

מוסד ש. נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה
קרית הטכניון, חיפה

המעבדה למימשק מערכות סביבה
הפקולטה להנדסה חקלאית
הטכניון, חיפה

המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה
אוניברסיטת חיפה
חיפה

דו"ח מחקר לשנת 1995-1996
מוגש למשרד לאיכות הסביבה

תמריצים כלכליים במדיניות פסולת עירונית מוצקה

מוגש ע"י:

פרופ' מרדכי שכטר

גיא כרמל

המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה.

פרופ' י. אבנימלך

אופירה אילון, M.Sc.

המעבדה למימשק מערכות סביבה, הטכניון.

סכום מנהלים

המשרד לאיכות הסביבה ומוסד ש. נאמן תמכו בשלוש השנים האחרונות במחקר הדן בטיפול בפסולת העירונית המוצקה. בתקציר להלן נביא את עיקרי הממצאים משלוש שנות המחקר.

1. סקירת חלופות לטיפול בפסולת המוצקה בישראל

נותחו החלופות השונות תוך התמקדות במיחזור חומרים, כפתרון חלקי לעומס הכלכלי והסביבתי הנגרם ע"י הפסולת הביתית המוצקה.

מסקנות

1.1 הפתרון לטיפול באשפה צריך להיות מותאם לתנאים המקומיים. הרכב האשפה, תנאי אקלים, תנאים דמוגרפיים, מחירי שירותי הטיפול בפסולת, זמינות האתרים, מחירי חומרי גלם ועוד הינם הפרמטרים בהם יש להתחשב בעת יישום מדיניות טיפול באשפה.

משמעותה של מסקנה זו היא שמאחר והאשפה בארץ מכילה קרוב ל 50% חומרים אורגניים ותכולת הרטיבות שלה גבוהה מפסולת עירונית אופיינית באירופה או בארה"ב, יש צורך בפתרון שמתמקד במקטע זה.

משמעות נוספת היא, כי פתרונות חייבים להיות מותאמים ספציפית. זמינות אתרים, תנאים סוציו-דמוגרפיים שונים יכתבו פתרונות מקומיים שונים.

1.2 למוד מנסיון של אחרים .

למדינת ישראל, שבה נושא הטיפול באשפה החל לקבל את תשומת הלב הראויה רק בשנים האחרונות, יש יתרון ברור על פני מדינות מערביות אחרות בהן בוצעו מספר מהלכים יקרים מאוד ובלתי כלכליים בנושא האשפה. היתרון הוא שאנו יכולים ללמוד משגיאות שנעשו ע"י מדינות גדולות ועשירות מישראל ולא לחזור עליהן.

1.3 המיחזור אינו מטרה .

במדינות שונות, נקבעה מדיניות של קביעת יעדי מיחזור קשוחים בטרם בוצעו מחקרי עלות-תועלת למיחזור, תקנות מחמירות לגבי האריזות גרמו בגרמניה לקביעת מחיר אינסופי להטמנתן ובכך יצרו עיוות וכשלון של השוק. עיוות כזה עלול להיווצר גם במדינת ישראל באם יוגדרו יעדים למיחזור בטרם יבדק הבסיס הכלכלי להשגתם. מתברר, כי אכיפת מיחזור שעלותו גבוהה מהעלות האמיתית, מביאה בפועל להפחתת שיעור המיחזור היעיל מבחינה כלכלית. מחקרנו הראה בצורה ברורה כי המיחזור אינו מטרה בפני עצמה, אלא רק אחד האמצעים לטיפול בפסולת העירונית המוצקה.

2. פתוח מודל כלכלי

על מנת לאפשר קבלת החלטות וניתוח העלויות והתועלות הנובעות מכל חלופת טיפול, פותח מודל כלכלי לניתוח עלויות טיפול בפסולת עירונית מוצקה (המודל התבסס על ניתוח עלויות ישירות בלבד). בשלב זה, לא נבחן פתרון השריפה מחוסר נתונים המתאימים למדינת ישראל (ערך היסק וכו'). עם קבלת הנתונים הדרושים ניתן יהיה לבחון כדאיות חלופה זו.

מסקנות

2.1 הפתרון האופטימלי תלוי בפרמטרים שונים, כגון, עלות ההטמנה, מרחקי השנוע וכו'.

עפ"י נתוני המודל, עלה כי חלופת ההפרדה במקור למקטע רטוב (הכולל שאריות מזון וחיתולים חד פעמיים), המופנה ישירות לקומפוסטציה, ולמקטע יבש המועבר למיון בממ"ש (מתקן מיון שאריות), ממנו מופרדים חומרים למיחזור, מתקבלת כחלופה הזולה ביותר לטיפול באשפה באם מחירי ההטמנה באתר סלוק הפסולת עולים על \$12 לטון.

2.2 צורך בכימות עלויות חיצוניות

נקודת התייחסות נוספת שעלתה מהמחקר היתה הצורך בבחירת חלופת הטיפול היעילה ביותר, כלכלית, כאשר העדפת חלופה זו או אחרת, חייבת להעשות לא רק על סמך העלויות הישירות, כי אם גם על סמך העלויות הסביבתיות. המחקר עורר את הצורך באפיון וקבלת אומדנים להערכה כלכלית של העלויות החיצוניות הכרוכות בכל אחת משיטות הטיפול המקובלות בפסולת (הטמנה, מיחזור, שריפה).

3. שמוש בתמריצים כלכליים

המחקר בחן בצורה מקיפה את אפשרות השימוש בתמריצים כלכליים במדיניות פסולת עירונית מוצקה. כאשר, שמוש בתמריצים כלכליים הינו אחת הדרכים להפנמת העלויות החיצוניות הכרוכות בטיפול בפסולת.

בסקירה הוצע שמוש במגוון תמריצים כלכליים, שהוכחו בעולם כיעילים, שכדאי להשתמש בהם לצורך טיפול יעיל בפסולת המוצקה. אחד התמריצים הראשונים, שיש להשתמש בהם, הוא עידוד הפחתת כמות הפסולת המיוצרת במקור הן ע"י התעשייה והן ע"י האזרחים; הפחתת כמויות הפסולת המיוצרות במקור מביאות לכך שתיווצר פחות אשפה שיש לטפל בה ב"פתרונות קצה" טכנולוגיים יקרים יותר כמו מיחזור, שריפה והטמנה.

