.environment.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/ModulKvatzim/amot_mida_b_1.pdf

ובר, ברוך. (1993). מלח בשפכים עירוניים – היקף הבעיה והיערכות לצמצומה. ביוספירה כ"ב (8-9). נדלה ב

http://www1.snunit.k12.il/heb_journals/biosfera/220809.html 25.6.10 מתוך

חלמיש, נמרוד ואחרים. (2000). הקומפוסט בישראל: סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי. נדלה ב 21.7.10

מתוך http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0227_1.pdf

סברדלוב, א., מרינוב, א., קליין, ד. (2004). מדיניות הטיפול בפסולת מוצקה בישראל – מיפוי וניתוח חלופות

תכנוניות. נדלה ב 5.7.10 מתוך

http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0419_b_1.pdf

קצ'אן, אלכס. (2009). וורמיקומפוסטציה, התועלת שבתולעת. נדלה ב 26.6.10 מתוך

http://www.gardening.org.il/articles/art_vermicomposting.html

תקנות המים (מניעת זיהום מים) (שימוש בבוצה וסילוקה), התשס"ד, 2004. נדלה ב 1.7.10 מתוך

http://sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/law/maim15_1.pdf

<http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDisp>

[What=Object&enDispWho=Articals%5E636&enZone=industrial_compounds,2010](http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals%5E636&enZone=industrial_compounds,2010)

<http://he.wikipedia.org/wiki/PH> , 2010

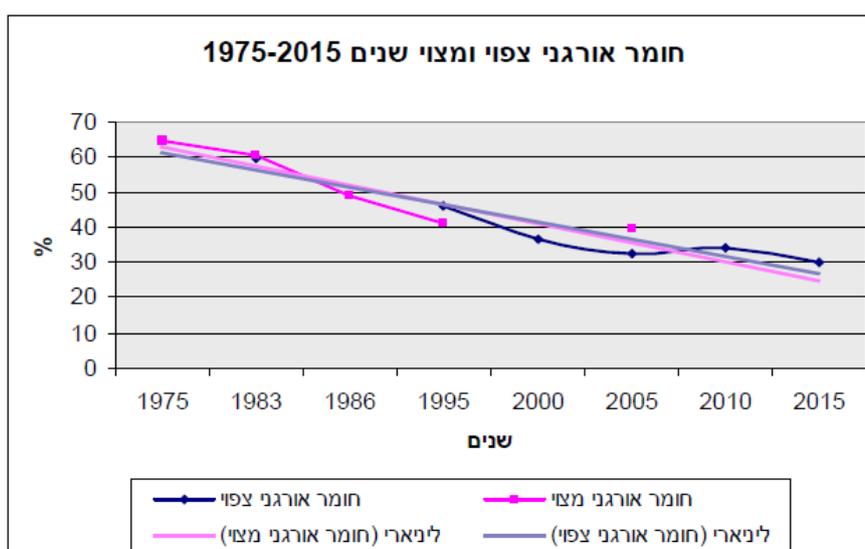
<http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin,2010>

. נספחים :

נספח 1- שינויים בהרכב הפסולת הביתית ב-35 השנים האחרונות (הרכב הפסולת הביתית- סקר ארצי, חברת שלדג, 2005)

ריכוז תוצאות הרכב הפסולת (% משקלי) בשלושים השנים האחרונות

2015	2010	2005	2000	1995	1986	1983	1975	*
סקר שלדג	סקר שלדג	שנתי	שנתי	שנתי	שנתי	שנתי	שנתי	הנתונים באחוזים
30.00	34.00	32.53	36.84	46.14		59.80		חומר אורגני צפוי
		39.71		41.15	49.16	60.40	64.82	חומר אורגני מצוי
23.00	23.00	27.16	25.68	20.98		17.58		נייר וקרטון צפוי
		25.02		23.95	21.05	17.33	16.86	נייר וקרטון מצוי
19.00	18.00	17.71	16.31	14.02		11.09		פלסטיק צפוי
		13.49		14.83	14.92	9.88	7.73	פלסטיק מצוי
5.00	5.00	4.91	4.34	4.71		3.39		מתכות צפוי
		2.63		3.78	3.25	3.55	2.39	מתכות מצוי
5.50	5.00	3.94	3.55	4.30		3.73		טקסטיל צפוי
		3.86		3.61	3.60	3.90	3.52	טקסטיל מצוי
5.00	4.00	5.39	4.64	3.61		2.71		זכוכית צפוי
		2.94		3.90	2.75	2.05	1.95	זכוכית מצוי
12.50	11.00	8.36	8.63	2.29		2.36		שונות צפוי
		7.77		8.78	2.75	2.63	2.74	שונות מצוי



נספח 2- אתרי קומפוסטציה גדולים במדינת ישראל, ומאפייניהם
(יעל לאור, 2010), (<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=3174>, 2010),

אתר זלילה	אלרן תשתיות	כרם מהר"ל	קומפוסט 2000	שרונים	אמניר אוניקס
בוצת מכוני טהור, זבל רפתות, אורגנית ביתית לאחר הפרדה במתקני הפרדה	בוצת מכוני טהור מרחבי הארץ	אשפה ביתית מופרדת במקור	פסולת מעורבת מרשויות מקומיות באזור	פסולת מעורבת מרשויות מקומיות באזור	פסולת מעורבת מרשויות מקומיות באזור
מאות	350	מעט (עד עשרות בודדות)	120 (מתוך 400)	צפי - 150 (מתוך 500)	200 (מתוך 1000)
כמויות (טון ביממה)					

נספח 3: פירוט דרכי המדידה של הפרמטרים (תקן הקומפוסט, ת"י 801, 2000)

עבור כל מתקן קומפוסטציה ילקחו 5 דוגמאות בדיקה מאזורים שונים ויעורבבו יחדיו, יתקבל מדגם סופי שמשקלו כ-1.5 ק"ג. עבור כל אחד מהפרמטרים יעשו 5 חזרות ויחושב ממוצע התוצאות.

לצורך 5 הבדיקות הבאות ייובש הקומפוסט בתנור מאוורר למשך 48 שעות לפחות.

1. גודל חלקיקים

לאחר שקילת הקומפוסט שייובש בתנור הוא יועבר דרך נפה שגודל עינותיה 20 מ"מ, ישקל הקומפוסט שעבר דרך הנפה ויחושב אחוז השארית לפי הנוסחה:

$$P = \frac{R}{W} \times 100$$

P = אחוז חלקיקים שגדולים מ-20 מ"מ

W = משקל הקומפוסט שייובש בתנור [גרם]

R = שארית הניפווי [גרם]

2. תכולת חומרים זרים

ילקחו הקומפוסט שעבר נפה (סעיף 1) ושארית הניפווי ויועברו דרך נפה שגודל עינותיה 5 מ"מ, לאחר הניפווי ימויינו ידנית חומרים זרים ואחוזם יחושב לפי הנוסחא:

$$B = \frac{R_2}{W} \times 100$$

B = אחוז החומרים הזרים

W = משקל הקומפוסט שיושב בתנור [גרם]

R_2 = שארית החומרים הזרים [גרם]

3. pH

יוכן תסנין של קומפוסט שעבר דרך נפה שגודל עינותיה 5 מ"מ ומים מזוקקים ביחס 10:1 עם לא פחות מ-20 גרם קומפוסט. התסנין יטולטל ל-24 שעות במהירות 125 סיבובים לדקה, יסונן דרך נייר סינון ויחושב ערך ההגבה שלו על ידי שימוש באינדקטור pH או במד pH אלקטרוני.

4. מוליכות חשמלית-EC

מדידת המוליכות החשמלית של התסנין שהוכן בסעיף 3 במכשיר מדידה שדיוקו 0.05 דיסימנס למי

5. תכולת חנקן כוללת

ילקח 1 גרם קומפוסט שעבר נפת 5 מ"מ ותיקבע תכולת החנקן לפי שיטת קילדהל או שיטת שקילה אחרת

6. אחוז רטיבות

ילקחו 50 גרם קומפוסט, יפוררו ידנית ויועברו בנפת 5 מ"מ. הקומפוסט המסונן ישוטח בקערית לשכבה דקה בעובי 1 ס"מ, ייובש בתנור בטמפרטורה $105 \pm 5^\circ$ למשך 24 שעות, יקורר וישקל. (המשך יבוש עד שההפרש בין 2 שקילות עוקבות לא גדול מ-0.1 גרם.)
חישוב אחוז הרטיבות לפי הנוסחא:

$$H = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

H = אחוז הרטיבות

W_1 = משקל הקומפוסט לפני יבוש [גרם]

W_2 = משקל הקומפוסט לאחר יבוש ב- 105° [גרם]

7. תכולת החומר אורגני

ילקחו 20 גרם קומפוסט שעבר דרך נפת 5 מ"מ ויובש לפי סעיף 6, ישוטחו בקערית לשכבה בעובי 1 ס"מ, ייובשו בתנור $550 \pm 5^\circ$ למשך 6 שעות לפחות, יקוררו וישקלו חישוב תכולת החומר האורגני לפי הנוסחה:

$$F = \frac{O_1 - O_2}{O_1} \times 100$$

=F אחוז החומר האורגני

O_1 = משקל הקומפוסט לאחר ייבוש ב 105° [גרם]

O_2 = משקל הקומפוסט לאחר ייבוש ב 550° [גרם]

8. יחס C/N בסוף התהליך

חישוב היחס בין תכולת הפחמן לחנקן לפי הנוסחה:

$$\frac{C}{N}$$

=N תכולת החנקן הכוללת (סעיף 5)

=F תכולת החומר האורגני (סעיף 7)

=C תכולת הפחמן המחושבת מתכולת החומר האורגני לפי הנוסחה:

$$C = 0.58F$$

קביעת תכולת זרחן, אשלגן, בור, נתרן ומתכות כבדות

לאחר טחינה דקה של הקומפוסט הטרי הוא יועבר לייבוש כמפורט בסעיף 6 ושקילה של 1.5 גרם כמות זו תועבר למבחנת איכול אליה יתווספו 6 מ"ל חומצה חנקתית ו18 מ"ל חומצה כלורית מרוכזת. לאחר סינון בנייר סינון יושלם הנפח ל100 מ"ל. תכולת הנתרן, אשלגן, זרחן, בור ומתכות כבדות יבדקו במכשיר IPC או בספקטרופוטומטר בליעה אטומית. את תכולת הנתרן והאשלגן ניתן לבדוק גם בפוטומטר להבה.

9. ריכוז חיידיקים

ייבדק ריכוז החיידיקים כמפורט בתקנות המים (מניעת זיהום מים, שימוש בבוצה וסילוקה 2004) מאחר ותקן הקומפוסט עליו אנו מסתמכים אינו בעל תוקף רשמי סעיף זה לקוח מהתקנות לבוצה המשמשת לקומפוסטציה.

נספח 4- תכונות הקומפוסט (תקן הקומפוסט, ת"י 801, 2000)

ת"י 801 (1998)

טבלה 2

סעיף שיטת בדיקה	דרישות		תכונה נבדקת	מס' סידורי
	מין ב	מין א		
3.2	אין הגבלה	עד 10% ממשקל החומר גודל החלקיקים יהיה גדול מ-20 מ"מ	גודל חלקיקים של הקומפוסט	2.2.1
3.3	מקסי' 10	מקסי' 5	סך חומרים זרים (ראה סעיף 1.2.3) שגודלם מעל 5 מ"מ (% לחומר יבש)	2.2.2
3.4	25-40	25-40	אחוז רטיבות	2.2.3
3.5	כמוצהר בסימון, אך לא קטן מ-5 ולא גדול מ-8.5	כמוצהר בסימון, אך לא קטן מ-5 ולא גדול מ-8.5	הגבה	2.2.4
3.6	כמוצהר בסימון	כמוצהר בסימון	מוליכות חשמלית (דציסמנס למטר)	2.2.5
3.7	מיני' 25	מיני' 35	תכולת חומר אורגני (%) מהחומר היבש	2.2.6
3.8	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	תכולת חנקן כולל (%) מהחומר היבש	2.2.7
3.12	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	תכולת זרחן (P) (%) מהחומר היבש	2.2.8
3.12	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	תכולת אשלגן (K) (%) מהחומר היבש	2.2.9
3.9	כמוצהר על ידי היצרן	כמוצהר על ידי היצרן	יחס פחמן חנקן	2.2.10
3.10	כמוצהר על ידי היצרן אך לא פחות מ-2	כמוצהר על ידי היצרן אך לא פחות מ-4 ^(א)	דרגת בשלות ^(א)	2.2.11
3.11	מקסי' 200	מקסי' 200	תכולת בור (מ"ג לק"ג משקל יבש)	2.2.12
3.12	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	כמוצהר על ידי היצרן ±25%	תכולת נתרן (%) מהחומר היבש	2.2.13
3.12	מקסי' 5	מקסי' 5	תכולת מתכות כבדות (מ"ג לק"ג חומר יבש)	2.2.14
	מקסי' 400	מקסי' 400		
	מקסי' 90	מקסי' 90		
	מקסי' 20	מקסי' 20		
	מקסי' 300	מקסי' 300		
	מקסי' 600	מקסי' 600		
	מקסי' 2500	מקסי' 2500	אבץ	

הערות לטבלה:

(א) דרגת בשלות 1 מעידה על קומפוסט טרי ודרגה 5 מעידה על קומפוסט בשל מאד.

(ב) דרגה 4 אינה מומלצת למצעים מנותקים.

נספח 5 – הגדרת המוליכות החשמלית הרצויה לקומפוסט (תקן הקומפוסט, ת"י 801, 2000)

טבלה 1 - שימוש בקומפוסט לחיפוי או להטמנה בקרקע בעומק של עד 5 ס"מ

נפח מקסימלי של קומפוסט (מ"ק לדונם) ^(א)		מוליכות חשמלית (דסימנס למטר) (Ds/m)
גידולים עמידים במליחות	גידולים רגישים למליחות	
אין הגבלה	אין הגבלה	0.2-0.0
60	15	0.4-0.2
32	8	0.8-0.4
16	4	1.6-0.8
12	3	2.4-1.6
8	2	3.2-2.4
4	1	4.0-3.2
השימוש אסור	השימוש אסור	מעל 4.0
הערה לטבלה: (א) 1 מ"ק לדונם = 1 ליטר למ"ר.		

טבלה 2 - שימוש בקומפוסט להטמנה בקרקע בעומק של 20 ס"מ לפחות

נפח מקסימלי של קומפוסט (מ"ק לדונם) ^(א)		מוליכות חשמלית (דסימנס למטר) (Ds/m)
גידולים עמידים במליחות	גידולים רגישים למליחות	
24	8	0.4-0.0
18	6	5.0-4.0
12	4	6.0-5.0
6	2	7.0-6.0
3	1	מעל 7.0
הערה לטבלה: (א) 1 מ"ק לדונם = 1 ליטר למ"ר.		

אוניברסיטת ת"א
בי"ס פורטר ללימודי סביבה

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס 'פרויקטים בחקר הסביבה'
לימודי תואר שני, תש"ע

**מכשולים ומניעים בשימוש באגרגטים ממוחזרים
מפסולת בנין בפרויקטי בנייה ותשתית על ידי ציבור
המתכננים בישראל**



מוגש על ידי :

דניאלה נוביס-וטיץ (ת"ז 015109820)

ג'ולי לוי-פלד (ת"ז 024866022)

אילנה סמוליאר (ת"ז 312831662)

מרצה : פרופ' עמרם אשל

מנחה מסייע : נועם סגל

תודות

- פרופ' עמרם אשל ונעם סגל- על הנחייה בפרויקט ועצות מעשיות.
- ד"ר שחר דולב – שליווה אותנו בחלק מהדרך.
- אורי טל , משרד להגנת הסביבה – על יעוץ לאורך הדרך ואספקת נתונים עדכניים.
- גלעד אוסטרובסקי, אדם טבע ודין – על יעוץ בזיהוי המכשולים לשימוש באגרנטים ממוחזרים.
- ד"ר דורון לביא, פארטו הנדסה בע"מ – על הבהרת היבטים כלכליים של הנושא הנחקר.
- דני רהט – על יעוץ בהיבט המעשי של שימוש באגרנטים ממוחזרים.
- מאירה מור, ארגון המהנדסים והאדריכלים העצמאיים בישראל – על אספקת נתונים לצורך סקר המתכננים.

תקציר

מבין זרמי הפסולת, פסולת הבניין הוא זרם משמעותי ביותר בישראל ובעולם. פסולת זו, כאשר היא מוטמנת באתרי פסולת בניין גורמת לניצול שטחים פתוחים ופגיעה אקולוגית, על אחת כמה וכמה, הפגיעה מפסולת המושלכת בצידי דרכים. שימוש במחצבים טבעיים ליצירת חומרי גלם לתעשיית הבנייה גורם להדלדלות במשאבים הטבעיים של ישראל. מכאן, כי אימוץ פרקטיקות של צמצום כמויות פסולת הבניין על-ידי מחזור, לשימוש חוזר כחומרי בניין, יביאו לתועלת סביבתית רבה.

מדינת ישראל מייצרת כארבעה מליון טון פסולת בניין בשנה, בהליכי בנייה והריסת מבנים. כשליש מהפסולת מושלכת באופן פראטי בצידי דרכים ובשטחים פתוחים, כשליש מועברת להטמנה באתרים מורשים וכשליש ממוחזרת. מתוך כמות הפסולת הממוחזרת נעשה שימוש חוזר רק ברבע מהכמות, ובעיקר לצורך שילוב בעבודות סלילה ופיתוח. מעבר לכך שוק החומרים הממוחזרים מפסולת בנייה כמעט ואינו קיים.

אחד המרכיבים המרכזיים המשמשים את ענף הבנייה הוא האגרגטים המופקים במחצבות סלעי גיר, דולומיט וגרניט. עיקר השימוש בהם הוא בסלילת כבישים, מסילות, מדרכות, שבילים, תעלות ניקוז, סוללות וכד'. המשך המגמות הקיימות במשק הבנייה והסלילה, יוביל בעתיד למחסור בחומרי גלם ויצריך מציאה של מקורות חדשים. מקור אפשרי הוא האגרגטים הממוחזרים מפסולת בניין. תהליך הפרדת פסולת הבניין, מאפשר גריסה של פסולת בטון ולבנים לאגרגטים. האגרגטים הממוחזרים יכולים לשמש כחומר חלופי לאגרגטים טבעיים. תכונותיהם ההנדסיות טובות ונמצאו מתאימות לדרישות מפרטים טכניים מקצועיים.

מדינות רבות בעולם מציבות כיעד מרכזי באג'נדה הסביבתית שלהן את צימצום פסולת הבניין ומאמצות צעדי ניהול ומדיניות בהתאם. בשנים האחרונות ישנן מדינות המוכיחות יכולת למחזר את מרבית פסולת הבניין שלהן. פערים מהותיים באחוזי מיחזור פסולת הבניין, בין מדינות שונות, מהווים ביטוי למידת המעורבות והמדיניות הממשלתית. בחינת שינויים באחוזי המחזור בעולם, לאורך שנים, מעידה כי גידול במחזור והגברת השימוש באגרגטים ממחוזרים יכול להתרחש בזמן קצר בזכות נקיטת צעדי מדיניות יעילים, ביניהן פיתוח שוק מסחרי

ציבור המתכננים בישראל ובעולם, המהנדסים והאדריכלים, הינו חוליית מפתח במשק הבנייה והסלילה. חובתם ואחריותם המקצועית היא רחבה וכוללת, בין השאר, את בחירת סוג החומרים שיהיו בשימוש בפרויקט. חיזוק שווקי הקצה לחומר הממוחזר נמצא במחקרים כגורם מפתח ליצירת תהליך מחזור בר קיימא. למרות זאת, בישראל, קיימת תשומת לב מועטה, במדיניות ובמחקר, לציבור המתכננים כחלק מתהליך המחזור.

קיימים גורמים שונים המגבילים או מעודדים בחירת אגרגטים ממחוזרים לפרויקטי בנייה ותשתית בקרב מתכננים. החסמים השכיחים שנמנו במחקרים בעולם הם חוסר מידע והכרות עם החומר, היצע נמוך, עלות גבוהה ואיכות המוטלת בספק. מחקרים רבים מדגישים את החשיבות של פעילות הסברתית והפצת ידע בקרב המתכננים ככלי לקידום המודעות לשימוש באגרגטים ממחוזרים. יתכן ותפיסת תפקידו של המתכנן, עמדתו הסביבתית וחקיקה מחייבת או וולנטרית, משפיעים גם הם על רמת השימוש באגרגטים ממחוזרים בתכנון ובנייה.

מטרת המחקר היא לזהות מהם המכשולים והמניעים בבחירת אגרגטים ממוחזרים, מפסולת בנין, בקרב מתכננים בפרויקטי בנייה ותשתית ועל ידי כך לאפשר פיתוח כלים, אשר יתרמו לצמצום בעיית פסולת הבניין בישראל והקטנת חציבת חומרי גלם. נרצה לברר אצל מתכננים מה משפיע על תהליך הבחירה באגרגטים ממוחזרים או לחלופין, מה עוצר מבעדס מלשלבם בתהליך התכנון.

על מנת למפות את מירב הגורמים המשפיעים על שימוש באגרגטים ממוחזרים ע"י המתכננים, בחרנו לחקור מדגם מייצג של מתכננים – מהנדסים אזרחיים ואדריכלים – שעובדים על פרויקטים מגוונים (ציבוריים ופרטיים), עבור יזמים שונים ובאזורים שונים. סוג המחקר שנבחר הינו סקר באמצעות שאלון. הגורמים המשוערים המשפיעים על מידת השימוש באגרגטים ממוחזרים הוגדרו כמשתנים בלתי תלויים. משתנה תלוי מייצג את רמת השימוש באגרגטים ממוחזרים.

השאלון מורכב מארבע חלקים עוקבים. מטרת החלק הראשון של השאלון היא לאסוף נתונים על המתכנן, עמדותיו הסביבתיות ורמת השימוש שלו באגרגטים ממוחזרים. החלק השני נועד לברר אילו שיקולים מקצועיים של המתכנן מהווים מכשולים לבחירה באגרגטים ממוחזרים. בחלק השלישי של השאלון מתבקשים המתכננים להתייחס לפרויקטים אשר נעשה בהם שימוש באגרגטים ממוחזרים לביסוס ומילוי. חלק זה נועד לאסוף נתוני רקע על הפרויקטים ולברר מהם הגורמים שהניעו שימוש באגרגטים ממוחזרים. חלקו האחרון של השאלון מתייחס לפתרונות ובודק את תרומתן הצפויה של שיטות שונות לעידוד השימוש באגרגטים ממוחזרים.

בניתוח התוצאות נבקש לענות על שאלות שנגזרו משאלת המחקר, כגון:

מהי תמונת המצב של השימוש באגרגטים ממוחזרים בישראל? ימופו התפלגויות בין סוגי המתכננים, הפרויקטים, הגופים המזמינים ואזורים גיאוגרפיים של ביצוע הפרויקטים. מהו הקשר בין שימוש באגרגטים ממוחזרים, עמדות הפרו-סביבתיות ומוטיבציה לשימוש ולידע? מה מידת השפעתם של המשתנים השונים שהוגדרו במחקר על מידת השימוש באגרגטים ממוחזרים בפרויקטים?

המחקר יספק מידע חיוני להגברת הביקושים לאגרגטים ממוחזרים. בכך הוא עשוי לתרום לצמצום בעיית פסולת בניין על ידי יצירת פתרון לכמויות הפסולת הזרוקות בצדי דרכים תוך יצירת תחליף בר קיימא לחציבת חומרי גלם ממשאבים טבעיים.

תוכן עניינים

2	תודות
3	תקציר
5	תוכן עניינים
8	א. מבוא
9	ב. סקירת הרקע המדעי
9	ב.1. פסולת הבנין בישראל
9	היקף הפסולת
9	אופן הטיפול הקיים בפסולת בנין
10	הרכב פסולת הבנין בישראל
10	ב.2. חומרי חציבה למשק הבנייה והסלילה בישראל
11	ב.3. פסולת בניין ממוחזרת
11	הטיפול המשולב
11	התועלת הסביבתית של מחזור פסולת הבנין
12	אגרגטים ממוחזרים מפסולת בניין
12	היקף פוטנציאל מחזור לאגרגטים
13	ב.4. סקירת מגמות מחזור פסולת הבנין והשימוש באגרגטים ממוחזרים בעולם
15	ב.5. מדיניות ממשלתית בישראל
15	אמצעים אסטרטגיים- מדיניים
15	אמצעים מינהליים וטכניים
16	ב.6. תהליך התכנון והבנייה
18	ב.7. חסמים וגורמים המניעים שימוש באגרגטים ממוחזרים
18	רקע
18	חסמים ומניעים בתחום הידע
19	חסמים ומניעים בתחום הכלכלי
20	חסמים ומניעים בתחום ההנדסה
20	חסמים ומניעים לוגיסטיים
20	מניעים רגולטורים
21	תקנים וולנטרים כמנוף לשימוש באגרגטים ממוחזרים

22	עמדה ואוריינות סביבתית כמשפיעה על קבלת החלטות בענף הבנייה	
23	השפעת תפיסת תפקידו של המתכנן ומשרדו	
23	המחקר	ג.
23	מטרת המחקר	ג.1.
23	שאלת המחקר	ג.2.
23	השערת המחקר	ג.3.
24	חשיבות המחקר	ג.4.
24	שיטת מחקר	ד.
24	אוכלוסיית המחקר	ד.1.
25	סוג המחקר	ד.2.
25	משתני המחקר	ד.3.
26	כלי המחקר-מרכיבי השאלון והטכניקות שנבחרו	ד.4.
27	מבנה השאלון	
29	מהלך המחקר	ד.5.
31	הערכת קשיים הצפויים ומגבלות המחקר	ה.
32	סיכום ותרומתו המרכזית של המחקר	ו.
33	רשימת מקורות	
39	נספחים	
39	נספח מס. 1	
40	נספח מס. 2	
41	נספח מס. 3	
43	נספח מס. 4	
46	נספח מס. 5	
47	נספח מס. 6	
48	נספח מס. 7	
50	נספח מס. 8 שאלון	

רשימת איורים

- איור 1 : התפלגות טון פסולת בניין לפי מרכיבים..... 10
- איור 2 : היקף מחזור פסולת בניין במדינות שונות בעולם- אחוזים..... 13
- איור 3 : שוק האגרגט החצוב והממוחזר במדינות האיחוד האירופי ובישראל..... 14
- איור 4 : תהליך התכנון והבנייה..... 17
- איור 5 : דירוג נקודת עבור שילוב חומרי בניין ממוחזרים מתוך סכום כולל של 100 נקודות לפי המועצה לבנייה ירוקה בארצות הברית..... 22

א. מבוא

הצעת המחקר זו עוסקת בשוק הביקושים לאגרנטים ממוחזרים ובחינת המקום של אוכלוסית המתכננים בשוק זה. היוזמה לנושא זה באה מתוך הבנה לחשיבות בפיתוח שוקי קצה לחומרים ממוחזרים במטרה להניע את שוק המיחזור מבחינה מסחרית ובכך לתת עוד פיתרון לבעיות פסולת הבנין בישראל.

הצורך בביצוע מחקר בנושא הגיע מתוך הנסיון המקצועי שלנו כנשות מקצוע. שלושתינו אדריכליות בהכשרתנו, וזיהינו מתוך העבודה המקצועית שלנו, מחד את ההשפעה שיש לציבור המתכננים בתהליך התכנון על בחירת חומרים ועל שינוי גישה של שאר השותפים לתהליך התכנון ומאידך את השימוש המצומצם, עד לא קיים, באגרנטים ממוחזרים כיום בישראל.

המרכיב המרכזי המשמש את ענף הבנייה ומופק כיום במחצבות הוא אגרנטים טבעיים המופקים מסלעי גיר, דלומיט וגרניט. עיקר השימוש לאגרנטים הוא בסלילת כבישים, מסילות, מדרכות, שבילים, תעלות ניקוז, סוללות ועוד. מגוון החומרים אותם ניתן להפיק מהחומרים בפסולת הבניין כדוגמת בטון, לבנים וכד' דומה מאד לאגרנטים המיוצרים מאבן טבעית.

המחקר המוצע מתמקד בציבור המתכננים (מהנדסים אזרחיים ואדריכלים) בישראל במטרה לזהות חסמים ומניעים לשילוב אגרנט ממוחזר מפסולת בניין, בפרויקטי בנייה ותשתית. ממצאי המחקר המוצע יתרמו מידע חיוני לצורך גיבוש מדיניות ואסטרטגיות פעולה להגברת הביקושים לאגרנטים ממוחזרים. בכך עשוי המחקר לתרום לצמצום כרייה וחציבה באמצעות חיסכון בצריכת חומרים ראשוניים וצמצום היקף הפסולת המגיעה להטמנה, באמצעות מיחזור.

ב. סקירת הרקע המדעי

ב.1. פסולת הבנין בישראל

היקף הפסולת

לפי הגדרת חוק שמירת הנקיון התשמ"ד 1984, פסולת בנין הינה פסולת הנוצרת ממשק הבנייה ומרכיביה העיקריים הם: חול, אדמה, לבנים, אבן וברזל בנין. מקור הפסולת הוא בבנייה חדשה וכן בעבודות שיפוץ ושדרוג תשתיות ומבנים ותיקים המתבצעות בבנייה למגורים, בבנייה ציבורית, בהקמת מבני תעשייה ומסחר, בעבודות תשתיות ובשאר עבודות פיתוח שטח.

טכנולוגיות הבנייה המקובלות בישראל וקצב הבנייה מייצרים כמויות גדולות של פסולת בנין, בעיקר בטונים, ומלווה בכמות ניכרת של הריסת בניינים ישנים במגזר העירוני (זביצקי ואחרים, 2002). לפי נתוני המשרד להגנת הסביבה ההערכה היא כי מדינת ישראל מייצרת בשנה כ- 7.5 מליון טון של פסולת בנייה, מתוכם כ- 3.5 מליון טון עודפי עפר. במהלך השנים עלתה כמות פסולת הבנין הנוצרת באופן ניכר, אם כתוצאה מעלייה ברמת החיים ואם כתוצאה משינויים בהרגלי צריכה וגידול טבעי של האוכלוסיה (באום וכץ, 2004).

אופן הטיפול הקיים בפסולת בנין

כמות פסולת הבנין (ללא עודפי עפר), המוערכת על ידי המשרד להגנת הסביבה, היא כאמור 4 מליון טון בשנה. הערכת המשרד נכון לשנת 2009 היא כי 1.5 מליון טון (37%) מהפסולת מושלך באופן פיראטי בצידי דרכים ובשטחים פתוחים (השר להגנת הסביבה, 2010)¹. השלכת פסולת הבנין באתרים לא מוסדרים, בצידי דרכים ובשטחים פתוחים מהווה אחת מן הבעיות הסביבתיות הקשות ביותר בתחום הטיפול בפסולת מוצקה בישראל. כל שכן שבעשורים האחרונים הולך וגובר השימוש בתוספים כימיים בכמעט כל חומרי הבנייה (באום וכץ, 2004). פסולת זו מהווה מפגע סביבתי הכולל: מפגע נופי, זיהום מי תהום, זיהום קרקע, סכנת זיהום אוויר משריפות, מפגעי ריח, מוקדי משיכה למזיקים, אובדן משאבי קרקע, פגיעה בערכי טבע ונוק כלכלי ישיר בין היתר מהעלות של ניקוי השטחים ומירידת ערך הקרקע (דו"ח מבקר המדינה 58ב, 2008; טל, 2009; לרמן וקבוצת אביב, 2008). מתוך שאר כמות פסולת הבנין, 1.35 מליון טון (33%) מועברים להטמנה באתרים מורשים ו 1.15 מליון טון (29%) ממוחזרים לאגרגרטים. מתוך כמות פסולת הבנין הממוחזרת רק בכמות של כ- 100 אלף טון נעשה שימוש חוזר בעבודות סלילה ופיתוח (השר להגנת הסביבה)². קבלני המחזור ואתרי המחזור מבצעים מחזור של החומר אך לא נעשה בו שימוש והוא נותר באתר המחזור או מועבר להטמנה³. שוק החומרים הממוחזרים מפסולת בנייה כמעט ואינו קיים. אמנם, שימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנין תפס תאוצה בארץ החל משנת 2005, (לרמן וקבוצת אביב, 2008), אך עם זאת, שיעור המחזור נמוך מאשר

¹ נוסף על הנתונים בהצעת ההחלטה, נתונים עדכניים מדוייקים יותר נתקבלו בראיונות טלפוניים עם אורי טל, ממונה פסולת בניין באגף לפסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה, ראיון אחרון בתאריך 15.6.2010

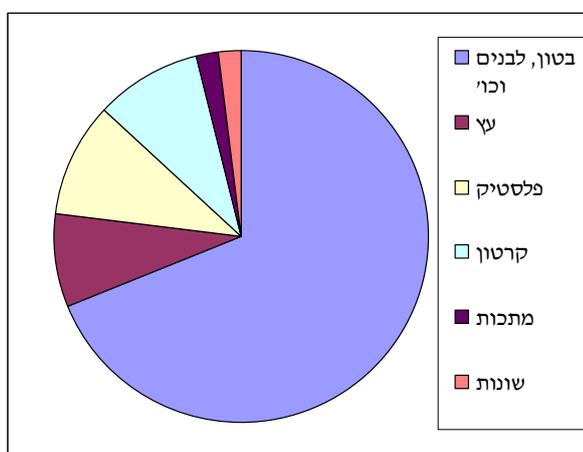
² שם

³ שם

במדינות מפותחות אחרות (ראה סקירה בנושא בהמשך בתת-פרק ב.4). נתונים אלו מדגישים את חשיבות גיבוש מדיניות ממשלתית כוללת שתייצר ביקושים לחומרים ממוחזרים מפסולת בניין ותעודד את השימוש בהם על ידי כל הגורמים המעורבים: יזמים, קבלנים ומתכננים.

הרכב פסולת הבנין בישראל

לפי מחקרם של באום וכץ (2004), אשר בחן את מרכיבי הפסולת באתרי בנייה חדשים (בנייה למגורים), פסולת הבניין בישראל אינה הומוגנית. הפסולת מכילה מרכיבים שונים כמו: בטון, בלוקים, מרצפות, קרמיקה, פלדת זיון, אלומיניום, עץ, פלסטיק, זכוכית, אדמה ועוד. איור 1 להלן מציג את התפלגות המרכיבים בפסולת הבניין בארץ. התפלגות זו הינה פועל יוצא מטכנולוגיות הבנייה המקובלות בישראל. אחוז גבוה מהרכב הפסולת הוא של חומרים אינרטיים כדוגמת בטון, בלוקים, אבן ולבנים. ריכוז נפרד של חומרים אלו, יכול לאפשר מיחזורם, על-ידי גריסה לאגרנטים. האגרנטים הממוחזרים יכולים לשמש כחומר חלופי לאגרנטים טבעיים, לשימוש כתשתית לכבישים או לעבודות פיתוח שונות.



איור 1: התפלגות טון פסולת בניין לפי מרכיבים

עיבוד גרפי של נתונים מתוך לרמן וקבוצת אביב (2008) תמ"א 14 ב' - תכנית מתאר ארצית לאתרי כרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה, סקר ספרות - דו"ח שלב א'5. מינהל התכנון משרד הפנים. הרכב פסולת הבניין מראה שרוב פסולת הבניין בארץ היא בטון, בלוקים, לבנים וכד'. מכאן, שיש פוטנציאל גדול מאד להפקת כמויות גדולות של אגרנטים ממוחזרים.

ב.2. חומרי חציבה למשק הבנייה והסלילה בישראל

משק הבנייה והסלילה בישראל יוצר ביקוש לחומרי חציבה. ישראל, מדינה המאופיינת בגלי פיתוח אינטנסיביים, נזקקת לספק את צורכי הענפים הבונים את הנדרש על ידי המשק. כפועל יוצא מטכנולוגיות הבנייה המקובלות, המרכיב המרכזי המשמש את ענף הבנייה ומופק כיום

במחצבות הוא אגרגרטים; חצץ ומצעים⁴. חומרי החציבה המסורתיים מהם מפיקים אגרגרטים הם סלעי גיר, דולומיט וגרניט (טל, 2009). עיקר השימוש לאגרגרטים הוא בסלילת כבישים, מסילות, מדרכות, שבילים, תעלות ניקוז, סוללות ועוד. סביר להניח כי טכנולוגיות הבנייה המקובלות ימשיכו לאפיין את הבנייה בישראל גם בעתיד (לרמן וקבוצת אביב 2008) ואיתם הביקוש לאגרגרטים. סך הכרייה בישראל בשנת 2008 היה כ- 51.5 מיליון טון, מתוכם כ- 31 מיליון טון אגרגרטים (חצץ ומצעים) (טל, 2009). הן לרמן וקבוצת אביב (2009) והן טל (2009), מציינים כי המשך המגמות הקיימות של הגידול בביקושים לחומרי גלם על ידי משק הבנייה והסלילה יוביל בעתיד למחסור בחומרי גלם ויצריך מציאה של מקורות חדשים. מקורות אלו כוללים בתוכם אתרים חדשים לכרייה וחציבה בשטחים פתוחים. מתוך תפיסה ברת קיימא ועל מנת לצמצם את הצורך במציאת מקורות חדשים ודלדול המשאבים הטבעיים בשל חציבה נוספת יש ליישם מדיניות כוללת אשר תגדיל את שיעור המחזור והשימוש באגרגרטים ממוחזרים תוך שילוב בין שלושה תחומים: הטיפול בפסולת וחומרי לוואי ליצור, ניהול וארגון משק הבנייה והסלילה וניהול וייעול צריכת האגרגרטים (לרמן וקבוצת אביב, 2008).

3.ב. פסולת בניין ממוחזרת

הטיפול המשולב

בארצות מפותחות רבות, בהן מקובלת מדיניות ממשלתית של ניהול בר קיימא, נהוגה שיטת הטיפול המשולב בפסולת מוצקה בכלל ולעניינינו בפסולת בניין בפרט. להלן סידור אופני הטיפול בסדר עדיפות יורד:

1. מניעת היווצרותה של פסולת מלכתחילה או הפחתה בכמויות המצטברות שלה.
 2. שימוש חוזר- שימוש חוזר של חומר למטרה העיקרית לה הוא שימש.
 3. מחזור- עיבוד חומר החומר כדי להשתמש בו למטרה אחרת.
 4. הפקת אנרגיה- שריפת הפסולת למטרות הפקת אנרגיה.
 5. סילוק הפסולת לאתרי מילוי או הטמנה.
- השאיפה היא לצמצם את כמויות הפסולת המגיעה להטמנה (באום וכץ 2004, המשרד להגנת הסביבה).

התועלת הסביבתית של מחזור פסולת הבנין

התועלות של מחזור פסולת הבנין הינן רבות. ניתן למנות מהן את צמצום פתיחה והרחבה של אתרי חציבה וכרייה נוספים, הקטנת עלויות שינוע הפסולת, צמצום תנועת משאיות בכבישי מרכז הארץ, הקלה על עומס המטמנות המורשות לפסולת בניין (לרמן וקבוצת אביב 2008) והפחתה של

⁴ חצץ הינם אבנים הממויינות בקפידה לפי גודלן. מצעים הינם תערובת אבנים ומגוון גרגרים, למשל שבבי אבן. יחדיו הם מתהדקים אחד לשני ומהווים מצע.

ההשלכה הבלתי חוקית של פסולת בניין על כל ההשלכות הסביבתיות השליליות שלה (השר להגנת הסביבה, 2010).

אגרגטים ממוחזרים מפסולת בניין

מגוון החומרים אותם ניתן להפיק מהחומרים האינרטיים בפסולת הבניין; בטון, לבנים וכד' דומה מאד לאגרגטים המיוצרים מאבן טבעית: חצץ לסוגיו ומצעים לסוגיהם (מפרט כללי לסלילת מסלולים בשדות תעופה, כבישים ורחבות, פרק 51- נספח מס. 1, מפרט כללי לאספקת חומרים לתשתית ולבנייה, פרק 55- נספח מס. 2). תכונותיו ההנדסיות של החומר טובות ומתאימות לדרישות המפרט לעיל ומפרטים מאת גופים ציבוריים נוספים בנספחים להלן (נספחים 5-7).