4. נתוח מחזור חיים

עם התקדמות המחקר ובחינת מדיניות סביבתית במדינות המערביות, התברר כי קבלת ההחלטות בנושאים סביבתיים בכלל, ובנושאי הטיפול בפסולת המוצקה בפרט, מתקבלות על בסיס צר של שיקולים, ללא ראייה כוללת של המערכת. לפיכך, בחרנו להרחיב את התחום הצר של מציאת פתרונות קצה לפסולת ולחשוף גישה כוללת ורחבה יותר. הגישה המוצעת הינה שמוש בתהליך סיסטמתי של ניתוח מחזור החיים המאפשר שלוב של ההתייחסות, המתחייבת, להיבטים הסביבתיים בתהליך קבלת החלטות למדיניות. בעת קבלת החלטות בנושא הטיפול בפסולת, קיימים צמתי החלטה רבים, חלקם בראשית מחזור היצור של המוצר, שבסופו של דבר, יהפוך לפסולת. בכל אחד משלבי הייצור, ההפצה, הצריכה והסילוק קיימים גורמים שונים הצריכים לקבל החלטות, שישפיעו גם במעלה וגם במורד המערכת. כתוצאה מניתוח מחזור החיים ניתן לאפיין את ההשלכות הסביבתיות, לכמת אותן כלכלית ולהפנימן ע"י שמוש בתמריצים כלכליים.

יישום ממצאי המחקר

מאחר והמחקר הינו מחקר כולל, לא קיים יישום של טכנולוגיה ספציפית. המחקר עורר מודעות ותוצאותיו מיושמות כלהלן:

1. לאור דרישה רבה מצד אנשי מקצוע, רשויות והציבור, הודפס הדו"ח השנתי כספר בהוצאת מוסד ש. נאמן, והופץ בלמעלה מ 300 עותקים (אילון וחוב', 1994). הספר משמש רשויות עירוניות בתהליך קבלת ההחלטות בנושא הטיפול בפסולת ובמספר מכללות בארץ ספר זה הינו ספר לימוד חובה.
 2. לאור העובדה כי המחקר העלה את הצורך בכימות ההשפעות הסביבתיות, הזמין המשרד לאיכה"ס שני מחקרים מקבילים, שמטרתם היתה לקבל אומדנים כלכליים לעלויות החיצוניות הכרוכות בהפיכת אתר "דודאים" לאתר הטמנה ארצי.
 3. מאחר והתברר כי ההפרדה ליבש/רטוב התקבלה כחלופה בת תחרות לחלופת ההטמנה, בוצע פרויקט חלוץ ברעננה לבחינת אפשרות יישום שיטה זו בקנ"מ רחב בישראל. עקב קשיים ביוקרטיים וחוסר תיאום בין הגורמים השונים לא הצליח פרויקט זה, אולם הוכח כי חלופת ההפרדה אינה מייקרת את הטיפול בפסולת.
- הועדה הבין משרדית לטיפול בפסולת המוצקה ולקידום נושא הקומפוסט, בראשותו של פרופ' דן לבנון, אימצה את ההפרדה ליבש/רטוב כחלק מהפתרון המשולב באשפה, ובתמיכת הועדה, תחל עיריית טירת הכרמל בעתיד הקרוב לבחון שיטה זו.

תוכן העניינים

5	הקדמה
6	1. מאפייני מדיניות הטיפול בפסולת המוצקה בישראל
7	2. אפיון ההשפעות החיצוניות
7	2.1 הטמנה
8	2.2 מיחזור
9	2.3 שריפה
11	3. השימוש בניתוח מחזור החיים ככלי לקבלת החלטות
	3.1 שלבים בעריכת נתוח מחזור החיים
	3.1.1 שלב המצאי- INVENTORY STAGE
	3.1.2 השוואה נקודתית
12	3.1.3 השוואה קווית
12	3.2 שלב ההערכה - IMPACT ASSESSMENT
	3.2.1 מיון לקטיגוריות (classification).
	3.2.2 אפיון (characterization).
	3.2.3 אמידה
15	3.3 השוואה מסועפת
15	3.4 שלב השיפור ובחירת החלופות- IMPROVMENT ASSESSMENT
16	3.5 שימוש בתמריצים כלכליים להפגמת נזקים סביבתיים
17	4. הערכות כלכליות של נזקים ממתקני טיפול באשפה
	4.1 שיטות לאומדן ערך כלכלי של נזקים למשאבי טבע.
	4.1.1 הערכות כלכליות של נזקים הנגרמים
19	מאתרי סלוק פסולת ומשרפות
	4.1.2 הערכות כלכליות של נזקים הנגרמים
22	ממתקני מיחזור פסולת
24	5. חקר ארוע: ניתוח מחזור החיים של אריזות
24	5.1 קבלת החלטות כלכליות וסביבתיות במערכת הטיפול במיכלי משקה
24	5.1.1 שלב הייצור
25	5.1.2 תהליך המלוי
	5.1.2.1 שימוש בתמריצים כלכליים
25	להפחתת אשפה במקור במגזר התעשייתי
26	5.1.3 שלב ההפצה
27	5.1.4 הצרכן
27	5.1.4.1 שימוש בתמריצים להפחתת אשפה במקור במשק הבית

29	5.1.5 שלב הסילוק
29	5.1.6 הממשלה
31	5.2 שמוש בניתוח מחזור החיים של אריזות מיכלי משקה ככלי לקבלת החלטות
31	5.2.1 עלויות בקרה סביבתית
33	5.2.2 עלויות נזק סביבתי
35	5.3 יישום גישת ניתוח מחזור החיים בישראל
35	6. תוכנית להמשך מחקר והתוצאות הצפויות
39	7. ספרות
	8. נספח

רשימת טבלאות

- טבלה מס' 1: תקני פליטה ממבערות פסולת עירונית.
- טבלה מס' 2: כמות המזהמים הנפלטת ליחידת אנרגיה מתחנת כח פחמית וממתקן להפקת אנרגיה מאשפה.
- טבלה מס' 3: משקול גורמים סביבתיים, הולנד.
- טבלה מס' 4: עלויות הנזק הסביבתי (ליש"ט) הנגרם מטון פליטות עפ"י (DoE report, 1993)
- טבלה מס' 5: עלויות הנזק הסביבתי הנגרם מטון פליטות עפ"י (Craighill & Powell, 1995)
- טבלה מס' 6: קביעת הירידה בערך הרכוש כתלות במרחק מאתר הטמנה (עפ"י HPM)
- טבלה מס' 7: נכונות התושבים לשלם בגין ההתרחקות מאתר הטמנה (עפ"י CVM)
- טבלה מס' 8: מרחב השיקולים המנחים בבחירת חלופות בכל אחד משלבי החיים של מיכל משקה קל.
- טבלה מס' 9: עלויות הסביבתיות במחזור החיים של אריזות (Tellus Inst., 1992).
- טבלה מס' 10: עלויות סביבתיות כוללות ל 1000 ליטר משקה.
- טבלה מס' 11: עלויות הנזק הסביבתי של אריזות (Craighill & Powell ,1995).
- טבלה מס' 12: הצגת חלופות הטיפול ועלויותיהן כלפי מדדים כלכליים וסביבתיים.

רשימת קיצורים

אתר סילוק פסולת	-	אס"פ
מתקן מיון שאריות	-	ממ"ש
חומרי גלם	-	ח"ג
מטר מעוקב	-	מ"ק
מיליגרם	-	מ"ג
קילוגרם	-	ק"ג
צריכת חמצן ביולוגית. מדד לעומס האורגני הפריק ביולוגית, המצוי בשפכים (Biological Oxygen Demand , BOD=)	-	צח"ב
Environmental Protection Agency, הסוכנות להגנת הסביבה, ארה"ב.	-	EPA
סימון לכלל תחמוצות החנקן	-	NO _x
Advanced Disposal Fee	-	ADF
Polyethylene	-	PE
Polyethylene Terephthalate	-	PET
High density Polyethylene	-	HDPE
Not In My Back Yard הכוונה להתנגדות להקים אתר סלוק פסולת, משרפה וכו' ב"חצר האחורית".	-	NIMBY
Geographic Information Systems	-	GIS
Tipping Fee, התשלום המשולם בכניסה למתקן טיפול באשפה (תחנת מעבר, מפעל מיחזור, אס"פ וכו').	-	TF

הקדמה

הדו"ח המוגש בזה, הינו דו"ח המסכם את שנת המחקר השלישית. בשנת המחקר הנוכחית בחרנו להציג את השמוש בניתוח מחזור החיים של מוצרים ככלי לקבלת החלטות סביבתיות ואת אפשרות השמוש בתמריצים כלכליים להפנמת העלויות הסביבתיות המתקבלות כתוצאה מניתוח זה.

מסתבר, כי לעיתים, מתקבלות החלטות לגבי מדיניות סביבתית מתוך גישה רגשנית ואינטואיטיבית, הבאה מתוך רצון להגן על הסביבה (ראה מאמרו הנרחב של Tierney שהתפרסם בניו-יורק טיימס ב 30.6.96). דוגמאות אחרות, כגון, נושא תקנות לגבי היקף המיחזור של פסולת עירונית מוצקה בארה"ב ובמדינות שונות באירופה, חוק האריזה הגרמני והאוסטרי (Poll & Ayres, 1995 ; Schneider, 1995) ועוד, התעלמו גם מההשלכות הכלכליות הישירות ולעיתים גם מההשלכות הסביבתיות של ייצור המוצר ודרך ההפטרות ממנו, לאחר שהפך לפסולת (Chilton, 1993 ; Levenson, 1993 ועוד). בנושאי מדיניות פסולת מוצקה, כמו גם בנושאים סביבתיים אחרים, ניתן לראות את תהליך קבלת החלטות כאוסף של אילוצים הקובעים את המסגרת וקריטריונים על פיהם תקבע ההחלטה הרצויה (שמיר וחוב', 1985). הערכת כל חלופת טיפול באשפה תמדד על פי מדדים ברורים והיא תעשה על בסיס ניתוח סביבתי וכלכלי כולל (Ayres, 1995 ; Craighill & Powell, 1995).

אחד הכלים בהם משתמשים כיום לבדיקת ההשפעות הסביבתיות של מוצר, החל משלב כריית חומרי הגלם דרך תהליכי הייצור, הצריכה וההפטרות ממנו היא ע"י בצוע ניתוח מחזור החיים. בהגדרה, נתוח מחזור החיים הינו תחום העוסק באיסוף נתונים לגבי תשומות האנרגיה וחומרי גלם הדרושים לייצור מוצר מסוים או תהליך וכן הפסולות הנוצרות בתהליך או נובעות מעצם השימוש במוצר. לאחר זהו הגורמים הנ"ל וכמותם יש להעריך את גודל הנזקים לסביבה (Kirkpatrick, 1994 ; EPA, 1993; Hunt et al., 1992; ועוד).

שימוש בנתוח מחזור החיים ככלי להערכת ההשפעות הסביבתיות של תהליכי הייצור, כמו גם המוצרים עצמם, קיים למעלה משני עשורים (Hunt et al., 1992). התמריץ הראשוני לפתוח מאזן כולל היה מחירי הדלק ותשומות האנרגיה בשנות השבעים, כאשר הכוונה היתה להעדיף ייצור מוצרים שצריכת האנרגיה לייצורם נמוכה יותר. במשך הזמן, עם החמרת התקנים הסביבתיים התרחבו מעגלי הבדיקה, וההשפעות הסביבתיות החיצוניות נלקחו בתחשיב הכולל. כמו כן השתנתה התחיקה הסביבתית, כולל התחיקה הבינלאומית.

1. מאפייני מדיניות הטיפול בפסולת המוצקה בישראל

למדיניות המשרד לאיכות הסביבה (ראה דו"ח שנתי 20-19, 1995) לסגור את מאות המזבלות הפראיות הפזורות ברחבי הארץ ולהעביר את כל האשפה למקומות הטמנה תקינים ומרכזיים, השלכות כלכליות, חברתיות וסביבתיות.