היקף פוטנציאל מחזור לאגרגטים

הרכב פסולת הבניין בישראל (איור 1), כאמור, רובו הוא של חומרים אשר ניתנים לעיבוד לאגרגטים ממוחזרים. במחקר של באום וכץ (2004), הוכח כי כשני שלישים מפסולת הבניין בבנייה חדשה ניתנת למחזור ולהשבה. המשרד להגנת הסביבה מעריך כמותית כי ניתן להפיק שלושה מליון טון של אגרגטים ממוחזרים בשנה מפסולת הבניין לבדה (השר להגנת הסביבה, 2010). נוסף על כך, חשוב לציין כי בשנים האחרונות גדלו באופן משמעותי התקציבים שהמדינה מקצה לעבודות תשתית ופיתוח המבוצעות והאמורות להתבצע בעתיד, בעיקר בתחום התחבורה (פיתוח רשת המסילות, הפרדות מפלסיות, סלילת כבישים ופיתוח נמלים) ובבניית גדר ההפרדה וכי היא הקצתה לעבודות פיתוח אלה עשרות מילארדי ש"ח (דו"ח מבקר המדינה 58ב, 2008). עבודות אלו אמורות להניב כמויות גדולות של פסולת בניין ועודפי עפר, עלולות לגרום למחסור בחומרי גלם לתשתיות ובעלות פוטנציאל שימוש בחומרי בניין ממוחזרים בכלל ואגרגטים ממוחזרים בפרט ובעיקר.

כמו כן, מאחר שפרויקטים גדולים במדינת ישראל צפויים לקום על חורבותיהם של פרויקטים קודמים המיועדים להריסה כגון שכונות המיועדות לפינוי ובינוי, מדובר בפוטנציאל למחזור בהיקף עצום. זביצקי, אפשטיין וגונצ'רוב (2002) מדגישים במחקרם כי בהריסת מבנים נוצרת כמות פסולת רבה יותר משמעותית מפסולת הבניין באתר הבנייה.

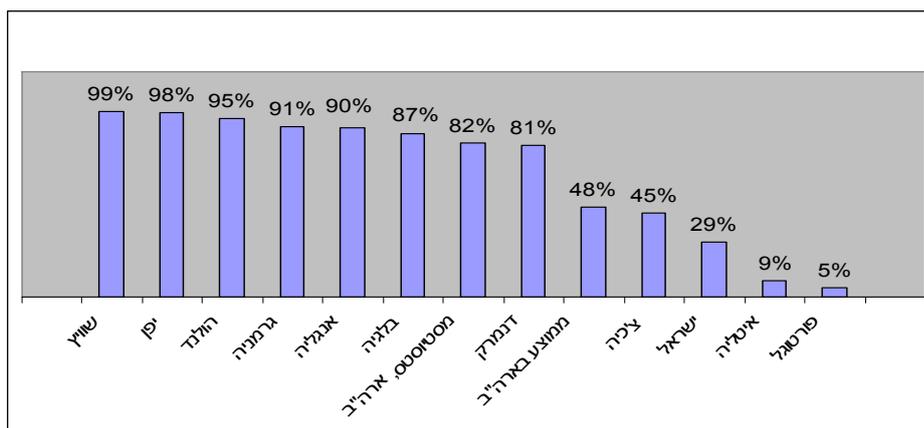
בנוסף, כאמור, פזורים ברחבי הארץ הן אתרים מוסדרים המכילים פסולת בניין ועודפי עפר והן אתרים בלתי מוסדרים המזוהמים בפסולת זו. ניקוי שטחים אלו יכול לספק משאב לחומרי בנייה וסלילה, כפי שיכולה לספק זאת פסולת בניין חדשה. לרמן וקבוצת אביב (2008) מדגישים כי קיימים כיום כ- 150 מליון טון של פסולת בניין מתוכה 30 מליון טון באתרים מוסדרים ו 120 מליון טון בשטחים פתוחים, פוטנציאל עצום למחזור.

בניתוח שערך טל (2009) בנוגע לדרישה הקיימת והעתידית במשק הבנייה והסלילה לאגרגטים ממוחזרים, הוא טוען, שהביקוש הקיים והעתיד גבוה מההיצע. התשתית לתחבורה שאפשר להשתמש בה באגרגטים ממוחזרים היא עשרות אחדות של מיליוני טון.

ב.4. סקירת מגמות מחזור פסולת הבנין והשימוש באגרטים ממוחזרים בעולם

פסולת הבנין מהווה זרם מרכזי בסך הפסולת העולמית והשפעותיה נרחבות. עקב כך, מדינות רבות בעולם הציבו כיעד מרכזי באגינדה הסביבתית שלהן את צימצום פסולת הבניין. (באום וכץ, 2004; EU Directive 2008/98/EC, 2008). על מנת לקדם יעד זה, ננקטו צעדי ניהול ומדיניות מגוונים. נמצא כי ניהול אפקטיבי של הביקוש לאגרטים ממוחזרים הוא בעל השפעה מוכחת על היקף צריכת האגרטים וצמצום בעיית פסולת הבניין בעולם (לרמן וקבוצת אביב, 2008).

רמת השימוש באגרטים הממוחזרים בעולם תוצג בסקירה זו בשני אופנים: היקף מיחזור פסולת הבניין, אשר משמש כחומר הגלם לאגרט הממוחזר, והיקף השימוש באגרט ממוחזר מתוך כלל שוק האגרטים. איור 2 מציג את היקף אחוזי המחזור של פסולת בניין לפי מדינה⁵. מדינות מתקדמות בתחום מציגות נתונים המראים יכולת למחזר את מרבית פסולת הבניין, ביניהן מדינות בעלות זרם פסולת דומה לזה של ישראל, כגון הולנד. נמצא שמדינות אילו הגיעו לתוצאות היעודות בעזרת קביעת מדיניות יזומה (לרמן וקבוצת אביב, 2008). פערים מהותיים בין מדינות האיחוד האירופי מהווים ביטוי למידת המעורבות והמדיניות הממשלתית של המדינות השונות (Symonds, 1999).



איור 2: היקף מחזור פסולת בניין במדינות שונות בעולם - באחוזים

שוויץ (WBCSD, 2007)

יפן (Tam, 2009)

הולנד, אנגליה, גרמניה ובלגיה (UEPG, 2007)

מסצ'וסטס (MDEP, 2008)

דנמרק, צ'כיה, אוסטריה ופורטוגל (Symonds, 1999)

ארה"ב (EPA, 2003)

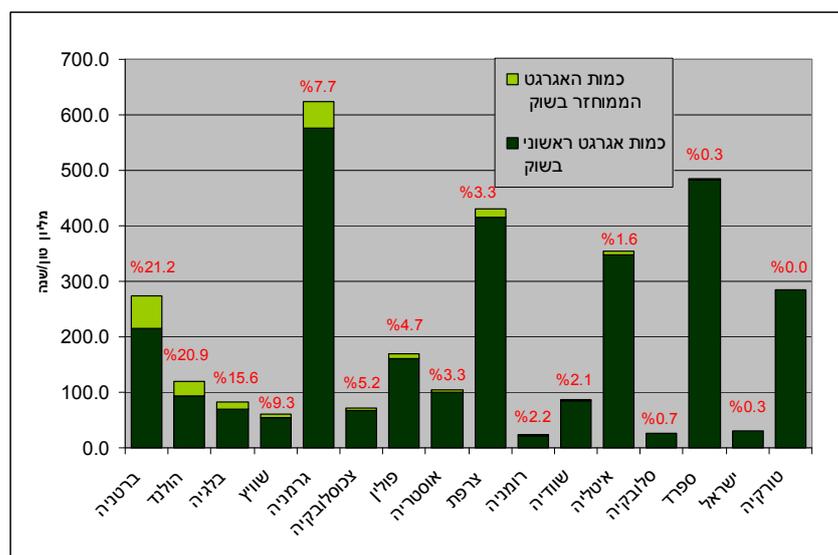
ישראל (אורי טל, ממונה פסולת בניין באגף לפסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה)⁶

⁵ יש להתייחס לנתונים אלו כאינדיקטור למגמות מחזור בלבד מכיוון שכל מדינה כוללת נתונים שונים בחישוב. כמו כן, השנים בהן נמדדו אחוזי המחזור נעים בין 1999-2009.

⁶ ראיונות טלפוניים ראיון אחרון בתאריך 15.6.2010

בחינת שינויים באחוזי המחזור לאורך שנים, מעידה כי שיפור יכול להתרחש תוך שנים מעטות. בארצות הברית לדוגמה, כמות פסולת הבניין מוערכת בכ- 170 מיליון טון לשנה (Tuncer & Schareti, 2010; EPA, 1998), והיקף המחזור גדל בממוצע ארצי מ- 25% בשנת 1996 ל- 48% בשנת 2003 (EPA, 1998; EPA, 2003). באסיה, מרבית המדינות נמצאות בשלבים מוקדמים של ניהול פסולת הבניין, כאשר יוצאות דופן הן יפן, הונג קונג וסינגפור (Nitivattananon & Borongan, 2007). יפן הגדילה את אחוזי המחזור מ- 65% בשנת 1995 ל- 98% בשנת 2003, בין השאר על-ידי צמצום במקור של כמות פסולת הבניין לכמות של 750,000 טון בשנה בלבד (Tam, 2009) קרי, עשירית מכמות פסולת הבניין המופקת כיום בישראל.

איור 3 מציג את אחוזי האגרנטים הממוחזרים מתוך שוק האגרנטים הכולל של מדינות האיחוד האירופי, בהשוואה לישראל. בריטניה בולטת כיצרנית אגרנטים מרכזית באירופה, ונמצא שנעשה בה השימוש הרב ביותר באגרנטים ממוחזרים. בין השנים 2006 ל-2007 הוכיחה בריטניה גידול של חמישה אחוזים בשוק האגרנטים הממוחזרים במדינה (ALSF, 2008). בארה"ב נחצבים בשנה כ- 2.7 מילארד אגרנטים מתוכם מעריכים ששוק האגרנטים הממוחזרים הוא חמישה אחוזים (Gilpin, Menzie & Hyun, 2004). כך גם במדינות האיחוד האירופי, ממוצע שוק האגרנטים הממוחזרים מוערך בחמישה אחוזים מכלל השוק, העומד על 3.5 מילארד אגרנטים בשנה (Menegaki & Kaliampakos, 2010).



איור 3 : שוק האגרנט החצוב והממוחזר במדינות האיחוד האירופי ובישראל

האחוזים הרשומים מעל לגרף מציינים את אחוז האגרנט הממוחזר הקיים בשוק מתוך כלל סוגי האגרנטים, לפי מדינה.

מדינות אירופה (UEPG, 2006)

ישראל (אורי טל, ממונה פסולת בניין באגף לפסולת מוצקה במשרד להגנת הסביבה 7)

ב.5. מדיניות ממשלתית בישראל

אמצעים אסטרטגיים- מדיניים

בפברואר 2003 אישרה הממשלה תכנית שיזם המשרד להגנת הסביבה⁸. החלטת הממשלה שמה דגש על מחזור פסולת הבניין כאמצעי לצמצום ההשלכה הבלתי חוקית ולשימור משאבים. ההחלטה מתייחסת לכל מכלול הטיפול בפסולת הבניין וגם לפתרונות הקצה: היא מחייבת את משרדי הממשלה להשתמש בכל פרויקט בנייה ותשתיות ב- 20% פסולת בניין ממוחזרת לפחות ולגרוס את פסולת הבניין ולמחזרה באתר הבנייה בהיקף של 50% לפחות. דו"ח שנתי של מבקר המדינה מס' 58ב (2008) מציין כי ההחלטה אינה מיושמת. עוד הוא מציין, כי הועדה הבין-משרדית שהוקמה 'לפיתוח ושימוש בחומר ממוחזר מפסולת בניין' החליטה לא לחייב את המשרדים להשתמש בפרויקטים בשיעור מזערי של החומר הממוחזר. המבקר ממליץ למשרדי הממשלה לקבוע מדיניות כוללת בענין פסולת הבניין כדי בין היתר, להגדיל את שיעורי המחזור של פסולת הבניין והשימוש בחומרים ממוחזרים.

בעקבות דו"ח מבקר המדינה לעיל, החליטה ועדת שרים לענייני ביקורת המדינה בהחלטתה מס' בק/65, להקים צוות בינמשרדי בהשתתפות החשב הכללי באוצר, מנהל רשות החברות הממשלתיות או נציגיהם, ונציג המשרד להגנת הסביבה. מטרת הועדה הוגדר לבחון קביעת כללים למכרזים של משרדי הממשלה, חברות ממשלתיות ויחידות סמך, עבור פרויקטים (כולל פרויקטים בתחומי הבינוי והתשתית), בהם ייעשה שימוש בחומרים ממוחזרים מחומרי בנייה (השר להגנת הסביבה, 2010). בעקבות כינוס צוות זה הוציא החשב הכללי הוראה מחייבת במרץ השנה. ההוראה מחייבת את משרדי הממשלה, יחידות סמך וחברות ממשלתיות לעשות שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים בהיקף שלא יפחת מ- 20% מסך חומרי המילוי המובא לאתר (הוראת תכ"ס 7.12.8 העדפת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים- נספח מס. 4). מאחר והחלטה זו פורסמה לפני זמן קצר בלבד, לא ניתן להעריך עדיין את השפעתה על השימוש באגרנטים ממוחזרים משק הבנייה והסלילה בישראל.

אמצעים מינהליים וטכניים

באום וכץ (2004) ציינו במחקרם כי אחד הגורמים העיקריים המעכבים את ההתפתחות והקידום של נושא מחזור פסולת הבנייה בישראל הם חוסר בתקנים והגדרת קריטריונים מתאימים המונעים מהמתכנן הנושא באחריות המקצועית להשתמש בחומרים שאיכותם לא הוכחה או נבדקה בשיטות בדוקות או תקנים מוגדרים. נמצא שחוסר הבטחון בהבטחת איכות החומר מהווה חסם משמעותי לבחירת אגרנט ממוחזר בבנייה (Chick & Micklethwaite, 2004). אי לכך, באום וכץ (2004) כותבים, הנטייה הרווחת היא להשתמש בחומרי גלם מקוריים, מאחר והמתכננים רושמים את סוג החומר המבוקש, כדרישה מחייבת במסמכי המכרז השונים.

בהמשך להחלטת הממשלה משנת 2003 ובאיחור ניכר החלו משרדי הממשלה, בעידוד המשרד להגנת הסביבה, לגבש תקן ומפרטים כלליים, כדי לקבוע סטנדרטים ולאשר הנדסית את איכות האגרנטים הממוחזרים.

⁸ החלטה מס' 2927, מיום 09.02.03, בעניין 'הסדרת הטיפול בפסולת בניין'- נספח מס. 3

משרד הביטחון, החברה הלאומית לדרכים ורכבת ישראל מפרסמים מפרטים לעבודות סלילה, המשמשים בסיס עבור המתכננים להגשת הצעות למכרזים שמפרסמים משרדי הממשלה וגופים ציבוריים רבים המובילים פרויקטים בתחום הבינוי והתשתיות. בשנים האחרונות עודכנו המפרטים ביוזמת ובעידוד המשרד להגנת הסביבה, כדי לתת מענה איכותי וטכני לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים:

- משרד הביטחון פרסם בשנת 2007 באופן רשמי תיקון למפרטים, המאפשר שימוש באגרנטים ממוחזרים מפסולת בניין בעת ביצוע עבודות סלילה ובעבודות אחרות כמצע סוג ג' (חומר נברר) וכחומר מילוי מובא (המפרט הכללי לסלילת מסלולים בשדות תעופה, כבישים ורחבות, פרק 51- נספח מס. 1, המפרט כללי לאספקת חומרים לתשתית ולבנייה, פרק 55- נספח מס. 2).
- החברה הלאומית לדרכים (מע"צ) פרסמה בשנת 2009 מפרט, המאפשר שימוש באגרנטים ממוחזרים למצעים ב' ו-ג' וכחומר מילוי בעבודות סלילה כמסמך מחייב במכרזים (מע"צ- המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה: פרק 51 עבודות סלילה תת-פרק 02 עבודות עפר ספטמבר 2009- נספח מס. 5, מע"צ- המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה: פרק 51 עבודות סלילה תת פרק 03- נספח מס. 6).
- רכבת ישראל הוציאה בשנת 2009 מפרט לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים כחומר מילוי מובא או כחומר מצע סוג ג' (חומר נברר) (מפרט מיוחד לשימוש בחומרים ממוחזרים מבטון גרוס לעבודות עפר של רכבת ישראל, מרץ - 2009 נספח מס. 7).
- תקן ישראלי- ת"י 1886 מצע לרחבות ושדות תעופה נמצא בתהליך תיקון. התקן יקבע סטנדרטים לשימוש במצע מאגרנט המופק בתהליכי מחזור.
- אין בנמצא מחקרים או נתונים בדוקים לגבי מודעות אנשי המקצוע בכלל והמתכננים בפרט לאפשרויות השימוש באגרנטים ממוחזרים בכלל ולמפרטים היעודיים הנ"ל בפרט.

ב.6. תהליך התכנון והבנייה

כאמור, בשנים האחרונות גדלו באופן משמעותי התקציבים שהמדינה מקצה לעבודות תשתית ופיתוח. ציבור המתכננים בישראל, המהנדסים והאדריכלים הם העוסקים בתכנון, ניהול ופיקוח על פרויקטים אלו והינם גורם מרכזי בקבלת ההחלטות ובבחירת אופני הביצוע.

בבחירת שווקי הקצה לאגרנטים ממוחזרים, נמצא שבעלי עמדות מפתח לבחירת החומרים בתהליך הבנייה הם לקוחות, יזמים, קבלנים, אדריכלים ומהנדסים (Lam, Chan, Poon, Chau, Chun, 2010). מתכננים (קרי אדריכלים ומהנדסים) הם "משתמשי מפתח" בחומרים ממוחזרים, כאנשי מקצוע שתפקידם הוא בחירה מתמדת של חומרים ומוצרים (Chick & Micklethwaite, 2003). נמצא שמעורבות מתכננים ובחירה פרואקטיבית בפרקטיקות ירוקות הוא הגורם המשמעותי ביותר בתהליך הטמעת שיטות בנייה ירוקות. (Hadfield, 2005; Coventry & Guthrie, 1998).

מספר מחקרים מציגים את מהות מעורבותם של מתכננים בפרקטיקות סביבתיות בכלל ובתחום הפסולת בפרט. נמצא שמתכננים יכולים להשפיע על שימוש חוזר ומחזור חומרי בניין על-פי בחירת המערכת המבנית של הבניין והמלצות לגבי סוג החומרים (Sarja, 2002). לאדריכלים היבט מכריע בקביעת נושא צמצום פסולת בניין על-ידי מתן יעוץ ללקוחות, עידוד צמצום פסולת באתר, ושיפור פרקטיקת תכנון כך שתוצר פחות פסולת (CRIBE, 2003). בבחינת תהליך התכנון, נמצא שלמתכננים השפעה על המהות הסביבתית של מבנה כבר בשלבי התכנון הראשוניים (Shen, Tam & Tam, 2010). מעבר לכך, הם הגורם היחיד במערך תכנון הפרויקט שמקשר בין כל השלבים השונים. בשלבים הראשונים הלקוח הוא בעל השפעה מרכזית ובסופו הקבלן, אך המתכננים שותפים בכל אחד משלבי הפרויקט ולכן תפקידם מהותי ביצירת תקשורת ושיתוף פעולה שנמצאו כחשובים בהטמעת פרקטיקות סביבתיות בבנייה (Tam, Shen, Yau & Yau, 2007). איור 4 להלן מציג את תהליך התכנון והבנייה של פרויקט בנייה.



איור 4: תהליך התכנון והבנייה

תהליך התכנון והבנייה מחולק לשלושה שלבים עיקריים ובכל שלב המתכננים הינם חוליית מפתח

ניתן לראות כי לאורך כל תהליך של פרויקט, המתכננים הם חוליית מפתח ושותפים עיקריים לקבלת ההחלטות בפרויקט. חובתם ואחריותם המקצועית לכל אורך התהליך היא רחבה וכוללת תכנון הפרויקט וליווי על כל שלביו (חוק התכנון והבנייה תשכ"ה 1965). כחלק מעבודתם מפקחים המתכננים בכל שלב משלבי הפרויקט מסמכים (פרוגרמה, תרשימים, מפרטים טכניים, כתיב כמויות וכד'), המפרטים את היעדים של הפרויקט ואת אופן הביצוע של כל שלב משלבי הפרויקט (כץ, ואחרים, 2002, 2003).

7.ב. חסמים וגורמים המניעים שימוש באגרטים ממוחזרים

רקע

כלי המדיניות המפותחים במדינות העולם לקידום השימוש באגרטים ממוחזרים, מעידים על מהות החסמים המזוהים על ידי קובעי המדיניות. בחינת הכלים השונים, מלמדת על החסמים הפוטנציאליים בפיתוח שוק האגרטים הממוחזרים בישראל. מדיניות בתחום כוללת מגוון של כלים תחיקתיים, כלכליים, הנדסיים ואדמיניסטרטיביים. נמצא כי שילוב כלים הוא האמצעי היעיל ביותר להחדרת אגרטים ממוחזרים לענף הבנייה (Symonds, 1999).

ניהול השימוש באגרטים ממוחזרים כרוך בפיתוח מדיניות בשלושה תחומים עיקריים: ניהול הטיפול בפסולת בניין ומחזור, ניהול וייעול ייצור האגרט וניהול והרחבת שוקי הקצה לאגרטים הממוחזרים (לרמן וקבוצת אביב, 2008). ניהול פסולת הבניין, הוא שלב ראשוני בהתמודדות עם הבעיה, ניהול אשר מכוון לצמצום הטמנה והגדלת המחזור, מדידת הבעיה וכימותה. שלב זה מוביל לתהליכים של ייעול הייצור של האגרטים בעזרת טכנולוגיות ומתקנים לגריסת פסולת הבניין, ויוצר היצע של חומר ממוחזר (Green & Petterson, 2004). התחום האחרון, הרחבת שוקי הקצה לחומר הממוחזר נמצא במחקר בריטי, כגורם מפתח למחזור בר קיימא (Chick & Micklethwaite, 2003). שוקי הקצה מניעים את מעגל המחזור ומבטיחים את תועלתו וקיומו. בהתאם לכך הצלחת המיחזור באנגליה אינה נמדדת בכמות הפסולת שנאספת למחזור, אלא בכמות שהופכת להיות משאב מחודש (WRAP, 2006).

בבחינת שוקי הקצה לאגרטים ממוחזרים, נמצא כאמור, שבין בעלי עמדות המפתח לבחירת החומרים בתהליך הבנייה נמצאים המתכננים (ראה תת-פרק לעיל 'תהליך התכנון והבנייה'). בפרק זה של הסקירה, יוצגו חסמים ומניעים לשילוב אגרטים ממוחזרים בעבודת המתכנן, ובהתאם כלי מדיניות שאומצו במדינות שונות להגברת הביקוש והשימוש. החסמים השכיחים שנמנו במחקרים הם חוסר מידע והכרות עם החומר, היצע נמוך, עלות גבוהה ואיכות המוטלת בספק (Chick & Micklethwaite, 2004).

חסמים ומניעים בתחום הידע

חוסר ידע נמצא כגורם המשמעותי ביותר המגביל את השימוש באגרטים ממוחזרים בקרב מתכננים. ממחקרים עולה כי ישנו שימוש מועט מאוד בחומרים ממוחזרים בקרב אדריכלים ואדריכלי נוף (Calkins, 2005; Chick & Micklethwaite, 2004) וקיים פער בין פוטנציאל השימוש בחומרים ממוחזרים לישומו בפועל. גם במחקרים בישראל מדגישים הכותבים את החשיבות של פעילות הסברתית והפצת ידע בקרב המתכננים לקידום המודעות לשימוש באגרטים ממוחזרים (באום וכץ, 2004; ביטרמן ורייש 2009).

תחום הידע כולל את ההכרות והחשיפה לחומר, המידע הנדרש כדי להשתמש בחומר חדש והערכת תפקוד המוצר (Calkins, 2005). חוסר ידע מכשיל את קידום השימוש באגרט ממוחזר בשל הנסיון המועט בחומר ממוחזר, חוסר הבטחון בשילוב חומר לא מוכר ומחסור בתקנים אחידים לבחינת איכות החומר (Chick & Micklethwaite, 2004; Pearce & Vanegas, 2002;)

(Sassi, 2004). מיעוט הידע המקצועי הקיים עלול לגרום להשקעת יותר שעות עבודה בפרויקט ולכן הבחירה בחומר הופכת לבעלת השלכות כלכליות (Calkins, 2005).

מאגר מידע עדכני יכול לתרום להליך הספציפיקציה של חומרי גלם ירוקים, היות והוא יוצר חיבור בין הספקים ותהליך התכנון (Underwood, Alshawi, Aouad, Child & Fara, 2000). קלקינס מדגישה צורך במחקר מעמיק של יתרונות כלכליים וטכניים של חומר ממוחזר כמאגר ידע לציבור המתכננים (Calkins, 2005). מדינות רבות משקיעות מאמצים שיווקים וחינוכיים כמו גם מחקר לקידום גוף הידע בנושא ויש המקימות מאגרי מידע אינטרנטיים⁹. חלקן מפרסמות חוברות הדרכה בהם מקרי בוחן ופרקטיקות מצטיינות לשימוש באגרנט ממוחזר. באירופה קיימים קורסים מקצועיים ללימוד נושא מחזור פסולת בניין ובאירלנד אף הוקם פרויקט פיילוט בכדי להדגים כיצד אגרנט ממוחזר מתאים לתקני כבישים ובכך לתרום לשימוש בחומר ממוחזר בקרב מהנדסים. בבריטניה נכתבה תוכנית "WRAP" למשאבים ופסולת בתחום האגרנטים המספקת מענה לחסמים בתחום הידע ע"י עידוד מחקר לקידום שימושים וחיזוק משתמשי הקצה. (WRAP, 2006 ; Hobbs, 2008).

חסמים ומניעים בתחום הכלכלי

במקומות מסוימים בעולם נמצא שימוש באגרנטים ממוחזרים בבנייה בתנאי השוק הנוכחיים אינו כלכלי (Zhao, Leefink & Rotter, 2010) ויש הממליצים על נקיטת צעדים כלכליים לקידום הנושא (Duran, Lenihan & O'Regan, 2006). חסרות הוכחות חד משמעויות לגבי כלכליות האגרנטים הממוחזרים בישראל, אך ידוע שעלות האגרנטים הממוחזרים מושפעת באופן מהותי מעלות שינוע החומר (Blengini & Garbarino, 2010). השימוש הרחב בכלי מדיניות כלכליים בעולם מעידים על כך שהגורם הכלכלי הוא משמעותי בהחזרת אגרנטים ממוחזרים לשוקי הקצה.

על מנת לאפשר לאגרנטים הממוחזרים לחדור לשוק, יוצרות מדינות מגבלות על שוק ייצור האגרנט החצוב באמצעות מכסות, רגולציה ומיסים ומעודדות את האגרנט הממוחזר בעזרת תמיכה וסיבסוד. כלים אלה מניעים את השוק להרחבת הביקוש והגדלת ההיצע. קיימת הנחת יסוד לגבי כשל שוק בתחום האגרנט הראשוני החצוב. עלות האגרנט הראשוני בתמחור פשוט אינו כולל עלויות חיצוניות שהן תוצרי הלוואי של חציבתו כגון הרס משאבים טבעיים, הטיפול בפסולת שתיווצר בעתיד והשלכות בריאותיות כתוצאה מהחציבה (Enviros, 2004).

מס על אגרנט חצוב מכליל את אותן העלויות החיצוניות. באנגליה הוטל מס מסוג זה (Aggregate Levy, 2002) בטוענה של "המזהם משלם", ההכנסות מהמס מופנות לפיתוח פרויקטים להגברת השימוש בתחליף הסביבתי. שיטה נוספת לייקר את הטמנת הפסולת יחסית לחלופת המחזור הוא "היטל הטמנה" הנדרש מכל גורם הבא לטמון פסולת באתר הטמנה. קיים דיון נרחב לגבי מהו היטל אופטימלי (Ready & Ready 1995). ההיטלים במדינות אירופה שונים

⁹ לדוגמא: www.constructionwaste.info

ונעים בין שני יורו ל- 85 יורו לטון מוטמן (Symonds 1999 ; UEPG, 2007). להיטלי הטמנה עלולות להיות השלכות שליליות כגון השלכה בלתי חוקית של פסולת וניתן לצמצמן על-ידי יצירת קונצנסוס ציבורי שתומך במחזור פסולת בניין תוך שימוש באכיפה (Green & Patterson, 2004).

חסמים ומניעים בתחום ההנדסה

נמצא שחוסר הבטחון בהבטחת איכות החומר מהווה חסם משמעותי נוסף לבחירת אגרגט ממוחזר בבנייה (Chick & Micklethwaite, 2004). שיקולים הנדסיים כוללים ספקות מקצועיים לגבי איכות החומר באופן שמונע קבלת אחריות מקצועית עליו. תקינה רשמית של חומר ממוחזר תוך הסרת ספקות לגבי אחריות וסיכון מוגבר שמקובל על כל העוסקים בתחום, מהווה פתרון לנושא. תקן מסוג זה פותח בבריטניה ובדנמרק (לרמן וקבוצת אביב, 2008 ; Thunbery, 2001; WRAP, 2005) ובו הגדרת היישומים פותחה בגישה של הסכמה כוללת בין ספקי חומרים, רשויות סביבתיות, חברת הדרכים הלאומית, קבלנים ומהנדסים ובעלי עניין. ועדה רחבה קבעה את הצורך בתקנים וסטנדרטים חדשים. כל השחקנים הוזמנו לקחת חלק בנושא וכאשר התקבלה הסכמה כוללת, התקן אומץ. ההסכמה הרחבה מבטיחה את האמון והיישום של התקנים בפועל. בישראל, כאמור, בהמשך להחלטת הממשלה משנת 2003 משרדי הממשלה, בעידוד המשרד להגנת הסביבה, נמצאים בשלבי גיבוש תקן ופירסמו מפרטים כלליים, כדי לקבוע סטנדרטים ולאשר הנדסית את איכות האגרגטים הממוחזרים.

חסמים ומניעים לוגיסטיים

החסמים בפן הלוגיסטי כוללים את הקושי בנייהול פסולת הבניין בזמן הבנייה או הפירוק, מיעוט פתרונות קצה למחזור קרובים לאתר וקושי באספקה נוחה ואמינה של חומר ממוחזר לתהליך הבנייה. נמצא שהיצע נמוך של מתקני מחזור או מחסור במאגר אגרגטים ממוחזרים באיזורים מסוימים הוא חסם משמעותי בהחדרת החומר לאזור. מחסור בהיצע עקבי הוצג על-ידי מתכנני נוף כשיקול נגד בשילוב החומר הממוחזר בתכנון (Calkins, 2005). לחילופין נמצא שכמות גבוהה של ניידות מחזור בקליפורניה, תורמת לשיעורי מחזור גבוהים (Cascadia, 2004). מחקר איטלקי ממליץ לפרוס תחנות מחזור פסולת בניין בקרבת אוכלוסייה צפופה ודרכים ראשיות (Gilpin & Kapo, 2004). מרחיב את חשיבות נושא הפריסה בלנגיני (2010), בהתייחסו לצורך בהקטנת צמצום הנזק הסביבתי הנגרם משינוע. בהתאם, ישנם יתרונות למתקני מחזור ניידים שיכולים להגיע לאתר הבניין עצמו. נמצא שמדינות רבות מעניקות תמיכה, מענקים וסובסידיות להקמת מפעלי מחזור פסולת בניין ואחראים לפיקוח עליהם (Tam, 2009).

מניעים רגולטורים

הנחייה חיצונית מחייבת היא גורם המשפיע על בחירת אגרגטים ממוחזרים. הנחייה חיצונית כוללת חיוב חוקי, דרישת לקוח או יזם, מכרז מחייב או דרישת התאמה לתקן בנייה ירוקה וולונטרי. בארה"ב הוטלה רגולציה המחייבת רכישת מוצרים ממוחזרים (כולל אגרגט בבנייה) ואימוץ שיטות בנייה ירוקות (כולל ניצול חומר בנייה ממוחזר) למבני ציבור של כל סוכנויות הממשל (Executive Order 13423, 2007 ; Solid Waste Disposal Act, 2002). בהולנד הבנייה הציבורית משמשת כמנוף לקידום הביקוש לאגרגט ממוחזר, תוך אימוץ רגולציה המעניקה בונוסים כספיים לבנייה ציבורית בה משתמשים באגרגט ממוחזר. העדפה מתקנת במכרזים

ציבוריים, לשימוש בחומרים ממוחזרים בעבודות פיתוח ובינוי היא שיטה שאומצה בגרמניה (Symonds, 1999; Zebau GmbH, 2006).

ישנם גם חוקים מגבילים כגון חוק של מדינת מסצ'וסטס בארצות הברית, אשר מגדיר איסור מוחלט על הטמנה של חומר שניתן למחזר (MDEP, 2006 ; 310 CMR, 2010). החוק קובע תקנות המגבילות את יצירת פסולת הבניין, הגבלות בנושאי אחסון, איסוף, העברה, טיפול בפסולת ומנחה בנושא של שימוש חוזר, מחזור, בקרה והטמנה של חומרים מסוכנים הנמצאים בפסולת בניין. דירקטיבה של האיחוד האירופי מנחה גם היא בתחום מגבלות על ההטמנה, (Directive 1999/31/EC, 1999) וחוקים מחמירים נחקקו בין השאר בהולנד וגרמניה (Zebau GmbH 2006 ; Symonds, 1999). מחקר אשר בדק את ההשלכות של חוק בדבר איסור הטמנה ביפן משנת 2005, מצביע על נתוני המחזור הגבוהים ביפן כתוצאה מהטלת החוק בנושא (Tam, 2009).

תקנים וולנטרים כמנוף לשימוש באגרנטים ממוחזרים

מגמה חדשה שתורמת לכלכלת המחזור והשימוש באגרנטים ממוחזרים, היא פיתוח ענף הבנייה הירוקה והתקנים הוולנטרים להסמכת מבנה כ"מבנה ירוק" (Tuncar & Schareti, 2010). מאז הקמת ה-"USGBC" - המועצה לבנייה ירוקה בארצות הברית, בשנת 1993, נמצא כי הביקוש לפתרונות קצה למחזור גדל ונהיה זמין באזורים בהם אפשרות כזו לא הייתה קיימת בעבר (Alevantis, Frevert, Muller, Levin & Sowell, 2002). קיימות הנחיות ארציות ומקומיות המחייבות בנייה ציבורית ירוקה¹⁰ בארה"ב, וחלקן נסמכות על שיטת דירוג מבנים לפי התקן הוולונטרי "LEED" – Leadership in Energy and Environmental Design¹¹. שיטה זו מעניקה תואר "מבנה ירוק" על סמך ניקוד לדירוג רמת איכותו הסביבתית של בניין. מחזור ושימוש חוזר בחומרי בניין, מהווה חלק ניכר מהתחשיב. איור 6 מדגים את משמעותן של חומרי בניין ממוחזרים ומחזור בתחשיב הכולל, לפי המועצה לבנייה ירוקה בארצות הברית, כאשר צבירת 40 נק' ומעלה מזכות בהסמכת "בניין ירוק".

מס.נק' קרדיט	סעיף חומרי בניין
	LEED® Credits
1-2	שימוש במוצרים וחומרי בנייה בעלי תוכן ממוחזר
1-2	שימוש חוזר בחומרי בנייה ומוצרים
1-2	מניעת הטמנת פסולת בניין

¹⁰ דוגמאות באתר www.epa.gov/greenbuilding

¹¹ תיאור התקן באתר www.usgbc.org

איור 5: דירוג נקודות עבור שילוב חומרי בניין ממוחזרים מתוך סכום כולל של 100 נקודות לפי המועצה לבנייה ירוקה בארצות הברית (USGBC, 2009)

עמדה ואוריינות סביבתית כמשפיעה על קבלת החלטות בענף הבנייה

הדיון בדבר עמדות סביבתיות הוא מרכזי בתחום הפסיכולוגיה הסביבתית. דונלפ וואן לייר היו מבין הראשונים שהתייחסו לנושא כאשר בנו שאלון עמדות סביבתיות בכדי להציג תפיסות עולם סביבתיות שונות (Dunlap & Van Liere, 1978). הם פרצו דרך למחקר רחב בנושא ופיתוח מבחני תפיסות עולם ואוריינות שונים. קיימת הסכמה בין חוקרים, כי עמדה ותפיסת עולם סביבתית, כאשר הן משולבות בידע רלוונטי יכולות לתרום להתנהגות פרו-סביבתית (Fransson & Gorling, 1999). מחקר המתייחס לשילוב ידע ועמדה סביבתית בתחום הבנייה מתאר מדינות כגון סין בהן יתכן וחוסר הכרות, הזדהות והפנמה של המושג "קיימות" מגביל את ההתפתחות של תכנון בר-קיימא במדינה (Sha, Deng & Cui, 2000).

אוריינות סביבתית נמדדת ע"י בחינת הידע הסביבתי בשילוב עם עמדה הסביבתית (Morrone, Mancl, & Carr, 2001) אך אין הגדרה מקובלת לאוריינות על כל העוסקים בתחום. ניתן לאגד כמה הגדרות להגדרה הכוללת שבעה מרכיבי יסוד: מרכיבים רגשיים, ידע בנושאי סביבה ואקולוגיה, ידע חברתי פוליטי הקשור לסביבה, בקיאות בסוגיות סביבתיות, יכולת קוגניטיבית להתמודד עם בעיות סביבה, אמונה ביכולת להשפיע והתנהגות אחראית כלפי הסביבה. שינוי בהתנהגות בעל השלכה סביבתית, תלוי בידע והכרות עם בעיות סביבתיות. מעבר לכך הוא חייב להיות משולב בתפיסת עולם סביבתית הכוללת אמונות אישיות, דיון באלטרנטיבות, יכולת פתרון בעיות והכשרה לצורך פעולה מתאימה. מחקר שנערך בקרב תלמידי בתי ספר בישראל מאשש תאוריה זו ומראה שהתנהגות סביבתית אינה פועל יוצא של ידע סביבתי בלבד אלא גם של עמדות ותפיסות עולם. מעבר לכך ההתנהגות הסביבתית שנבדקה דורגה באופן שהתנהגות שדורשת מאמץ קטן יותר ובעלת אופי של רווח כלכלי מבוצעת בתדירות גבוהה יותר (שגיא, נגב, סלזברג וטל, 2008).

מספר חוקרים עסקו בנושא של עמדות סביבתיות בתחום הבנייה. יש שמצאו שאימוץ פרקטיקות מקיימות בבנייה אינם בראש סדר העדיפות של מתכננים (Osmani, Glass & Price, 2007 ; Poon, Yu & Jaillon, 2004). בחינת הידע הסביבתי של יזמים בענף הבנייה הראה תוצאות נמוכות מהממוצע ובהתאם רמת מחויבות נמוכה לפעול לקידום פרקטיקות ירוקות (Abidin, 2010). דופלה טוען ששינוי בהתנהגות יזמים בענף הבנייה תבוא בעקבות מחויבות אישית לנושא והתאמה לערכים שלהם כאשר נקודת המוצא היא מודעות וידע (Du Plessis, 2007). תם השוותה את עמדתם של קבלנים ויזמים מתרבויות שונות בתחום החסמים במחזור פסולת בניין. התוצאות הראו שקיימת השפעה תרבותית על עמדתם הסביבתית (Tam,)

2009). במחקר מלזי ציינו החוקרים בין החסמים, שמונעים אימוץ פרקטיקות ירוקות, אכיפה נמוכה של החוק ועמדה תרבותית פסיבית לנושא הסביבתי (Abidin, 2010).