היתרונות הברורים של מדיניות זו הינם:

- א. כיום, מרבית המזבלות הפראיות, בהתאמה מלאה לריכוז אוכלוסית תושבי ישראל, ממוקמות באיזור מישור החוף, מעל אקוויפר החוף (המספק כ 20% מהמים בישראל). ממחקר שנעשה במעבדה למימשק מערכות סביבה בטכניון בשנים 93-1992, התברר כי מרכיבי התשטיפים שנמצאו בארץ, נמצאים באמצע טווח הריכוזים המצויים בעולם ואילו בריכוזי מתכות כבדות (עופרת, כרום ונחושת) נמצאו ריכוזים גבוהים מהמקובל בעולם. סגירת המזבלות תביא לצמצום הפגיעה באיכות המים באקוויפר זה. בטווח הרחוק, באם ימשך הזהום ותפגע איכות המים באופן שלא יתאפשר שימוש בהם- יהיה צורך בשימוש בטכנולוגיות יקרות מאוד על מנת לסלק המזהמים מהמים.
- ב. קביעת תקנים חמורים להקמה ולתפעול האסייפים החדשים. תהליך זה מושפע מהופעת ומזהוי מזהמים חדשים, מגלוי השפעה מזיקה של מזהמים קיימים וכן מהיכולת המשתפרת של המיכשור האנאליטי לזהות ולמדוד ריכוזים נמוכים של מזהמים. תהליך זה אמנם מייקר את ההטמנה אך בטווח הרחוק, הוא חוסך, כמו סעיף 1 לעיל, עלויות טיפול מאוד גבוהות במים ובקרקע מזוהמים.
- ג. ייקור תהליך ההטמנה יגביר את כדאיות החלופות האחרות לטיפול באשפה (הפחתת כמויות, שימוש חוזר, מיחזור ושריפה) דבר שיביא לצמצום הצורך בשטחי קרקע להטמנה, אפשרות פתוח עתידי של קרקעות לא תפגע, יתקבל חסכון בח"ג ושמור משאבי טבע ולחסכון באנרגיה (בחלק מהמקרים, לפחות). אולם, יש לבחון גם את ההשלכות הכלכליות והסביבתיות של הצעדים הנ"ל:
- א. צורך בשינוע האשפה למרחקים גדולים יותר, דבר הגורם לייקור העלויות הישירות, אך גם לתוספת עלויות סביבתיות, כפי שיורחב בהמשך.
- ב. צורך בהקמת מתקני ביניים לטיפול באשפה על מנת לייעל את ההובלה לאסייפ המרכזי. הקמת תחנת מעבר לדחיסת אשפה תיצור מצב בלתי הפיך בו פסולת שנדחסה לא תופרד אח"כ לצורך מיון. אם, לחילופין, תופרד הפסולת בטרם דחיסתה, הרי שההשקעה בתחנת מעבר גדולה, מיותרת.
- ג. השינוע למרחקים גדולים יותר כרוך בעלויות חיצוניות- סביבתיות שיש לכמתן ולבחון מי ישא בהן. עלויות אלו נובעות מהגברת הגודש בכבישים, סכון רב יותר לתאונות דרכים (עלויות אלה עלולות לקבל ערכים כלכליים גבוהים מאוד לאור מצב הכבישים כיום בישראל, הגודש הרב ותאונות הדרכים המרובות) הרס תשתית הכבישים וכן זהום אוויר ורעש.

מכל האמור לעיל עולה הצורך בשימוש בניתוח מחזור החיים של כל מוצר, משלב הייצור עד וכולל השלב בו הוא הופך לפסולת ויש להפטר ממנו, ככלי לקבלת החלטות במרקם הכולל של מדיניות סביבתית מתוכננת.

2. אפיון ההשפעות החיצוניות הכרוכות בטיפול באשפה

2.1 הטמנה

מרבית (כ 95%) הפסולת העירונית המיוצרת בישראל מוטמנת באתרי הטמנה. לשם השוואה באנגליה כ 90% מהפסולת מוטמנת, בארה"ב כ 60% מהאשפה (Steutevill, 1996), בגרמניה 50%, ואילו ביפן ובשוויץ כ 10% (EPA, 1996)

פרט לעלויות הישירות הכרוכות בהטמנת הפסולת באתרים מוסדרים יש לקחת בחשבון את תוספת העלויות כתוצאה מהצורך לשנע את האשפה למרחק רב יותר ולדחוס את האשפה בתחנות מעבר (ע"מ לשפר יעילות ההובלה).

בבואנו לחקור את ההשלכות הסביבתיות של הטמנת אשפה, כולל העלויות הכרוכות בכך, עלינו לאפיין את הרכיבים התורמים לעלויות אלה.

הגורם הראשון הינו השנוע. הצורך להעביר את האשפה למקום מרוחק יותר תורם לתוספת זהום אוויר מרכב השנוע (רמת המזהמים והרכבם תלויים בסוג הרכב ובמהירות הנסיעה). תוספת רכבי השנוע גורמים לגודש בדרכים (עובדה הגורמת לרבי תאונות, פקקים ואובדן זמן וכן הגברת הרס תשתית הכבישים) מאחר והמצב בכבישי הארץ קשה, הן מבחינת הגודש והן מבחינת היקף תאונות הדרכים, עלול רכיב זה להיות מאוד משמעותי. תרומה נוספת של רכבי השנוע היא תוספת רעש.

ההטמנה עצמה, באם אינה נעשית בצורה תקנית תורמת לזהום אוויר (הן ע"י מזהמים גלובליים- גזי חממה, מתן ופחמן דו חמצני, מזהמים קונבנציונאליים- תחמוצות חנקן, גפרית וחלקיקים וכן מזהמים טוקסיים, כגון פחמימנים ופנולים). פליטת מזהמי אוויר מאסיבי נגרמת כתוצאה מ 3 תהליכים:

1. שחרור מזהמים נדיפים הקיימים באשפה (CFC מאירוסולים, ממיסים אורגנים מצבעים, מתכות נדיפות וכו')

2. ריאקציות כימיות (תהליכי חמצון, סתירה וכו')

3. פעילות ביולוגית (פרוק אירובי ואנאירובי הגורם ליצירת CO₂, מתן, אמוניה ועוד)

תשטיפים עלולים לגרום לזהום קרקע ולזהום מי תהום. וכמובן, טיפול לא נאות יגרום למשיכת זבובים, מכרסמים, ציפורים ושאר מרעין בישין.

קיימת פגיעה בערך הקרקע המשמשת להטמנה. הגורמים שיצוינו להלן, ישפיעו על פגיעה זו ויכתיבו את רמת התקנים לתשתית ותפעול אתרי הטמנה:

- קיום אתר הטמנה בקרבת איזורי מגורים ו/או מסחר ו/או תעשייה יביא פגיעה ברווחת התושבים ובזכויות הקנין שלהם. כמובן, שתפעול נכון של האתר והקפדה על שיקומו תבטיח, למעשה, את הפנמת עלויות חיצוניות אלה.

- מאפיינים פיסיים של האתר: מיקום, גאוגרפיה, אקלים, טופוגרפיה, גאולוגיה, הידרולוגיה. בנוסף לני"ל הטמנת אשפה, גם אם היא נעשית בצורה נכונה ותקנית, הינה תהליך בלתי הפיך בכל הקשור לחסול משאבים מתכלים. ניתן למנות עלויות חיצוניות נוספות: מטרדי ריח, זבובים, ציפורים, רעש, ופגיעה נופית.

במכלול השיקולים המנחים את קובעי המדיניות, יש לזכור כי קרקע המיועדת לשמש כמטמנה הינה משאב במחסור. המחסור עלול לנבוע או ממחסור ממשי בשטחים המתאימים להטמנה (גיאוגרפיה, טופוגרפיה, הידרולוגיה וכו'). למעשה, חישוב מתימטי, הנסמך על החישובים שהתפרסמו ב

Economist מיום 29.5.93 מראים כי ישראל זקוקה לשטח קטן מ 20 קמ"ר להטמנה למשך 100 שנה. אולם, המחסור יכול להיות גם פסיכולוגי הנובע מסינדרום ה NIMBY. בשוק טיפוסי, התגובה למחסור תהא עליה איטית במחיר המשקפת את המחסור הצפוי במשאב. עליה זו מאותת ליצרנים ולצרכנים על הצורך לעבור למשאב תחליפי לפני פרוץ המשבר. לא כך הדבר בנושא הפסולת המוצקה. מחירי הטמנת הפסולת בעולם עולים במהירות בשל התקנת תקנים מחמירים ובשל עליית מחירי הקרקעות. במצב כזה אין מנגנון היכול להעביר מסר של חסר במשאב והפתרונות אותם מציעים קובעי המדיניות הם פתרונות מצוקה שאינם בהכרח יעילים מבחינה כלכלית. סבסוד, "העלמת" ערך הקרקע לאס"פים וכו', דוחים עוד יותר את העברת המסר הכלכלי לגבי משאבים בחסר והעלויות החיצוניות האמיתיות. לעומת זאת, תמחור אמיתי של אתרי ההטמנה, כולל הפנמת העלויות החיצוניות והפנמת הפיצויים, אותם מוכנים התושבים הסמוכים לאתרי ההטמנה, לקבל על מנת שבכל זאת יוקם אתר בקרבת מקום מגוריהם, יאותתו ויבהירו כי משאב הקרקע נמצא במחסור.

2.2 מיחזור

מיחזור הוא אחת האפשרויות לצמצם את כמויות הפסולת המגיעות לאתרי ההטמנה. התועלות הסביבתיות של מיחזור (מתוך Craighill & Powell, 1995): שמור משאבים, שמור קרקע, מניעת זהום אוויר כתוצאה משריפה או הטמנה, בחלק מתהליכי מיחזור החומרים קיים חסכון באנרגיה (אלומיניום וזכוכית, לדוגמא). למיחזור תועלת פסיכולוגית חשובה לא פחות, והיא ההרגשה הטובה של התושבים להשתתף בתוכנית. העלויות הישירות של המיחזור פורטו בדוחות הקודמים שהוגשו בעבר. אולם, תהליך המיחזור צופן בחובו עלויות סביבתיות שאין להתעלם מהן: האיסוף הנפרד של החומרים למיחזור מצריך תוספת סבבים לפני האשפה. הדבר גורם לתוספת זהום אוויר, גודש בכבישים העירוניים והבין עירוניים ולתוספת רעש בשכונות המגורים. מיון המתמחזרים במתקנים מיוחדים, מרוחקים לעיתים, כרוך בשנוע מיוחד ונפרד של חומרים אלה. השנוע טומן בחובו עלויות סביבתיות כגון, הרס תשתית כבישים, גודש, תאונות דרכים ואובדן זמן. בנוסף לכך, תהליך המיחזור עצמו יוצר בעיות כמו זהום מים (לדוגמא, שפכי תעשיית מיחזור הנייר בעלי עומס ביולוגי גבוה), מיחזור טקסטיל יוצר בעיות של זהום אוויר חלקיקי וכו'. בהמשך הדו"ח, בפרק הדין בניתוח מחזור החיים של אריזות, ניתן לראות כי ההשפעות החיצוניות שונות מחומר לתומר (פלסטיק, נייר, זכוכית וכו') הן בשל מרחקי ההובלה השונים מתחנת המיון למפעל המיחזור והן בשל האופי השוני של המיחזור והעיבוד המחדש (שפכים, זהום אוויר, חסכון באנרגיה ועוד).

כאשר בוחנים את העלויות החיצוניות של המיחזור קיימת חשיבות מרובה גם לשיטת האיסוף בה משתמשים. Powell וחובי (1996, פרסום פנימי) הישוו בין איסוף במרכזי מיחזור ובין איסוף מהמדרכות. העלויות הישירות להפעלת תוכנית איסוף מהמדרכות (curbside) הסתכמו ב 56 ליש"ט לכל טון שנאסף ואילו העלויות החיצוניות הסתכמו ב 4.99 ליש"ט לטון (מהם 0.88 ליש"ט מיוחדים לזהום אוויר, 0.71 לתאונות דרכים ו 3.4 ליש"ט לפגיעה בתשתית הכבישים כתוצאה משנוע המתמחזרים), לעומת זאת, בתוכנית של מרכזי מיחזור התקבלו עלויות ישירות בסך 92 ליש"ט לטון וחיצוניות בסך 22.95 ליש"ט לטון (מהם 5.62 ליש"ט הנובעים מזהום אוויר, 10.93 ליש"ט כתוצאה מפגיעות בתאונות דרכים ו 6.4 ליש"ט הרס תשתית). עיקר ההבדלים נעוצים בכך שבמרכזי מיחזור

מתבקש כל תושב, בנפרד, לסוע עם רכבו הפרטי למרכז ולפרוק שם את החומרים בעוד שבאיסוף מיוחד של מתמחזרים מהמדרכה אוסף רכב אחד את כל החומרים ומשנע אותם ישירות לממ"ש.

2.3 שריפה

בבואנו לבחון את היתרונות הגלומים בשריפת אשפה, בולט היתרון הגדול של הפחתת נפח האשפה ומשקלה. ההערכה היא כי אשפה (בלתי ממוינת במקור) שתשרף בישראל תותיר כ 30%, משקלית, אפר.

מיקום משרפות האשפה הוא ברוב המקרים בקרבת מקום ייצור האשפה וזאת על מנת להפחית את עלויות השנוע של כלל האשפה אל מקומות טיפול מרוחקים.