השפעת תפיסת תפקידו של המתכנן ומשרדו

מעבר לבחינת עמדותיו של המתכנן, ניתן לבחון את תפיסת תפקידו של המתכנן כמעניק שירות ומספק את דרישות הלקוח. נמצא במחקר כי מתכננים יעדיפו לא להציג בפני לקוחות פתרונות בעלי איכות סביבתית אשר אינם בעלי תועלת כלכלית אלא אם יזם אותם הלקוח, הם נדרשים מבחינה חוקית או נובעים מאתיקה מקובלת (Demaid & Quintas, 2006). מעבר לכך נמצא שאדריכלים מציינים חוסר עניין של לקוחות כסיבה לחוסר מעורבות בתחום פסולת בניין (Poon, et al, 2004). אופי משרד המתכננים נבדק גם הוא ונמצא קשר בין גודל המשרד לאימוץ פרקטיקות ירוקות. למשרד גדול בדר"כ נסיון רב ואפשרות כלכלית להתנסות ביוזמות חדשות בעוד בעלי משרדים קטנים מתמקדים בהישרדות כלכלית בלבד (Abidin, 2010).

ג. המחקר

1. מטרת המחקר

מטרת המחקר הינה לזהות מהם המכשולים והמניעים בבחירת אגרגטים ממוחזרים, מפסולת בנין, בקרב מתכננים בפרויקטי בנייה ותשתית. כך ניתן יהיה לפתח כלים, אשר יתרמו לצמצום בעיית פסולת הבניין בישראל והקטנת חציבת חומרי גלם.

2. שאלת המחקר

מהם המכשולים והמניעים בבחירת אגרגטים ממוחזרים, מפסולת בנין, בקרב מתכננים בפרויקטי בנייה ותשתית?

3. השערת המחקר

השערת המחקר היא, כי קיימים גורמים שונים המגבילים או מעודדים בחירת אגרגטים ממוחזרים לפרויקט בנייה ותשתית בקרב מתכננים. הגורמים המשוערים הם:

- ידע
- שיקולים כלכליים
- שיקולים הנדסיים
- שיקולים לוגיסטיים
- שיקולים חוקיים

- תפיסת תפקידו של המתכנן בתהליך קבלת ההחלטות
- עמדה סביבתית של המתכנן
- מאפיינים כללים של משרדי תכנון

ג.4. חשיבות המחקר

חובה כי תהליך מחזור פסולת יהיה מעגלי, כאשר הדגש המהותי הוא ניצול החומר הממוחזר. מחקר זה מתבסס על ההבנה כי פיתוח שוק מסחרי לחומר ממוחזר הוא זה שיהפוך את המחזור לבר קיימא. משום כך, חשיבות המחקר הינה בהתייחסות למתכננים כגורם מפתח בקידום שווקי הקצה לאגרגטים ממוחזרים. המחקר מציע, לראשונה בישראל, בדיקת הידע, השיקול המקצועי והעמדה של המתכננים לגבי שילוב אגרגטים ממוחזרים בפרויקטי בנייה ותשתית. המחקר יתרום להצגת תמונת מצב עדכנית של השימוש באגרגטים ממוחזרים בישראל על-ידי פילוח המניעים והמכשולים לפי משתנים רלוונטים. מידע זה יוכל לספק כלים לבניית מדיניות מתאימה הדרושה להגברת השימוש באגרגטים ממוחזרים. השימוש המוגבר יתרום לכלכליות מחזור פסולת הבניין, תוך יצירת פתרון לכמויות הפסולת המוטמנות והמושלכות בשטחים הפתוחים. הגברת השימוש באגרגטים ממוחזרים תיצור אלטרנטיבה לאגרגט החצוב תוך צמצום החציבה וניצול המשאבים הטבעיים. צמצום הפסולת והחציבה, יתרמו באופן משמעותי לשיפור איכות הסביבה בישראל.

ד. שיטת מחקר

ד.1. אוכלוסיית המחקר

בחירת אוכלוסיית המחקר נקבעה כך שניתן יהיה להגיע למדגם מייצג של מתכננים. מדגם של מהנדסים אזרחיים ואדריכלים מקבלי החלטות, שעובדים על פרויקטים מגוונים (ציבוריים ופרטיים), עבור יזמים שונים ובאזורים שונים. זאת על מנת למפות את מירב הגורמים המשפיעים על שימוש באגרגטים ממוחזרים ע"י המתכננים.

האוכלוסייה הנבדקת כוללת מתכננים עצמאיים הרשומים ב"ארגון המהנדסים והאדריכלים עצמאיים בישראל", בתחומים הבאים: מהנדסים אזרחיים (מבנים, כבישים, מים) ואדריכלים (בניין ונוף). ארגון המהנדסים והאדריכלים העצמאיים הינו גוף עצמאי, שמאגד תחת קורת גג אחת את המתכננים העצמאיים, באמצעות איגודים ייחודיים למקצועות התכנון השונים. רשימת המתכננים/בתי עסק תתקבל מהארגון. מתוך כ- 18,000 מתכננים הרשומים ב 1400 משרדי תכנון עצמאיים מדגם המחקר יכלול 1400 שותפים בכירים או עצמאיים, כאשר המתכננים יתבקשו להתייחס לכלל הפרויקטים של המשרד.

2.ד. סוג המחקר

סוג המחקר הוא סקר כאשר הכלי, שאלון, (ראה נספח 8- שאלון), משלב חלק כמותי (שאלות סגורות) וחלק איכותני (שאלות פתוחות).

למענה על מרבית שאלות המחקר משמש החלק הכמותי של השאלון. לחקר הגורמים המעודדים שימוש והמכשולים בשימוש באגרנטים הממוחזרים משמש גם החלק האיכותני שמשולב בתוך השאלות המובנות.

3.ד. משתני המחקר

ביחס להשערות המחקר, הוגדרו משתני המחקר.

המשתנים הבלתי תלויים הם כל אותם הגורמים המשוערים המשפיעים על מידת השימוש באגרנטים ממוחזרים.

<u>קריטריונים לבדיקה</u>	<u>משתנה</u> (הגורם המשפיע על מידת השימוש באגרנטים ממוחזרים)
- ידע מוקדם על אגרנטים ממוחזרים ויצרניו - הכרות ונסיון עם החומר - מקורות מידע - הבנת התועלת הסביבתית	ידע (ידע אישי, מידע זמין, מערך הסברה, ניסיון)
שיקולי המתכנן לגבי עלות האגרנטים הממוחזרים	שיקולים כלכליים- עלות החומר, עלות המיחזור
תחושת בטחון לגבי איכות החומר	שיקולים הנדסיים- איכות החומר, אחריות מקצועית, תקינה (תקנים ומפרטים לשימוש בחומר)
-שיקולי המתכנן לגבי זמינות האגרנטים נממוחזרים (איתור היצרנים או מקורות אספקת החומר) - קרבת הפרוייקט למטמנה או למפעל מיחזור פסולת בניין	שיקולים לוגיסטיים- היצע, זמינות החומר, טכנולוגיה, לוגיסטיקה
- תפיסת מקומו של המתכנן בתהליך קבלת ההחלטות (יכולת השפעה וסמכות על קבלת החלטה לגבי אגרנטים ממוחזרים) - יישום הנחיית המזמין או רגולציה קיימת -שיתוף פעולה בצוות התכנון	אחריות על קבלת ההחלטה (הגורם המחליט)

<p align="center"><u>קריטריונים לבדיקה</u></p>	<p align="center"><u>משתנה</u> (הגורם המשפיע על מידת השימוש באגרטים ממוחזרים)</p>
<p align="center">- אג'נדה סביבתית של המתכנן : עמדות סביבתיות אחריות סביבתית מוטיבציה סביבתית בפרקטיקה מקצועית - הכשרה בנושאי סביבה - השתתפות בפרויקטים ירוקים - אג'נדה סביבתית של הפרוייקט : יישום עקרונות ירוקים בפרוייקט</p>	<p align="center">אג'נדה סביבתית</p>
<p align="center">מאפייני הרקע של המתכנן : - פרופיל מקצועי - ותק - גודל החברה מאפייני הפרויקטים בהם נעשה שימוש באגרטים ממוחזרים : - סוג הפרוייקט - המזמין - אזור גיאוגרפי</p>	<p align="center">מאפייני הרקע</p>

משתנה התלוי מייצג את רמת השימוש באגרטים ממוחזרים ומורכב מ :

- מספר הפרויקטים של המתכנן, בהם נעשה שימוש באגרטים ממוחזרים
- אחוז האגרטים הממוחזרים מכלל האגרטים בפרוייקט (לביסוס ולמילוי).

4.4. כלי המחקר-מרכיבי השאלון והטכניקות שנבחרו

הסקר יערך באמצעות שאלון. השאלון כולל חלק כמותי, המורכב משאלות סגורות לדירוג בסולם הערכים מ1 עד 5 ושאלות רקע כללי, המציגות אופציות לבחירה שמטרתן למקד את המחקר. לצורך השלמת התמונה שולבו בחלקים מסוימים שאלות פתוחות, המאפשרות למשיבים להוסיף גורמים נוספים שלא נלקחו בחשבון בעת עריכת השאלון. השאלות נוסחו על סמך ההשערות העולות ממצאי המחקרים שנערכו בעולם על השימוש בחומרים ממוחזרים או יישום אסטרטגיות ירוקות אחרות ובכך מייצגות את כל משתני המחקר שהוגדרו. השאלון מורכב מארבע חלקים עוקבים.

חלק א' - מטרת החלק הראשון של השאלון היא לאסוף נתונים על המתכנן ועמדותיו הסביבתיות ורמת השימוש שלו באגרטים ממוחזרים.

חלק ב' - החלק השני נועד לברר מהם הגורמים המגבילים את הבחירה באגרטים ממוחזרים.

חלק ג' - החלק שלישי מתייחס למאפייני הפרויקטים בהם נעשה שימוש באגרנטים ממוחזרים והגורמים שהניעו את השימוש.

חלק ד' - החלק הרביעי של השאלון מתייחס לפתרונות ובודק את תרומתן הצפויה של שיטות שונות לעידוד השימוש באגרנטים ממוחזרים.

מבנה השאלון

חלק א'

מטרת החלק הראשון של השאלון הוא לאסוף נתונים על המתכנן ועמדותיו הסביבתיות ורמת השימוש שלו באגרנטים ממוחזרים. החלק מורכב משאלות רקע כללי על המתכנן כגון, פרופיל מקצועי, ותק, גודל משרד ומיקום גיאוגרפי. וכמו כן, נתונים בנוגע להכשרה סביבתית של המתכנן; פרויקטים סביבתיים ופרקטיקת השימוש באגרנטים ממוחזרים בפרוייקטים. מטרת נתונים אלו למקד את המחקר ולבודק קורלציה בין משתניו השונים.

סעיף נוסף בחלק זה נועד לזהות אג'נדה סביבתית של המתכנן, כלומר עמדות סביבתיות, אחריות ומוטיבציה סביבתית בפרקטיקה המקצועית. מטרת חלק זה לזהות האם יש קשר בין שימוש באגרנטים ממוחזרים למודעות ופרקטיקה סביבתית של המתכנן. נוסף לכך, באמצעות מבחני קורלציה בהמשך, ניתן יהיה לראות אם המתכנן בעל מודעות ונכונות ליישם אגרנטים ממוחזרים בפרוייקט, אך לא עושה זאת כיוון שלא ידוע לו על אפשרות שימוש זאת. במקרה זה אפשר יהיה להסיק כי מערך הסברה ושיווק יהיו אפקטיביים להגברת הביקושים לאגרנטים ממוחזרים.

אחד המשתנים הבלתי תלויים שהוגדרו במחקר הינו עמדות סביבתיות. עמדות הן כלל המאפיינים הרגשיים הרלוונטיים לסביבה וליחס האדם לסביבה (Fransson & Garling, 1999). מחקרים רבים מצביעים על קשר בין עמדות סביבתיות וערכים סביבתיים להתנהגות סביבתית (Barr, Gilg & Ford, 2001; Bamberg, 2003), כפי שצויין בתת-פרק עמדה ואוריינות סביבתית כמשפיעה על קבלת החלטות בענף הבנייה.

הבנת עמדות סביבתיות חשובה כאשר רוצים להשפיע על אוכלוסיות היעד לשנות את התנהגותן הסביבתית באמצעות חינוך או הסברה. הכלי בו נעשה שימוש הינו סולם NEP של דונלפ (Dunlap, Van Liere, Mertig & Jones, 2000), הבודק תמיכה ב"פרדיגמה סביבתנית חדשה". כלומר בדיקה של השקפת עולם כוללת וייחודית, כולל אמונות ועמדות באשר ליחסי הגומלין בין בני האדם ובין הסביבה. כלי זה מקובל בקרב חוקרים רבים לבחינת התמיכה בתפיסת-עולם פרו-סביבתית. כך למשל, ההיגדים המופיעים בשאלון לבחינת עמדות סביבתיות הם: "האיזון של הטבע הינו עדין מאוד וניתן להפר אותו בקלות", "לבני האדם יש זכות לנצל את הסביבה הטבעית לצורכיהם", "כמות המשאבים והמקום בכדור הארץ מוגבלת" וכד'.

חוקרים רבים (Bamberg, 2003; Barr et al., 2001; Beguma, Siwara, Pereiraa, & Jaafarb, 2009). מצביעים על תפקידם החיוני של גורמי המוטיבציה הפנימית וההתנהגות סביבתית כגורמים המשפיעים על אימוץ פרקטיקה סביבתית מסויימת. על כן, שולבו בחלק זה של השאלון שאלות הבודקות מוטיבציה אישית, כלומר, נכונות ליישם שימוש באגרנטים ממוחזרים

בפרוייקט, וכן שאלות הבודקות את אחריותו האישית של המתכנן בנושאים סביבתיים בכלל ובפסולת בניין בפרט. מטרת השאלות לברר על מי, לדעת המתכנן, מוטלת האחריות להפחתת פסולת בניין, האם למתכנן יש השפעה על קבלת ההחלטות ועד כמה הוא מעוניין לשלב היבטים סביבתיים בפרוייקטים במשרדו בכלל, ושימוש באגרטים ממוחזרים, בפרט. כך למשל, היגדים באמצעותם תבדק רמת המוטיבציה האישית והאחריות בנושא פסולת בניין הם: "אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על מתכנן", "אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על קבלן", "בידי המתכנן להשפיע על קידום נושאים סביבתיים", "מדיניות ניהול משאבים יכולה להתבצע רק ברמה הלאומית", "אני מעוניין להשתמש בחומרים ממוחזרים בפרוייקטים", "אני נוהג להשתתף בפורומים מקצועיים בנושאים סביבתיים" וכד'.

חלק זה של השאלון, הבודק אג'נדה סביבתית של המתכנן, כולל 21 היגדים. הנשאלים צריכים לציין את מידת ההסכמה באחת מחמש דרגות, לפי סולם ליקרט: מ 1- "לא מסכים כלל" עד 5 - "מסכים באופן מוחלט". חלק מההיגדים בשאלון מנוסחים כך שתגובה של "מסכים/ה" מייצגת עמדה של תמיכה ברעיונות "ירוקים". היגדים אחרים מנוסחים באופן הפוך, כך שתגובה של "לא מסכים/ה" מייצגת עמדה של תמיכה ברעיונות אלה.

חלק ב'

החלק השני של השאלון נועד לברר אילו שיקולים מקצועיים של המתכנן מביאים לכשלים בשימוש באגרטים ממוחזרים. חלק זה כולל שאלה המורכבת מ 18 היגדים, המציינים חסמים משוערים לשימוש באגרטים ממוחזרים. למשל, "אגרטים ממוחזרים עשויים לגרום נזק לסביבה", "עדיף להשתמש בחומרים המוכרים היטב והמקובלים לשימוש", "אגרט ממוחזר יקר יותר מאגרט מקורי", "שימוש באגרטים ממוחזרים מצריך שכנוע יועצים אחרים/מזמין" וכד'. הנשאלים צריכים לציין את מידת ההסכמה באחת מחמש דרגות, מ 1- "לא מסכים כלל" עד 5 - "מסכים באופן מוחלט". מטרת השאלות לזהות מה רמת ההשפעה של המשתנים אשר הוגדרו על אי-שימוש באגרטים ממוחזרים: ידע ונסיון, שיקולים כלכליים (עלות), שיקולים הנדסיים (איכות, תקינה), שיקולים לוגיסטיים (היצע, זמינות החומר), אחריות על קבלת ההחלטה (הגורם המחליט).

את השאלה הסגורה משלימה שאלה פתוחה שנותנת למשיב אפשרות להביע את דעתו האישית מדוע לא נעשה שימוש נרחב באגרטים. שאלה פתוחה נוספת נועדה לברר האם קיימת אצל המתכנן הבנת התועלת הסביבתית שבשימוש באגרטים ממוחזרים.

חלק ג'

החלק השלישי של השאלון מתייחס לפרוייקטים בהם השתתפו המתכננים ואשר נעשה בהם שימוש באגרטים ממוחזרים לביסוס ומילוי. סעיף ראשון של חלק זה נועד לאסוף נתוני רקע על הפרוייקטים. נתונים כגון, אזור גיאוגרפי, סוג הפרוייקט, זהות המזמין, אחוז האגרטים הממוחזרים מכלל האגרטים ששימשו לביסוס ומילוי. שאלות רקע אלו נבנו כשאלות סגורות המציגות אופציות לבחירה.

סעיף נוסף בחלק זה, נועד לברר מהם הגורמים שהניעו את השימוש באגרטים ממוחזרים. השאלה נבנתה כשאלה הסגורה הכוללת גורמים משוערים העשויים להשפיע על קבלת ההחלטות

בנוגע לשימוש באגרטים ממוחזרים בפרוייקט. המתכננים יתבקשו לדרג מה רמת השפעה של כל אחד מהגורמים המוצעים על יישום מוצלח של אגרטים ממוחזרים באחת מחמש דרגות, מ 1- "לגורם זה אין השפעה כלל" עד 5 - "השפעה מכריעה". הגורמים המשוערים מייצגים משתנים שהוגדרו במחקר: אחריות על קבלת החלטה ויישום רגולציה, יישום עקרונות ירוקים ושיקולים סביבתיים בפרוייקט, ידע מוקדם על אגרטים ממוחזרים. גורמים אלו כוללים למשל: "הנחיית המזמין להשתמש בחומרים ממוחזרים", "שיקול אישי", "מתן עדיפות לחומרים ממוחזרים", "השתתפות בימי עיון ופורומים מקצועיים". בסוף כל קטגוריית הגורמים המתייחסים למשתנה מסויים, ניתן מקום למשיבים להוסיף גורם נוסף החשוב לפי דעתם.

השאלה הפתוחה הסוגרת חלק זה של השאלון נועדה לברר מהם המכשולים בהם נתקלו המתכננים על מנת לשלב אגרטים ממוחזרים בפרוייקטים אלו.

חלק ד'

החלק הרביעי של השאלון מתייחס לפתרונות – שיטות, אשר יעודדו את השימוש באגרטים ממוחזרים. השאלה הסגורה כוללת שיטות מוצעות לעידוד השימוש באגרטים ממוחזרים. הנשאלים צריכים לציין את מידת ההסכמה עם אפקטיביות השיטה באחת מחמש דרגות, מ 1- "לא מסכים כלל" עד 5 - "מסכים באופן מוחלט". השיטות מתייחסות למשתנים שהוגדרו במחקר ומתחלקות לשני תחומים - גיבוש המדיניות ואסטרטגיות חינוך ושיווק (העברת ידע, הכשרה מקצועית, חינוך והסברה, שיווק ופרסום). השיטות כוללות למשל, "מתן עדיפות לשימוש באגרטים ממוחזרים במכרזים", "הוזלת מחירו של אגרט ממוחזר לעומת מקורי באמצעות מיסים וסובסידיות", "העברת מידע בפורומים מקצועיים", "הפצת מידע מקצועי מהיצרנים באמצעות פרסום". בסוף השאלה הסגורה ניתן מקום למשיבים להציע שיטה שתהיה אפקטיבית לדעתם.

5.4. מהלך המחקר

א. תיקוף השאלון - לפני תחילת סקר המתכננים, השאלון יעבור תיקוף מומחים ובדיקת מהימנות.

ב. ביצוע סקר המתכננים - השאלון אלקטרוני יופץ לאוכלוסיית המחקר באמצעות תפוצת הדואר האלקטרוני של ארגון המהנדסים והאדריכלים עצמאיים בישראל. על מנת להבטיח שהמשוב המתקבל יהיה מייצג, יוגדרו כמויות הסף לצורך תחילת עיבוד הנתונים. כמויות הסף ישקפו ייצוג של כלל המתכננים על פי ארבע קטגוריות רקע כללי שהוגדרו בשאלון: פרופיל מקצועי, אזור גיאוגרפי של החברה, ותק מקצועי וגודל חברה.

מחקרים דומים קודמים (Osmani et al 2008; Chick & Calkins, 2005; Micklethwaite, 2004) מציינים הענות נמוכה של המתכננים לשאלון וחלקם אף מציעים דרכים אפשריות להגברת מספר המשובים. על מנת להגיע לכמויות הסף לצורך תחילת עיבוד הנתונים, תשלח פנייה חוזרת בדוא"ל לאחר שבועיים מהפצת השאלון המקורי. שבועיים מההפצה החוזרת,

על מנת להגיע למדגם מייצג לפי ארבע קטגוריות רקע שהוגדרו, השאלונים ישלחו בדואר, בצירוף מכתב פנייה אישית, לקבוצה המצומצמת יותר של המתכננים שטרם הגיבו.

שבוע לאחר מכן, עורך הסקר יצור קשר טלפוני לתזכורת. המחקר של אוסמני ועמיתיו (Osmani et al 2008) מציין הגדלה ניכרת במספר המשוברים כתוצאה מפעולות אלו, כך שמספר המשוברים המתקבל היווה כ-40% משאלונים שהועברו בסקר.

ג. עיבוד וניתוח נתונים - ניתוח הנתונים יערך בהתאם לאופן הניתוח במחקר אשר ערכו צ'יק ומיקלסוויט (Chick & Micklethwaite, 2004). לנתונים כמותיים יערך ניתוח ועיבוד סטטיסטי. לנתונים האיכותיים יערך ניתוח תוכן. לאחר מכן, תבוצע הצלבה של נתונים שונים כדי להגיע לידי ניתוח של אותם נתונים והצלבתם למסקנות הנובעות מהמחקר. כך למשל תיבדק קורלציה בין מודעות סביבתית-מוטיבציה פנימית של המתכנן- ידע על אגרגטים ממוחזרים - ורמת השימוש באגרגטים ממוחזרים. לאחר מכן, יערך עיבוד סופי של ממצאי המחקר לאחר סטטיסטיקה וניתוחם לצורך הסקת מסקנות. ניתוח התוצאות יענה על שאלות הבאות, שנגזרו משאלת המחקר:

- מהו הקשר בין שימוש לבין מאפייני הרקע של בעלי המקצוע: פרופיל מקצועי, ותק, גודל חברה, מעורבות בפרויקטים ירוקים וכו'. קשר זה יאפשר למפות תמונת מצב לגבי השימוש וההתפלגויות (איזה סוג של בעלי מקצוע משתמשים יותר ואיזה סוג בכלל לא משתמשים). תמונת מצב זו תסייע בגיבוש אסטרטגיות פעולה המכוונות לקהל המתכננים.
- מהו הקשר בין שימוש (או חוסר שימוש) באגרגטים ממוחזרים לעמדות הפרו-סביבתיות למוטיבציה להשתמש ולידע על אגרגטים ממוחזרים (לגבי קיום התחליף לאגרגט מקורי).
- מהו הקשר בין רמת השימוש באגרגטים ממוחזרים למאפייני הרקע של הפרוייקט: סוג המזמין (גוף ציבורי, חברה פרטית) וסוג הפרוייקט בו נעשה שימוש באגרגטים ממוחזרים (כבישים, תשתיות, מבני ציבור וכד'), אזור ביצוע הפרוייקט (האם יש השפעה למיקום הפרוייקט, קרבה למפעלי מחזור פסולת בניין וכד'). הניתוח יאפשר להשלים תמונת מצב לגבי השימוש ויראה התפלגויות בין סוגי הפרוייקטים בהם נעשה שימוש באגרגטים ממוחזרים, הגופים המזמינים, והאזורים הגאוגרפיים של ביצוע הפרוייקטים.
- מה מידת השפעתם של המשתנים השונים שהוגדרו במחקר על שימוש באגרגטים ממוחזרים בפרוייקטים. זאת במטרה לזהות מהם הגורמים שמגבילים או מעודדים את השימוש באגרגטים ממוחזרים.
- מהי השפעתה של תפיסת מקומו של המתכנן בתהליך קבלת ההחלטות (יכולת השפעה וסמכות לקבל החלטה לגבי אגרגטים ממוחזרים) על השימוש בפועל באגרגטים ממוחזרים.
- באיזה אחוז מהמקרים שימוש באגרגטים ממוחזרים נובע מצורך ביישום הנחיית המזמין או ברגולציה קיימת, ולא נובע מהמתכנן עצמו.
- מהן השיטות האפקטיביות בעיני המתכננים להגברת השימוש באגרגטים ממוחזרים בפרוייקטים.

ה. הערכת קשיים הצפויים ומגבלות המחקר

בהתאם לסקרים דומים שנערכו בחו"ל, כפי שצוין, קושי עיקרי צפוי הוא הענות נמוכה של המתכננים לסקר. לכן, כחלק מתהליך ביצוע סקר המתכננים, הצענו שיטות להתמודדות, שנמצאו כאפקטיביות להגברת מספר המשובים במחקרים בחו"ל.

זיהינו מספר מגבלות של המחקר. חלקן נובעות מכלי המחקר שנבחר – שאלות סגורות שעשויות לא לשקף את דעותיהם של כל המשיבים, וחלקן נובעות מרצונם של המשיבים להראות יותר סביבתיים בתשובותיהם. מגבלה נוספת, עליה גם מצביעים מחקרים קודמים, היא בכך שהסקר עשוי לא לייצג מספיק את המתכננים אשר לא מכירים את הנושא ולא מעוניינים בו.

מכיוון שהמחקר טופס נישה אחת מסוימת בתוך נושא הביקושים לאגרגטים ממוחזרים אנו ממליצות על מחקר המשך, כך שיכלול את שאר הצדדים בפרויקטי בנייה ותשתיות: יזמים, יצרנים ומגבשי מדיניות.

ו. סיכום ותרומתו המרכזית של המחקר

אין עוררין בתפקיד המרכזי של ענף הבנייה ופיתוח ביצירת הביקושים לשימוש באגרנטים ממוחזרים מפסולת בניין. בתפקיד זה, המתכננים (מהנדסים ואדריכלים) מהווים חולייה חיונית.

מכיוון שכיום השימוש באגרנטים ממוחזרים בארץ מצומצם מאוד, המחקר המוצע מתמקד במיפוי החסמים, המכשולים והמניעים לשילוב אגרנטים ממוחזרים מפסולת בניין, בפרויקטי בנייה ותשתית, בקרב מתכננים בישראל. ממצאי המחקר המוצע יתרמו מידע חיוני להגברת הביקושים לאגרנטים ממוחזרים במישורים הבאים:

- תמונת המצב - בניית תמונת מצב עדכנית בסיסית בנושא. תמונת מצב דרושה לשם הערכת הקיים וכן לצורך גיבוש מדיניות ואסטרטגיות פעולה.
 - קווי מסגרת – הגדרת קווי מסגרת (קריטריונים המשפיעים) לביקושים לאגרנטים ממוחזרים בתחום הבנייה ופיתוח, הדרושים לצורך גיבוש מדיניות ואסטרטגיות פעולה להגברת הביקושים.
 - מדיניות – המחקר המוצע צפוי לספק נתונים שיוכלו לשמש את הגופים הציבוריים וממשלתיים בגיבוש מדיניות גמישה יותר ומותאמת לצרכי השטח, שתביא להגברת השימוש באגרנטים ממוחזרים מפסולת בניין.
 - פעולות אסטרטגיות – ממצאי המחקר יוכלו לתרום לגיבוש המלצות לפעולות אסטרטגיות כמו הסברה ושיווק המופנות אל המתכננים.
- בכך המחקר עשוי לתרום לצמצום בעיית פסולת בניין וחציבת חומרי גלם.

רשימת מקורות

באום, ה', וכץ, א' (2004). אפיון כמויות ומרכיבי פסולת באתרי בנייה. מוסד הטכניון למחקר ופיתוח.

ביטרמן, מ' ורייש, ר' (2009). פרק הבנייה. בתוך ש', פורת (עורכת). ישראל מול משבר האקלים סיכונים לעומת הזדמנויות כלכליות מסמך מדיניות של קואליציית 'דרכים לקיימות' (עמ' 50-60). קואליציית דרכים לקיימות.

השר להגנת הסביבה, (2010). הצעת החלטה לממשלה בנושא חיוב השימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בניין לעבודות תשתית, סלילה ובנייה.

טל, א' (2009). פרק ז' (איכות הסביבה) להצעת חוק ההתייעלות הכלכלית (תיקוני חקיקה ליישום התכנית הכלכלית לשנת 2009 ו- 2010) מחזור פסולת בניין במחצבות, מרכז המחקר והמידע, הכנסת.

זביצקי, י', אפשטיין, ו', וגונצ'רוב, א' (2002). מחזור של הריסות בנייה מבטון וטיפול בפסולת בנייה. המכונים למחקר שימושי אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

חוק התכנון והבנייה תשכ"ה 1965

חוק שמירת הנקיון התשמ"ד 1984

כץ, א', לרמן, ד', וארועטי, א' (2002). תכנון שלד, תב"ע ובינוי ופיתוח בקני"מ 500: 1 תהליכים, שירותים, תעריפים ונהלים, אגף אדריכל ראשי, מינהל תכנון, משרד הבינוי והשיכון.

כץ, א', לרמן, ד', וארועטי, א' (2003). תכנון מפורט לביצוע שירותים, תעריפים ונהלים, אגף אדריכל ראשי, מינהל תכנון, משרד הבינוי והשיכון.

לרמן אדריכלים ומתכנני ערים בע"מ, אביב ניהול הנדסה ומערכות מידע בע"מ (2008). תמ"א 14 ב- תכנית מתאר ארצית לאתרי כרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה, סקר ספרות- דו"ח שלב א' מינהל התכנון, משרד הפנים.

מבקר המדינה, (2008). דו"ח שנתי של מבקר המדינה 58 לשנת 2007 ולחשבונות שנת הכספים – 2006 - כרך ראשון, ירושלים: כתר בע"מ.

שגיא ג', נגב מ', סלזברג א', וטל א' (2008). אורינות סביבתית: תוצאות מדגם מייצג במערכת החינוך בישראל. עיונים בנייהול משאבי טבע, 6, 64-78

Abidin, N. (2010). Investigating the awareness and application of sustainable construction concept by Malaysian developers. *Habitat International*, 34(4), 421-426.

Aggregate Levy. (2002). Regulation 761/2002 United Kingdom Government. London.

Alevantis, L., Frevert, K., Muller R., Levin H. & Sowell, A. (2002). [Sustainable Building Practices in California State Buildings](#). *Indoor Air, Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air, Quality and Climate*, 3, 666-671.

ALSF- Aggregates Levy Sustainability Fund. (2008). *Sustainable utilization of quarry by product*. UK: Petavratzi E., Wilson S.

- Bamberg, S. (2003). How does environmental concern influence specific environmentally related behaviors? A new answer to an old question. *Journal of Environmental Psychology*, 23(1), 21-32.
- Barr, S., Gilg, A. W. & Ford, N. J. (2001). A conceptual framework for understanding and analysing attitudes towards household-waste management. *Environment and Planning A*, 33(11), 2025- 2048.
- Beguma, R.A., Siwara, C., Pereira, J.J. & Jaafar, A.H. (2009). Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(6), 321-328.
- Blengini, A. & Garbarino, H. (2010). Resources and waste management in Turin, Italy: the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. *Journal of Cleaner Production*, 18(10-11), 1021-1030.
- Calkins, M. (2005). Strategy use and challenges of ecological design in landscape architecture. *Landscape and Urban Planning*, 73(1), 29-48.
- Cascadia Consulting Group. (2004). *Statewide Waste Characterization Study for the State of California*. California.
- Chick, A. & Micklethwaite, P. (2004). Specifying recycled: understanding UK architects' and designers' practices and experience. *Design Studies*, 25(3), 251-273.
- Coventry, S. & Guthrie, P. (1998). *Waste Minimization and Recycling in Construction: Design Manual*. United Kingdom: CIRIA Construction -Industry Research and Information Association.
- CRiBE - Centre for Research in the Built Environment. (2003). *Construction Waste Minimisation – Good Practice Guide*. Cardiff, United Kingdom: Greenwood, R.
- Demaid, A. & Quintas, P. (2006). Knowledge across cultures in the construction industry: sustainability, innovation and design. *Technovation*, 26(5-6), 603-610.
- Du Plessis, C. (2007). A Strategic framework for sustainable construction in developing countries. *Construction Management and Economics*, 25(1), 67-76.
- Dunlap, R. & Van Liere, K. (1978). The “New Environmental Paradigm”. *The Journal of Environmental Education*, 9(4), 10 -19.
- Dunlop, R.E, Van Liere, K.D., Mertig A. G. & Jones, R. E. (2000). Measuring endorsement of the New Ecological Paradigm: a revised NEP scale. *Journal of Social Issues*, 56(3), 425-442.
- Duran, X., Lenihan, H. & O'Regan, B. (2006). A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling - the case of Ireland. *Resources, Conservation and Recycling*, 46(3), 302-320.

Enviros Consulting. (2004). Valuation of the external costs and benefits to health and environment of waste management options, Final report for Defra, from <http://www.defra.gov.uk/environment/waste/statistics/health.htm>, (Last Retrieved July 20, 2010).

EPA- United States Environmental Protection Agency. (1998). *Characterization of building related Construction and demolition Debris in the United States*. Washington DC.

EPA- United States Environmental Protection Agency. (2003). *Estimating Building Related Construction and Demolition Materials Amounts*. Washington, DC.

EPA- United States Environmental Protection Agency. (2008). *Municipal Solid Waste generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2008*. Washington, DC.

Executive Order 13423. (2007). Strengthening Federal Environmental, Energy, and Transportation Management. *Federal Register*, 72(17). The White House, Washington, DC.

Fransson, N. & Garling, T. (1999). Environmental concern: Conceptual definitions, measurement methods, and research findings. *Journal of Environmental Psychology*, 19(4), 369-382.

Gilpin R. & Kapo, K. (2004). A GIS analysis of suitability for construction aggregate recycling sites using regional transportation network and population density features. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(4), 351-365.

Gilpin. R., Menzie D. & Hyun H. (2004). Recycling of construction debris as aggregate in the Mid-Atlantic Region, USA. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(3), 275–294.

Green N. & Patterson L. (2004). *Debris Recycling for Environmental Protection and Economic Development, Practice Guide #7*. Georgia, USA: College of Architecture Georgia Institute of Technology Construction & Demolition.

Hadfield, M. (2005). Materials & Design. *Sustainable Design*, 26(7), 569-570.

Hobbs,G. (2008). Construction Resources and Waste Roadmap 2008, for Defra's Business Resource Efficiency and Waste Programme (BREW), from www.crwplatform.co.uk/conwaste/assets/Publications/Roadmap_final.pdf, (Last Retrieved July 20, 2010).

Lam, P., Chan, E., Poon, B., Chau, C. & Chun, K. (2010). Factors affecting the implementation of green specifications in construction. *Journal of Environmental Management*, 91(3), 654 –661.

MDEP- Massachusetts Department of Environmental Protection. (2006). *Solid Waste Master Plan: 2006 Revision*. Massachusetts.

MDEP- Massachusetts Department of Environmental Protection. (2008). *Construction & Demolition Debris Industry Study. Final Report*. Massachusetts.

MDEP- Massachusetts Department of Environmental Protection. (2010). *The Massachusetts beyond 2000 solid waste master plan, 310 CMR 30.000: Hazardous Waste 2010*. Massachusetts.

Menegaki, M. & Kaliampakos, C. (2010). European aggregates production: Drivers, correlations and trends. *Resources Policy, In Press, Corrected Proof*, In press, from <http://www.sciencedirect.com/science>.

Morrone, M., Mancl, K. & Carr K. (2001). Development of a Metric to Test Group Differences in Ecological Knowledge as One Component of Environmental Literacy. *The Journal of Environmental Education*, 32(4), 33–42.

Nitivattananon, V. & Borongan, G. (2007). Construction and Demolition Waste Management : Current Practices in Asia. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Chennai, India*, 97-104.

Osmani, M., Glass, J. & Price, A. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, 28(7), 1147–1158.

Pearce, A. & Vanegas, J. (2002). A parametric review of the built environment sustainability literature. *International Journal Environmental Technology and Management*, 2(1-3), 54-93.

Poon, C., Yu, A. & Jaillon, L. (2004). Reducing building waste at construction sites in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 22(5), 461-470.

Ready M. & Ready R. (1995). Optimal Pricing of Depletable, Replaceable Resources: The Case of Landfill Tipping Fees. *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(3), 307-323.

Sarja, A. (2002). *Integrated Life Cycle Design of Structures*. London: Spon Press.

Sassi, P. (2004). Designing buildings to close the material resource loop. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering Sustainability*, 157 (ES3), 163 – 171.

Sha, K., Deng, X. & Cui, C. (2000). Sustainable construction in China: status quo and trends. *Building Research & Information*, 28(1), 59 –66.

Shen, L., Tam, V., Tam, L. & Ji, Y. (2010). Project feasibility study: the key to successful implementation of sustainable and socially responsible construction management practice. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 254-259.

Solid Waste Disposal Act. (2002). *Sec 6002*. Washington DC.

Symonds. (1999). Construction and Demolition Waste Management Practices, and their Economic Impacts. *Report to DGXI European Commission*, from http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/cdw/cdw_report.htm, (Last Retrieved July 20, 2010).

Tam, V. (2009). Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. *Journal of Cleaner Production*, 17(7), 688-702.

Tam, V., Shen, L., Yau, R. & Tam, C. (2007). Using a communication-mapping model for environmental management (CMEM) to improve environmental performance in project development processes. *Building and Environment*, 42(8), 3093-3107.

The European Parliament and council. (1999). Directive 1999/31/EC on waste and repealing certain Directives. *Official Journal of the European Union*, L 182. Luxemburg.

The European Parliament and council. (2008). Directive 2008/98/EC on the landfill of waste. *Official Journal of the European Union*, L 312/3. Luxemburg.

Thurbery. (2001). Market development study for recycled aggregate products. Alberta, Canada. *Report to WRAC-Waste Reduction advisory committee*, from hmexc.com/pdf/Recycled_CRD_Aggregates.pdf, (Last Retrieved July 20, 2010).

Tuncer, B. & Schaerti, G. (2010). Waste Management Inc. in C&D. CD World Online Magazine, from www.cdworldmag.com/index.php/features/160-waste-management-inc-in-cad.html, (Last Retrieved July 20, 2010).

UEPG - European Aggregates Association. (2007). Annual report 2007. Brussels.

UEPG - European Aggregates Association. (2006). *Annual statistics 2006*. Brussels.

USGBC- U.S green building council. (2009). *LEED 2009 for new construction and major renovation*. Washington, DC.

Underwood, J., Alshawi, M., Aouad, G., Child, T. & Fara, I. (2000). Enhancing building product libraries to enable the dynamic definition of design element specifications. *Engineering Construction and Architectural Management*, 7(4), 373 – 388.

WBCSD -World Business Council for Sustainable Development & CSI- The Cement Sustainability Initiative. (2007). *Progress report 2007*. Switzerland.

WRAP -The Waste & Resources Action Programme. (2005). *Quality Protocol for the production of aggregates from inert waste, revised edition*. London.

WRAP -The Waste & Resources Action Programme. (2006). *The sustainable use of resources for the production of aggregates in England*. London.

Zebau GmbH. (2006). Cowan study, construction and demolition waste management in Germany, from www.cowamproject.org/cms/Content/.../Germany_CD_Waste.pdf, (Last Retrieved July 20, 2010).

Zhao, W., Leefink, R. & Rotter, S., (2010). Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China-The case of Chongqing. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(6), 377-389.

אתרי אינטרנט:

- <http://tinyurl.com/39368yk> , [מקוון] , (2007), שיטת הטיפול המשולב בפסולת מוצקה, (גישה בתאריך 20 יולי 2010)

www.epa.gov/greenbuilding - United States Environmental Protection Agency. (Last Retrieved July 20, 2010).