מהנסיון שנצבר בעולם בנושא משרפות (Tchobanoglous et al., 1993. ; Petts & Eduljee, 1994. ; White et al. 1995) עולה כי משרפות שכל תכליתן להפחית נפח ומשקל אשפה בלבד אינן מצדיקות את עצמן כלכלית וסביבתית וכי החלופה המועדפת הינה שריפה לצורך הפקת אנרגיה. נקדים מעט את המאוחר, ונציין כי התועלת החיצונית הגבוהה ביותר מהפקת אנרגיה מאשפה היא "התמרת הזהום" (pollution displacement) כלומר, האנרגיה המופקת מהאשפה חוסכת הפקת אנרגיה מתחנות כח המופעלות בפחם או דלק (DoE report, 1993).

גם משרפה הפועלת עפ"י התקנים והנבנית עפ"י הטכנולוגיות המתקדמות ביותר, שאינן גורמות לעלויות בלתי סבירות (BATNEEC), עדיין משחררת מזהמי אוויר שהשפעתם גלובלית (CO_2) וגם מזהמים מקומיים וטוקסיים (תחמוצות גפרית וחנקן, גזים חומציים נוספים כמו HCl ו HF, חלקיקים, מתכות כבדות, דיאוקסינים ועוד).

בטבלה 1 מובאים תקני פליטה ממשרפות פסולת באירופה ובארה"ב.

מקור	מקור	סוג המזהם
EPA, 1995	DoE report, 1993	
15	8-24	חלקיקים (מ"ג/ מ"ק אוויר)
50-150	40-80	CO (מ"ג/ מ"ק אוויר)
בהתאם לסוג המשרפה	8-16	VOC (מ"ג/ מ"ק אוויר)
0.49-1.6	0.8	עופרת וארסן (מ"ג/ מ"ק אוויר)
0.04-0.1	0.08	קדמיום (מ"ג/ מ"ק אוויר)
	0.08	כספית (מ"ג/ מ"ק אוויר)
25	8-24	HCl (מ"ג/ מ"ק אוויר)
30	40-240	SO ₂ (מ"ג/ מ"ק אוויר)
	0.08-1.6	HF (מ"ג/ מ"ק אוויר)
180	160-280	NO _x (מ"ג/ מ"ק אוויר)
0.03	0.08-0.8	דיאוקסינים (מ"ג/ מ"ק אוויר)

טבלה מס' 1: תקני פליטה ממשרפות פסולת עירונית.

(הערה: עפ"י התקן האירופאי, הייחוס הוא ל 11% חמצן ואילו, עפ"י ה EPA, הייחוס הוא ל 7% חמצן).

עפ"י התחשיב שבוצע (DoE report, 1993) מטון אחד של אשפה באנגליה נוצרים 0.71 טון פחמן דו חמצני (0.19 טון מבוטא כ C), 0.1 ק"ג חלקיקים, 0.68 ק"ג SO₂ ו 1.1 ק"ג NO_x. שאר הפליטות לא נלקחו בתחשיב הנ"ל, למרות שהם יכולים לגרום לנזקים בריאותיים כבר בריכוזים נמוכים, שכן לא היו בידי מבצעי הסקר נתונים ברורים להערכת ההסתברות לנזקים ועוצמתם.

העלויות החיצוניות הנובעות משריפת אשפה: כוללות את **זהום האוויר** (יש לזכור כי גם כאשר משרפה עומדת בתקנים, עדיין קיים סיכון מאחר והפליטות אינן אפס), **חוסר נוחות התושבים** כתוצאה מתנועת כלי רכב למשרפה וממנה, רעש, ריח והפגיעה בחזות הנופית. כשליש מהכמות הנכנסת למשרפה צריכה להיות מסולקת ממנו **כאפר** (הכולל הן את האפר התחתי והן את האפר העילי, כולל ה"בוצה" המתקבלת מהטיפול בגזים). שנועו לאתר הטמנה ופוטנציאל הזהום שלו הינם פרמטרים שצריכים להכלל בתחשיב. לחילופין, באם ימצא שיש אפשרות להשתמש באפר כתשתית כבישים יהיה האפר בעל ערך כלכלי חיובי.

התועלות מהפקת אנרגיה מאשפה תלויות בערך הקלורי של האשפה. בעת הערכת הערך הקלורי של האשפה הישראלית יש לזכור פרט אנאליטי חשוב: האשפה הישראלית מכילה למעלה מ 50% מים. לכן, כאשר מחשבים את הערך הקלורי של אשפה גולמית יש לזכור כי כמחצית מהאנרגיה מושקעת באיוד המים! (כאשר מחשבים את הערך הקלורי של מרכיבי האשפה מבצעים זאת ע"י חמום דוגמא יבשה בקלורומטר).

התועלת החיצונית הגבוהה ביותר מהפקת אנרגיה מאשפה היא "התמרת הזהום" (pollution displacement). על מנת לחשב את ההתמרה האנרגטית כתוצאה משריפת אשפה, הישוו מבצעי המחקר באנגליה (DoE report, 1993) את הפליטות ממתקן מודרני לשריפת אשפה לפליטות ממתקן ישן להפקת אנרגיה מפחם. עיקר ההבדלים הוא בשעור פליטת הגזים החומציים (תחמוצות גפרית וחנקן).

בטבלה 2 להלן, מובאת השוואה בין כמות המזהמים הנפלטים ליחידת אנרגיה מתחנת כח פחמית וממתקן להפקת אנרגיה מאשפה.

חומר	גרם נוצר לכל קוט"ש ת. כח ישנה - פחם	גרם נוצר לכל קוט"ש משרפת פסולת מוצקה (*)
CO ₂ (כ C)	294	286
NO _x	5.3	1.65
SO ₂	14	1.024
חלקיקים	0.16	0.15
מתן	4.1	?

(*) בהנחה כי טון אשפה מייצר 664 קוט"ש.

טבלה מס' 2: כמות המזהמים הנפלטים ליחידת אנרגיה מתחנת כח פחמית וממתקן להפקת אנרגיה מאשפה.

עפ"י התוצאות לעיל, משרפת פסולת מביאה להפחתה בפליטות תחמוצות הגפרית והחנקן. ברור, כי לו היתה נעשית השוואה עם תחנות כח חדשות יותר אשר משתמשות בפחם או דלק דלי גפרית, היו התוצאות המתקבלות אחרות. כמו כן, לא נבחנו פליטות של מתכות כבדות (כספית, עופרת, קדמיום וכו') ולא נבחנו פליטות מזהמים אורגניים (פחמימינים).