<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>

- US Green Building Council internet site, (Last Retrieved July 20, 2010).

www.constructionwaste.info, (Last Retrieved July 20, 2010).

נספחים

נספח מס. 1

מתוך המפרט הכללי לסלילת מסלולים בשדות תעופה, כבישים ורחבות (פרק 51)

מהדורה שישית-1998, דף תיקון מס' 3- יולי 2007, הועדה הבינמשרדית לסטנדרטיזציה של מסמכי החוזה לבנייה ולמיחשובם בהשתתפות משרד הביטחון, משרד הבינוי והשיכון ומשרד התשתיות הלאומיות/מע"צ

דף תיקון מס' 3 – לפרק 51 – יולי 2007

5. בעמוד 51-22, סעיף 510252 שונה:

להלן הסעיף המתוקן:

510252 בעדד עפר מקומי מתאים להשלמת העפר החסר לצרכי מילוי, יובא מבחוץ חומר מילוי כמפורט להלן: מילוי מובא

א. המילוי המובא והמקור ממנו יובא, יעמדו בדרישות המפרט המיוחד וטעונים אישור המפקח;

ב. מותר שימוש באפר פחם תחתית, או מרחף, או אפר מתעשיית הצמנט, כמילוי או כחלק מהמילוי – בתנאי שיתאים לדרישות המפורטות במסמכי החוזה;

ג. מילוי בחומר חצוב ראה סעיף 510242 לעיל;

ד. יותר שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים, כגון: בטון ומוצרי בטון גרוסים, חול, טיח, אבן, וכד', כחומר מילוי, בתנאי שיתאימו לדרישות שבמסמכי החוזה, ותכולת החומרים הלא מינרליים בהם לא תעלה על 2% במשקל.

טבלה 5 – תכונות האגרגאטים

סעיף מס'	התכונה הנבדקת	הדרישה		לפי הבדיקה לפי
		מצע סוג א'	מצע סוג ב'	
1	תכולת גרגירים גרוסים באגרגאט גס בצרורות נחל	מיני' 60%	אבן גרוסה ממחצבה, צרורות נחל גרוסים, אבן מרוסקת טבעית, שכבות אספלטיות מקורצפות, צרורות נחל טבעיים, חומרי בנייה ממוחזרים* חומר מצע אחר מאושר	-
2	שיעור השחיקה לוס אנג'לס בדירוג B	מקסי' 35%	-	-
3	שווה ערך חול.	מיני' 27%	20	23
4	גבול נזילות	מקסי' 25%	30	25
5	מדד פלסטיות	מקסי' 6%	8	6
6	צפיפות ממשית באגרגאט הגס (ג'סמ"ק)	מיני' 2.3	-	-
7	מת"ק מעבדתי	מיני' 60% בתחום תכולת רטיבות של 3% באגרית הידוק לפי מבחן פרוקטור המתוקן	מיני' 40% בתחום תכולת רטיבות של 2% באגרית הידוק לפי מבחן פרוקטור המתוקן	ת"י 1865 חלק 3 פרק ז'

*במקרה של חומרי בנייה ממוחזרים, תכולת החומרים הלא מינרליים לא תעלה על 2% במשקל.

נספח מס. 2

מתוך המפרט הכללי לאספקת חומרים לתשתית ולבנייה (פרק 55)

מהדורה שניה- 2000, דף תיקון מס' 2- יולי 2007, הועדה הבינמשרדית לסטנדרטיזציה של מסמכי החוזה לבנייה ולמיחשובם בהשתתפות משרד הביטחון, משרד הבינוי והשיכון ומשרד התשתיות הלאומיות/מע"צ.

דף תיקון מס' 2 – לפרק 55 – יולי 2007

55 – מפרט כללי לאספקת חומרים לתשתית ולבנייה

מהדורה שניה – 2000

דף תיקון מס 2 – יולי 2007 (4 עמודים)

דף תיקון זה מעדכן את דף תיקון מס' 1 מדצמבר 2003

1. בעמוד 5, סעיף 550012 שונה:

להלן הסעיף המתוקן:

550012 להלן רשימת מסמכי מכון התקנים הישראלי בנושא בקרת איכות: מסמכי מכון התקנים הישראלי
ת"ת 12 – מפעלי בטון מובא: מערכת איכות: דרישות;
ת"ת 15 – מפעלי בטון מובא: נהלי הסמכה;
ת"ת 20 – מפעלים לייצור תערובות אספלטייות חמות: מערכות איכות: דרישות;
ת"ת 21 – מפעלים לייצור תערובות אספלטייות: נהלי הסמכה;
ת"ת 30 – דרישות ממערכות איכות במחצבות, מתקני גריסה וייצור חומרי מחצבה.

2. בעמוד 8, סעיף 55011 שונה:

להלן הסעיף המתוקן:

55011 כמצע ישמשו אגרגאטים מינרליים שמקורותיהם ימוינו כדלקמן, אחד מהם או צרוף של שניים מהם, בהתאם לאמור להלן: מיון מקורות חומרי המצע
א. אבן מרוסקת טבעית (שברי אבן);
ב. אבן גרוסה ממחצבה;
ג. צרורות נחל טבעיים;
ד. צרורות נחל גרוסים;
ה. כורכר, רק לפי דרישות המזמין ולאחר אישורו;
ו. חומרי בנייה ממוחזרים;
ז. שכבות אספלטייות מקורצפות;
ח. חומר מחצבה או חומר גרנולרי אחר בתנאי שיעמוד בכל דרישות הטיב המוגדרות לסוג א' או לסוג ב', ובאישור מוקדם בכתב של המפקח או המזמין.

3. בעמוד 9, סעיף 550133 שונה:

להלן הסעיף המתוקן:

550133 האגרגאטים לחומרי המצע יהיו קשים, ברי-קיימא, בעלי תכונות המאפשרות דרישות איכות לעבדם לשכבה אחידה, צפופה ויציבה על ידי הרטבה, ערבוב והידוק.
החומרים למצע סוג א' או סוג ב' יעמדו בדרישות האיכות המפורטות בטבלאות מס' 2 ומס' 3 להלן. בדיקה שלא עמדה באחת מדרישות האיכות שבטבלאות תפסול את כל כמות החומר אותה היא מייצגת.
יותר שימוש כמצע סוג ב' בחומרי בנייה ממוחזרים כגון: בטון ומוצרי בטון גרוסים, חול, טיח ואבן, בתנאי שיתאימו לדרישות בטבלאות מס' 2 ומס' 3 להלן.

דף זה אינו מהווה חלק מהחוזה.

מטרת הדף – להנחות המתכנן, בעת הכנת המפרט המיוחד.

נספח מס. 3

החלטת ממשלה מס. 2927

החלטות ממשלה

החלטה	
כותרת החלטה:	הסדרת הטיפול בפסולת בניין
נושא סביבתי:	מיחזור, פיקוח ואכיפה, פסולת מוצקה, תעשיות ורישוי עסקים
מספר החלטה:	2927
תאריך החלטה:	09/02/2003

תוכן ההחלטה

החלטה מס. 2927 של הממשלה מיום 09.02.2003.

מ ח ל י ט י ם (פה אחד):

1. להטיל על השר לאיכות הסביבה להסדיר את הטיפול בפסולת הבניין ברחבי ישראל בתוך 3 שנים, ולא יאוחר מסוף שנת 2005, במטרה לנקות את השטחים המזוהמים בפסולת בניין.

2. עיקרי התוכנית:

א) פעילות בתחום הרשויות המקומיות

משרד הפנים והמשרד לאיכות הסביבה ינחו את הרשויות המקומיות, ובכלל זה עיריות, מועצות מקומיות ומועצות אזוריות, להכין תכניות מקצועיות להסדרת הטיפול בפסולת הבניין הנוצרת או המצויה בשטחן. התוכניות יכללו הוראות והסדרים בעניינים הבאים:

- הקמה והפעלה של תחנת מעבר לפסולת בניין או משטח לפינוי פסולת גושית ברשויות מקומיות, בהתאם לקריטריונים שיקבע המשרד לאיכות הסביבה, בהתבסס על כמויות הפסולת הנוצרת, גודל פיזי ודמוגרפי של הישוב, היקפי בניה ועוד.
- ביצוע מיחזור פסולת בניין בתחנת המעבר עצמה, או העברתה למפעל מיחזור, והעברת שאריות הפסולת שיוותרו לאחר המיחזור לאתרי הטמנה מוסדרים לפסולת יבשה.
- חיוב קבלנים ואחרים על ביצוע פרויקטים של הריסה או בניה בהיקף גדול (בהתאם למפתח שייקבע בשיתוף משרד הפנים והמשרד לאיכות הסביבה), על-ידי הרשות המקומית, לבצע גריסה של פסולת הבניין באתר הבניה ולמחזר את הפסולת במגמה להגיע להיקף של 50% לפחות, וכן להפנות פסולת לאחר גריסה לשימוש חוזר. החיוב ייעשה במסגרת חקיקת חוק עיר, בתנאים בהיתר הבניה וכתנאי למתן טופס 4 (לאכלוס), ובמסגרת תקנות התכנון והבניה (היתר, תנאים ואגרות), התש"ל-1970, אשר יתוקנו ככל הדרוש להסדרת העניין.
- ניקוי ושיקום שטחים פתוחים בבעלות מינהל מקרקעי ישראל, בהם קיימים ריכוזי פסולת, על-ידי מינהל מקרקעי ישראל ובמימונו, בהתאם לקריטריונים מקצועיים שיקבע המשרד לאיכות הסביבה - בתיאום עם מינהל מקרקעי ישראל.
- טיפול בשטחים פתוחים בבעלות פרטית המזוהמים בפסולת, באמצעות צווי ניקוי שיוצאו למשליך הפסולת, ובמקרה של אי-איתור משליך הפסולת - תחוייב בכך הרשות המקומית, על-פי כל דין.
- שר הפנים, בתיאום עם השר לאיכות הסביבה, יכין הצעה של חוק עזר לדוגמה בנושא הטיפול בפסולת בניין אשר יופץ לכל הרשויות המקומיות ויוכל לעגן את האמור בהחלטה זו. המנהל הכללי של משרד הפנים יכלול תוכן החלטה זו, ככל שהיא נוגעת לרשויות המקומיות, בחוזר מנכ"ל שיפיץ עם קבלת החלטה זו.

ב. פתרונות קצה לשימוש חוזר בפסולת בניין

משרדי הממשלה יקדמו, כל אחד בתחומו, פיתוח שימושים לחומר הממוחזר לשימוש בתשתיות ובתעשייה.

- המשרד לאיכות הסביבה יקיים בחינה עם הגורמים הבאים: משרדי התחבורה, הבינוי והשיכון, הבטחון, התשתיות הלאומיות ומינהל מקרקעי ישראל, במגמה שכל אחד בתחומו ובמסגרת סמכויותיו יחייב את גורמי הביצוע במשרד ומחוצה לו, להשתמש בכל פרויקט בניה ותשתיות ב-20% פסולת בניין ממוחזרת לפחות.
- המשרד לאיכות הסביבה יפרסם "קול קורא" ליזמים, בו יתבקשו להציע פיתוח פתרונות ישימים לשימוש בפסולת בניין ממוחזרת בתשתיות ובתעשייה.

ג. פיקוח ואכיפה

(1) המשטרה הירוקה של המשרד לאיכות הסביבה תתוגבר בשנת 2003 ב-20 מפקחים, לרבות הצידוד

הדרוש, למשך 36 חודשים לפחות. המשטרה הירוקה תפעל במשמרות, לאורך כל שעות היממה, לצורך ריכוז מאמץ לטיפול בנושא פסולת בניין, וביצוע מבצעי אכיפה נרחבים כנגד עבריינים המשליכים פסולת בניין.
(2) שר המשפטים יבחן דרכים לקידום הליכי שפיטה מהירה כנגד נאשמים בהשלכת פסולת בניין.

ד. תקצוב

(1) לביצוע התכנית יוקצה למשרד לאיכות הסביבה, החל משנת 2003, סכום של 54 מליון ש"ח ל-3 שנים (18 מליון ש"ח לשנה) בחלוקה הבאה:

א) 18 מליון ש"ח אשר ימומנו בחלקים שווים על-ידי המשרדים הבאים: איכות הסביבה, הפנים, התשתיות הלאומיות, הבינוי והשיכון, החקלאות ופיתוח הכפר ומינהל מקרקעי ישראל (סה"כ 3 מליון ש"ח למשרד) לביצוע הפעולות הבאות:
(1) מימון פעילותם השוטפת של 20 מפקחים שיופעלו בתכנית (תוספת 10 מפקחים על-חשבון חודשי עבודה ו-10 מפקחים המרה מתקציב חברות כוח-אדם של המשרד לאיכות הסביבה).
(2) ניקוי פסולת בניין משטחים פתוחים ומקומיים.
(3) סיוע ליזמים ולרשויות למיחזור פסולת בניין.
(4) פיתוח והקמת תחנות מעבר לפסולת בניין ברשויות המקומיות, באמצעות משרד הפנים בהתאם לתוכנית שתסוכם בין משרדי איכות הסביבה, הפנים והאוצר.

ב. בשנות התקציב 2004 ו-2005 יקבע הסכום השנתי בסך 18 מליון ש"ח כתוספת מיוחדת לבסיס התקציב של המשרד לאיכות הסביבה.

(2) סך של 50 אחוזים מסכומי הקנסות שיוטלו בעקבות פעילות עובדי הרשויות המקומיות, באמצעות מתן ברירות משפט לפי חוק שמירת הניקיון אשר ישולם לקרן לשמירת הניקיון, יועבר לרשויות המקומיות. כספים אלה ישמשו את הרשויות לפעולות ניקוי השטחים המזוהמים בפסולת.
(3) משרד התעשייה והמסחר יבחן, במסגרת מרכז ההשקעות, ובהתאם לחוק לעידוד השקעות הון, את הצורך בעידוד יזמים שיקימו ויפעילו תעשיות או עסקים למיחזור פסולת בניין.
(4) השר לאיכות הסביבה ידווח לממשלה אחת לשישה חודשים על התקדמות ביצוע התוכנית.

נספח מס. 4

הוראת תכ"ם 7.12.8 העדפת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים

שם ההוראה: העדפת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים	
מספר הוראה: 7.12.8	פרק ראשי: התקשרויות ורכישות
מהדורה: 01	פרק משני: סוגיות בהתקשרות

מילות מפתח:

מחזור, פסולת בניין, חומר בניין, איכות הסביבה

1. כללי

1.1. בהתאם להחלטת הממשלה מס' 2927 משנת 2003, עולה החשיבות לקדם את מחזור פסולת הבניין כאמצעי לצמצום הפסולת המושלכת ולשימור המשאבים.

2. מטרת המסמך

2.1. להנחות את משרדי הממשלה באופן היישום של העדפת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים במכרזים ובהתקשרויות שהמשרדים עורכים.

3. הגדרות

- 3.1. המזמין – משרדי הממשלה ויחידות הסמך שלהם.
- 3.2. התקשרות – הסכם שעליו חתום משרד ונועד לביצוע עסקה בטובין או במקרקעין, לביצוע עבודה או לרכישת שירותים.
- 3.3. מכרז – מכרז פומבי רגיל, מכרז פומבי מוגבל או מכרז סגור.
- 3.4. מציע – ספק המעוניין להשתתף בהליך תחרותי להתקשרות עם המדינה בחוזה.
- 3.5. משרד – כל משרד ממשרדי הממשלה או יחידת סמך של משרד כאמור, למעט משרד הביטחון.
- 3.6. קבלן - ישות המבצעת עבודת הקמה בהתאם לחוזה הקמה. במסגרת מונח זה כלולים, בין היתר, קבלן ראשי, קבלן משנה, או מנהל פרויקט עבור ישות אחרת.
- 3.7. שירותים – תחזוקת מבנים, מכשירים, וכן ביצוע שינויים ושיפוצים, שירותי ניקיון, מזון, שירותי הסעות, עבודות בתחומי התכנון, העיצוב, ההנדסה, האדריכלות, וכן ייצוג משפטי, ראיית חשבון, בורות, ייעוץ, מחקר, שירותי אבטחה ושמירה.
- 3.8. תח"ם – תקנות חובת המכרזים, תשנ"ג-1993 התקפות ליום ה-1 ביוני 2009.
- 3.9. ראה הגדרות נוספות בהוראת תכ"ם "הגדרות בנושא התקשרויות ורכישות", מס' 7.1.1.

4. הנחיות לביצוע

- 4.1. ההנחיות המפורטות בהוראה זו בדבר העדפת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים יחולו על התקשרות עם ספק לרבות התקשרות המתבצעת בדרך של מכרז, הליך תחרותי אחר או פטור ממכרז.
- 4.2. בהתקשרויות לצורך הקמת תשתיות, הכוללות שימוש בחומרי מחצבה כחומר מילוי מובא, ואשר ניתן להשתמש בהן בחומרי בנייה ממוחזרים לפי המפרט הכללי הבין משרדי - פרק 51 ובהתאם לתקן ישראלי 1886, "מצע לרחבות ושדות תעופה", יכלול עורך המכרז בתנאים להשתתפות במכרז [ראה הוראת תכ"ם, "קביעת תנאים

להשתתפות במכרז", מס' 7.4.6] תנאי המחייב שימוש ב- 20% לפחות מחומר המילוי כחומר בנייה ממוחזר [ראה נספח א – סעיף לדוגמה בדבר חובת השימוש בחומר מילוי ממוחזר].

4.2.1. למרות האמור בסעיף 4.2, במקרה שהקבלן יוכיח מעל לכל ספק סביר שאין בנמצא פסולת בניין ממוחזרת בכמות הנדרשת בסעיף 4.2 ויצג אישורים מתאימים מתחנות המחזור המורשות על ידי המשרד להגנת הסביבה, כי אין באפשרותן לספק כמויות אלו בזמן סביר, וכן אישור של המשרד להגנת הסביבה, יקבע המזמין או מי מטעמו כיצד לנהוג, וקביעתו הסופית תחייב את הקבלן.

4.2.1.1. המזמין יהיה רשאי להתייעץ עם כל גורם שימצא לנכון, לרבות המשרד להגנת הסביבה.

4.3. במכרזי תשתית בעלי היקף נרחב, כגון פרויקטי PPP בתחומי הבינוי, ההתפלה, התחבורה, האנרגיה וכדומה או במכרזים רלוונטיים נוספים, שסכומם עולה על 100,000,000 שקלים חדשים, יכלול עורך המכרז את הדרישות המיוחדות הבאות באמות המידה לבחירת ההצעה הזוכה וכן יקבע לכל אחת מהן משקל יחסי [ראה הוראת תכ"ם, "קביעת אמות מידה לבחירת הצעה", מס' 7.4.7]:

4.3.1. שימוש נוסף מעבר ל-20% בחומרי הבנייה הממוחזרים [ראה נספח ב – סעיף לדוגמה בדבר מחזור פסולת בניין ושימוש בחומרי בנייה ממוחזרים].

4.3.2. מחזור פסולת הבניין הנוצרת באתר הבנייה/הפעילות הרלוונטית [ראה נספח ב – סעיף לדוגמה בדבר מחזור פסולת בניין ושימוש בחומרי בנייה ממוחזרים].

5. מסמכים ישימים

5.1. החלטת הממשלה מס' 2927.

5.2. תקנות חובת המכרזים, תשנ"ג-1993.

5.3. הוראת תכ"ם "הגדרות בנושא התקשרויות ורכישות", מס' 7.1.1.

5.4. הוראת תכ"ם, "קביעת תנאים להשתתפות במכרז", מס' 7.4.6.

5.5. הוראת תכ"ם, "קביעת אמות מידה לבחירת הצעה", מס' 7.4.7.

6. נספחים

6.1. נספח א – סעיף לדוגמה בדבר חובת השימוש בחומר מילוי ממוחזר.

6.2. נספח ב – סעיף לדוגמה בדבר מחזור פסולת בניין ושימוש בחומרי בנייה ממוחזרים.

6.3. נספח ג – טבלת שינויים שבוצעו בהוראה.

נספח א – [סעיף לדוגמה בדבר חובת השימוש בחומר מילוי ממוחזר]

בכפוף לאמור במסמכי החוזה, תינתן עדיפות לצורך ביצוע המבנה, לשימוש בחומר חפירה המצוי במקום המבנה (בפסקה זו: "**חומר מקומי**"). מובהר בזאת, כי היה ויסתבר כי אין די בחומר המקומי, ולצורך ביצוע המבנה נדרש שימוש בחומר המצוי מחוץ לגבולות מקום המבנה (בפסקה זו: "**חומר מובא**"), הרי שבכפוף לאמור במסמכי החוזה, הקבלן מחויב לנהוג ביחס לחומר מובא זה כדלקמן: 20% (עשרים אחוזים) לפחות מן החומר המובא אשר ישמש את הקבלן יהיה חומרי בנייה ממוחזרים, אשר עומדים בדרישות שנקבעו לכך במסמכי החוזה ו/או כל תקן ו/או כל דין. לצורך כך, הקבלן יוכל להשתמש בפסולת בניין ממוחזרת, אשר טופלה על ידי אחד מן המפעלים המאושרים למחזור פסולת בניין על ידי המשרד להגנת הסביבה [ראה רשימת המפעלים למחזור פסולת בניין המתעדכנת מעת לעת] (בפסקה זו: "**המתקנים המאושרים**"), או בפסולת בניין ממוחזרת מכל מקום אחר זולת המתקנים המאושרים (בפסקה זו: "**פסולת הבניין ממקור אחר**"), ובלבד ששימוש זה יעמוד **בכל התנאים הבאים במצטבר**:

א. פסולת הבניין ממקור אחר עומדת בדרישות ובתנאים רלוונטיים הנדרשים לצורך שימוש בה.

- ב. ניתן על כך אישור בכתב של המזמין או מי מטעמו.
- ג. מקורה של פסולת הבניין ממקור אחר (לדוגמה: מפעל) עומד בכל דרישות הדין ונתקבלו להפעלתו כל האישורים הנדרשים על פי דין, ככל שקיימים דרישות ואישורים למקור כאמור.

נספח ב – [סעיף לדוגמה בדבר מחזור פסולת בניין ושימוש בחומרי בנייה ממוחזרים]

פסולת בניין:

1. יש לציין האם המציע ימחזר את פסולת הבניין הנוצרת באתר ו/או שיבצע הסכם התקשרות עם תחנת מחזור קרובה מאושר על ידי המשרד להגנת הסביבה
2. יש לפרט את שיעור הפסולת שתפונה לאתר מחזור מוסדר או תמוחזר במקום (הניקוד יינתן על מחזור פסולת בשיעור של מעל 50% מפסולת הבניין שתיווצר).
3. בשלב ההקמה, הזוכה יידרש להמציא אישורי הטמנה ו/או מחזור וכן תעודות שקילה של משאיות, כפי שייקבע על ידי המשרד להגנת הסביבה, על מנת להוכיח את מחזור הפסולת. ביצוע המחזור כפוף לקבלת כל האישורים הדרושים לפי הדין, לרבות רישיון עסק, ככל שנדרש.

שימוש בחומרי מילוי ממוחזרים:

1. יש לציין האם המציע ישתמש בחומרי מילוי ממוחזרים.
2. יש לפרט את שיעור חומרי המילוי הממוחזרים בהם ייעשה שימוש באתר (הניקוד יינתן על שימוש בחומר מילוי ממוחזר בשיעור העולה על 20% מכלל חומר המילוי).
3. בשלב ההקמה, הזוכה יידרש להמציא קבלות וחשבוניות בגין רכישת חומר המילוי הממוחזר.

נספח מס. 5

מתוך המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה, פרק 51: עבודות סלילה, תת-פרק 02: עבודות עפר,

ספטמבר 2009, מעצ- החברה הלאומית לדרכים בישראל בע"מ



עמוד מספר 19 מתוך 112 עמודים

51.02.02 פרק-משנה שני: חומרים

51.02.02.01 מילוי לסוללות כביש ולמבנים

51.02.02.01.01 מילוי מעפר לסוללות כביש

א. חומר המילוי מעפר יהיה מתאים ליעודו ומאושר על-ידי מנהל הפרויקט. החומר לא יכיל חומרים אורגניים ואו פסולת. לא יורשה שימוש בחומר-מילוי בחרסית מסוג A-7 בסוללות הכביש או בחוואר ובקרוטון חוזרי, וכן לא יורשה מילוי מפסולת מחצבה (תוצר פיצוץ/חציבת סלע המפורד לפני או במהלך גריסתו הראשונית) עם אחוז עובר נפה 0.075 מ"מ (נפה מסי 200) מעל 25% ואו גבול מילוח מעל 35%.

ב. מילוי מעפר מסוג A-3 המשמש לבניית סוללות, יעטף בצידי ברוחב 2 מטר לפחות מכל צד. לא יורשה שימוש בעפר מסוג A-6, A-7 בעטיפה. העטיפה תחיה מעפר שתכונותיו הקובעות תחייבה כלהלן:

- 1) חומר עובר נפה 75 מ"מ (3") - 100% ;
- 2) חומר עובר נפה 19 מ"מ (3/4") - 50% לפחות,
- 3) חומר עובר נפה 0.075 מ"מ (נפה מסי 200) - 15% לפחות,
- 4) אינדקס פלסטיות לפחות 7%.

ג. בקבוצת חומרי-המילוי מעפר, נכללים גם חומרי-מילוי שחם ותוצרי-חציבת בסלעים רכים, המתפוררים במהלך החציבה והעיבוד ומסווגים במצבם המפורד בשיטות המקובלות לסווג קרקע (כגון בשיטת AASHTO).

51.02.02.01.02 מילוי המופק מחציבת לסוללות כביש

מילוי המופק מחציבת לסוללות כביש יעמד בדרישות המפורטות להלן בסעיף 51.02.03.07.02 ב'2).

51.02.02.01.03 מילוי מובא לסוללות כביש

א. חומר-מילוי מובא לסוללות כביש יהיה מילוי מעפר או מילוי המופק מחציבת כהגדרתם לעיל וכנדרש במפרט הטכני המיוחד. המילוי לא יכיל פסולת צמחיה, חומרים אורגניים או כל חומר מזיק אחר ויעמוד בדרישות המפרט הטכני המיוחד. שימוש בחומרים שאינם טבעיים (כגון מוצרי לוחאי של תחליכים תעשייתיים, למעט אפר-פחם וחומרי-בניית ממוחזרים) מחייב אישור מראש של מעצ/אגף מריש ואו מעצ/אגף הבטוחות איכות, בהתאם למסיבות.

ב. חומרי מילוי מאפר-פחם על סוגי השונים, יעמדו בדרישות המפורטות להלן בסעיף 51.02.03.10 - ישימוש באפר-פחם כחומר מילוי מובא.

ג. שימוש בחומר מילוי מחומרי-בניית ממוחזרים, כגון: בטון ומוצרי בטון גרוסים, חול, טיח, אבן, וכד', האושר אך ורק אם החומר יוצר במוקדן מחזור מיוחד לייצור חומרי-סלילה מחומרי-בניית ממוחזרים, הכולל מערך מיוחד לסילוק פסולת לא מותרת (כגון: נייר, חומרים/מוצרים פלסטיים, מוצרי-עץ, מוצרי ברזל/פלדה, וכ"ו) ומאושר גם ע"י המשרד לחגנת הסביבה.

מתוך המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישה, פרק 51: עבודות סלילה, תת-פרק 03: שכבות מצע ותשתית אגו"מ, ספטמבר 2009, מעצ- החברה הלאומית לדרכים בישראל בע"מ



עמוד מספר 12 מתוך 50 עמודים

51.03.02 פרק-משנה שני: שכבות מצע

51.03.02.01 תנאים למסירת משטח מאושרים לחומרי מצע

51.03.02.01.01 תנאי-סף

- א. כל החומרים והתהליכים הנדונים בפרק-משנה זה - חומרים לשכבות מצע - ומקומות ייצורם יהיו מאושרים ומסומכים ע"י מעצ, לרבות מתקני ייצור ניידים וחמצאים באתר עבודה של מעצ וחמייצורים רק עבור הפרויקט.
- ב. מתקנים לייצור חומרי סלילה מחומרי-בנייה ממוחזרים (חביים) חייבים להיות מאושרים גם על-ידי המש"ד לחגנת הסביבה.

51.03.02.01.02 חומרי גלם

- א. כחומר גלם לייצור מצע סוג א' ישמש אגרגאט מינרלי טבעי וגרוס. למצע סוג ב' יותר שימוש באגרגאט טבעי. אגרגאטים אלה יהיו בעלי תכונות המאפשרות לעבדם לשכבת אחידה, צפופה ויציבה ע"י חרטבת והידוק. לא יותר שימוש בחומר נקבובי כדוגמת טוף.
- ב. ייצור מצע מסוגים א' ו-ב' מחומר גרוס ייעשה בצורה המאפשרת הוצאת פסולת לפי הגריסה הראשונה. לשם כך תצויד יחידת הגריסה הראשונה במערכת ניפוי ראשוני ובמסוע לסילוק הפסולת, שיופעל במידת הצורך.
- ג. ערבוב חומרים בעלי חריב מינרלי שונה, כגון צרורות נחל עם סוכר לכווץ חומצתם למצע מסוג ב' ואו מסוג ג', יורשה בתנאי שהערבוב ייעשה בתנאים מבוקרים (במתקן מיווג בעל תאים נפרדים לכל סוג חומר עפ"י יחסי משקל או פחם). ערבוב כפיל לצורך התאמת חומרים למצע א' מחייב אישור מעצ/אגף מ"פ, באמצעות מנתל הפרויקט.
- ג. כחומר לייצור מצע סוג ב' יכולים לשמש גם אגרגאטים שיוצרו מחומרי-בנייה ממוחזרים. שימוש בחומר למצע מחומרי-בנייה ממוחזרים, כגון: בטון ומוצרי בטון גרוסים, חול, סיד, אבן, וכד', יאושר אך ורק אם החומר יוצר במתקן מחזור מיוחד לייצור חומרי-סלילה מחומרי-בנייה ממוחזרים, הכולל מערך מיוחד לסילוק פסולת לא מינרלית (כגון: נייר, ניילון, מוצרי-עץ, מוצרי ברז/פלדה, וכו') וחמאשר גם ע"י המש"ד לחגנת הסביבה. זאת בנוסף לדרשות הכלליות ממתקני ייצור מצע המפורטים בטעיף 51.03.02.01.01.ב - "תנאי-סף" לגיל. החומר לא יכיל יותר מ-2% במשקל של פסולת לא מינרלית והכוללת החומר האורגני שלו לא תעלה על 4%. מנתל הפרויקט, רשאי בשיקול דעתו תבלבד, על-פי בדיקה חוזנית, לפסול לשימוש חומר-בניין ממוחזר המכיל חומרים זרים כגון נייר, קרטון, עץ, חומר צמחי, וכו'.

51.03.02.01.03 דרישות איכות מחומר המצע

- א. התאגדוטים לשכבות מצע יכולים להיות משני סוגים:

(1) אגרגאטים ממקורות מינרליים;

(2) אגרגאטים מפסולת בנין גרוסה (פבג"ס).

מתוך המפרט המיוחד לשימוש בחומרים ממוחזרים מבטון גרוס לעבודות עפר, רכבת ישראל,
מרץ 2009

1.1 דברי מבוא למפרט המיוחד

בהמשך ליישום החלטת הממשלה מס' 2927 מתאריך 09.02.03 "להשתמש בכל פרויקט בניה ותשתיות ב- 20% פסולת בניין ממוחזרת לפחות", רכבת ישראל בחנה שימושים אפשריים של חומר ממוחזר למסילות ברזל.

במסמך הנוכחי מובא המפכט המינננד למפרט מס' 51 הדן בשימוש בחומר ממוחזר מבטון גרוס, המיוצר מפסולת בניין לצרכי רכבת ישראל, כחומר מילוי מובא או כחומר מצע סוג ג' (חומר נברר). שימושים אפשריים בחומר ממוחזר מבטון גרוס לצרכי הרכבת הינם כדלקמן:

- כבישים, הפרדות מפלסיות, דרכי שירות, דרכי גישה, חניונים בתחנות, שטחי פריקה וטעינה במתחמים וכל שטחים אחרים מעבר לתחום סוללת רכבת, כחומר מילוי מובא או חומר נברר (מצע ג') על פי הדרישות של המפרט המיוחד הנ"ל.
- סוללות רכבת, כחומר מילוי מובא העונה לדרישות של חומר נברר (מצע ג') על פי המפרט הנ"ל.
- איסורים מוחלטים בשימוש בחומר ממוחזר מבטון גרוס לצרכי הרכבת הינם כדלקמן:
- חומר בניה להחלפת קרקע מתחת למבנה המסילה.
- חומר בניה בצמוד לאלמנטי בטון מכל סוג שהוא כגון: עמודי גשרים, מעבירי מים, קירות תמך וכ"ד.

המפרט המיוחד הנ"ל הוכן על בסיס דוח "בחינת השימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בניין לתשתיות רכבת", מרץ 2009, של משרד ל.ק.י-מהנדסי תחבורה יועצים (סימוכין: 09/17/03/03/רכ), מפרט מס' 51 במהדורתו הקיימת הערה: המפרט המיוחד המובא במסמך זה מכיל את סעיפי השלמה לסעיפים הקיימים כבר במפרט מס' 51 הנ"ל.

בנוסף לפרטים הנ"ל יש לציין כי בבסיס המפרט המיוחד המובא במסמך זה יש לכלול גם את (א) המפרט לבקרת איכות הביצוע באמצעות מכשיר המשקולת הנופלת (FWD), (ל.ק.י-מהנדסי תחבורה יועצים, "בקרת האיכות של המבנה התחתון של מסילות רכבת בעזרת בדיקות אל-הרס מסוג FWD", דוח סופי, סימוכין: 08/038/02/02/רכ, הוכן עבור רכבת ישראל בע"מ, יולי 2008) ו-(ב) את האמצעים הנדרשים להשגת חומר ממוחזר באיכות העומדת בדרישות הרשומות במפרט המיוחד, תוך שמירה הכרחית על תהליך קפדני בכל שלבי הייצור של החומר. לעניין אחרון זה חשוב להדגיש, כי האחראיות הבלעדית על (א) איכות החומר המיוצר ו-(ב) התאמתו השוטפת של החומר לדרישות היישום המוצגות במפרט במיוחד הינה כולה על היצרן. אחריות זו של היצרן נעשית תוך-כדי קיומה של מערכת איכות אפקטיבית המתבטאת, בין השאר, במדיניות איכות, במתקני ייצור הולמים, במספר נאות של עובדים מיומנים, במשאבים נאותים לבקרת איכות, ולבסוף בעמידה בתקן תהליכים מס' 30 (ת"ת 30) מהדורה 2 מאפריל 2000, הנושא את הכותרת הבאה: "דרישות ממערכות איכות במחצבות, מתקני גריסה וייצור חומרי מחצבה". העמידה הנדרשת היא רק לאותם החלקים המתאימים לחומרי המצע השונים ולרבות כל סעיפי המשנה של סעיף 10 הנושא את הכותרת בחינה ובדיקה".

לסיום סעיף זה יש להביא את ההערות הבאות:

- על היצרן לקבל אישור של המשרד להגנת הסביבה ותו ירוק של מכון התקנים.
- על מתכנן הפרויקט להכין חתכים לרוחב אופייני ם המראים שימוש בחומר ממוחזר לצורך מילוי תוך כדי התחשבות (א) בתכונות החומר ו-(ב) בהנחיות לתכנית המבנה התחתון של מסילות ברזל.
- על מתכנן הפרויקט/יועץ תכן המבנה של הפרויקט לציין את הדרישות הנוספות לתכונות החומר הממוחזר, מעבר לאלו המובאות כבר במפרט המיוחד, אם כאלו אכן נדרשות.
- העיקרון השולט בשימוש בחומר ממוחזר הוא כלכליות השימוש.

פרוט המפרט הנוכחי מובא בסעיף הבא, עבור חומרי מילוי מובא ומצע ג' (חומר נברר) בלבד.

1.2 המפרט המיוחד

המפרט לשימוש בחומר ממוחזר מבטון גרוס, המיוצר מפסולת בניין עבור רכבת ישראל כחומר מילוי מובא או כחומר מצע סוג ג' (חומר נברר), מוצג בסעיפים הבאים:

סעיף 1.1 מפרט מיוחד זה מתייחס לשימוש בחומר ממוחזר מבטון גרוס בלבד, המיוצר מפסולת בניין עבור רכבת ישראל כחומר מילוי מובא, או חומר מצע סוג ג' (חומר מילוי נברר). הוא מסתמך על כל סעיפי מפרט מס' 51 (מהדורה שישית משנת 1998) הן הכלליים והן הייחודיים המתייחסים לחומרים אלו, לאמור מילוי מובא (סעיף מס' 510252), מילוי נברר (סעיף מס' 510253) בנוסף לנ"ל מסמך זה מסתמך על: (א) דף תיקון מס' 3 מיולי 2007 למפרט מס' 51 ו-(ב) המפרט לבקרת איכות הביצוע באמצעות מכשיר המשקולת הנופלת (FWD) של רכבת ישראל.

סעיף 2.2 בנוסף לאמור בסעיף מס' 510050 (כללי) בדף התיקון מס' 3 יש להוסיף את הפיסקה הבאה בסוף סעיף משנה א' של הסעיף הנ"ל:

עמידה בת"ת 30 כמו-כן, כל חומרי המיחזור של הבטון הגרוס המיוצר מפסולת בניין לייעודי השונים (חומר מילוי מובא, או חומר מצע סוג ג' (חומר מילוי נברר)) יסופקו ממפעל בעל הסמכה כנ"ל, כאשר מיישמים לשם כך רק את אותם החלקים של ת"ת 30, הנוגעים לחומרי המצע השונים ולרבות כל סעיפי המשנה של סעיף 10 בת"ת 30, הנושא את הכותרת "בחינה ובדיקה".

סעיף 3.3 יש להחליף את סעיף מס' 510252 (מילוי מובא) בטקסט הבא:

מילוי מובא בהעדר עפר מקומי מתאים להשלמת העפר החסר לצרכי מילוי, יובא מבחוץ חומר מילוי, כמפורט להלן:

א. המילוי המובא והמקור ממנו יובא, יעמדו בדרישות המפרט המיוחד וטעונים אישור המפקח;
ב. מילוי בחומר חצוב ראה סעיף 510242 לעיל;

ג. יותר שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים, כגון: בטון ומוצרי בטון גרוסים בלבד, כחומר מילוי בתנאי שיתאימו לדרישות שבמסמכי החוזה ותכולת החומרים הלא-מינרליים ממקורות שונים מבטון ומוצרי בטון גרוסים (כגון: זכוכית, עץ, חומר אספלט מקורצף, שיירי פלסטיק, תקרות אקוסטיות וכד') בהם לא תעלה על 0.5% במשקל. כמו-כן, תכולת הגבס ורגבי חרסית תהיה אפס מוחלט. בנוסף לכך, תכולת חומרים מינרליים המאפיינים פסולת בניין כגון, ברזל, אלומיניום וכד' תהיה אף היא אפס מוחלט.

בנוסף לדרישות הנ"ל שיעור הצפיפות באתר גם עבור חומר זה יהיה על-פי המובא בטבלה מס' 3 של מפרט מס' 51 (מהדורה שישית משנת 1998), עבור מיון אשטרו הייחודי של החומר הנידון.

נספח מס. 8 שאלון

חלק א'

1. רקע כללי

1	פרופיל מקצועי	אדריכל	אדריכל נוף	יועץ קרקע וביסוס
		מהנדס בניין	מהנדס כבישים	יועץ מים/אינסטלציה
2	וותק מקצועי	פחות מ 5 שנים	5-10 שנים	מעל 10 שנים
3	מיקום גיאוגרפי של החברה	אזור הצפון	אזור השרון והסביבה	אזור המרכז
		אזור ירושלים והסביבה	אזור השפלה והסביבה	אזור דרום
4	גודל החברה	פחות מ 5 אנשים	5-10 אנשים	10-20 אנשים
		20-50 אנשים	50-100 אנשים	מעל 100 אנשים
5	האם עברת הכשרה אקדמית/מקצועית בנושאי איכות הסביבה	לא עברתי הכשרה בנושאי איכות הסביבה	השתתפתי בקורסים/פורומים מקצועיים בנושאי איכות הסביבה	עברתי הכשרה אקדמית באיכות הסביבה
6	אחוז כולל של פרויקטים המשלבים אסטרטגיות ירוקות	פחות מ 10%	10-30%	מעל 30%
7	שכיחות השימוש בחומרים ממוחזרים בפרויקטים של החברה	אף פעם לא	לעיתים רחוקות	לעיתים קרובות
8	מספר הפרויקטים אשר נעשה בהם שימוש באגרנטים ממוחזרים, בהם הייתה מעורב ב 3 שנים אחרונות	לא ידוע לי על אגרנטים ממוחזרים	0	1-5
		5-10	10-15	מעל 15
9	איזה אחוז מכלל הפרויקטים של החברה זה מהווה	פחות מ- 5%	5-20%	מעל 20%

2. עמדות סביבתיות ומוטיבציה סביבתית בפרקטיקה המקצועית

להלן ההיגדים על היחסים בין בני האדם לבין הסביבה. עבור כל אחד מהם, אנא ציין אם אתה מסכים או לא.

מקרא:

5	4	3	2	1
מסכים באופן מוחלט	מסכים	לא בטוח	לא מסכים	לא מסכים באופן מוחלט

רמת ההסכמה					האם אתה מסכים/ה כי	סימון
5	4	3	2	1		
(נא להקיף בעיגול)					עמדות סביבתיות	
5	4	3	2	1	האיזון של הטבע הינו עדין מאוד וניתן להפר אותו בקלות	1
5	4	3	2	1	לבני האדם יש זכות לנצל את הסביבה הטבעית לצורכיהם	2
5	4	3	2	1	כמות המשאבים והמקום בכדור הארץ מוגבלת	3
5	4	3	2	1	הטכנולוגיה תבטיח כי כדור הארץ תמיד יהיה מתאים לחיים	4
5	4	3	2	1	בני אדם מנצלים קשות את הסביבה	5
5	4	3	2	1	בני אדם צריכים ללמוד איך הטבע עובד כדי לשלוט בו	6
5	4	3	2	1	על אף היכולות המיוחדות בני אדם עדיין כפופים לחוקי הטבע	7
5	4	3	2	1	המשבר הסביבתי הוחרף מאוד	8
5	4	3	2	1	אם הדברים יימשכו במסלול הנוכחי, בקרוב נחווה קטסטרופה אקולוגית חריפה	9
אחריות סביבתית						
5	4	3	2	1	אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על מתכנן	11
5	4	3	2	1	אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על קבלן	12
5	4	3	2	1	אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על המזמין	13
5	4	3	2	1	אחריות על הפחתת פסולת בניין מוטלת על מנהל הפרוייקט	14

5	4	3	2	1	ממשלה צריכה לדאוג לצמצום פסולת בניין במדינה	15
5	4	3	2	1	בידי המתכנן להשפיע על קידום נושאים סביבתיים	16
5	4	3	2	1	מדיניות ניהול משאבים יכולה להתבצע רק ברמה הלאומית	17
מוטיבציה סביבתית בפרקטיקה מקצועית						
5	4	3	2	1	חשוב לי ליישם יותר אסטרטגיות ירוקות בפרויקטים שלי	18
5	4	3	2	1	אני מעוניין להשתמש בחומרים ממוחזרים בפרויקטים	19
5	4	3	2	1	אני נוהג להשתתף בפורומים מקצועיים בנושאים סביבתיים	20
5	4	3	2	1	חשוב לי שמועסקים במשרדי ישתתפו בפורומים מקצועיים בנושאי סביבה	21
5	4	3	2	1	ניתן לצמצם השפעות סביבתיות באמצעים תכנוניים	22
5	4	3	2	1	חשוב להשתמש בחומרים המקובלים על מנת להפחית סיכונים	23

במידה וידוע לך על פרקטיקות השימוש בארגונים ממוחזרים בענף הבנייה אנא המשך במילוי השאלון.

חלק ב'

3. מהי לדעתך התועלת העיקרית של שימוש באגרטים ממוחזרים כתחליף לאגרט מקורי?

4. מטרת השאלה לברר אילו גורמים מביאים לכשלים בשימוש באגרטים ממוחזרים בבנייה ופיתוח

מקרא:

5	4	3	2	1
מסכים באופן מוחלט	מסכים	לא בטוח	לא מסכים	לא מסכים באופן מוחלט

רמת ההסכמה					לא נעשה מספיק שימוש באגרטים ממוחזרים כיוון ש:	סימון
5	4	3	2	1		
(נא להקיף בעיגול)						
5	4	3	2	1	לא ניתנה הנחייה מפורשת מהמזמין	1
5	4	3	2	1	אגרטים ממוחזרים עשויים לגרום נזק לסביבה	2
5	4	3	2	1	אין מספיק יצרנים של אגרטים ממוחזרים	3
5	4	3	2	1	אגרט ממוחזר יותר יקר מאגרט מקורי	4
5	4	3	2	1	לא אקח סיכון להשתמש בחומר תחליפי לביסוס או מילוי	5
5	4	3	2	1	איכות החומר מוטלת בספק	6
5	4	3	2	1	איני יכול להשפיע על החלטה בנושא אגרטים ממוחזרים	7
5	4	3	2	1	אין מספיק ידע בנושא אגרטים ממוחזרים	8
5	4	3	2	1	המזמין מתנגד להשתמש באגרטים ממוחזרים	9
5	4	3	2	1	אין מספיק נסיון עם אגרטים ממוחזרים בארץ	10
5	4	3	2	1	עדיף להשתמש בחומרים המוכרים היטב והמקובלים לשימוש	11
5	4	3	2	1	אין טכנולוגיות יעילות לייצור אגרטים ממוחזרים	12

5	4	3	2	1	קשה לאתר אגרגט ממוחזר (חוסר היצע)	13
5	4	3	2	1	קשה להשיג מידע לגבי אגרגטים ממוחזרים ויישומם	14
5	4	3	2	1	איני מכיר מספיק את החומר	15
5	4	3	2	1	שימוש באגרגטים ממוחזרים מצריך השקעת זמן למחקר ולפירוט חומרים חדשים	16
5	4	3	2	1	שימוש באגרגטים ממוחזרים מצריך שכנוע יועצים אחרים/מזמין	17
5	4	3	2	1	קיימת התנגדות יועצים בצוות התכנון	18
הסיבה לחוסר שימוש היא (ציין)						19

במידה ולא נעשה שימוש באגרגטים ממוחזרים בפרויקטים בהם היית מעורב/ת, אין צורך לענות על המשך השאלון.

במידה ונעשה שימוש באגרגטים ממוחזרים בפרויקטים בהם היית מעורב/ת, אנא המשך במילוי השאלון.

5. רקע על הפרויקטים בהם נעשה שימוש באגרנטים ממוחזרים (נא התייחס/י לכלל הפרויקטים של המשרד)

אזור המרכז	אזור השרון והסביבה	אזור הצפון	אזור גיאוגרפי של הפרויקטים	1
אזור דרום	אזור השפלה והסביבה	אזור ירושלים והסביבה		
שטח פתוח ציבורי	פיתוח רחוב	מבנה ציבורי	סוג הפרויקטים	2
תשתיות/כבישים	פיתוח שכונה	מבנה קומות/בית פרטי		
חברה פרטית	גוף ציבורי אחר: מעצ _____ רכבת ישראל _____ חברת החשמל _____ אחר _____	גוף ציבורי (ממשלתי/מוציא לפלג) משרדי ממשלה _____ מוסדות מדינה _____ רשות מוניציפלית _____ אחר _____	המזמין של הפרוייקט/לקוח	3
מעל 20%	10-20%	פחות מ-10%	מהו אחוז האגרנטים הממוחזרים מכלל האגרנטים ששימשו לביסוס ומילוי	

6. גורמים המניעים שימוש באגרנטים ממוחזרים בפרויקטים

נא ציין רמת ההשפעה היחסית של הגורמים הבאים על יישום מוצלח של אגרנטים ממוחזרים בפרוייקט.

מקרא:

5	4	3	2	1
השפעה מכריעה	השפעה רבה	השפעה בינונית	השפעה מועטה	לגורם זה אין השפעה כלל

רמת ההשפעה					גורמים המשפיעים על קבלת החלטות בנוגע לשימוש באגרטים ממוחזרים בפרוייקט	סימון
מכריעה	←→			נמוכה		
(נא להקיף בעיגול)					אחריות על קבלת החלטה ויישום רגולציה	
5	4	3	2	1	הנחיית המזמין להשתמש בחומרים ממוחזרים	1
5	4	3	2	1	שיתוף פעולה של כל היועצים	2
5	4	3	2	1	שיקול אישי	3
5	4	3	2	1	החלטה של יועצים/מתכננים אחרים	4
5	4	3	2	1	יישום הרגולציה בנושא מיחזור פסולת בניין	5
5	4	3	2	1	החלטת מנהל הפרוייקט	6
5	4	3	2	1	החלטת קבלן מבצע	7
					אחר (ציין)	8
יישום עקרונות ירוקים ושיקולים סביבתיים בפרוייקט						
5	4	3	2	1	שימוש בטכנולוגיות ירוקות על מנת לצמצם השפעות סביבתיות	9
5	4	3	2	1	צמצום פסולת בניין	10
5	4	3	2	1	הפחתת ניצול חומרי גלם	11
5	4	3	2	1	מתן עדיפות לחומרים ממוחזרים	12
					אחר (ציין)	13
ידע מוקדם על אגרטים ממוחזרים ומקורות מידע						
5	4	3	2	1	הכרת מפרט לאגרט ממוחזר	14
5	4	3	2	1	יישום מוצלח של אגרטים ממוחזרים בפרוייקט קודם	15
5	4	3	2	1	הכרת תקן לאגרט ממוחזר	16
5	4	3	2	1	מידע יצרנים (באמצעות תקשורת/פרסום)	17

רמת ההשפעה					גורמים המשפיעים על קבלת החלטות בנוגע לשימוש באגרנטים ממוחזרים בפרוייקט	סימון
מכריעה	←→			נמוכה		
(נא להקיף בעיגול)					אחריות על קבלת החלטה ויישום רגולציה	
5	4	3	2	1	השתתפות בימי עיון ופורומים מקצועיים	18
5	4	3	2	1	מחקר אישי בספרות	19
5	4	3	2	1	גופים מקצועיים	20
5	4	3	2	1	הכשרה אקדמית	21
					אחר (ציין)	22

7. מהם המכשולים בהם נתקלת לצורך שימוש באגרנטים ממוחזרים בפרוייקט?

חלק ד'

8. מהן השיטות שיגרמו לך לבחור לעתים קרובות יותר באגרטים ממוחזרים, כתחליף לאגרט מקורי בפרויקט בנייה ותשתיות?

מקרא:

5	4	3	2	1
מסכים באופן מוחלט	מסכים	לא בטוח	לא מסכים	לא מסכים באופן מוחלט

רמת ההסכמה					שיטה	סימון
5	4	3	2	1		
(נא להקיף בעיגול)						
גיבוש המדיניות						
5	4	3	2	1	הגדרת מדיניות ממשלתית ברורה של מיחזור פסולת בניין	1
5	4	3	2	1	הגדרה מפורטת של תוצרי המיחזור פסולת בניין ורמת האיכות שלהם	2
5	4	3	2	1	מתן עדיפות לשימוש באגרטים ממוחזרים במכרזים	3
5	4	3	2	1	מתן תמריצים חיוביים מהממשלה לאסטרטגיות מיחזור פסולת בניין	4
5	4	3	2	1	הוזלת מחירו של אגרט ממוחזר לעומת חצוב/מקורי באמצעות מיסים וסובסידיות	5
העברת ידע, הכשרה מקצועית, חינוך והסברה, שיווק						
5	4	3	2	1	הכשרה מקצועית בתחום המיחזור פסולת בניין	6
5	4	3	2	1	העברת מידע בפורומים מקצועיים	7
5	4	3	2	1	הקמת מאגרי מידע	8
5	4	3	2	1	הכשרה בנושאי איכות הסביבה במסגרת האקדמיה	9
5	4	3	2	1	הבהרת התועלת הסביבתית של שימוש באגרט ממוחזר	10
5	4	3	2	1	הבהרת היתרונות הכלכליים	11

רמת ההסכמה					שיטה	סימון
מכריעה				נמוכה		
5	4	3	2	1	העברת מידע טכני	12
5	4	3	2	1	הגברת החשיפה לנושא פסולת בניין באמצעות תקשורת	13
5	4	3	2	1	הפצת מידע מקצועי מהיצרנים באמצעות פרסום	14
אחר (ציון)						

אוגוסט 2010

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר
אוניברסיטת תל אביב

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרוייקטים באיכות הסביבה תש"ע
מרכז הקורס: פרופ' עמרם אשל

ניהול בר-קיימא של פסולת בנין בישראל: הפן הכלכלי של שילוב אגרגטים ממוחזרים באספקת תערובת בת קיימא



מנחים:
פרופ' עמרם אשל
דר' שחר דולב

מגישים:
גבי בר סופר 037619566
הילה ברגר 027450998
דן פרייס 011967445
שירה פרלשטיין 039863279

תודות

הכותבים מודים לכל אלו שסייעו בהכנת עבודה זו:
לפרופ' עמרם אשל על ההנחיה לאורך כל הדרך
לדר' שחר דולב על ההנחיה בתחום הכלכלי
תודה גם לפרופ"ח אמנון כץ, הפקולטה להנדסה אזרחית, הטכניון חיפה
כמו כן, סייעו בהכנת העבודה נציגים של גופים ממשלתיים ומסחריים:
מר אורי טל, מרכז הטיפול בפסולת בניין במשרד להגנת הסביבה
גב' ליאה פישר, ממונה בכירה על פרויקטים, מכון התקנים
חברת איטונג: מר דני שניברגר, מנהל תחום פיתוח סביבה ונוף
מר דן טרינר – סמכ"ל פיתוח
מר קמיל סוצ'ו – מנהל המעבדה

תוכן עניינים

4	א. תקציר
5	ב. מבוא
	ג. סקירת הרקע המדעי
7	ג.1. פסולת בנין (C&DW) ומחזור בעולם ובישראל
8	ג.2. הרכב פסולת בנין (C&DW)
9	ג.3. אסטרטגיות להגברת מחזור של פסולת בנין במדינות השוק האירופאי
10	ג.4. אגרגטים
10	ג.4.א. אגרגטים ושימושם
11	ג.4.ב. חציבה של אגרגט טבעי בעולם ובישראל
12	ג.4.ג. אגרגט גס – קטגוריות
13	ג.4.ד. השיטות ליצור אגרגט ממוחזר
16	ג.4.ה. השפעות סביבתיות של אגרגט ממוחזר
	ג.4.ו. התקן האירופאי לשימוש באגרגט טבעי ואגרגט ממוחזר (BS 8500-1:2006 & BS EN 206-1:2000)
18	ג.5. תמונת מצב של היצור והשימוש באגרגט ממוחזר בעולם
18	ג.5.א. מדינות השוק האירופאי
21	ג.5.ב. ארה"ב
21	ג.5.ג. בריטניה
21	ג.5.ג.1. בריטניה (בדגש סקוטלנד)
	– מקרה בוחן לזיהוי והערכת חסמים לשימוש באגרגט ממוחזר
22	- חסמים כלכליים רגולטיביים והשפעתם על שוק האגרגטים
23	- חסמי תקינה: מפרטים, תקנים וחוזים
23	- חסם בירוקרטיים ניהוליים
24	ג.6. תמונת מצב של השימוש באגרגט ממוחזר בישראל
26	ג.7. הפן הכלכלי של שוק האגרגטים הממוחזרים
	ד. נושא ושאלת המחקר
27	ד.1. נושא המחקר
28	ד.2. שאלות המחקר
29	ה. חשיבות המחקר
30	ו. שיטת המחקר
	ו.1. שלב ההכנה למודל הכלכלי:
31	בסיס נתונים של עלויות מצב קיים בשוק האגרגטים בארץ
31	ו.1.א. עלויות ייצור ישירות
32	ו.1.ב. עלויות שינוע
35	ו.1.ג. עלויות סביבתיות חצוניות
36	ו.2. מודל כלכלי
40	ז. הערכת הקשיים הצפויים לחוקר
40	ח. סיכום
	רשימת קיצורים
	הערות
	רשימת מקורות
	נספחים

א. תקציר

תהליכי פיתוח ועיור מואץ, בארץ ובעולם, מספקים, וכנראה ימשיכו לספק, ביקוש רב לאגרגטים בנפח גבוה ובמחיר נמוך מחד, וכמויות הולכות וגדלות של פסולת בנין מאידך. מחקרים הוכיחו כי במגבלות מרחקי שינוע מסוימים, שימוש באגרגט ממוחזר (א"מ) לעומת אגרגט טבעי (א"ט) הינו בר-קיימא. רק כשיוכח שמחזור פסולת בנין הינו גם כלכלית בר-קיימא יוכלו א"מ לשחק תפקיד חיובי באספקת תערובת אגרגטים בת-קיימא (תב"ק) לשוק הבניה והתשתיות.

ברקע של הצעת המחקר נתנת סקירה של הנסיונות בשוק האירופי המשותף ובארה"ב לעודד את השימוש בא"מ. בין היתר: מדיניות של תקינה חדשה, תמיכה ממשלתית בניהול מידע ומדיניות של ניהול מכרזים ציבוריים, איפשרו את התפתחות תעשיית הא"מ. בהשפעת מגמה עולמית זו, ובעקבות התרעת משרד התשתיות באשר לעתודות החומר לחציבה בארץ, מספר צעדים שנעשו בארץ בידי גופים ממשלתיים וציבוריים, גרמו לעליה ניכרת בשנים האחרונות, בשיעור החומר הממוחזר בארץ מידי שנה, אך עדין הוא נמוך באופן ניכר מהרף של 70% מחזור שהציב האיחוד האירופאי לשנת 2020.

הצעת מחקר זו סוקרת בקצרה את שוק האגרגטים בעולם ובארץ, מצב התקינה, תהליכי היצור, אמצעי השינוע ואופי אירגון התעשייה. בנוסף נסקרים שיקולים שבגללם מחקר זה חשוב במיוחד בארץ: מאפייני הבעיות הסביתיות המקומיות ספציפיות של הטיפול בפסולת בנין. למשל, השיעור הגבוה של ההשלכה הפיראטית או העובדה שמדובר במדינה קטנה עם עתודות שטחים פתוחים ומשאבים לחציבה מצומצמת.

ממכלול החסמים בפני שילובם המיטבי של א"מ באספקת תב"ק בארץ, המחקר המוצע מתמקד בחסמים הכלכליים רגולטיביים בלבד. באמצעות מודל כלכלי יבחן כיצד העלאת היטל הטמנת פסולת בנין/ העלאת היטל חציבה/ סבסוד מתמרץ משפיעים על שוק האגרגטים. מתוצאות המודל הכלכלי ניתן יהיה להבין איזה תנאים כלכליים דרושים (היטל חציבה, היטל הטמנה וסבסוד) כדי שמחיר האגרגט ישקף גם את עלויותיו החיצוניות וכדי שמחזור יהיה חלופה מועדפת בשוק. בנוסף, ניתן יהיה להעריך את השפעת המחזור על שוק האגרגטים הטבעיים בארץ.

מחקר להערכת המאפיינים המקומיים ספציפיים של החסמים בכלל, והחסם הכלכלי רגולטיבי בפרט, העומדים בפני אספקת תב"ק לתעשיית הבניה והתשתיות, יהווה גוף ידע חיוני למקבלי החלטות המעורבים בענף (מפעלים, ספקים, צרכנים ורגולטורים), ולגופים ציבוריים וממשלתיים המעוניינים לפתח מדיניות של ניהול פסולת ומשאבים ושימושי קרקע ברי קיימא. מחקר כזה חיוני כדי לספק הערכות על מידת יעילותם והשפעתם של הכלים הכלכליים רגולטיביים שבידי קובעי המדיניות.

ב. מבוא

איסוף ומחזור של פסולת בנין אינה פעולה העומדת בפני עצמה, אלא יש לראות אותה בהקשר רחב יותר של ניהול פסולת ומשאבים. אחד היתרונות של מחזור הוא המנעות מהטמנה, כך ניתן לצמצם את הנפח שתופסת פסולת הבנין, כלומר לחסוך בחלל: משאב חשוב ונדיר במדינות רבות בכלל ובמדינה קטנה וצפופה כמו ישראל בפרט.

שיעור המחזור של פסולת בנין בארץ הוכפל בקירוב בשנים 2006 עד 2008, מדובר בעליה משיעור של כ- 14% מחזור בשנת 2006 ע"פ דוח מבקר המדינה, לכ-25-30% בשנת 2008 מנתוני המשרד להגנת הסביבה. עדין, זהו שיעור נמוך מהיעד המנחה של השוק האירופאי **2008/98/CE** שקבע כרף מינימלי שיעור של כ-70% מחזור לשנת 2020. מעבר לכך, השלכה פיראטית בשטחים הפתוחים ממשיכה להיות תופעה נפוצה בארץ (טל, 2009).

בהתחשב בזאת, ובהנתן כמויות הולכות וגדלות של פסולת בנין, הסוגיה שמאתגרת כיום קובעי מדיניות וגופים ציבוריים בישראל נוגעת לאופן בו יש לארגן ולנהל איסוף ומחזור של פסולת בנין. עולה הצורך להבין האם ובאיזו מידה אגרגטים ממוחזרים (א"מ) יכולים להשלים אגרגטים טבעיים (א"ט) באספקת תערובת ברת קיימא (תב"ק) לתעשית הבניה והתשתיות. אגרגטים בענף הבניה והתשתיות הנם משאב חיוני ובעל ערך עבור ההתפתחות הכלכלית והחברתית של האנושות (Badino et al., 2007), אך חובה שהיצור והשימוש בהם יהיה על-פי עקרונות של פיתוח בר קיימא.

בהקשר הזה, ניתן להגדיר אספקה של תערובת בת קיימא (תב"ק) כתערובת ממספר מקורות, בהתאם לאמות מידה יעילות מבחינה כלכלית, סביבתית וחברתית. ניתן להתייחס לפיכך לתב"ק כתערובת של אגרגטים טבעיים, תוצרי לוואי של חציבה ופסולת ממוחזרת, שביחד ממקסמים תועלת נטו של אספקת אגרגטים לאורך הדורות למכלול השימושים בתעשית הבניה והתשתיות.

בישראל נחצבו בשנת 2008 כ-31.3 מ' טון אגרגטים (חצץ ומצעים) (טל, 2009), בעוד שפוטנציאל האגרגטים למחזור, על פי הערכות של המכון הלאומי לבנייה בטכניון, הינו כ-3 מ' טון בשנה. כך שיש גבול למחזור והוא עומד בארץ על ~10%, והגיוני שאף פחות, תלוי ביעילות המחזור ואיכות המוצרים הממוחזרים. לכן אגרגטים ממוחזרים וטבעיים, לתעשיית הבניה והתשתיות, אינם מתחרים אחד בשני אלא שניצולם המשולב הוא אסטרטגי.

אספקה של תב"ק עם שילוב מיטבי של א"מ יצמצם את טביעת הרגל הסביבתית של ענף הבניה והתשתיות (Blengini and Garbarino, 2010; WRAP, 2007). כדי להעריך את מימדי השיפור יש להבין את המאפיינים המקומיים ספציפיים של שוק האגרגטים (א"ט וא"מ מפסולת בנין) בישראל, ולזהות ולהעריך את החסמים העומדים בפני שילובם המיטבי, כלכלית וסביבתית, בשוק זה.

מחקר בנושא שנערך בסקוטלנד (Winter and Henderson, 2001) זיהה חסמים הקשורים

לתקינה, חסמים ניהוליים בירוקרטיים וחסמים כלכליים רגולטיביים הקיימים בתחום. הצעת מחקר זו באה לבדוק את מידת הרלוונטיות של החסמים האלו לנעשה בתחום בארץ, ולהעריך את המאפיינים המקומיים ספציפיים שלהם, תוך התמקדות בחסמים הכלכליים רגולטיביים.

רק חלק מהנתונים לגבי א"מ זמינים כיום בארץ, בולט בהעדרו מקור מידע תכליתי ומקיף עבור תעשייה מתפתחת חשובה זו. כוונתו של דיון על ההבטים הטכנולוגיים, חברתיים וכלכליים המשפיעים על תעשייה זו היא לספק חומר רקע עבור מקבלי החלטות המעורבים בענף הבניה והתשתיות (מפעלים, ספקים, צרכנים ורגולטורים), ועבור הגופים הציבוריים והממשלתיים המעוניינים לפתח מדיניות של ניהול פסולת ומשאבים ושימושי קרקע ברי קיימא.

כיום בארץ יש צורך בפיתוח מידע כלכלי על תעשיית הא"מ כדי לנתח את הגורמים הכלכליים רגולטיביים המשפיעים על מחזור האגרגטים, להבין מדוע מחזור קורה ולהעריך את ההשפעה של המחזור על שוק האגרגטים הטבעיים. תוך התבססות על מחקר בתחום בעולם (Winter and Henderson, 2001; Wilburn and Goonan, 1998), הערכת החלופות השונות להתערבות ממשלתית (כלים כלכליים רגולטיביים של מיסוי וסיבסוד ירוק) תעשה באמצעות מודל כלכלי, התוצאות יספקו תובנה על האופן בו ניתן לקדם את שילובם המיטבי של א"מ באספקת תב"ק עבור תעשיית הבנין והתשתיות בארץ.

ג. סקירת הרקע המדעי

ג.1 - פסולת בנין (C&DW, construction and demolition waste) ומחזור בעולם ובישראל

פסולת בנין נוצרת באזורי בנייה חדשים, באזורי הריסות של מבנים ישנים, באזורי שיפוצים ובמפעלי מוצרי בניה. פסולת הבנין אינה הומוגנית ומכילה מרכיבים נוספים לבטון ובלוקים: מרצפות, קרמיקה, פלדת זיון, אלומיניום, עץ, פלסטיק, זכוכית ועוד. הרכב הפסולת תלוי בסוג המבנה, הן המיועד להריסה והן העתידי: החומרים ששימשו/ישמשו להקמתו ובשיטת הבניה (באום וכץ, 2004)

פסולת בנין מהווה כ-40% מזרם הפסולת במדינה (Tam and Tam, 2006).

מדינות השוק האירופאי

השימוש והמיחזור של פסולת בנין באירופה מתקדם לעומת ארה"ב ומדינות המזרח הרחוק בעיקר בשל הנסיון שהצטבר בפינוי ההריסות ממלחמת העולם השניה והמחסור בחומרי בניה מייד אחריה. (Wilburn and Goonan, 1998). בשנת 1999, נוצרה באירופה כ-180 מ' טון של פסולת בנין (לא כולל עודפי עפר ופסולת מכבישים), במספר מדינות באירופה נפח פסולת הבנין שמופנית להטמנה עולה על כמות הפסולת הביתית (Symonds, 1999). שיעורי המיחזור הנהוגים במדינות השוק האירופאי, הם בין 35%-90%, כאשר רק 28% מהפסולת ממוחזרת או מנוצלת לשימוש חוזר. שאר הפסולת, כ-72%, שהם 130 מ' טון בשנה, מועברים בד"כ לאתרי הטמנה. זהו שיעור נמוך מהיעד המנחה של השוק האירופאי **2008/98/CE** שקבע כרף מינימלי שיעור של כ-70% מחזור לשנת 2020.

טבלה 1. מחזור פסולת בנין באירופה (Symonds, 1999)

מדינה	כמויות מוערכות של פסולת מבניה (מ' טון)	% שימוש חוזר או מחזור	% הטמנה או שריפה
גרמניה	59	17	83
בריטניה	30	45	55
צרפת	24	15	85
איטליה	20	9	91
ספרד	13	<5	>95
הולנד	11	90	10
בלגיה	7	87	13
אוסטריה	5	41	59
פורטוגל	3	<5	>95
דנמרק	3	81	19
יוון	2	<5	>95
שבדיה	2	21	79
פינלנד	1	45	55
אירלנד	1	<5	>95
לוקסמבורג	0	לא זמין	לא זמין

* בהדגשה מדינות שעומדות ומקדימות את היעד המנחה של השוק האירופאי.

ארה"ב

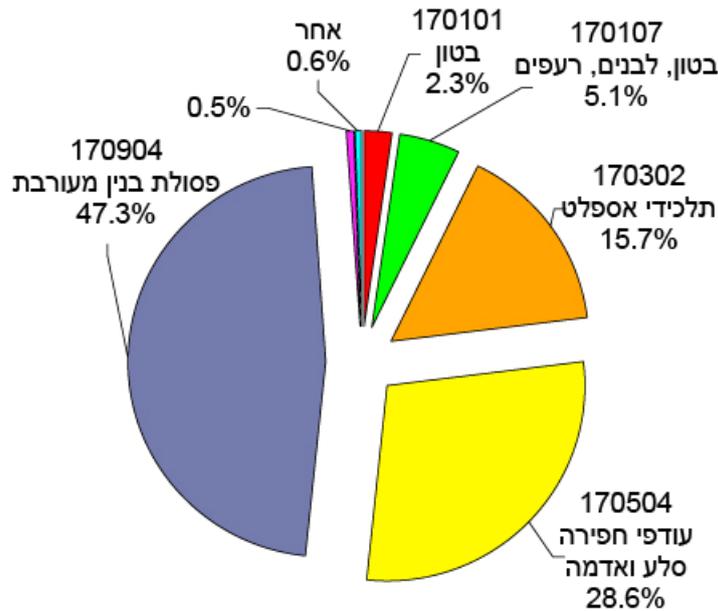
בארה"ב נוצרת מידי שנה כ-246 מ' טון של פסולת בנין שברובה מופנית להטמנה. בשנת 1996 כ-20-30% מפסולת הבנין מוחזרה, 35-45% הוטמנה באתרי פסולת בנין וכ-30% 40% הוטמן באתרי פסולת עירונית או נשרף.

ישראל

לפי הערכת המשרד להגנת הסביבה, בשנת 2009, כמות פסולת הבנין שנוצרה בישראל, לא כולל עודפי עפר, הוערכה בכ-3 עד 4 מ' טון בשנה. מתוכם: כ-2 מ' טון פסולת בנין מגיעה לטיפול באתרים מוסדרים, והשאר מושלך באופן בלתי חוקי בשטחים הפתוחים (טל, 2009). נכון להיום, אתרי פסולת פיראטיים ממשיכים לפגוע באתרים החוקיים להטמנת פסולת בנין, בכך שהם גוזלים מהם פסולת שהיתה אמורה להגיע אליהם (רינת, 2010). לפי הערכת המרכז לטיפול בפסולת בנין במשרד להגנת הסביבה, 1 מ' טון פסולת בנין מוחזר כל שנה בשנים 2007-2008, שיעור של כ- 25-30%, בשנים אלו הוטמנו כ- 900,000 טון פסולת בנין בשנה (טל, 2009).

2.ג - הרכב פסולת בנין (C&DW)

תרשים 1 מראה את ההרכב הממוצע של פסולת בנין, ע"פ הקטלוג של השוק הארופאי (EWC, European Waste Catalogue). המרכיב בעל האחוז הגבוה ביותר (47%) הוא פסולת בנין מעורבת (EWC 170904), שנוצרת בהריסה מכנית או הריסה באמצעות פיצוץ. פסולת בנין מעורבת עלולה להכיל חומרים רעילים (למשל אסבסט) ¹ או חומרים שעלולים לפגוע בתכונות המכניות של הא"מ (למשל גבס וחומרים קלים כמו טיח). בישראל אחוז החומר האינרטי (בטון, טיח ובלוקים) בפסולת הבנין עשוי להיות גבוה יותר היות שבארץ ממעטים להשתמש בחומרים כמו עץ, לבנים קרמיות ועוד, השכיחים מאוד באירופה (אפשטיין, גונצ'רוב, זביצקי 2001).



תרשים 1. הרכב פסולת בנין ע"פ הקטלוג של השוק האירופאי

ג.3 אסטרטגיות להגברת מחזור של פסולת בנין בשוק האירופאי המשותף

בדוחות של פאקו (Paqout, 1998) ושל- סימונדס (Symonds, 1999) שהוכנו עבור השוק האירופאי המשותף, הוצעו מספר אסטרטגיות להפחתה וניהול בר-קיימא של פסולת בנין, בין השאר ע"י עידוד המיחזור שלה. הצעות אלו נשקלות לרגולציה באירופה.

סימונדס

1. היטל מס על פסולת בנין המיועדת להטמנה
2. חיוב הפרדת פסולת בנין באתר
3. דרישה להכנת תכנית טיפול בפסולת כתנאי למתן היתר בניה
4. מסוי על אגרגט ממקור טבעי
5. מטמנות אחידות – הטמנה ממויינת של חומרים דומים כך שניתן יהיה למחזר אותם במועד מאוחר יותר לכשהמחזור יהיה כלכלי.
6. חיוב של יצרנים למחזר מוצרי בנין (שטיחים, רעפים, מנורות וכו')

פאקו

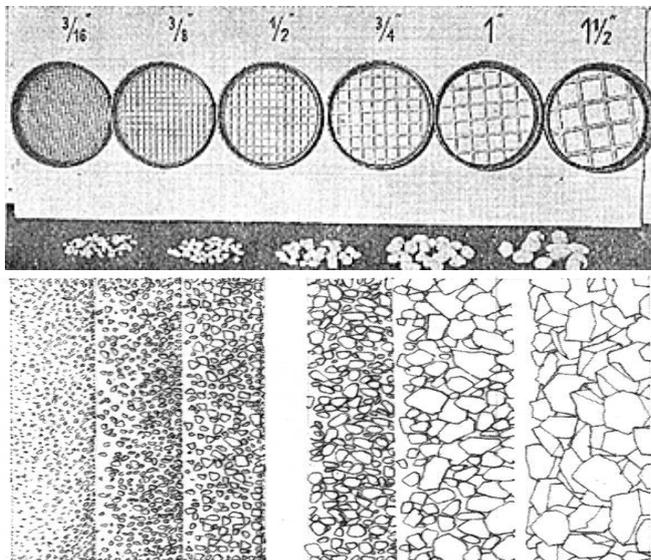
1. איסור מוחלט על שימוש בחומרים רעילים או מסוכנים במוצרי בניה (עופרת, כספית, הקסאוולנט חרום וכ"ו)
2. רישוי של חברות הריסה ופינוי פסולת
3. יעדים סביבתיים במכרזים ממשלתיים
4. עידוד הארכת חיי המבנה

5. דרישה להכנת תכנית הריסה וטיפול בפסולת כתנאי למתן היתר בניה
6. עידוד נוהלי עבודה ותהליכי בניה אשר מצמצמים את הכמות של פסולת הבנין.
7. איסור הדרגתי עד מוחלט של הטמנת פסולת בניה בכלל.

ג.4 אגרגטים

ג.4.א אגרגטים ושימושם

אגרגט הוא חומר חלקיקי, בגודל של 0.15 מ"מ עד מספר עשרות מילימטרים. אגרגט שגודל הגרגר המירבי שלו הוא עד 4.75 מ"מ נקרא *אגרגט דק* או *חול*. אגרגט שגודל הגרגר המינימלי שלו גבוה מ- 4.75 מ"מ נקרא *אגרגט גס*. בארץ התקן לאגרגט טבעי הינו ת.י 3 "אגרגטים מינרליים ממקורות טבעיים", 1998.



תרשים 2.

נפות מיון ואגרגטים בגדלים שונים

אגרגט משמש לבניה ותשתיות, תחת הגדרה זו נכללים חול, חצץ, סלע גרוס, סיג, פסולת בנין אינרטיית גרוסה (א"מ) ואגרגטים גיאויסינטטיים. האגרגטים הם מרכיבים בחומרים מורכבים כמו בטון או אספלט ומשמשים לחיזוקם. הודות לערך מוליכות הידראולית גבוה בהשוואה לרוב הקרקעות, אגרגטים משמשים באופן נרחב לעבודות תיעול וניקוז. כמו כן, אגרגטים משמשים כחומר בסיס מתחת ליסודות, כבישים ופסי רכבת. במילים אחרות, אגרגטים משמשים כבסיס יציב בעל תכונות אחידות וצפויות, או כחומר זול למילוי נפח שמתקשר עם צמנט או אספלט יקרים יותר בתערובת הבטון והאספלט.

אגרגטים בבטון

איכות האגרנט הינה מרכיב אחד מאלה שקובעים את תכונות הבטון (חוזק, ספיגות, אטימות, גוון, טקסטורה, עבידות וכו'). בדרך כלל משתמשים באגרנט דק (חול ים נקי) ואגרנט גס (חצץ, סלע קשה גרוס). האגרנט הדק והגס ביחד מהווים כ-80% מנפח הבטון לבניה, וכ-95% מנפח האספלט בכבישים (Herrick, 1994).

הנחת המוצא הינה שאגרנט שנחצב ממחצבה אחת יהיה באיכות מדידה ואחידה. מאחר ואיכות האגרנטים משפיעה על איכות הבטון, רוב התקנים בעולם מחייבים שימוש באגרנט בתול ממקור טבעי (א"ט), ממחצבות מאושרות, הן ביצור תערובת הבטון לשימוש קונסטרוקטיבי ולא קונסטרוקטיבי.

ג.4.ב חציבה של א"ט בעולם ובישראל

בעבר, א"ט היה נפוץ, זול ובאיכות גבוהה. בשנים האחרונות, בעקבות הבנייה המאסיבית ברחבי העולם, במיוחד בסין ובהודו, נוצר עומס על מחצבות האגרנטים. בנוסף, עלתה המודעות לפגיעה הסביבתית של תעשיית הבניה והתשתיות: המחצבות פוגעות בנוף הטבעי, תהליך החציבה עתיר אנרגיה והובלת האגרנט מהמחצבות לאתרי הבניה ומפעלי הבטון גורמת לזיהום אויר ולעומס תעבורתי. (Socolow, 1995). גם בארץ ארגוני סביבה מנהלים מאבקים ציבורים נגד הקמת מחצבות חדשות, לדוגמה ההתנגדות לתוכנית להקמת המחצבה בהר קוץ בשנת 2002 (קרא עוז, 2002).

השימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנין מהווה חלופה אחת באמצעותה ניתן לעמוד בביקוש לאגרנטים באיזורים בהם יש מחסור או שמעוניינים לחסוך בחציבת חומרים טבעיים. חלופה נוספת המתקיימת במדינות רבות היא שימוש בתוצרי לוואי של תעשיות שונות כתחליף לחומרים טבעיים בתעשיית הבניה והתשתיות: אפר פחם (מוצר לווי של שריפת פחם בתחנות כוח), סייגים מתנורים חמים (GGBS פסולת בתהליך ייצור הפלדה), פסולת קראמית (פסולת מתעשיית הקראמיקה והפורצלן) ופסולת זכוכית מזהמת (פסולת מתעשיית ייצור ומיחזור הזכוכית).

במדינות השוק האירופאי נחצבים מידי שנה כ-2,897 מ' טון של חומר טבעי: חול, חצץ וסלע גרוס (טבלה 3)



תרשים 3. מחצבת א"ט טיפוסית

טנסי, ארה"ב

מנתוני המשרד להגנת הסביבה, בשנת 2008 נחצבו בישראל כ-31.3 מ' טון א"ט (חצץ ומצעים) בכ- 29 אתרי חציבה הפעילים כיום (טל, 2009).

בשנת 2007, התריע משרד התשתיות הלאומיות והקרן לשיקום מחצבות כי מלאי המשאבים הטבעיים לכרייה וחציבה הולך ומדלדל. עד שנת 2020 צפוי מחסור בחומרי גלם לבנייה ותשתיות. מבדיקה מקיפה שערך משרד התשתיות צפוי מחסור בחומרים קריטיים: אגרגטים (חצץ), בזלת, חול, פוספטים וגיר למלט. מחשש שהדלדלות העתודות במחצבות תגרום לעליית מחירי חומרי הגלם, הורה משרד התשתיות להכין בדחיפות תכנית מתאר בנוסף לתמ"א 14, הקיימת, לבנייה וסלילה: תמ"א 14/ב', שתקצה תוספת אתרי כרייה וחציבה לתכנית המקורית, לאבטחת אספקה סדירה לחומרי בנייה עד לשנת 2040 (משרד התשתיות, 2008).