תועלת נוספת משריפת אשפה היא הפחתת פליטות גזי חממה. עבור מתקנים המטפלים בכמויות דומות של אשפה, מוערכת כמות של 9,000 אקוויולנטים של CO₂ הנפלטת מדי יום מאס"פ לעומת כמות של 2,250 אקוויולנטים ו 750 אקוויולנטים ליום עבור אס"פ בו מפיקים אנרגיה ועבור משרפה, בהתאמה (Mackin, 1992).

3. השימוש בניתוח מחזור החיים ככלי לקבלת החלטות לקביעת מדיניות טיפול בפסולת מוצקה
 המודעות הגוברת לנושאי הסביבה מביאה לכך שפירמות יצרניות בעולם (המערבי, בעיקר) מעונינות לשוות למוצריהן תדמית "ירוקה". נתוח מחזור החיים מהווה, בחלק מן המדינות המערביות, חלק חשוב בתהליך פתוח המוצרים (EPA, 1993; Nierynck, 1993; Sundberg, 1994 ועוד). שימוש בתהליך המוגדר והסיסטמטי של הניתוח מאפשר שלוב של התייחסות להיבטים סביבתיים בתהליך קבלת החלטות למדיניות. בצוע התהליך מספק את האמצעים לאפיין את הסביבה ולהעריך מוצר ו/או תהליך על בסיס מחזור החיים השלם - מהעריסה לקבר.

3.1 שלבים בעריכת נתוח מחזור החיים

3.1.1 שלב המצאי - INVENTORY STAGE

שלב זה הינו סכימה סיסטמתית של כל הכניסות, קרי, חומרי גלם ואנרגיה לתהליך, והיציאות, הפסולות המשתחררות לקרקע, למים ולאוויר (Powell et al., 1996; Kuta et al., 1995 ועוד), בכל תהליכי הייצור, ההפצה, הצריכה והסילוק הסופי.

3.1.2 השוואה נקודתית

כאמור, כאשר החל המחקר לפני כ 20 שנה התרכזו החוקרים בבחינת מוצרים שצריכת האנרגיה (ליצורם או במהלך השימוש בהם) נמוכה יותר. כדוגמא, נערכו השוואות בין נורות ליבון רגילות לנורות פלואורסצנטיות, מההשוואה עלה כי האחרונות צורכות כחמישית מהאנרגיה הנצרכת ע"י נורות הליבון (באותה עוצמת תאורה), משך חייהן ארוך ואחזקתן זולה. כתוצאה מצריכת האנרגיה הנמוכה, קטנות גם פליטות מזהמים כמו הפחמן הדו חמצני, הגפרית הדו חמצנית ותחמוצות החנקן בהתאם. העדיפות ניתנה כמובן, לשימוש בנורות פלואורסצנטיות (Hinnells, 1993). דוגמא אחרת להשוואה נקודתית היא השימוש בחיתולים חד פעמיים מול החיתולים הרב פעמיים. במהלך שנות השמונים בארה"ב החל "משבר האשפה", אסדות אשפה הוסעו ממקום למקום מבלי שיהיה אתר סילוק אשפה שיהיה מוכן לקלוט אותן. החיתולים החד פעמיים, המהווים כ 2% מהאשפה, היו מטרה נוחה לחיצי שוחרים איכות הסביבה. כאשר נערכו השוואות בין החד לרב פעמיים היה ברור, מעל לכל ספק, כי החיתול החד פעמי הינו מפגע אקולוגי שיביא לסתימת אתרי האשפה ולנזקים בלתי הפיכים לסביבה (EPA, 1993).

3.1.3 השוואה קווית

במשך הזמן, עם החמרת התקנים הסביבתיים ועם התגברות הצורך להביט על המערכת הכוללת, התרחבו גם מעגלי הבדיקה. לא די היה לבחון את צריכת האנרגיה של נורת הפלואורוסצנט, אלא את מחזור החיים השלם שלה, מהעריסה לקבר. במקרה זה, הטמנת נורה פלואורסצנטית המכילה מתכות כבדות בריכוזים גבוהים יותר מנורת הליבון, מהווה סיכון סביבתי גדול יותר. גם בבדיקת השימוש בחיתולים התברר, התברר כי החיתול הרב פעמי דורש תשומות מים ואנרגיה (להרתחת הכביסה) ודטרגנטים גבוהים לאין שעור מהתשומות הנדרשות לסילוק החיתול החד פעמי (EPA, 1993). כיום, נתוח מחזור החיים כולל סכימה קווית, משלב הייצור, דרך שלב ההפצה והצריכה וכלה בשלב הסילוק, של כלל תצרוכת חומרי גלם לייצור ולשימוש, צריכה כוללת של אנרגיה (לייצור ולשינוע המוצרים), כמות פחת (פסולת) בשלב הייצור ולאחר השימוש, כלל מזהמי אוויר מכל תהליכי הייצור, השינוע והסילוק הסופי, כלל מזהמי מים מכל תהליכי הייצור, השינוע והסילוק הסופי, כלל מזהמי קרקע מכל תהליכי הייצור, השינוע והסילוק הסופי, כלל מזהמים אחרים (חומרים מסוכנים, רעש וכו').

3.2 שלב ההערכה - IMPACT ASSESSMENT

מאחר ושלב המצאי סוכם פליטות שונות, שאינן על בסיס שווה (גזים חומציים, חומרים אורגניים המזהמים מים וכו') מעניקים בשלב ההערכה "משקלות" לכל תשומה שנצרכה או גורם מזהם שנפלט.

3.2.1 מיון לקטיגוריות (classification). ניתן לחלק לקטיגוריות גלובליות, לדוגמא, השפעת הפסולת על התחממות כדור הארץ (גזי חממה), פגיעה בשכבת האוזון, נוטריפיקציה וכו'. לקטיגוריות אזוריות, לדוגמא, מידת פגיעת האס"פ בנוף, פגיעה בזני צמחים ובע"ח נדירים ועוד. (Powell et al., 1996 ועוד).

3.2.2 אפיון (characterization). בשלב זה מאחדים את כל הנתונים ומבטאים אותם כאקוויולנט מאפיין. את כל הגורמים המשפיעים, לדוגמא, על התחממות כדור הארץ מבטאים כאקוויולנטים של CO₂.