כחלק מתכנית זו הורה משרד התשתיות (2008) לבחון את האפשרויות למקורות חלופיים לחומרי גלם ללא תלות ביבוא שעלול להיות בעל השפעה כלכלית שלילית על תעשית הבניה והתשתיות. בין השאר, תבדק אפשרות למיחזור חומרי לוואי וחומרי גלם מעבודות תשתית כמו- בנייה, מנהרות, עבודות חקלאיות וכד'. אף כי שמירה על איכות הסביבה אינה הגורם המניע את ההנחיות של משרד התשתיות, בחינה זו עשויה לתרום לנהול בר קיימא של פסולת בנין.

ג.2.ג – אגרגט גס - קטגוריות

ע"פ ההגדרות של ארגון WRAP, בריטניה, האגרגט הגס המשמש לתעשית הבניה והתשתיות מסווג לשלוש קטגוריות: ראשוני, שניוני וממוחזר.

אגרגט ראשוני (Primary Aggregated): אגרגט טבעי, מיניראלי מסלע גרוס, ממחצבה מאושרת שעבר מיון ושטיפה.

אגרגט שניוני (Secondary Aggregates): אגרגט מבטון גרוס כאשר מקור הבטון הינו המפעל המיצר. כל חומרי הגלם ותהליך היצור ידועים. ניתן לגרוס, למיין ולשטוף את האגרגט לשימוש חוזר כתחליף לאגרגט ראשוני.

אגרגט ממוחזר (Recycled Aggregates): אגרגט מבטון גרוס כאשר מקור פסולת הבנין אינו ידוע. יש צורך למיין ולשטוף את האגרגט, ולבדוק את תכונותיו לפני השימוש כתחליף לאגרגט בכל דרוג. (קטגוריה זו לא כוללת אספלט מגורד שע"פ המדריך האנגלי לתכנון כבישים וגשרים (HD 35/04) מהווה קטגוריה נפרדת)

איכות הא"מ תלויה באיכות החומרים ממנו הוא מופק (פסולת הריסה מגוונת מאוד כתלות בגיל והסביבה אליה נחשף החומר לאורך חיי המבנה), תהליכי ההפרדה והמיון ודרגת התהליכים הסופיים שחומרים אלו עברו. (Wilburn and Goonan, 1998; WRAP, 2010).

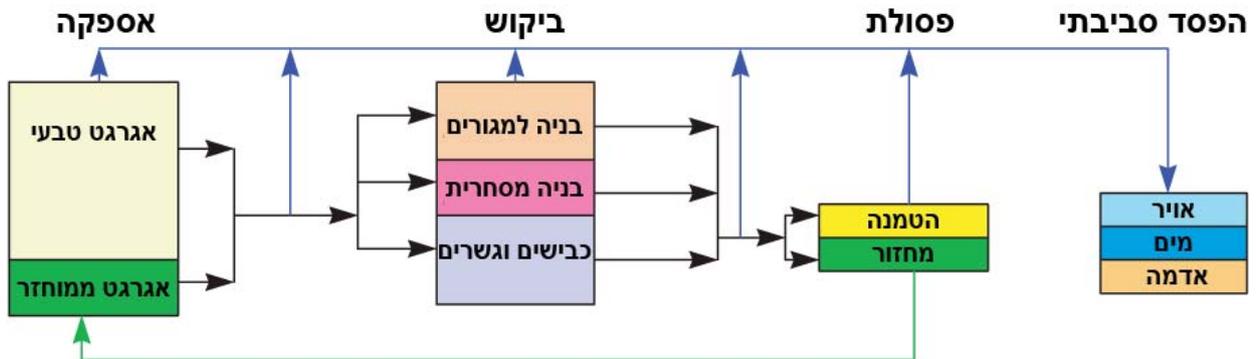
שימושי א"מ

הצרכנית הגדולה ביותר של א"מ במדינות רבות בעולם היא תעשיית הכבישים על כל סוגיה מכיוון שאיכות האגרגטים הנדרשת נמוכה יותר מהאיכות הנדרשת ביצור בטון קונסטרוקטיבי. לכן, מגזר התשתיות מוביל בשימוש בא"מ (Symonds, 1999).

בהתבסס על המפרט לעבודות סלילה וגישור באנגליה (MCHW Vol.1) והמדריך לתכנון כבישים וגשרים באנגליה (HD 35/04), ניתן להשתמש בא"מ ל:

- חומרים ביטומנים
- בטון – ניתן להשתמש בא"מ בדרוגים מסויימים של בטון
- מצע לצנרת
- תערובות הידראוליות קשורות (HBM), לתת בסיס ובסיס
- תערובות לא קשורות לתת בסיס
- מילוי וכיסוי שטח, למשל ליצירת סוללות

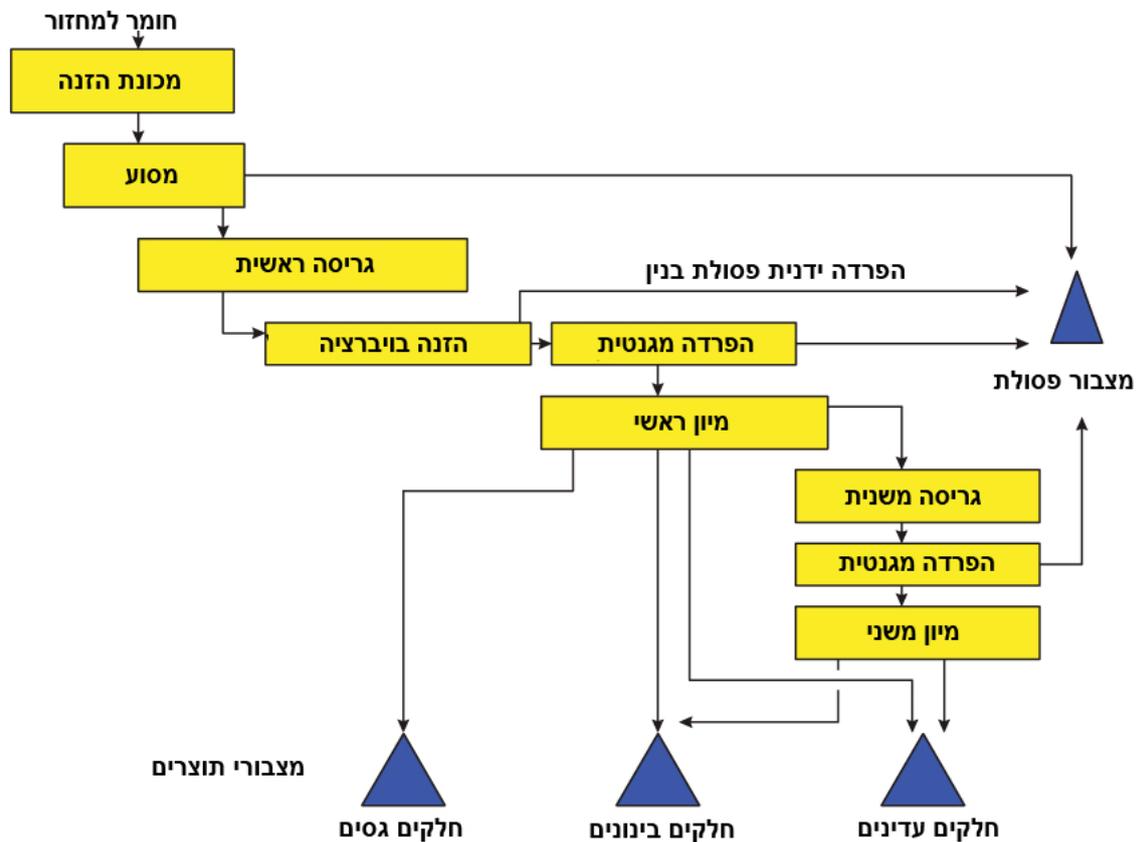
תרשים 4 מתאר זרימה כללית של אגרגטים (א"ט וא"מ) בתעשית הבניה והתשתיות. חצים אנכיים כחולים מייצגים הפסדים לסביבה שקורים לאורך הזרימה במערכת.



תרשים 4. מערכת זרימת האגרגטים בתעשית הבניה והתשתיות (Goonan and Wilburn, 1998)

ג.4.ד השיטות ליצור א"מ

ישנן שתי שיטות ליצור א"מ: באתר הבניה (In situ) במפעל מחזור נייד, ומחוץ לאתר הבניה (Ex situ) במפעל מיחזור ניח. מפעל מחזור (ניח או נייד) מורכב ממספר יחידות בסיסיות: מכונות הזנה, ריסוק, הפרדה מגנטית ונפות סינון. מפעלי המחזור מגוונים מבחינת רמת המיכון הטכנולוגי ולכן מיצרים א"מ במגוון דרגים.



תרשים 5. תרשים זרימה כללית לתהליכי יצור של אגרגטים ממוחזרים (Wilburn and Goonan, 1998)

מחזור באתר מתבצע באמצעות מערכת שלהקמתה נשכר מיכון נייד שמשווע לאתר הבניה. מפעלים ניידים מטפלים בכמויות קטנות יותר של פסולת בנין באתרי הריסה זמניים, וכוללים טכנולוגיות בסיסיות.

מפעלי המחזור מטפלים לרוב בפסולת בנין מעורבת (תרשים 1), לכן איכות הא"מ תלויה באופן ישיר ברמה הטכנולוגית המיושמת בהם.

יש לציין, שכדי לעלות את רמת התוצרים המופקים מהריסות בנין במפעלי מחזור ניידים נחוצות טכנולוגיות חדישות: מיון באמצעות מערכות קומפקטיות לשטיפה במים וסילוק בוצה.

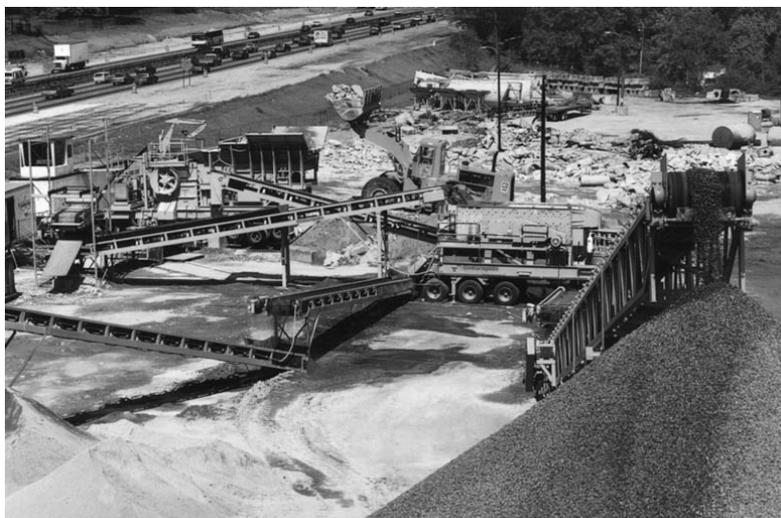
טכנולוגיות אלה נמצאות כיום בשלבי פיתוח באירופה ואינן זמינות בקנה מידה מסחרי.

תרשים 5. מפעל ניח ליצור

א"מ טיפוס,

חב' סדרפידס (Cederapids),

ארה"ב

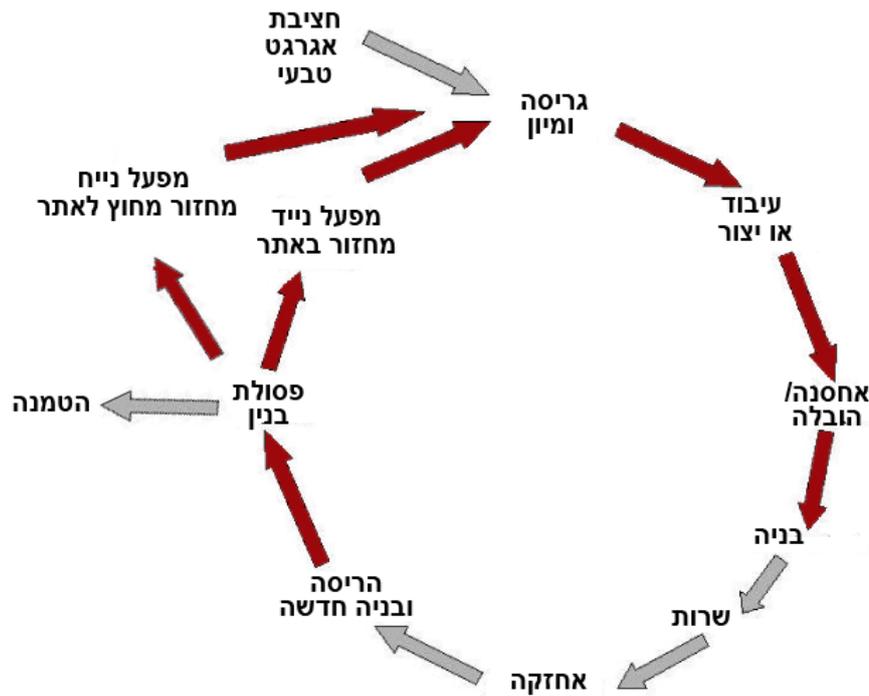


לשני סוגי המפעלים יתרונות וחסרונות כלכליים, טכניים וסביבתיים המסוכמים בטבלה הבאה
(Symonds, 1999; Blengini and Garbarino ,2010; WRAP 2010)

טבלה 1. יתרונות וחסרונות לחלופות השונות ליצור א"מ

מפעל ליצור א"מ	יתרונות	חסרונות
מפעל מחזור נייד באתר (In situ)	<ul style="list-style-type: none"> - עיבוד החומרים נעשה מבלי לשנע אותם מחוץ לאתר. הא"מ לרוב מנוצל באתר כך נחסכת העלות הכלכלית והסביבתית שבהובלה לאתרים אחרים - כרוך בפחות טיפול בחומרים - השקעה נמוכה יותר במיכון 	<ul style="list-style-type: none"> - עלויות כלכליות וסביבתיות שבשינוע המיכון לאתר - באופן כללי, מפיקים א"מ בדרוג נמוך- ג' (מקור מתוך מחקר איטלקי). - המיכון תופס שטח משמעותי באתר - עלויות תפעול גבוהות יותר לטון של פסולת - יותר רעש מקומי ואבק - פחות גמישות בנוגע למקום ולעיתוי שבו ניתן להשתמש בחומר הממוחזר - עבודות הבנייה עלולות להתעכב או להידחות
מפעל מחזור נייד מחוץ לאתר (Ex situ)	<ul style="list-style-type: none"> - בד"כ רמת מיכון טכנולוגי גבוהה יותר היות ומעשי יותר להחזיק ציוד כבד - מסוגלים להפיק א"מ בשלושת הדרוגים : A, B ו-C (ראה פרק ג.4.1) - כאשר המפעל מחזיק ציוד מיון להפרדת החלקים הלא רצויים, בקרת איכות החומר הממוחזר טובה - עלויות התפעול לטון פסולת נמוכות יותר - קל יותר לאחסן מלאים, עובדה המאפשרת מציאת שווקים אפשריים עבור החומר הממוחזר 	<ul style="list-style-type: none"> - עלויות כלכליות וסביבתיות שבשינוע החומר לאתר אחר לצורך טיפול - יש צורך בתהליך הריסה מבוקר, כדי להמנע מקבלת חומר באיכות ירודה - עלויות הטיפול בחומרים והובלתם, גבוהות יותר - עלויות ההשקעה במיכון גבוהות יותר - עלויות קבועות הכרוכות באחזקת האתר וקשיים במיקום האתר ובהשגת רשיונות עסק (NIMBY)

תרשים 6 מדגים בסכמטיות את מחזור החיים של האגרטים, החלק שמסומן באדום מיצג את השלבים הרלוונטים ליצור ואספקה של א"מ. לולאת משנה נוצרת כאשר פסולת הבנין מעובדת במפעל נייד מחוץ לאתר. בחלופה של המחזור זרימת החומרים מעגלית בנוסף לחומרים טבעיים שנכנסים למערכת. ללא מחזור, מחזור החיים של האגרטים היה מסתיים באופן לינארי בהטמנה.



תרשים 6. מחזור החיים של האגרטים

ג.4.ה השפעות סביבתיות של א"מ

בנוסף לצמצום כמות הפסולת המיועדת להטמנה, ניתן להפוך פסולת בנין למוצרים שניונים ביעילות ע"י מחזור (Badino et al., 2007; Blengini and Garbarino, 2006; Sara et al., 2001; Tiruta-Barna et al., 2007). עם א"מ יכול לשמש כתחליף או להשתלב בתערובת עם א"ט למספר שימושי קצה, ובכך לחסוך במשאבים בלתי מתחדשים (חציבת סלע טבעי). המחקר של בלנג'יני וגרברינו (Blengini and Garbarino, 2010) בדק האם ובאיזו מידה א"מ יכולים להשלים את הא"ט באספקת תערובת ברת קיימא לתעשית הבניה והתשתיות, בטורינו שבאיטליה.

במחקר נעשה שילוב של מערכת מידע גיאוגרפי (GIS) ומודל להערכת מחזור חיים (Life Cycle Assessment LCA), תוך שימוש במידע מקומי ספציפי ומתן תשומת לב מיוחדת לשימושי קרקע, תובלה והמנעות מהטמנה, שהן סוגיות מרכזיות בתכנון וניהול ברי קיימא. המתודולוגיה של-GIS שימשה לעיבוד של מידע ונתונים לגבי מפעלי המחזור באזור המחקר (טורינו שבאיטליה), כולל המערך הטכנולוגי, תפוקה, מרחקי שינוע ותכונות פיזיות-מכאניות של הא"מ. המתודולוגיה של LCA שימשה כדי לזהות ולכמת עומסים סביבתיים ואנרגטיים, תוך הנחות שונות הנוגעות למרחקי שינוע שהופקו מניתוח מודל ה-GIS, איכות הא"מ, זמינות מקומית של א"ט וכיסוי גיאוגרפי של הביקוש בשוק. ממודל ה-LCA עלה במחקר שבמחזור פסולת בנין כאגרטים ההשפעות שנמנעו נמצאו גבוהות יותר לעומת ההשפעות שנגרמו ב-13 מתוך 14 פרמטרים סביבתיים. כך הוכח רוח סביבתי נקי למחזור. בנוסף

הוערך שמרחקי שינוע של א"מ צריכים להיות פי 2-3 מהמרחק הממוצע שנמדד במחקר (20ק"מ), כדי שהשפעות שנגרמו יעלו על השפעות שנמנעו.

ארגון WRAP (Waste and Resource Action Program) ⁱⁱ בבריטניה, פרסם מחקר מקיף (2007) שבדק אף הוא במתודולוגית LCA את הפער (ב-%) מבחינת סה"כ השפעה על הסביבה בין הפרקטיקה הסטנדרטית לתוכן ממוחזר (ב-%) לבין הפרקטיקה הטובה לתוכן ממוחזר (ב-%), עבור מגוון שימושי קצה בתעשית הבניה והתשתיות:

אגרגטים לעבודות מילוי, מצע ותת ביסוס, אספלט, תערובת בטון רדי-מיקס, מוצרי בטון, בלוקים מבטון, בלוקים מבטון קל, רעפי בטון, לבני חמר, לוחות גבס, לוחות סיבית, בידוד טרמי, חיפויים, ריצופים ומוצרי אינסטלציה פלסטיים. הקטגוריה של הא"מ קבלה את הניקוד הגבוה ביותר מבחינת אחוז השינוי בסה"כ השפעה על הסביבה. את העליה בשיעור פליטת הפחמן בקטגוריה זו המחקר מנמק בכך שנושא התחבורה עדין אינו משולב כראוי במתודולוגיות LCA. לו היה משולב, שיעור פליטת הפחמן בא"מ היה נמוך לעומת א"ט היות שככלל, מקור אספקה של א"מ קרוב לאתר הבניה ב-10ק"מ לפחות לעומת א"ט. א"מ המיוצר ומנוצל באתר מוערך במחקר כבעל ניקוד גבוה יותר הן מבחינת פליטת פחמן והן מבחינת סה"כ השפעה על הסביבה. כפי שמפורט בטבלה 2.

Quick Win Category	Sub type	Change from standard to good practice recycled content				
		Standard practice recycled content (%)	Good practice recycled content (%)	Data Quality	Average % change in carbon emissions	Average % change in overall environmental impact (Ecopoints)
Aggregates (unbound)	Granular fill	0	100	30 LCA industry data sets	50%	-79%
	Pipe bedding	0	100		49%	-80%
	Sub-base	0	100		50%	-79%
Asphalt (ex-situ)	-	0	14	5 LCA industry data sets	-4%	-9%
Ready mix concrete (RMC)	RMC up to strength C25	0	24	15 LCA industry data sets	-16%	-26%
	RMC above strength C25	0	7		-42%	-27%
Precast concrete paving	Concrete paving blocks (CBP)	5	50	Constructed from LCA data sets from similar industrial processes	No significant discernible difference	-21%
	Concrete reconstituted paving blocks	5	40		2%	-6%
	Concrete paving slabs (flags)	3	20		-4%	-11%
Dense concrete blocks	-	5	50	25 LCA industry data sets	4%	-16%
Lightweight concrete blocks	-	50	80	20 LCA industry data sets	No significant discernible difference	-15%
Concrete roof tiles	Concrete tiles	0	10	17 LCA industry data sets	No significant discernible difference	-7%
	Fibre cement tiles	0	5	3 LCA industry data sets	-7%	-9%

■ תאים המצביעים על מגמה כללית של תועלת עם העליה בשיעור החומר הממוחזר
■ תאים המצביעים על מגמה כללית של חוסר תועלת עם העליה בשיעור החומר הממוחזר

***טבלה 2.** תוצאות של הערכת מחזור חיים (LCA) (WRAP, 2007)

* מהטבלה המקורית המוצגים שאינם רלוונטים לדיון בא"מ

המבקרים של מחזור פסולת בנין טוענים שההשפעות והשימוש באנרגיה בתהליך המחזור עולים על היתרונות הסביבתיים שלו. תוצאות מחקר ופרסום אלה, המשתמשים במתודולוגית LCA, המבוססת והמוכרת בינלאומית, מסיעות בהפרכת ביקורת זו.

ג.4.1 – התקן האירופאי לשימוש בא"ט וב"מ

(BS 8500-1:2006 & BS EN 206-1:2000)

ב-2006 אושר התקן האירופאי לשימוש בא"מ בשוק המשותף. מטרת התקן:

1. ניהול חדשני במטמנות והענשה מחמירה עבור השלכת פסולת באתרים פיראטיים.
2. עידוד יצרני פסולת להפריד במקור פסולת המיועדת להטמנה ופסולת שמתאימה למחזור.
3. פיתוח אתרים ומנגנוני שוק לעודד איסוף, גריסה ושיווק פסולת בנין.
4. קביעת תקנים ונוהלים לעודד מתכננים, יצרנים וקבלנים להשתמש בחומרים ממוחזרים.

בזכות תקן זה נפתחה הדלת לשימוש רחב בא"מ בכל מדינות השוק האירופאי. בחכמה רבה התקן האירופאי מגדיר מאפייני אגרנט בשלושה דרגים מבלי לעשות הפרדה בין א"ט לא"מ. התקן לא מגדיר מרכיבים ספיציפיים או את סוג הבטון הגרוס אלא רק את מאפייני האגרנט. כך שאם אגרנט כלשהוא, ממקור ממוחזר או טבעי, עומד בתנאי מעבדה (חוזק, ספיגות, העדר חומרים רעילים וכו'), ניתן להשתמש בו לפי מפרט השימושים המאושרים.

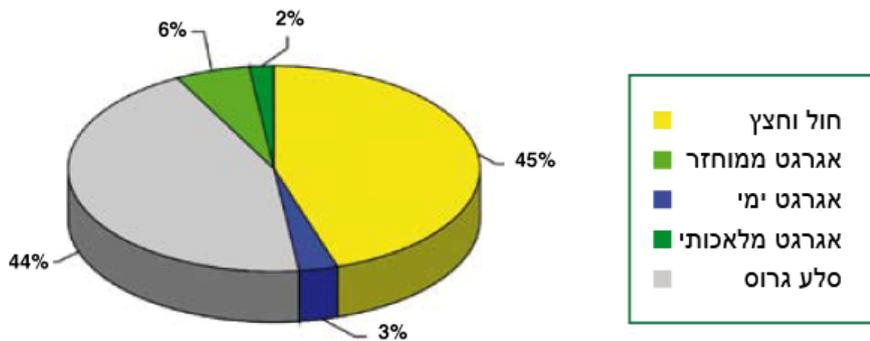
1. **דרוג A איכות גבוהה:** אגרנט שמתאים לשימוש בהכנת בטון קונסטרוקטיבי.
2. **דרוג B- איכות בינונית:** בטון לא קונסטרוקטיבי – אבני שפה, מדרכות, קירות תומכים, יסודות, מחסומי כבישים וכו'.
3. **דרוג C - איכות נמוכה:** אגרנט שמתאים רק כמצע בעבודות תשתית – מצע לכבישים או להנחת צנרת תת-קרקעית.

לזמר, לפי התקן האירופאי, לכל סוג של א"ט ניתן למצא א"מ מקביל המתאים לאותם שימושי קצה. (Blengini and Garbarino, 2010)

ג.5- תמונת מצב של היצור והשימוש באגרנטים ממוחזרים בעולם

ג.5.א מדינות השוק האירופאי

ב-2005, שיעור היצור של א"מ מכלל היצור של האגרנטים לשימוש בתעשיית הבניה והתשתיות במדינות השוק האירופאי עמד על 6%.



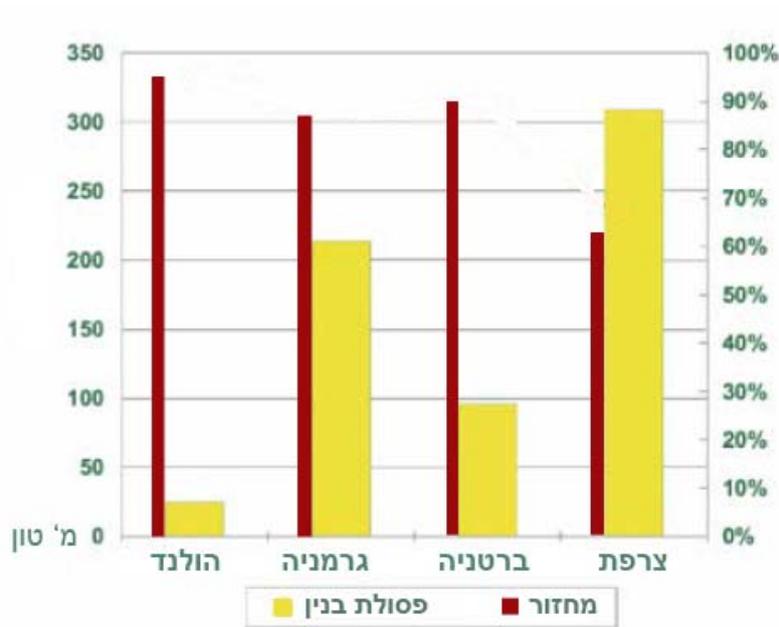
תרשים 7. התפלגות מקורות האגרנטים לשמוש בתעשיית הבניה והתשתיות במדינות השוק האירופאי בשנת 2005 (UEPG, 2005)

השימוש בא"מ זוכה באירופה לתמיכה רחבה ולשיתוף פעולה של כל השחקנים בענף הבניה. הציבור בכל מדינה מצפה מהממשלה להוביל את התהליך גם כמחוקק ורגולטור וגם כצרכן ראשי בענף הבניה (Paqout, 1998; Symonds, 1999). השימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנין מהווה חלופה אחת שאיחוד האגרנטים האירופאי (European Aggregates Association, UEPG) מעודד כדי לעמוד בביקוש לאגרנטים באיזורים בהם ניכר מחסור בחומרים טבעיים לחציבה.

במרבית מדינות אלו מיושם שילוב של מספר כלי מדיניות המעודדים מיחזור פסולת בנין: מיסוי (מס חציבה והיטל הטמנה), איסור הטמנת חומרים ברי מיחזור ועידוד השימוש בחומרים אלו בענף הבנייה והתשתיות, בעזרת תמריצים כלכליים. כלי חשוב נוסף לקידום הנושא הוא מימון עבודות מחקר והקמת גופים ממשלתית דוגמת ה-WRAP בבריטניה, לקידום השימוש המושכל בחומרי גלם ראשוניים וממוחזרים למשק הבנייה והתשתיות (UEPG, 2005).

בשל כך, ובשל שיפור מתמיד במסגרת הרגולטיבית, וחדשנות טכנולוגית, חלק מהמדינות האירופאיות השיגו שיעור גבוהה של מחזור פסולת בנין, כפי שניתן לראות בגרף שבתרשים

8.



תרשים 8. כמות פסולת בנין לעומת שיעור מחזרה במדינות מובילות באירופה (UEPG, 2005)

בטבלה 3 ישנם נתונים סטטיסטיים לגבי תעשית האגרגטים באירופה: מס' חברות, מס' אתרי חציבה/מחזור, מועסקים ותוצרים: חול וחצץ, סלע גרוס, א"מ, ואגרגטים מלאכותיים.

טבלה 3. תעשית האגרגטים באירופה, סטטיסטיקה שנתית, 2005 (UEPG)

Country	Companies	Sites	Employees (1)	Production (Million t)				
				Sand & Gravel (2)	Crushed Rocks (3)	Recycled Aggregates (4)	Artificial Aggregates (5)	Total
Austria	950	1,255	5,730	66.0	32.0	3.5	3.0	104.5
Belgium	183	267	1,830	13.9	38.0	12.0	1.2	65.1
Czech Republic	220	607	3,391	25.5	38.0	3.4	0.3	67.2
Denmark	350	400	3,000	58.0	0.3			58.3
Finland	400	3,600	3,000	53.0	45.0	0.5		98.5
France	1,770	2,680	14,700	170.0	223.0	10.0	7.0	410.0
Germany	1,890	3,180	54,500	263.0	174.0	46.0	30.0	513.0
Ireland	250	450	5,100	54.0	79.0	1.0	0.0	134.0
Italy	1,750	2,460	14,000	225.0	145.0	4.5	3.0	377.5
Netherlands	16	40-45	400	94.2		25.0		119.2
Norway	740	4,600	2,600	15.0	38.0	0.2		53.2
Poland	2,044	2,620	60,900	104.3	37.7	7.2	1.6	150.8
Portugal**	331	357	4,081	6.3	82.0			88.3
Slovakia	170	208	1,883	8.9	16.9	0.2	0.3	26.3
Spain	1,500	1,920	84,000	159.0	300.0	1.3	0.0	460.3
Sweden	150	1,840	3,500	23.0	49.0	7.9	0.2	80.1
Switzerland	329	500	3,200	46.5	5.3	5.3		57.1
United Kingdom	350	1,300	88,000	124.0	85.0	56.0	12.0	277.0
Total	13,393	28,244	353,815	1,509.6	1,388.2	184.0	58.6	3,140.4

* Data 2004
 ** Data 2003
 Not available

Source: UEPG

ג.5.ב - ארה"ב

בשנים האחרונות, עקב פרויקטים מאסיביים לחידוש והרחבת תשתיות שנבנו בשנות ה-50'60, הביקוש לאגרגטים בארה"ב מוערך בכ- 2 מיליארד טון בשנה. הצפי הוא שהביקוש עוד יעלה ויגיע לכ-2.5 מיליארד טון בשנה עד שנת 2020. תחזית זו מעוררת דאגה באשר לזמינותם של משאבים טבעיים וגרמה לרשויות המדינה ולתעשיית האגרגטים לקדם מדיניות מחזור פסולת בנין כמקור חלופי לאגרגטים. יותר מכ- 50% מפסולת הבנין בארה"ב מגיעה למטמנות. שיעור של- 85% מהא"מ משמש כאגרגט בדרוג נמוך (מילוי ומצע לתשתיות). (Wilburn and Goonan, 1998).

מתברר שבארה"ב עלות ההובלה הינו חסם מכריע בחישוב הכלכלי והסביבתי של א"מ. למרות עלות הדלק הנמוכה יחסית, ע"פ המחקר של סוקולו (Socolow, 1995) עלות השינוע של האגרגטים עולה לעתים על עלות האגרגטים עצמם. חסכון בהובלה משפיע על הכדאיות ארוכת הטווח למיחזור הפסולת, ולכן מיקום הפרויקטים ומרחקם ממחצבות האגרגטים ומאתרי המיחזור מהווה גורם שמצמצם את היכולת של הרשויות לעודד מיחזור. מחלקות התחבורה של מדינות רבות אימצו תקנים המעודדים שימוש בא"מ לעבודות תשתית: השימושים הנפוצים הם לחידוש אבני שפה, דרכי ניקוז, מדרכות ושכבות מצע בסיס לכבישי אספלט. מחלקת התחבורה של קליפורניה, לדוגמא, מאפשרת שימוש בא"מ בתערובת בטון, גישה זו מאפשרת חופש לקבלנים לבחור את החומרים החסכוניים ביותר לביצוע עבודתם. בחישוב עלויות בניה, התברר כי בפרויקטים רבים שעלותם מעל 3 מ' דולר מתקבל חסכון של \$114 אלף בעקבות השימוש בא"מ.

ג.5.ג - ברטניה

בריטניה היא אחת המדינות המובילות כיום בעולם בתחום מחזור פסולת בנין (תרשים 8). בשנת 2005 יוצרו שם כ-100 טון פסולת בנין ושיעור המחזור עמד על מעל 90%. מתוך כל פסולת הבנין הממוחזרת, בין 75-80% ממוחזר כאגרגט מאיכות נמוכה (דרוג C), ו-15% כאגרגט באיכות גבוהה לשימוש בתערובות בטון (דרוג A ו-B). (WRAP, 2010) אירגון WRAP קבע יעד לאומי לפיו 30%-35% מחומרי הבנייה והתשתיות יהיו ממקורות ממוחזרים. כמו כן, WRAP מניח כי השימוש בא"מ ביישומים איכותיים ילך ויעלה.

ג.5.ג.1 ברטניה (בדגש סקוטנלד)- מקרה בוחן לזיהוי והערכת חסמים לשימוש

באגרגטים ממוחזרים

ע"פ המחקר של וינטר והנדרסון (Winter and Henderson, 2001) החסמים לשימוש בא"מ בסקוטלנד הם:

- חסמים כלכליים רגולטיביים והשפעתם על שוק האגרגטים
- חסמי תקינה: מפרטים, תקנים וחוזים
- חסמים ניהוליים בירוקרטיים

- חסמים כלכליים רגולטיביים והשפעתם על שוק האגרגטים

ע"פ המחקר של וינטר והנדרסון (2001) החסם המרכזי בניסיון לעודד שימוש בא"מ הינו השיקול הכלכלי. עלותו הנמוכה של הא"ט לצד איכותו הגבוהה גרמה לכך שבתעשית הבניה והתשתיות לא ראו כל יתרון כלכלי בשימוש בא"מ. כאשר נלקחים בחשבון עלויות עיבוד הפסולת לייצור א"מ, הפרש המחיר בינו לבין א"ט, במדינה משופעת עתודות חציבה כמו סקוטלנד, נמוך.

כדי לשלב בחישוב הכלכלי את העלויות הסביבתית של הטמנת פסולת בנין וחציבת א"ט ולתמרץ כלכלית את השימוש בחומרים משניים בכלל וא"מ בפרט, השתמשה ממשלת בריטניה בשני כלי מדיניות כלכלית: העלאת הטל הטמנת פסולת אינרטיית (הכוללת פסולת בנין) והיטל חציבה.

היטל הטמנה- בנובמבר 1994 קבעה ממשלת בריטניה היטל הטמנה אשר מבחין בין פסולת אינרטיית (לא מגיבה עם חומרים אחרים, פסולת הבנין המתאימה לעיבוד כא"מ הינה אינרטיית) לפסולת לא אינרטיית (מגיבה עם חומרים אחרים). נקבע תעריף קבוע של 2 לירות סטרלינג להטמנת טון פסולת אינרטיית. בעוד שתעריף ההיטל של הטמנת פסולת לא אינרטיית טיפס כל שנה בהדרגה, החל מ-7 לירות סטרלינג ב-1994 ועד מחיר צפוי, ע"פ המחקר מ-2001, של 15 לירות סטרלינג לטון ב-2004.

התעריף הקבוע של הטמנת פסולת בנין אינרטיית מיועד לעזור לשחקני הענף לתכנן לתווך ארוך. אמנם, טוענים וינטר והנדרסון (2001), היה שינוי בניהול פסולת בנין, אבל לא הושגו היעדים שנקבעו על ידי הממשלה.

כמות פסולת הבנין שהגיעה לאתרי הטמנה מאושרים ב-1999 נמוך ב-30% מהכמות שהגיעה ב-1997. ייתכן, כותבים וינטר והנדרסון (2001), שהצימצום הוא כתוצאה מהקטנת כמות פסולת בנין בכלל, או כתוצאה מהגדלת כמות הפסולת הממוחזרת. המחקר מעלה סברה נוספת שלא נבדקה: השלכת פסולת הבנין באתרים פיראטיים כדי להתחמק מתשלום היטל ההטמנה.

היטל חציבה – במחקר של וינטר והנדרסון (2001) מסופר שב-2002 עתידה ממשלת בריטניה להטיל מס על חציבת אגרגט לשימוש מקומי, בעוד שאת האגרגט שמיועד ליצוא יהיה פתור ממנו. מדיניות המעידה על העדפת אינטרסים פוליטיים על סביבתיים. כוונת המס, בגובה של 1.6 לירות סטרלינג לטון, היא להעלות את מחיר הא"ט וכך להרחיב את פער המחירים בינו לבין א"מ. יש לציין, שאחוז משמעותי של היטל חציבה מיועד לשיקום

המחצבות והקמת שמורות טבע. המחקר משער שהעליה הפוטנציאלית במחיר של א"ט בעקבות ההיטל אינה ודאית במונחים של איזון כלכלי בין א"ט לא"מ.

- חסמי תקינה: מפרטים, תקנים וחוזים

ע"פ וינטר והנדרסון (2001) פיתוח מפרטים ותקנים הלוקחים בחשבון א"מ הנו תנאי מוקדם והכרחי לשילובם בתעשית הבניה והתשתיות. סקר WRAP (2010) גילה כי מהנדסים ואדריכלים היו מעונינים להשתמש בחומרי גלם ממוחזרים אבל נמנעים בהעדר תקינה ומפרטים מתאימים. שיקולים של אחריות וביטוח מקצועיים לא מאפשרים להם לדרוש מספקים או מקבלנים להשתמש במוצרים ללא תו תקן מאושר.

במחקר של WRAP (2010) נטען, שענף הבניה שמרני מטבעו עקב הסיכון הכלכלי והמשפטי הרב ומשך הזמן הארוך הדרוש עד איכלוס הבנין. כעקרון בענף מעדיפים להמנע מלקיחת סיכונים מיותרים ובלתי הכרחיים. הגיבוי של תקן המגדיר מאפשר, ואף מחייב, שימוש בא"מ יכול לחולל שינוי, גם אם איטי, בהתנהלות זו.

חוזים, מפרטים ותקנים ע"פ וינטר והנדרסון (2001), צריכים להתייחס לכל האגרגטים, טבעיים וממוחזרים כאחד, באופן דומה, כפי שעושה התקן האירופאי (BS 8500-1:2006 & BS EN 206-1:2000).

מפרט תואם שימוש - וינטר והנדרסון (2001) מזהים קשר בין התפתחות שוק הא"מ למפרטים. הבעיה עליה מצביע המחקר היא חוסר תאימות בין המפרט לשימוש. ישנה נטיה להשתמש במפרטים לרמות שימוש גבוהות עבור שימושים פשוטים בהרבה. פיתוח מפרטים כאלו יעודד את התפתחות שוק הא"מ בדרוג נמוך היות ויווצרו בעקבותיהם ביקושים לאגרגט זה.

כדי להתגבר על חסם התקינה אושר התקן הבריטי BE 8500-02 ולפיו מותר להוסיף עד 5% א"מ בתערובת בטון חדשה. הגדרות התקן לבקרת האיכות של האגרגט עדיין מהווה חסם בתעשייה. במחקר של וינטר והנדרסון (2001) התברר כי עלות בדיקות אלו משתלמות רק כאשר מדובר בכמויות גדולות. קבלנים קטנים לא יכולים לממן בדיקות יקרות עבור מחזור כמויות קטנות ומעדיפים פשוט לשלוח את פסולת הבניה למטמנות על אף היטל ההטמנה. בבריטניה עלתה הצעה להקים שוק מרכזי לחומרי בניה ממוחזרים כדי להקל על תהליך האיסוף, המיון, בקרת האיכות ושיווק המוצרים בכמויות כלכליות. עד כה לא ידוע על מדינה שהצליחה לישים מנגנון כזה.

- חסמים בירוקטריים וניהוליים

קבלת רשיון למפעל מחזור - קשה מאוד לקבל רשיון למפעל מיחזור בבריטניה. וינטר והנדרסון (2001) טוענים שתושבים מתנגדים להקמת מרכזים לאיסון חומרי פסולת

בסביבתם (NIMBY). מיקום מפעלי מיחזור, וכתוצאה מכך הובלת הפסולת, הינו שיקול משמעותי במיקום המפעלים.

היעדר מידע מסחרי וכמויות - יזמים לא הצליחו לבנות תוכניות עיסקיות ולהשיג מימון בנקאי בלי מידע על גודל השוק, מגמות של מחירים לאורך שנים, ורגישות השוק לתנודות במחירי הדלק, הדיור, שיעור האינפלציה ועוד. מחקרים במימון גופים ממשלתיים (כמו של אירגון (WRAP) סיפקו דווחות ומידע שאיפשר ליזמים לפעול.

מורכבות החוק – למשל: קבלן שרוצה לגרוס פסולת בטון מפרויקט אחד ולאחסן את הפסולת לשימוש בפרויקט אחר, התנהגות מבורכת מבחינת יעדי הממשלה, מחויב לבקש רשיון עסק לאחסון פסולת בנין, רשיון כמפעל לייצור א"מ ואישור של מכון התקנים לאיכות האגרגט. כדי לקבל פטור מהיטל הטמנה הקבלן מחויב להפקיד ערבויות כספיות כהבטחה שלא ישליך את הפסולת באתר פיראטי. תהליכים מסובכים אלה מקשים על יישום המחזור. כתבת תחקיר בעתון The Gaurdian ביקרה את מנגנון היטל המטמנות והקשיים הבירוקרטיים שהחוק יצר (Henche and Parry, 2000).

הגדרת בעלות, אחריות וחבות הטיפול בפסולת בנין – במצב הקיים, ע"פ וינטר והנדרסון (2001), הקבלן המבצע עבודות חפירה באתר הוא גם בעל הפסולת. אם אין לו צורך בה באותו אתר הוא יעדיף להפטר ממנה. זוהי התנהלות שאינה מעודדת מחזור. החלופה היא הגדרת היזם כיצרן הפסולת, כשעליו למנות ולהנחות את הקבלן באשר לטיפול בה. כך היזם לא ישאף להפטר מהפסולת אלא למחזרה במגוון פרוייקטים עתידיים. יש צורך, אומרים וינטר והנדרסון (2001), בשיפור סעיפים בחוזה המטילים את הבעלות, האחריות והחבות לטיפול בפסולת על היזם. סעיף נוסף צריך להבטיח שנתנות הנחיות מתאימות לקבלן.

אופי תהליך התכנון והביצוע של מבנים - חוסר תאום בין מתכננים, מבצעים וחברות המחזור מקשה על פינוי הפרדת פסולת באתר, טוענים וינטר והנדרסון (2001). העדר הפרדה מוריד את הערך הכלכלי של פסולת הבנין. לדוגמא, אם מפרקים דלתות, חלונות, זכוכית ואביזרי סניטציה לפני הריסת המבנה הערך של כל פסולת הבנין המיועדים למחזור עולה ב-30% ויותר מאשר אם הפסולת היתה מערבבת

6.ג - תמונת מצב של היצור והשימוש בא"מ בישראל

ע"פ הנתונים של המשרד להגנת הסביבה (טל, 2009), בישראל פועלים כיום כ-9 מפעלים ניחים למחזור פסולת בנין המיצרים א"מ, (אחד מהם נמצא בשטח אתר הטמנה). וכמה עשרות מפעלי מחזור ניידים. בשל רמת מיכון טכנולוגי נמוכה יחסית ברוב המפעלים, הא"מ המופק בארץ הינו בדרוג נמוך התואם את דרוג C ע"פ התקן האירופאי (טל, 2010; פישר 2010).

על פי הערכות של המכון הלאומי לבנייה בטכניון אפשר להפיק 3 מ' טון של אגרגטים

למיחזור בשנה מפסולת הבניין לבדה, שיעור של כ- 15% בקירוב מכלל הביקוש לאגרנט גס בשנה בארץ.

מיחזור פסולת בנין עולה בקנה אחד עם מדיניות המשרד להגנת הסביבה.(המשרד להגנת הסביבה, 2010) שכוללת את היעדים הבאים:

- גריסת פסולת באתר הבניה – 50% לפחות
- מיחזור – ניצול לתשתיות חדשות – 20% לפחות
- סילוק – לאתר מוסדר

החלטת הממשלה בנושא הסדרת הטיפול בפסולת בניין (מס' 2927 מתאריך 9/2/2003, ראה נספח א') שמה דגש על מחזור פסולת הבניין כאמצעי לצמצום ההשלכה הבלתי חוקית ולשימור משאבים. בהחלטה מחוייבים כל הגופים הציבוריים להשתמש ב-20% חומר ממוחזר לפחות מכלל החומרים הנדרשים להם, וכן מבצעי פרויקטים של הריסה או בנייה מטעם המדינה ובהיקף גדול מחוייבים לגרוס את פסולת הבניין ולמחזרה

הצעדים שנעשו עד כה לקידום החלטת הממשלה (מס' 2927 מתאריך 9/2/2003)

- **ת"י 1886 2010** - בימים אלו נשלמת ההכנה של ת"י 1886 2010 לשימוש בפסולת בניין ממוחזרת כמצע לכבישים, רחבות ושדות תעופה. תקן זה, שהוכן על ידי המשרד להגנת הסביבה, מאפשר שימוש בא"מ כתחליף למצע בתולי. התקן מפריד בין הרכיבים השונים של פסולת הבניין במטרה לייצור שימושי מצע איכותיים (טל, 2010).

במקביל לקידום התקן התפרסמו שני מפרטים בעלי השפעה במשק הבניה בארץ ובהם הגדרות המאפשרות שימוש באגרנטים מפסולת בנין גרוסה כמצע:

- **"מפרט לעבודות סלילה (מפרט 51)"**, מהדורה ראשונה 2007, של החברה הלאומית לדרכים (מע"צ). הפרק המתייחס לאגרנט ממוחזר: **תת פרק 03: שכבות מצע ותשתית אגו"מ.**

- **"הספר הכחול – המפרט הכללי לעבודות בניה"**, מהדורה ראשונה 2009, בהוצאת הועדה הבין משרדית לסטנדרטיזציה של מסמכי החוזה לבניה.

יצוין כי מפרטים אלו רק מאפשרים את השימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בניין. המפרטים לא מתעדפים את השימוש בהם באמצעות תמריצים כלכליים ואינם מחייבים את השימוש בהם. דוגמה ליישום המפרטים: במחלף עד-הלום נעשה שימוש רב בפסולת בניין ממוחזרת.

ובנוסף:

- מספר רשויות מקומיות הכניסו תנאי במכרזים וברשיון ההריסה כי על מבנים גדולים המיועדים להריסה להיגרס.
- **תיקון חוק חובת מכרזים** - אדם טבע ודין (2010) מקדמת הצעה לתיקון חוק חובת מכרזים (תיקון- העדפת טובין ממוחזרים), התשס"ז-2007, לפיה תינתן עדיפות במכרזים ממשלתיים לטובין ממוחזרים, לרבות, תוצרי תהליכי מחזור של פסולת בניין.

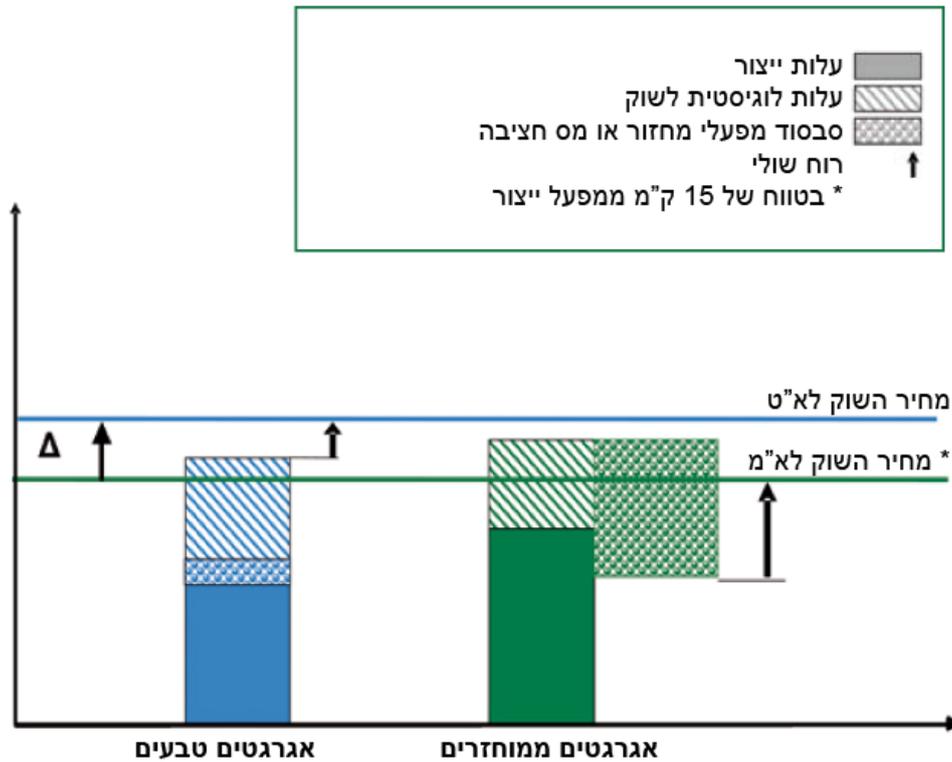
על אף החלטת הממשלה החשובה בה נקבעו דרכים לקידום השימוש באגרגטים ממקור ממוחזר, משרדי הממשלה אינם ממלאים החלטה זו (טל, 2009). טרם התרחש השינוי המיוחל בשטח והשימוש בא"מ מפסולת בנין עדין אינו נרחב בארץ. בחודש ינואר השנה, בפגישה עם השר להגנת הסביבה, הזהירו נציגי פורום חברות מיחזור הפסולת בישראל מקריסה של תעשיית המיחזור בעקבות אי-יישום החלטת הממשלה. הם ציינו שבאתר המיחזור הגדול ביותר, ליד שוהם, ממחזרים מדי חודש 20 אלף טונות בזמן שכושר הייצור הוא יותר מכפול. גם היום טוענים נציגי הפורום, שבע שנים מאז החלטת הממשלה, היא עדין לא מיושמת ע"י חברות ממשלתיות: במכרזים שלהן לא כלולה חובה של שימוש בפסולת בנין ממוחזרת. בנוסף, סבסוד ממשלתי שצריך היה להנתן מתעכב תקופה ארוכה ויש כוונה להפחיתו. (רינת, 2010)

7.ג הפן הכלכלי של שוק הא"מ

פסולת בנין היא מקור מתחדש משמעותי ליצור א"מ, עיבודה מיצג בהרבה מדינות בעולם כיום תעשייה לכל דבר, שהרוחיות שלה תלויה בסביבה הטכנולוגית, כלכלית, גאולוגית ופוליטית של השוק שבתוכה היא פועלת. מחקר השואתי שנערך באירופה (UEPG, 2005) של שווקי המיקרו מראה שהרוחיות משתנה מאוד מאזור לאזור. הגורמים הבאים בעלי השפעה על רמת הרוחיות של הפעילות בשוק הא"מ (בהנתן תקינה מתאימה):

- כמות מוגבלת או מחסור במשאבים טבעיים ליצור אגרגטים
 - פעילות משמעותית ויציבה של בניה ותשתיות. פעילות המיצרת ביקושים לאגרגטים מחד וכמות גבוהה של פסולת בנין מאידך
 - תמיכה של גופים ציבוריים ברכישת מוצרים בעלי שיעור גבוה של חומר ממוחזר
 - היטלי הטמנה גבוהים
 - תקנות סביבתיות מחמירות שמונעות או מצמצות הטמנה
- הצריכה של חומר ממוחזר עתידה לעלות כאשר קבלנים בענף הבניה והתשתיות ימחזרו כאמצעי לחסכון כלכלי בתובלה, הטמנה, ועלות של חומרים טבעיים. עליה בשיעור החומר

הממוחזר בתב"ק למגוון שימושי הקצה של אגרגטים, תועיל להארכת חיי יתרות החומר הטבעי ועשויה גם לשפור רווחיות השימושים. הגרף בתרשים 9 מדגים עקרונית כיצד היטל חציבה מחד וסבסוד מפעלי מחזור מאידך מעלה את רמת הרווחיות של א"מ לעומת א"ט וכן עשוי להגדיל את הפער (סימן Δ) הא"מ לעומת הא"ט



תרשים 9. גרף עקרוני להדגמת עלויות ורווחיות אגרגטים (א"ט וא"מ)

ד. נושא ושאלת המחקר

ד.1 - נושא המחקר

כפי שעולה ממחקרים (Wilburn and Goonan, 1998; Winter and Henderson, 2001), ניתן לחלק את החסמים לשילובם המיטבי של הא"מ בתערובת אגרגטים בת קיימא לתעשיית הבניה והתשתיות, לשלוש קטגוריות:

- חסמים כלכליים רגולטיביים והשפעתם על שוק האגרגטים
- חסמי תקינה: מפרטים, תקנים וחוזים
- חסמים ניהוליים בירוקרטיים

מחזור פסולת בנין עולה בקנה אחד עם מדיניות המשרד להגנת הסביבה, כדי לקדם מדיניות זו יש צורך לזהות ולהעריך את החסמים בארץ ולהבין את המאפיינים המקומיים ספציפיים שלהם.

המחקר המוצע מתמקד בחסמים הכלכליים רגולטיביים בלבד, ראוי שמחקרים נוספים ירחיבו את ההבנה לגבי החסמים בתחומים האחרים. בארץ, כמו במדינות רבות שנסקרו בהצעת המחקר, מחיר הא"מ אינו תחרותי בהשוואה למחיר הא"ט הנמוך יחסית, זאת בעוד שההשפעה הסביבתית של א"ט נמוכה לעומת א"מ. כדי להשפיע על שוק האגרגטים ולגלם בחישוב הכלכלי את העלויות הסביבתיות חיצוניות של חציבת הא"ט והטמנת פסולת בניה, בידי קובעי המדיניות מס' כלים כלכליים רגולטיביים:

- היטל הטמנת פסולת בנין - כל גורם הבא בשערי המטמנה להטמין בה פסולת נדרש לשלם היטל הטמנה. המחיר אמור לשקף את העלות החברתית והסביבתית של פעולת ההטמנה ומימון המטמנה. (משרד הפנים, 2008).

- מס חציבה - תשלום למדינה עבור חציבת א"ט, הנתפסים כמשאב ציבורי. מטרתו של המס לשקף את העלויות החיצוניות כגון ירידת שווי הקרקע של אתר החציבה והאזור מסביב, שימוש בשטח אתר החציבה לטובת הציבור, ואת ערך הנדירות של חציבת משאב מתכלה. מטרה נוספת היא עידוד השימוש באגרגטים ממקורות חלופיים (חומרים שינוניים וממוחזרים) (משרד הפנים, 2008).

- סבסוד ותמריצים כלכליים עבור ספקים (upstream) וצרכנים (downstream) בשוק האגרגטים - ביטל או הפחתה בשיעור מס קיים מהווה סיבסוד של השימוש בא"מ ו/או של מפעלי המחזור. זהו כלי מרכזי להעדפת שימוש בחומרים ממוחזרים או במוצרים בעלי שיעור גבוה של חומר ממוחזר. הסבסוד יוכל להיות קבוע או חד פעמי שנועד לתת זריקת עידוד חיונית לשוק החומרים הממוחזרים.

עד היום לא נבנה בארץ מודל כלכלי המנסה להעריך איזו התערבות ממשלתית, העושה שימוש באחד או שילוב הכלים הכלכליים רגולטיביים הללו, תשפיע באופן החיובי מידת הרווחיות של א"מ בשוק האגרגטים.

ד.2 - שאלות המחקר

- כיצד היטל הטמנת פסולת בנין ישפיע על שיעור החומר המופנה למחזור, ומחירו?
- כיצד העלאת היטל חציבה ישפיע על שיעור החומר הנחצב ומחירו?
- כיצד סיבסוד מתמרץ מיחזור פסולת בנין ישפיע על מחיר הא"מ והא"ט?

ה. חשיבות המחקר

- פסולת הבניין מהווה אחת מן הבעיות הסביבתיות הקשות ביותר בתחום הטיפול בפסולת מוצקה בישראל. ישנם מספר שיקולים ייחודיים שבגללם מחקר זה חשוב במיוחד בארץ:
1. העדר אכיפה הפך השלכה פיראטית של פסולת בנין בשטחים הפתוחים למגפה לאומית. השלכה פיראטית זו, ששיעורה ע"פ נתוני המשרד להגנת הסביבה לשנת 2009 מוערך בכ- 25-50% (טל, 2009), מהווה מפגע סביבתי הכולל: מפגע חזותי, סכנת זיהום של מי תהום, סכנת זיהום אויר משריפות וסכנת זיהום של משאבי קרקע. בנוסף היא גורמת פגיעה כלכלית עקב הורדת ערך הקרקע המזוהמת ועלויות הניקוי והשיקום הגבוהות. גם הממשל המקומי נפגע כלכלית היות והוא האחראי משפטית על האכיפה והסילוק של המפגע מחד, אך אינו נהנה מהיטל ההטמנה למימון פעילות הסילוק והאכיפה מאידך. מקרה שממחיש זאת אירע השנה בעיר בני ברק, שם חסכו קבלנים מיליון שקל לאחר שהשליכו את הפסולת בתוך העיר. בעקבות כך תצטרך העירייה לשלם מיליון שקלים מכספי הציבור כדי לפנות פסולת זו לאתר מוסדר (רינת, 2010).
 2. במדינה קטנה יחסית, השטחים הפתוחים הם משאב לאומי יקר. שטחים שמתאימים למטמנות וחציבה הולכים ואוזלים או מתדלדלים. בנוסף, המשך הטמנה וחציבה יפגע במשאבים שהחברה משאירה לדורות הבאים. המטרה של תמ"א 35 (תכנית המתאר הארצית המשולבת לבניה, לפיתוח ולשימור) היא "לתת מענה לצורכי הבנייה והפיתוח של המדינה תוך שמירה על השטחים הפתוחים ועל עתודות הקרקע לדורות הבאים" (משרד הפנים, 2005). כדי ליישם עקרונות פיתוח בר קיימא אלו יש צורך בצמצום פעילויות ההטמנה והחציבה.
 3. קיים חשש משיקולים גיאו-פוליטיים, שמשברים פוליטיים או כלכליים עלולים להקשות על יבוא אגרגט. משמעות מחסור קריטי באגרגט לתעשיית הבניה והתשתיות תהיה עליה דראמטית במחיר הבניה בפרט ופגיעה במשק בכלל.
 4. ע"פ המחקר של בלנג'יני וגרברינו (Blengini and Garbarino, 2010) מחזור פסולת בנין הינו בר קיימא, כלכלית וסביבתית בטורינו שבאיטליה. בהשוואה לחציבה, א"מ יכולים לשחק תפקיד חיובי באספקת תב"ק. מאחר ומרבית הבניה בישראל הינה מבטון ומרחקי השינוע קצרים יחסית, סביר להניח שמחזור פסולת בנין ע"י עיבודה לא"מ עבור תב"ק של אגרגטים לתעשיית הבניה והתשתיות, יהיה בעל אקו-יעילות גבוהה במיוחד. הצטברות נסיון מקומי במחזור איכותי של פסולת בנין בדרוגים A ו-B ע"פ התקן האירופאי, וניצולם לשימושי קצה גבוהים יותר (בטון קונסטרוקטיבי ולא קונסטרוקטיבי, ראה טבלה 2) יכול אולי להעמיד את תעשיית מוצרי הבטון בארץ בקידמת הטכנולוגיה ולפתח ענף עיסקי ליצוא
 5. מחקר להערכת המאפיינים המקומיים ספציפיים של החסמים בכלל, והחסם הכלכלי רגולטיבי בפרט, העומדים בפני אספקת תב"ק, יהווה גוף ידע חיוני למקבלי החלטות

המעורבים בענף (מפעלים, ספקים, צרכנים ורגולטורים), ולגופים ציבוריים וממשלתיים המעוניינים לפתח מדניות של ניהול פסולת ומשאבים ושימושי קרקע ברי קיימא. מחקר של החסם הכלכלי רגולטיבי חיוני כדי לספק הערכות על מידת יעילותם והשפעתם של הכלים הכלכליים שבידי קובעי המדניות.

ו. שיטת המחקר

כדי לענות על שאלות המחקר, מחקר זה מציע להשתמש במודל כלכלי. בעזרת מודל כלכלי ניתן יהיה להבין איזה תנאים כלכליים דרושים (היטל חציבה, היטל הטמנה וסבסוד) כדי שמחיר האגרגט ישקף גם את עלויותיו החיצוניות וכדי שמחזור יהיה חלופה מועדפת בשוק. בנוסף, ניתן יהיה להעריך את השפעת המחזור על שוק האגרגטים הטבעיים בארץ. היות וישראל מדינה קטנה, יחידת השטח שהמחקר מציע לבדוק במודל הכלכלי תהיה כל הארץ.

יש להתחשב בשלושה גורמים כלכליים כדי לכמת את העלויות האמיתיות (עלויות ישירות ועלויות חיצוניות סביבתיות) של א"ט וא"מ מפסולת בנין:

– עלויות ייצור ישירות

– עלויות שינוע (ישירות וחיצוניות סביבתיות)

– עלויות חיצוניות סביבתיות נוספות

יש צורך במתודולוגיה מיוחדת לכל גורם. (Wilburn and Goonan, 1998)

כהכנה למודל הכלכלי יש צורך בבסיס נתונים של עלויות מצב קיים בשוק האגרגטים בארץ. בסיס הנתונים יבנה בשיטות הבאות:

1. איסוף נתונים מהשטח על מצב קיים בשוק האגרגטים בארץ, כדי לכמת עלויות ייצור ישירות.

2. הכנת מודל במתודולוגית GIS, כדי לכמת עלויות ישירות וחיצוניות של שינוע.

3. שיטות הערכת עלויות חיצוניות סביבתיות: הערכה מותנית, עלות הנסיעה, ערך הנדל"ן, ומחירי סחר בפליטות, כדי לכמת את הערך הכלכלי של כל העלויות החיצוניות סביבתיות.

בתום שלבים אלו ניתן יהיה להזין את הנתונים במודל הכלכלי.

1.1 שלב ההכנה למודל הכלכלי: בסיס נתונים של עלויות מצב קיים בשוק האגרגטים

בארץ

1.1.1 א. עלויות ייצור ישירות

עלויות ייצור מתחלקות לשני חלקים: עלויות משתנות ועלויות קבועות. עלויות משתנות כוללות שכר עבודה ואנרגיה והן תלויות במימדי המפעל/מחצבה/מטמנה, למשל אם עלות שכר העבודה והאנרגיה במפעל בגודל X שווה Y , עלות זו במפעל בגודל $X2$ שווה פחות מ- $Y2$, ועשויות להשתנות מחודש לחודש. עלויות קבועות כלולות מימון תפעולי, ביטוח, רשיונות, רכישת ציוד, ניהול עסקים (רואה חשבון, עורך דין וכ"ו) והחזר השקעות הקמה. עלות חומרי הגלם לייצור מורכבת יותר, מאחר ועלות זו קבועה וידועה עבור מחצבות אבל עבור מפעלי המחזור היא עלולה להשתנות באורח קיצוני. במקרה של מחצבה לא"ט עלות רכישת המחצבה הינה עלות קבועה וידועה וכמו כן, היטל חציבה.

מטמנות תמיד, ומפעלי מחזור ניחים בד"כ, מקבלים דמי השלכה (Tipping fee) עבור חומרי הגלם. זה תשלום שיצרן הפסולת משלם למפעל מחזור כדי שיקבל את הפסולת לטיפול או למטמנה עבור הטמנת הפסולת. אמנם במצב רגיל יצרן הפסולת משלם למפעל המחזור כדי שיטפל בפסולת, כפי שהוא נדרש לשלם לבעל המטמנה להטמין את הפסולת, מצב הפוך אינו שכיח. בדומה לבעל מחצבה שנדרש לשלם עבור הזכיון כדי להבטיח אספקה סדירה של חומר גלם לייצור אגרגט, בעלי מפעלי המחזור נאלצים לעיתים לשלם ליצרן הפסולת לספק להם את פסולת הבנין. כך הם מעודדים אותו לשאת בהוצאות שינוע הפסולת עד למפעל המחזור.

לכן, בהעדר פיקוח ממשלתי על דמי ההשלכה, מחיר זה נתון לתנודות ע"פ השינויים בהיצע ובביקוש. היות וכדי לייצר מפעל המחזור חייב אספקה סדירה של פסולת בנין, הוא נאלץ לעלות או להוריד את דמי ההשלכה (אף לערכים שליליים) בהתאם למצב בשוק באותה נקודת זמן.

במקרה של מפעלי מחזור ניידים עלות רכישת חומרי הגלם לייצור מתבטאים בעלויות נכבדות של שינוע, הקמה ופירוק הציוד. ראוי לציין שלמפעילים אלה הוצאות רכישה או שכירת שטח עבור המפעל מצומצמת מאד כי אין צורך באכסנת המוצר. מאידך, חוסר היכולת לאחסן את המוצר מחייבת את מחירתו המיידית. לכן כוחו של המפעיל להגיב להיצע וביקוש מוגבל והמחיר שהוא מקבל עבור הא"מ תלוי כמעט אך ורק במצב המחירים בשוק.

לצורך המחקר המוצע, ניתן לקבל את מרבית הנתונים הדרושים לחישוב עלויות הייצור, ממנהלי מפעלי המחזור או המחצבות, שמדווחים לרשויות המס על כל ההוצאות כדי לנכות אותם מהכנסות המפעל.

הנתונים יסוכמו בטבלה הבאה:

טבלה 4. מערך הנתונים הדרושים לחישוב עלויות ייצור ישירות של א"ט וא"מ.

מידע	כמות	יחידות
נתונים/עלויות קבועים/ות		
תפוקה מקסימלית של מפעל		טון/שנה
שטח המפעל		דונם
שכר חושדי לאדמה		ש"ח/דונם
תקופת תזרים להחזר הון הקמה	11	שנים
החזר על הון מושקע	12%	
אינפלציה	3%	
תקופת הפחת	7	שנים
שעור מס הכנסה	35%	
Debt/Equity ratio	0.9	
ריבית על הלוואות	10%	
שיעור יעילות ניצול המפעל	0.88%	
עלות הקמה		ש"ח
מימון תפעולי (15% של הוצאות שותפות)		ש"ח
תחזוקת הציוד		ש"ח/טון
ציוד וחלקי חילוף		ש"ח/טון
רשיונות ואגרות		ש"ח/טון
נתונים משתנים במודל		
שכר עבודה		ש"ח/טון
דלק וחשמל		ש"ח/טון
מחיר המתקבל עבור אגרנט ראשוני		ש"ח/טון
מחיר מתקבל בקליטת פסולת בניה		ש"ח/טון
מחיר ששולם עבור הטמנה		ש"ח/טון

מקרא:

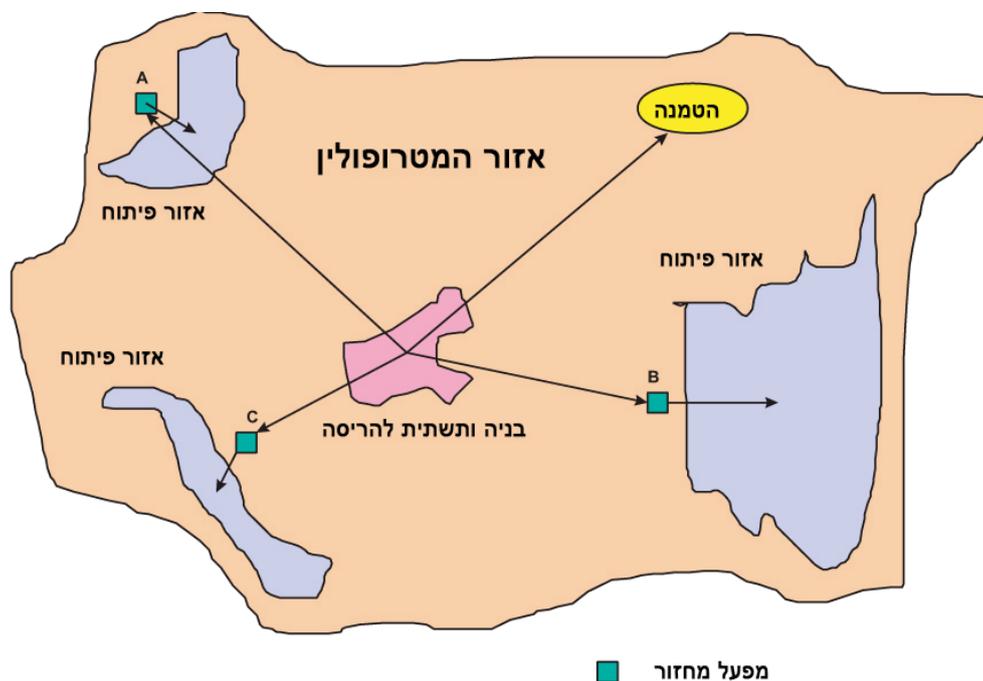
שדה לבן: נתון/עלות קבועה

שדה צהוב: עלות משתנה

1.1. ב. עלויות שינוע

במחקר של באדינו ושותפיו, (Badino et al., 2007) נטען כי שונות גיאוגרפית בין איזור לאיזור מחייבת בדיקה מקומית ספציפית (Site Specific). מבחינת איסוף פסולת בנין ליצור א"מ, כעקרון, שומרי חוק ייסעו עד 30 ק"מ כדי להעביר פסולת בניין לאתר הטמנה או מיחזור (Blengini and Garbarino, 2010). מעבר למרחק זה, נדרש תמריץ כלכלי או אחר. מבחינת אספקת האגרנטים, מפעלי מחזור ליצור א"מ, מחצבות של א"ט ומטמנות עובדים על בסיס ש"ח/טון. מאחר והמוצר מאד כבד (~2.4 טון מ"ק) והמרחק בין אתרי המחזור, אתרי החציבה ואתרי יצור הפסולת/צריכת האגרנט (אתרי בניה ותשתיות) משמעותי, עלות השינוע מהווה גורם מכריע בחישוב הכלכלי. (Socolow, 1995). בארה"ב שינוע אגרנט עולה \$0.13 /טון/ק"מ כך שכאשר מרחק השינוע עולה על 60 ק"מ עלות השינוע עולה על עלות האגרנט עצמו. (Socolow, 1995) יש צורך בהכנת מודל GIS כדי לכמת את עלות השינוע בצורה מדוייקת.

באמצעות מתודולוגיה של GIS ניתן לכמת ולהשוות את העלות הכלכלית הישירה של השינוע, ובהמשך את העלות החיצונית סביבתית שלו (נזק סביבתי). הבדלים גיאוגרפיים ואיכות הכבישים יכולים להשפיע על זמן הנסיעה, כמות הדלק הנדרש והבלאי של תשתית הכבישים והמשאיות. (לדוגמא – באיזור הררי עם תשתית כבישים רעועה העלות החיצונית סביבתית יכולה להיות עצומה בהשוואה לאיזור מישורי עם תשתית כבישים מפותחת גם כשמרחקי הנסיעות שווים). החישוב חייב להתחשב בסוג וגודל המשאיות. באמצעות מודל GIS, יתבצע מיפוי מיקומם של כל: המחצבות, מפעלי המחזור, ואתרי ההטמנה בישראל. בהנחה שמרכזים אורבניים הם מוקדי יצור פסולת הבנין וצריכת האגרטים (א"ט או א"מ), מיקומם במודל יקבע לפי המרכז הגיאוגרפי של כל איזור פיתוח אורבני במטרופולין.



תרשים 10. מערך גאוגרפי עקרוני של פסולת בנין

איסוף נתונים לצורך מיפוי GIS :

בעזרת תוכנות למידול GIS (דוגמת – Arcgis, 2007) ניתן למפות את המיקום של כל מפעלי המחזור/מטמנות/מחצבות ולאפיין אותם לפי קיבולת, סוג ציוד, גודל משאיות, סוגי אגרגט ועוד. כך ניתן לעדכן את המודל כאשר יפתח/יסגר אתר או כאשר קיבולת של מפעל תעלה עם שידרוג רמת המיכון הטכנולוגי שלו. לצורך חישוב "מרחב" השירות של כל מתקן, ניתן להתבסס על נתונים שיספקו בעלי המתקנים הקיימים. הגיוני שקבלני בניה ובעלי מפעלי בטון יבחרו באתר מחזור/מחצבה או הטמנה הקרוב ביותר למקור הפסולת או הבניה.

חשוב לרכז את הנתונים לפי סוג אגרגט המיוצר בכל מתקן. בפועל, א"ט משונע מהמחצבה לאתר הבניה ללא תלות במרחק

(Blengini and Garbarino, 2010; Wilburn and Goonan, 1998). לעומת זאת, א"מ בדרוג C (פרק ג.4.1) ניתן אולי למצא במפעל המחזור הקרוב ולכן מרחק השינוע יהיה קצר יותר.

לחישוב הכולל, ישנה גם חשיבות בתעוד גודל המשאיות שבשימוש של כל מתקן. טבלה 5 מסכמת את הנתונים שנאספו לצורך הכנת מודל ה-GIS, טבלאות 6 ו-7 מציגות סיכום של תוצאות מודל ה-GIS, טבלת איסוף עבור מפעלי המחזור והמטמנות וטבלת אספקת אגרגטים עבור מפעלי המחזור והמחצבות.

טבלה 5. סיכום נתונים להכנת מודל GIS

מקדם טופוגרפי	מרחק ממוצע	משאיות	קיבולת (טון/שנה)	דרוג האגרגט	מיקום (GIS)	שם המפעל	סוג המתקן
מחצבות:							
							1.
							2. ...
מפעלי מחזור (נייחים וניידים):							
							1.
							2. ...
מטמנות:							
							1.
							2. ...

טבלה 6. סיכום תוצאות מודל GIS: איסוף פסולת בנין

מרחק*	משאיות*	%	מסלול	%	איסוף	סוג המתקן
20ק"מ	3.5-16טון		אתר בניה ← מפעל מחזור		ישיר	מפעל מחזור נייח
25ק"מ	16טון				עקיף	
15ק"מ	3.5טון		אתר בניה ← מרכז איסוף			מפעל מחזור נייח
15ק"מ	3.5-16טון		מרכז איסוף ← מפעל מחזור			
25ק"מ	16טון				באתר	מפעל מחזור נייח
100ק"מ	32טון		**שינוע ציוד מכני נייח			
			אתר בניה ← מטמנה		ישיר	מטמנות פסולת בנין
			אתר בניה ← מרכז איסוף		עקיף	
			מרכז איסוף ← מטמנה			

* המרחקים וגודל המשאיות מבוססים על מחקרם של בלנג'יני וגרברינו (Blengini and Garbarino, 2010) בטורינו, איטליה.

** עבור כל מערכת של 5000טון שינוע מפעל נייח (40טון) למרחק של 100ק"מ

טבלה 7. סיכום תוצאות מודל GIS: אספקת אגרגטים (א"ט וא"מ)

סוג המתקן	פיזור	%	מסלול	%	משאיות	מרחק
מפעל מחזור נייד	ישיר		מפעל מחזור ← אתר בניה			
	באתר		ללא שינוע			
מפעל מחזור נייד	ישיר		מפעל מחזור ← אתר בניה			
	ישיר		מחצבה ← אתר בניה			
מחצבות	ישיר					

1.1 ג. עלויות סביבתיות חיצוניות

במחקרים הוכח שמחזור פסולת בנין כאגרגטים השפעה סביבתית פחותה לעומת אי מחזור (ראה בהרחבה פרק ג.4.ה) כדי להעריך כלכלית את העלות הסביבתית חיצונית של א"מ לעומת הטמנת פסולת בנין וחציבת א"ט לאספקת כל הביקוש לאגרגטים בשוק, יש להשתמש במדע הכלכלה הסביבתית.

כלכלה סביבתית - הכלכלה שזורה בכל תחום מתחומי חיינו וקיים קשר הדוק בינה לבין איכות הסביבה. לכל פעולה אשר לה השלכה על הסביבה ישנה משמעות כלכלית. הקשר סביבה/כלכלה הביא להתפתחות ענף כלכלת סביבה. ענף מדעי זה מאפשר הטמעת שיקולי הגנה על הסביבה והעלויות הכוללות לחברה, לתוך המסגרות המסורתיות של קבלת ההחלטות בממשלה ובמגזר הפרטי. כלומר, בעזרת כלכלה סביבתית ניתן לקבוע יעדים וסדרי עדיפויות לאומיים בין צרכים חברתיים-משקיים בלתי מוגבלים, לבין משאבי סביבה מוגבלים. במדע זה פותחו מודלים לכימות העלויות החיצוניות אשר אינן מובאות בחשבון הכלכלי, לניתוחי כדאיות (עלות מול תועלת) ולשיטות ניהול סיכונים, אשר יאפשרו להגיע לקבלת החלטות על הקצאות אופטימאליות-כלכלית וסביבתית כאחד (המשרד להגנת הסביבה, 2010, 1)

במחקר זה ניתן להשתמש בשיטות הבאות:

1. שיטת ההערכה המותנית (CVM- Contingent Valuation Method)

שימוש בסקרים ושאלונים בקרב מדגם מייצג. בשאלונים מוצג מצב היפותטי והציבור נשאל האם היה מוכן לשלם עבור מצב זה. עבור מחקר זה ניתן לשאול: כמה את/ה מוכן לשלם עבור סגירת מחצבה בקרבת ישובך? או לחלופין, כמה היית מוכן לקבל כפיצוי על כך שיוקם מרכז למחזור בקרוב ישובך? את תוצאות השאלון יש לנתח בשיטת אקונומטרית (סטטיסטיקה כלכלית), תוצאותיו יתנו הערכה כלכלית של הפגיעה הסביבתית (המשרד להגנת הסביבה, 2010, 2).

2. שיטת עלות הנסיעה – (TCM-Travel Cost Method)

בשיטה זו משתמשים בעיקר בכדי לכמת את התועלות של אתרי פעילות, נופש ופנאי, יערות, פארקים, חוף ים וכו'. באמצעות הוצאות אמיתיות כמו כרטיס כניסה לאתר, זמן ומשאבים אחרים שהושקעו מצד המבקרים, מכמתים את סך ההוצאות שהמשתמשים היו מוכנים להוציא כדי לבלות באתר הנבדק (המשרד להגנת הסביבה, 2010, 2; כץ, 2009). עבור מחקר זה ניתן לבצע בדיקה של עלות הנסיעה עבור המשתמשים באתר פארק נופי שהוא שיקום של מחצבה/אתר הטמנה (למשל: פארק מידרון יפו-אתר הטמנת פסולת בנין משוקם, או גן החיות התנ"כי בירושלים, פארק נחל באר שבע, פארק ציבורי בכפר ורדים ובנחף – פארקים שהם מחצבות משוקמות), או לחילופין, בדיקת הערך של הימנעות מפתיחת מחצבה/מטמנה חדשה באתר נופש ופנאי קיים כלשהו.

3. שיטת ערך הנדל"ן (HPM-Hedonic Pricing Approach)

שיטה זו מנסה להעריך את השפעתו של מפגע או מרכיב חיובי באמצעות מבחן השוואתי. לדוגמא, מדידת השפעתו של מפעל ניח לייצור א"מ על ערך הקרקעות בישוב הסמוך למתקן, תתבצע כאשר הבסיס להשוואה, הוא מחירי הקרקע בישוב בעל מאפיינים זהים לישוב הנבדק למעט קיומו של מפעל המחזור. הפרשי המחירים הם למעשה הערך הכלכלי של קיומו של מפעל המחזור (המשרד להגנת הסביבה, 2010; כץ, 2009).

4. כימות העלויות החיצוניות של השינוע

בכל חלופה (הטמנה, אספקת א"ט, איסוף ואספקת א"מ) יוכפלו התוצאות שבטבלאות הסיכום של מודל ה-GIS (טבלאות 6 ו-7) בעלות הפלטות ע"פ תעריפי השוק העולמי לסחר בפליטות (Carbon Credits). התוצאות בכל חלופה יסוכמו. בין היתר, היתרון של שיטה זו הוא שהערך הכספי של פליטות גזי חממה תלוי גם בהצע ובביקוש בשווקים העולמיים בנקודת זמן מסויימת. כלומר, ערך זה עשוי להשתנות מעת לעת. בשיטה זו ניתן יהיה, בפשטות יחסית, לערוך חישוב עדכני תוך שימוש בערכי הסחר בפליטות והערכי מודל ה-GIS.

נתוני עלויות מצב קיים שנאספו עד כה יוזנו במודל הכלכלי, שהוא השלב הבא בהצעת המחקר.

2.1 מודל כלכלי

על מנת להעריך כלכלית את עלות הא"מ אל מול עלות הא"ט יהיה עלינו לשלב בין הכלים של הכלכלה הקלאסית והכלים של כלכלה סביבתית.

כדי לקבוע את גובה היטל ההטמנה, מס חציבה או סיבסוד למפעלי מחזור, כך שמחיר הא"ט או הא"מ ישקף גם את העלויות החיצוניות שלו, יש לבנות מודל כלכלי. מטרת המודל לגלות

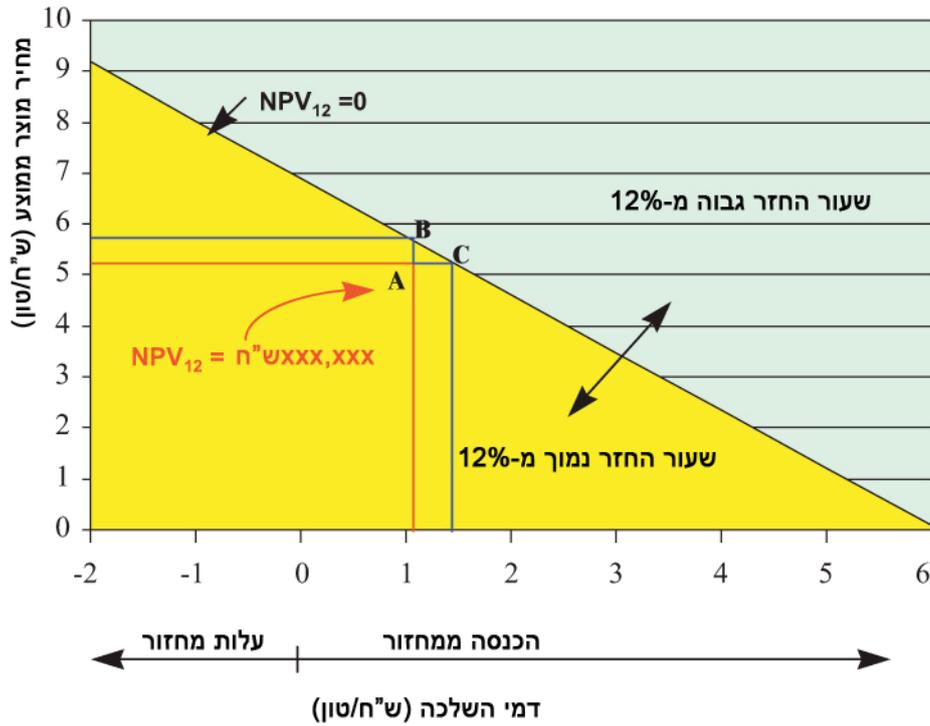
את המחירים התאורטיים בעקבות השימוש בכלים הכלכליים רגולטיביים, כך שהערך הנוכחי הנקי (NPV) של תזרים המזומנים בייצור א"מ וא"ט יהיה לכל הפחות שווה לאפס. NPV של תזרים מזומנים הינו הערך הנוכחי של כל הרווחים העתידיים לחברה (הכנסות פחות הוצאות שוטפות, החזר השקעות, ריבית ומסים) (Stermole, 1980).

בחישוב ה-NPV יש צורך בהנחת יסוד לגבי שיעור החזר הבסיסי על השקעת הון לאורך תקופת החישוב, המגלם בתוכו את הסיכון הכרוך בהשקעה ושיעור האינפלציה הצפויה. במודל זה, בדומה למודל במחקר של וילבורן וגונן, (Wilburn and Goonan, 1998) ההנחה היא החזר על השקעת הון בשיעור של 12%. שיעור זה מתבסס על תקדימים בענף הבניה והחציבה ומגלם אינפלציה צפויה של 3%. המודל מתחשב במערך של משתנים, חלקם קבועים וחלקם משתנים על ציר הזמן (לפרוט העלויות הקבועות והמשתנות ראה טבלה 4). במחקר של וילבורן וגונן, (1998), נמצא כי לא הוצאות התפעול הן שקובעות את הרווחיות של מפעלי המחזור והמחצבות אלא:

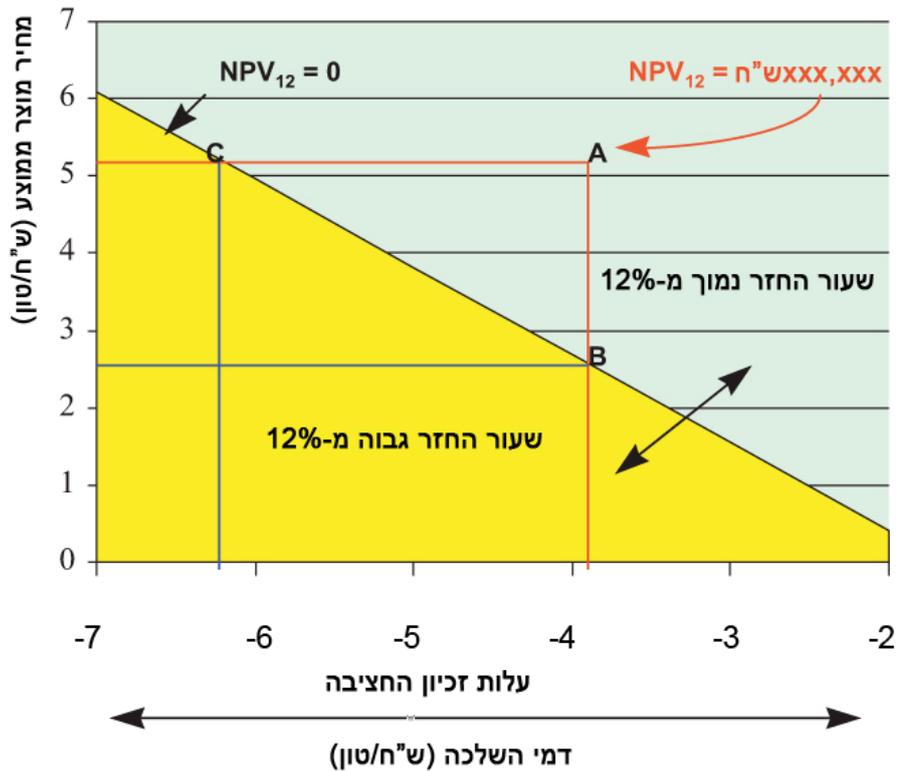
- מחיר האגרגט - המחיר שמשלם הצרכן עבור א"ט או א"מ
- דמי השלכה (tipping fee) מפעל מחזור ניח - המחיר שיצרן הפסולת משלם/מקבל ל/ממפעל המחזור עבור הפסולת לטיפול
- דמי השלכה מטמנה - המחיר שיצרן הפסולת משלם למטמנה עבור הטמנת הפסולת (Deal, 1997)

אם כך, רגישות מפעלי המחזור והמחצבות לשינויים בשלושת הנתונים האלה, עם השפעות הדדיות אחד על השני, יקבלו ביטוי במודל המוצע ואלה המשתנים שהשפעתם תבדק כל כלי כלכלי רגולטיבי (היטל הטמנה, היטל חציבה וסיבסוד מתמרץ מחזור) יהווה פרמטר במודל. עבור כל פרמטר, ועבור הספקים של א"מ או א"ט: מפעלי מחזור ומחצבות, יתבצעו סדרה של הרצות נפרדות, תוצאות כל הרצה ימוקמו ע"ג הגרף הרלוונטי לכל ספק באופן הבא:

תרשים 11. גרף המתאר תוצאה תאורטית מס. 1 של הרצת המודל הכלכלי
ספק א"מ: מפעל מחזור פרמטר: היטל הטמנה



תרשים 12. גרף המתאר תוצאה תאורטית מס. 2 של הרצת המודל הכלכלי
ספק א"ט: מחצבה פרמטר: היטל חציבה



עקומת האלכסון, בגרף של מפעל המחזור/מחצבה, מייצגת את המחירים בהם NPV שווה לאפס, כלומר מפעל המחזור/מחצבה מרויח 12% החזר על השקעת הון.

בתרשים 11, מפעל מחזור: ציר ה-X מציג טווח דמי השלכה ב-S"ח לטון: המחיר חיובי כאשר מפעל המחזור מקבל תשלום עבור הפסולת ושיליילי כאשר בעל מתקן המחזור נאלץ לשלם לקבלנים כדי שיספקו לו פסולת בנין.

ציר ה-Y מציג את המחיר שבו הוא מוכר את הא"מ. כפי שעולה מפרק ב' ומטבלה 3, גם אם יתבצע 100% מחזור של פסולת בנין, עדין, רוב האגרגט בתעשיית הבניה והתשתיות יהיה א"ט. כך שסביר להניח שמחיר א"ט יקבע את סדרי הגודל של מחיר הא"מ. בשוק חופשי, ובהעדר מחויבות משפטית להשתמש בא"מ, מחירו לא יעלה על המחיר הא"ט.

בתרשים 12, מחצבה: ציר ה-X מציג טווח עלות זכיון חציבה שכולל את היטל החציבה ב-S"ח לטון: כאן המחיר תמיד שיליילי (בעל זכיון החציבה נדרש לשלם על הזכיון). בהנחה שעלות הזכיון קבועה, ככל שהיטל החציבה גבוה יותר הערך המוחלט על ציר ה-X גבוה יותר.

ממיקום נקודה A בגרף (תוצאת חלופה אחת של התערבות הממשלתית, באמצעות רגולציה כלכלית) ניתן ללמוד על מידת האפקטיביות בתרחישים שונים ומשתנים. אם נקודת A מופיעה מעל עקומת ה-NPV, יש הצדקה כלכלית לפעילות המפעל מחזור/מחצבה ולבעלי המפעל יש גמישות במחירים, למשל כפי שמופיע בתרשים 12. לעומת זאת אם נקודת A מופיעה מתחת לעקומה, למשל כפי שמופיע בתרשים 11, הרי שערך הפרמטר שהוצב במודל, לא הביא לתוצאה הרצויה: מפעל המחזור/מחצבה אינם רווחיים.

ההמלצה לקובעי המדיניות תהיה לוודא שמיקום נקודה A בגרף של מפעלי מחזור (תרשים 11) תהיה משמעותית מעל העקומה, תרחיש זה יאפשר למפעלי המחזור יותר גמישות בקביעת מחירים מבלי לפגוע בכלכליות המפעל. לעומת זאת, יש לוודא שמיקום נקודה A בגרף של המחצבות (תרשים 12) תהיה קרוב ככל האפשר לעקומה אך עדין מעל, (נקודה A המוצגת בתרשים 12 מהווה תוצאה לא רצויה שכן היא ממוקמת גבוה בהרבה מעל העקומה). ייתכן ורווחיות המחזור תעודד מחצבות להרחיב את פעילויותן ולשלב בתחומן מפעלי מחזור, תקדימים לכך קיימים בעולם (Blengini and Garbarino, 2010)

אם היחסים שיתקבלו בין הפרמטרים השונים יהיו לינאריים, ניתן יהיה להסיק מהו אוסף הערכים האופטימליים בפרמטרים השונים. בעזרת מבחני רגישות ניתן לבדוק יציבות ערכי האופטימום: עד כמה הנקודה יציבה או משתנה במהירות עם כל שינוי קל בפרמטרים. הנסיון הוכיח, שכשנעשה שימוש בכלי כלכלי רגולטיבי, לרוב אין פתרון קסם אחד. לכן יש צורך בשילובם של מספר כלים כדי לגבש מדניות שתביא לתוצאה המיוחלת. התמונה

שתתקבל מהמודל הכלכלי תהווה מקור מידע תכליתי עבור הגופים הציבוריים והממשלתיים באמצעותו ניתן יהיה להעריך איזה שילובים עשויים להיות אפקטיביים. באותה מידה, מידע זה חיוני לקבלת החלטות בקרב המעורבים בענף הבניה והתשתיות (מפעלים, ספקים, צרכנים ורגולטורים), או עבור יזמים השוקלים להכנס לענף.

ז. הערכת הקשיים הצפויים לחוקר

קושי בהערכה כלכלית של השפעת היטל הטמנה על מחיר הא"מ – אחת התוצאות של העלאת היטל הטמנה היא התגברות ההשלכה הפיראטית (ראה פרק ג.5.ב.1), נתון זה קשה להערכה ולכן גם קשה לשקלל אותו במודל הכלכלי.

קושי בהערכת העלויות החיצוניות – המחקר מתבסס על הערכת עלויות חיצוניות באמצעות שיטות של מדע הכלכלה הסביבתית, לשיטות אלה מספר קשיים ומגבלות:

שיטת ההערכה המותנית: המגבלה של שיטה זו היא שהנתונים נלקחים רק מצד אחד של המשוואה הכלכלית. המרוויינים מתבקשים לענות כמה הם היו מוכנים לשלם עבור סילוק מפגע סביבתי או לקבל כפיצוי על הסכמתם לקיום המפגע. ה"ערך" הסביבתי מושפע מהמעמד הסוציו-כלכלי של האוכלוסיה וגודלה. (בקצנה, יתכן שהערך הכלכלי של מפגע סביבתי על יד ישוב קטן ועני יהיה שונה מערכו על יד ישוב גדול ועשיר)

שיטת עלות הנסיעה: שיטה זו מושפעת מנוכחות אתרי פנאי חלופיים באיזור. אם לחלק מהאתרי הפנאי בסביבה אין דמי כניסה כלל (שמורות טבע, יערות, חוף ים וכו') אין אפשרות להעריך במדויק את נכונות הקהל לשלם דמי כניסה לאתר המוצע.

שיטת ערך הנדל"ן: במקרים מעטים ניתן לבודד את איכות הסביבה כגורם שמשנה את ערך הנדל"ן. מצד אחד זוהי השיטה היחידה שיכולה למדוד ערך ללא שימוש, מצד שני היא שנויה במחלוקת מכיוון שהיא מסתמכת על הצהרות לגבי הנכונות לשלם ולא על התנהגות בשוק, כלומר אנשים יכולים להפריז כי זה רק בתאוריה ולא מצב אמיתי (דוד כץ, 2009).

ח. סיכום

איסוף ומחזור של פסולת בנין אינה פעולה העומדת בפני עצמה, אלא יש לראות אותה בהקשר רחב יותר של ניהול פסולת ומשאבים בר-קיימא. לצורך ניהול כזה הכרחי להבין את ההשפעות בין המרכיבים: חציבה, תובלה, מחזור והטמנה.

תהליכי פיתוח ועיור מואץ, בארץ ובעולם, מספקים, וכנראה ימשיכו לספק, ביקוש רב לאגרגטים בנפח גבוה ובמחיר נמוך. העליה בביקוש גרמה, במדינות שנסקרו בעבודה זו, לעליה בכמות פסולת הבנין הממוחזרת. מחקרים הוכיחו (Blengini, 2010; WRAP 2010) and Garbarino, כל עוד מרחקי השינוע של א"מ אינם עולים על 30 ק"מ, שמבחינת ההשפעה על הסביבה, מחזור פסולת בנין הינו בר-קיימא. רק כשיוכח שמחזור פסולת בנין

הינו גם כלכלית בר-קיימא יוכלו א"מ לשחק תפקיד חיובי באספקת תערובת אגרגטים בת-קיימא לשוק הבניה והתשתיות.

בהשפעת מגמה עולמית זו, ובעקבות התראת משרד התשתיות באשר לעתודות החומר לחציבה בארץ (משרד התשתיות, 2008), התקבלה החלטת ממשלה (מס' 2927 מתאריך 9/2/2003) שנועדה לקדם את שיעור השימוש בחומרים ממוחזרים בתעשית הבניה והתשתיות. מספר צעדים שנעשו מאז בידי גופים ממשלתיים וציבוריים גרמו לעליה ניכרת, בשלוש השנים האחרונות, בשיעור החומר הממוחזר בארץ מידי שנה, אך עדין הוא נמוך באופן ניכר מהרף של 70% מחזור שהציב האיחוד האירופאי לשנת 2020.

מחקר באנגליה שבדק מהם החסמים בפני תעשייה זו מצא שמדובר במערכת שניתן לסווגה לחסמים: כלכליים רגולטיביים, תקינה וניהוליים בירוקרטיים.

מחקר להערכת המאפיינים המקומיים ספציפיים של החסמים בכלל, והחסם הכלכלי רגולטיבי בפרט, העומדים בפני אספקת תב"ק לתעשית הבניה והתשתיות, יהווה גוף ידע חיוני למקבלי החלטות המעורבים בענף (מפעלים, ספקים, צרכנים ורגולטורים), ולגופים ציבוריים וממשלתיים המעוניינים לפתח מדניות של ניהול פסולת ומשאבים ושימושי קרקע ברי קיימא. מחקר כזה חיוני כדי לספק הערכות על מידת יעילותם והשפעתם של הכלים הכלכליים רגולטיביים שבידי קובעי המדיניות: כיצד העלאת הטל הטמנה, או חציבה, או סבסוד מתמרץ מחזור פסולת בנין ישפיעו על מחיר האגרגטים. במחקרי המשך ניתן לבדוק האם השינוי במחיר אכן משפיע באופן חיובי על התנהגות השחקנים השונים בשוק זה.

התקוה היא שהרחבת פערי המחירים בין א"ט לא"מ והעלאת הרווחיות של א"ט (תרשים 9) תביא לעליה בשיעור המחזור של פסולת בנין בארץ, ואולי, משיקולי כדאיות כלכלית, יופחת שיעור ההשלכה הפיראטית. המחזור יצמצם את כמות הפסולת המיועדת להטמנה ואת כמות החציבה של א"ט. כל אלו יסייעו להקטין את טביעת הרגל הסביבתית של ענף הבניה והתשתיות בארץ, ולהשיג את יעדי הממשלה, כפי שהם באים לידי ביטוי בתמ"א 35: "לתת מענה לצורכי הבניה והפיתוח של המדינה תוך שמירה על השטחים הפתוחים ועל עתודות הקרקע לדורות הבאים" (משרד הפנים, 2005).

רשימת קיצורים

אגרגטים טבעיים: א"ט (NA: natural aggregates)
אגרגטים ממוחזרים: א"מ (RA: recycled aggregates)
בניה ותשתיות: מבנים וכל תשתית אחרת בהנדסה אזרחית
פסולת בנין: פסולת הריסה ובניה חדשה (C&DW: construction and demolition waste)
תערובת בת קיימא: תב"ק (SSM: sustainable supply mix)

הערות

¹ על פי תקנות המשרד להגנת הסביבה החלות בנושא, כל עבודת אסבסט, לרבות פרוק גג, צריכה לקבל את אישור הועדה הטכנית לאבק מזיק. יש למנות איש מקצוע בכל היתר לביצוע עבודת אסבסט, ולהגיש באמצעותו תוכנית לאישור הועדה הטכנית לאבק מזיק. העבודה מתבצעת בהתאם להנחיות לביצוע עבודת אסבסט הכוללות, בין השאר, עיטוף הפסולת וסימונה והובלה לאתר פסולת מורשה לקליטת פסולת אסבסט. עבודות אסבסט צמנט בשטח מצומצם (כ- 20 לוחות, עד 50 מ"ר) ניתן לבצע ללא מינוי איש מקצוע וללא חובת בדיקות, אלא תוך הקפדה על יישום ההנחיות.

² ארגון WRAP הוקם בבריטניה בתמיכה ממשלתית של המשרדים לענייני סביבה באנגליה, סקוטלנד, ווילס וצפ' אירלנד. מטרתו העיקרית היא יצירת שווקים יעילים ויציבים לחומרים ממוחזרים והסרת החסמים מתהליכי הפחתת הפסולת, המחזור והשימוש החוזר. WRAP מסייע לאירגונים ואזרחים פרטיים לנצל את היתרונות של צימצום פסולת, פיתוח מוצרים ברי קיימא וניצול משאבים בצורה יעילה. (www.wrap.org.uk)

רשימת מקורות

- אדם טבע ודין. (2010). תל-אביב. נמצא ב:
<http://www.adamteva.org.il/?CategoryID=287&ArticleID=177>
(כניסה 31.07.2010)
- אפשטיין, ו., גונצ'רוב, א., זביצקי, י. (2001). מחזור של הריסות בניה מבטון וטיפול בפסולת בנין. באר-שבע: אוניברסיטת בן גוריון.
- באום, ה., וכץ, א. (2004). אפיון כמויות ומרכיבים פסולת באתרי בניה. מחקר מס' 1-401. ירושלים: המשרד להגנת הסביבה.
- המשרד להגנת הסביבה. (2010). ירושלים. נמצא ב:
1.
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&x=1&enDisplay=view&enDisp&What=Zone&enDispWho=calcala_svivatit&enZone=calcala_svivatit
 2.
http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals%5el554&enZone=External_costs
(כניסה 31.07.2010)
- טל, א. (2010). המשרד להגנת הסביבה. ירושלים. שיחה טלפונית מה-13.06.2010.
- טל, א. (2009). פרק ז' (איכות הסביבה) להצעת חוק ההתייעלות הכלכלית, התשס"ט-2009: מחזור פסולת בנין במחצבות. ירושלים: הכנסת, מרכז המחקר והמידע.
- כץ, ד. (2009). הרצאות קורס: מושגי יסוד בכלכלה סביבתית. תל-אביב: אוניברסיטת תל-אביב.
- משרד הפנים-מינהל התכנון. (2008). תמ"א 14 ב'- תכנית מתאר ארצית לאתרי כרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה, סקר ספרות - דוח שלב א'5. ירושלים.
- משרד הפנים-מינהל התכנון. (2005). תמ"א 35, תכנית המתאר הארצית המשולבת לבניה, לפיתוח ולשימור. נמצא ב:
http://www.moin.gov.il/Apps/PubWebSite/PageByItem.nsf/PrintTopicPage?OpenAgent&topic=6C3HBKE_2_6LSCZVE
(כניסה 31.07.2010)
- משרד התשתיות והקרן לשיקום מחצבות. (2008). הודעה לעיתונות: התרעה על מחסור בחומרי גלם קריטיים לבנייה עד שנת 2020. נמצא ב:
<http://www.mni.gov.il/mni/he-il/NaturalResources/Messages/SpokesmanQuarry.htm>
- פישר, ל. (2010). מכון התקנים. תל-אביב. שיחה טלפונית מה-09.05.2010.
- קרא עוז, ג. (2002). תחקיר המחצבה: הירוקים נגד המשרד לאיכות הסביבה. Ynet. נמצא ב:
<<http://.ynet.co.il/articles/1,7340,L-1944020,00>
(כניסה 31.07.2010)
- רינת, צ. (2010). הממשלה לא מיישמת החלטה לשימוש בפסולת בניין, ואתרי המיחזור בסכנת סגירה. הארץ. נמצא ב:
<http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/1145142.html>
(כניסה 31.07.2010)
- Arcgis 9.1, 2009. Software Manual. ESRI Corporate, Redlands, Canada.
<http://www.esri.com/software/arcgis/> (accessed 23.05.2009).

Badino, V., Blengini, G. A., Garbarino, E., Zavaglia. (2007). Economic and environmental constraints relevant to building aggregates beneficiation plants. In: Carpuz, C. (Ed.), Proceedings of XX International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Ankara, Turkey, pp. 197–208.

Blengini, G. A., Garbarino, E. (2006). Sustainable constructions: eco-profiles of primary and recycled building materials. In: Cardu, M. (Ed.), Proceedings XV International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Torino, Italy, pp. 765–770.

Blengini, G. A., Garbarino, E. (2010). Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. **Journal of Cleaner Production** 18, 1021–1030

Deal, T.A. (1997). What it costs to recycle concrete: C&D Debris Recycling, v.4, no.6 p.10-13

Herrick, D.H., 1994, Crushed stone, in Carr, D.D., ed., **Industrial minerals and rocks**, Sixth Edition: Littleton, Colo., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., p. 975-986.

Sara, B., Antonini, E., Tarantini, M. (2001). Application of Life Cycle (LCA) methodology for valorization of building demolition materials and products. In: Proceedings of SPIE – The International Society of Optical Engineering (VAMP project with LIFE 98/ENV/IT/33), Bologna, Italy, pp. 382–390.

Socolow, A.A. (1995). Construction aggregate resources of New England – An analysis of supply and demand, in Proceedings of the New England Governor's Association, New York, NY, p.7-3

Stermole, F.J., 1980, Economic evaluation and investment decision making: Golden Colorado, Investment Evaluations Corporation, p.86

Symonds. (1999). Construction and demolition waste management practices, and their economic impacts. Rep. to DGXI, European Commission, Final Rep. Report by Symonds, in association with ARGUS, COWI, and PRC Bouwcentrum.

Tam, V.; Tam, C. A Review on the Viable Technology for Construction Waste Recycling. *Resour., Conserv. Recycl.* (2006). 47, 209–221.

Tiruta-Barna, L., Bennetto, E., Perrodin, Y. (2007). Environmental impact and risk assessment of minerals waste reuse strategies: review and critical analysis of the approaches and applications (review). **Resources, Conservation and Recycling** 50, 351–379.

UEPG European Aggregates Association. (2006) Aggregates from Construction & Demolition Waste in Europe. Available from : http://www.uepg.eu/uploads/documents/pub-12_en-plaquette.pdf (accessed 31.07.2010)

Winter, M. G. and Henderson, C. (2001). Recycled aggregates in Scotland, Scottish Executive Central Research Unit, Edinburgh. The Scottish Government. Available <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2001/03/aggregates/recyclingfrom> : (accessed 31.07.2010)

Wilburn, D.R. and Goonan, T.G. (1998). Aggregates from Natural and Recycled sources. Economic Assessments for Construction Applications – A Materials Flow Analysis. Circular 1176. US Geological Survey: Washington, DC.

WRAP. (2007). Life-cycle assessment of construction product data, Environmental impact of higher recycled content in construction projects. UK: Waste & Resources Action Programme

WRAP AggRegain website. (2010). <http://www.aggregain.org.uk/>
WRAP web download info pages:
WRAP Aggregate 2 pdf_material P
WRAP Concrete Aggregate pdf_material P

א. החלטת ממשלה בנושא הסדרת הטיפול בפסולת בניין

כותרת החלטה:	הסדרת הטיפול בפסולת בניין
נושא סביבתי:	מיחזור, פיקוח ואכיפה, פסולת מוצקה, תעשיות ורישוי עסקים
מספר החלטה:	2927
תאריך החלטה:	09/02/2003

החלטה מס. 2927 של הממשלה מיום 09.02.2003.

מ ח ל י ט י מ (פה אחד):

1. להטיל על השר לאיכות הסביבה להסדיר את הטיפול בפסולת הבניין ברחבי ישראל בתוך 3 שנים, ולא יאוחר מסוף שנת 2005, במטרה לנקות את השטחים המזוהמים בפסולת בניין.

2. עיקרי התוכנית:

א (פעילות בתחום הרשויות המקומיות)

משרד הפנים והמשרד לאיכות הסביבה ינחו את הרשויות המקומיות, ובכלל זה עיריות, מועצות מקומיות ומועצות אזוריות, להכין תכניות מקצועיות להסדרת הטיפול בפסולת הבניין הנוצרת או המצויה בשטחן. התוכניות יכללו הוראות והסדרים בעניינים הבאים:

1. הקמה והפעלה של תחנת מעבר לפסולת בניין או משטח לפינוי פסולת גושית ברשויות מקומיות, בהתאם לקריטריונים שיקבע המשרד לאיכות הסביבה, בהתבסס על כמויות הפסולת הנוצרת, גודל פיזי ודמוגרפי של הישוב, היקפי בניה ועוד.

2. ביצוע מיחזור פסולת בניין בתחנת המעבר עצמה, או העברתה למפעל מיחזור, והעברת שאריות הפסולת שיוותרו לאחר המיחזור לאתרי הטמנה מוסדרים לפסולת יבשה.

3. חיוב קבלנים ואחראים על ביצוע פרויקטים של הריסה או בניה בהיקף גדול (בהתאם למפתח שייקבע בשיתוף משרד הפנים והמשרד לאיכות הסביבה), על-ידי הרשות המקומית, לבצע גריסה של פסולת הבניין באתר הבניה ולמחזר את הפסולת במגמה להגיע להיקף של 50% לפחות, וכן להפנות פסולת לאחר גריסה לשימוש חוזר. החיוב ייעשה במסגרת חקיקת חוק עיר, בתנאים בהיתר הבניה וכתנאי למתן טופס 4 (לאכלוס), ובמסגרת תקנות התכנון והבניה (היתר, תנאים ואגרות), התש"ל-1970, אשר יתוקנו ככל הדרוש להסדרת העניין.

4. ניקוי ושיקום שטחים פתוחים בבעלות מינהל מקרקעי ישראל, בהם קיימים ריכוזי פסולת, על-ידי מינהל מקרקעי ישראל ובמימונו, בהתאם לקריטריונים מקצועיים שיקבע המשרד לאיכות הסביבה - בתיאום עם מינהל מקרקעי ישראל.

5. טיפול בשטחים פתוחים בבעלות פרטית המזוהמים בפסולת, באמצעות צווי ניקוי שיוצאו למשליך הפסולת, ובמקרה של אי-איתור משליך הפסולת - תחוייב בכך הרשות המקומית, על-פי כל דין.

6. שר הפנים, בתיאום עם השר לאיכות הסביבה, יכין הצעה של חוק עזר לדוגמא בנושא הטיפול בפסולת בניין אשר יופץ לכל הרשויות המקומיות ויוכל לעגן את האמור בהחלטה זו. המנהל הכללי של משרד הפנים יכלול תוכן החלטה זו, ככל שהיא נוגעת לרשויות המקומיות, בחוזר מנכ"ל שיפיץ עם קבלת החלטה זו.

ב. פתרונות קצה לשימוש חוזר בפסולת בניין

משרדי הממשלה יקדמו, כל אחד בתחומו, פיתוח שימושים לחומר הממוחזר לשימוש בתשתיות ובתעשייה.

1) המשרד לאיכות הסביבה יקיים בחינה עם הגורמים הבאים: משרדי התחבורה, הבינוי והשיכון, הבטחון, התשתיות הלאומיות ומינהל מקרקעי ישראל, במגמה שכל אחד בתחומו ובמסגרת סמכויותיו יחייב את גורמי הביצוע במשרד ומחוצה לו, להשתמש בכל פרויקט בניה ותשתיות ב-20% פסולת בניין ממוחזרת לפחות.
2) המשרד לאיכות הסביבה יפרסם "קול קורא" ליזמים, בו יתבקשו להציע פיתוח פתרונות ישימים לשימוש בפסולת בניין ממוחזרת בתשתיות ובתעשייה.

ג. פיקוח ואכיפה

1) המשטרה הירוקה של המשרד לאיכות הסביבה תתגבר בשנת 2003 ב-20 מפקחים, לרבות הציוד הדרוש, למשך 36 חודשים לפחות. המשטרה הירוקה תפעל במשמרות, לאורך כל שעות היממה, לצורך ריכוז מאמץ לטיפול בנושא פסולת הבניין, וביצוע מבצעי אכיפה נרחבים כנגד עבריינים המשליכים פסולת בניין.
2) שר המשפטים יבחן דרכים לקידום הליכי שפיטה מהירה כנגד נאשמים בהשלכת פסולת בניין.

ד. תקצוב

1) לביצוע התכנית יוקצה למשרד לאיכות הסביבה, החל משנת 2003, סכום של 54 מיליון ש"ח ל-3 שנים (18 מיליון ש"ח לשנה) בחלוקה הבאה:

א) 18 מיליון ש"ח אשר ימומנו בחלקים שווים על-ידי המשרדים הבאים: איכות הסביבה, הפנים, התשתיות הלאומיות, הבינוי והשיכון, החקלאות ופיתוח הכפר ומינהל מקרקעי ישראל (סה"כ 3 מיליון ש"ח למשרד) לביצוע הפעולות הבאות:

1) מימון פעילותם השוטפת של 20 מפקחים שיופעלו בתכנית (תוספת 10 מפקחים על-חשבון חודשי עבודה ו-10 מפקחים המרה מתקציב חברות כוח-אדם של המשרד לאיכות הסביבה).
2) ניקוי פסולת בניין משטחים פתוחים ומקומיים.
3) סיוע ליזמים ולרשויות למיחזור פסולת בניין.
4) פיתוח והקמת תחנות מעבר לפסולת בניין ברשויות המקומיות, באמצעות משרד הפנים בהתאם לתוכנית שתסוכם בין משרדי איכות הסביבה, הפנים והאוצר.

ב. בשנות התקציב 2004 ו-2005 יקבע הסכום השנתי בסך 18 מיליון ש"ח כתוספת מיוחדת לבסיס התקציב של המשרד לאיכות הסביבה.

2) סך של 50 אחוזים מסכומי הקנסות שיוטלו בעקבות פעילות עובדי הרשויות המקומיות, באמצעות מתן ברירות משפט לפי חוק שמירת הניקיון אשר ישולם לקרן לשמירת הניקיון, יועבר לרשויות המקומיות. כספים אלה ישמשו את הרשויות לפעולות ניקוי השטחים המזוהמים בפסולת.
3) משרד התעשייה והמסחר יבחן, במסגרת מרכז ההשקעות, ובהתאם לחוק לעידוד השקעות הון, את הצורך בעידוד יזמים שיקימו ויפעילו תעשיות או עסקים למיחזור פסולת בניין.
4) השר לאיכות הסביבה ידווח לממשלה אחת לשישה חודשים על התקדמות ביצוע התוכנית.



Union Européenne des Producteurs de Granulats
Verband Europäischer Sand-, Kies- und Schotter-Produzenten
European Aggregates Association



European Platform for Recycled Aggregates (EPRA) Position on REACH and Recycled Aggregates

The European Aggregates Association (UEPG) and the International Recycling Federation (F.I.R.) launched the European Platform for Recycled Aggregates (EPRA). The mission of EPRA is to achieve the best use of recycled aggregates for the highest application possible, the increase in recycling of Construction & Demolition Waste and the development of the use of products derived from it.

EPRA believes that recycled aggregates are articles and need not to be registered according to the REACH regulation.

In this paper EPRA provides for assistance to the European Commission, to the European Chemical Agency, to national authorities and to producers and sellers of recycled aggregates how to interpret the status of recycled aggregates.

The European Commission Services and the Competent Authorities¹ confirmed that
“If for this function the shape, surface or design is more important than the chemical composition, the recovered aggregates can be considered as articles.”

Evidence has already been given by CEN/TC154² that indeed the shape, function or design of recycled aggregates are more important than the chemical composition for the intended applications:

“The standards require that aggregate particles are produced with specified, defined and precise shape and surface characteristics. These characteristics determine the function of the aggregate to a far greater degree than its chemical composition.”

Recycled aggregates are derived from Construction & Demolition Waste (C&DW). The Construction Product Directive requires that recycled aggregates meet CE-marking requirements. The most important requirements on all types of aggregates and for all uses, as stated in TC 154 standards, are the geometrical, mechanical and physical ones. As can be judged from the requirements for recycled aggregates, chemical composition is not an issue for application. Producers use specific equipment to provide recycled aggregates with the required physical features.

EPRA believes that the above is sufficient evidence that recycled aggregates are true articles in the sense of the definition given in the REACH regulation.

¹ Document CA/24/2008 rev.2 (29 October 2009), “Follow-up to the 5th Meeting of the Competent Authorities for the Implementation of Regulation (EC) 1907/2006 REACH – Waste and Recovered Substances”.

² Resolution 132 taken on 2008-09-23.

ב. נייר עמדה של האיחוד האירופאי לאגרגטים ממוחזרים



Union Européenne des Producteurs de Granulats
 Verband Europäischer Sand-, Kies- und Schotter-Produzenten
 European Aggregates Association



European Platform for Recycled Aggregates (EPRA)
Position on REACH and Recycled Aggregates
Supportive Guidance

Typical applications of recycled aggregates

Recycled aggregates are derived from Construction & Demolition Waste (C&DW). Only clean, inert C&DW is used. This material is selected and cleaned throughout the supply chain and by strict acceptance procedures of recycling companies. The inert material is finally processed in crushing plants where prior to crushing residual disturbing materials are removed by sieving, windsifting and magnetic separation. Crushed material can be sieved to produce any size according to market specifications.

Important applications of recycled aggregates are summarized in the following table.

Application	Comments	Main parameters
Unbound sub-base layer in roads	This is a common application of recycled aggregates as a substitute for traditional materials. When of high quality it may be possible to reduce the thickness of the sub-base layer.	- Particle shape/Interlock - Strength - Durability - Grading
Bound aggregates in road foundations and sub-base layers	Used with hydraulic/cementitious/bitumen binders. Again if of suitable quality it may be possible to reduce the thickness of the overall pavement construction.	- Particle shape/Interlock - Strength - Grading
Coarse Aggregates for Concrete	In many countries, 20% is a common level of replacement for general purpose of concrete. Clean crushed concrete is preferred.	- Particle shape/Interlock - Strength - Grading - Visual composition
Railway Ballast	Re-use of existing material after cleaning (oil removal) and re-grading.	- Grading - Particle shape/Interlock - Strength - Durability
Ground improvements, oversites, work platforms	Generally incorporated into the project completion after initial temporary use during the construction phase.	- Grading - Particle shape/Interlock - Strength
Asphalt	Asphalt plantings from existing bituminous layers. Both aggregate and binder re-used as a constituent of a new mix.	- Compatibility with new mix requirements with particular reference to skid resistance for surface layer.



Union Européenne des Producteurs de Granulats
 Verband Europäischer Sand-, Kies- und Schotter-Produzenten
 European Aggregates Association



European standards for recycled aggregates

Aggregates are intended to be incorporated in construction works for specific use. Therefore aggregates have to fulfil precise requirements. These requirements (according to the Mandate M125 issued by the Commission) are described in CEN TC 154 harmonized standard. CEN TC 154 Standards give the following definitions:

- Aggregate granular material used in construction, may be natural, manufactured or recycled
- Natural aggregate: aggregate from mineral sources which have been subjected to nothing more than mechanical processing
- Manufactured aggregate: aggregate of mineral origin resulting from an industrial process involving thermal or other modification.
- Recycled aggregate: aggregate resulting from the processing of inorganic material previously used in construction

Recycled aggregates meeting the requirements are fit for use. Their physical appropriateness has been proven. The most important requirements on all types of aggregates and for all uses, as stated in TC 154 standards, are the geometrical, mechanical and physical ones. The following table summarizes the main parameters which are relevant to assess the fitness for use according to CEN TC 154 Standards.

Main parameters	Tests for geometrical properties	Tests for mechanical and physical properties
Particle Shape/Interlock	Determination of particle shape – Flakiness Index	
	Determination of particle shape - Crushed and broken surfaces	
Strength		Determination of resistance to wear
		Determination of the resistance to fragmentation
Durability		Determination of particle density and water absorption
		Determination of resistance to wear
		Determination of the resistance to fragmentation
		Determination of resistance to freezing and thawing
Grading	Determination of particle size distribution	
Visual composition	Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates	