3.2.3 אמידה (valuation). בשלב זה מקבל כל ערך את משקלו הכולל. המתודולוגיות להערכת הנוק מתבססות על השקפות חברתיות, החלטות פוליטיות, אינדיקטורים לפתוח בר קיימא, דעות מומחים או הערכות כלכליות. ה"שורה התחתונה" המתקבלת היא הבסיס לקבלת החלטות. קיימות ארבע גישות עיקריות להערכת הנוק (Powell, 1996) אשר עיקרן מובא להלן:

א. קביעת המרחק מן המטרה

כדוגמא לשיטה זו ניתן לציין את גישת ה"נפח הקריטי" השוויצרית או שיטת ה"ניקוד האקולוגי" המקובל אף הוא בשוויץ (ecopoints), וכן שיטות דומות המקובלות בדנמרק, הולנד וגרמניה. בשיטות אלה מעריכים מהו המרחק בין מצב הפליטות כיום למצב המיטבי (התקן הקיים כיום או תקן מתוכנן לשנת יעד כלשהי).

יתרון השיטה הוא בפשטות השגת הנתונים. מדיעת המצב הקיים (ריכוז המזהם באוויר, קצב פליטת המזהם וכו') ומדיעת התקן ניתן לקבוע את מרחק המצוי מהרצוי.

חסרונות שיטה זו נעוצים בכך שהנחת היסוד היא שהתקן הוא הדבר הטוב ביותר מבחינה סביבתית וכלכלית. מאחר ותקנים נקבעים משיקולים פוליטיים תוך משא ומתן עם התעשיות המזהמות, נראה כי התקן אינו בהכרח הדבר הטוב ביותר. בנוסף, לא ניתן להשתמש בגישה זו לרכיבים מזהמים אשר לא ניתן לקבוע להם תקן (למשל, אין תקן לפליטת דו תחמוצת הפחמן) בטבלה 3 להלן מובאים המשקלות היחסיים של גורמי נזק שונים ע"י מחקר שנערך בהולנד. ככל שהמספר גבוה יותר המרחק מהמטרה קטן יותר.

גורם סביבתי	פקטור המשקול (יעד ב 2010 / מצב נוכחי)
דלדול משאבים	0.88
התחממות כדור"א	0.89
החמצת קרקעות ומקווי מים	0.49
פגיעה בריאותית באדם	0.30
נוטריפיקציה	0.29
פגיעה באקו-סיסטמות	0.13
הגדלת החור באוזון	0.12

טבלה מס' 3: משקול גורמים סביבתיים, הולנד.

מגבלות השיטה נעוצות בכך שהתוצאות תקפות לנקודת מקום וזמן מצומצמת למדי. הנתונים הנייל מתאימים להולנד בלבד, שכן הבעיות הסביבתיות בכל מדינה שונות עקב התנאים השונים. כמו כן קיים קושי בהערכת היעד הרצוי. היעדים מתבססים על הידע הקיים כיום ולפיכך, המשקלות והמרחק מהיעד נכונים לנקודת זמן מסוימת בלבד. עם העמקת הידע, יש להניח, כי חלק מהמשתנים יקבלו משקל שונה ממשקלם כיום.

ב. עלויות בקרה סביבתית

מכון Tellus (Tellus Inst., 1992) בוחן את ה"מחיר האמיתי" של תהליכי פתוח ע"י בחינת עלויות בקרת הזיהום הסביבתי. הנחת הבסיס קובעת כי החברה מבטאת את נכונותה לשלם בעבור שיפור הסביבה (או נכונותה לקבל פיצוי בגין אי שפור), דרך קביעת התקנים והעלות של בקרת הזיהום. ניתן לציין שני חסרונות לשיטה זו: ההתייחסות למזהמים היא ביחס לפוטנציאל הנזק הבריאותי שלהם ולא דווקא לסביבה כולה, שנית, ההנחה היא שעלות הבקרה היא יחסית לנזק הבריאותי. דוגמא מספרית תנתן בהמשך.

ג. עלויות נזק סביבתי

שיטה כלכלית להערכת הנזק הכלכלי הנובע מפגיעה בסביבה. בשיטה זו משתמשים בשיטות מקובלות בכלכלה סביבתית כגון: ירידת ערך הרכוש, עלות המחלה וכן שאלונים ישירים המצביעים על נכונות התושבים לשלם בגין שפור איכות הסביבה. שיטה זו יושמה בבדיקת העלויות החיצוניות

הכרוכות בהפעלת אתרי הטמנה ומשרפות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה (Powell & Brisson, 1994; DoE report, 1993). בשיטות אלו משתמש גם פרופ' מ. שכטר במחקריו להערכת נזקי זהום האוויר במפרץ חיפה (Shechter, 1988) והערכת הנזקים למשאבים אקולוגיים, פרק הכרמל, לדוגמא. חסרונות השיטה נעוצים בכך שקשה לעיתים לבודד את המשתנים הסביבתיים מתוך מכלול המשתנים המשפיעים, למשל על מחירי דירות. האומדנים העקיפים המתקבלים אינם משקפים בהכרח, את הנזק הסביבתי, וגם כאשר משתמשים באומדנים ישירים (שאלונים) המידע המצוי בידי האזרחים אינו תמיד שלם ולכן הערך המתקבל, המצביע על נכונות התושבים לשלם בגין שפור איכות סביבתם, אינו מדויק.

בטבלה 4 להלן מובאת דוגמא בה בחן משרד האנרגיה האנגלי (DoE report, 1993) את עלות הנזק הסביבתי הנגרם כתוצאה ממוזהמי אוויר (תחמוצות חנקן, גפרית וחלקיקים). הערכת הנזקים נעשתה עפ"י הפגיעה בערך רכוש (כולל יבולים ויערות) ועלות המחלה.

בעיות בריאותיות	SO2	NOx	חלקיקים
מוות	12	57	9481
מחלה	לא הוערך	לא הוערך	4741
פגיעה ביבולים	-	26	-
פגיעה ביערות	100	-	-
פגיעה במבנים	133	-	-
פגיעה במים	לא הוערך	לא הוערך	לא הוערך
סה"כ	245	83	14,221

טבלה מס' 4: עלויות הנזק הסביבתי (ליש"ט) הנגרם מטון פליטות עפ"י (DoE report, 1993)

ניתן לראות כי עיקר העלויות נובעות מהבעיות הבריאותיות שגורמים החלקיקים הנשימים (קטנים מ 10 מיקרון).

נתונים אלה שונים מהנתונים עליהם הסתמכו (Craighill & Powell, 1995):

מזהם	עלות הנזק ליש"ט לטון
CO2	4.0
CO	6.0
CH4	72
SO2	2,584
NOx	1,884
חלקיקים	8,980

טבלה מס' 5: עלויות הנזק הסביבתי הנגרם מטון פליטות עפ"י (Craighill & Powell, 1995)

ד. שיטת הניקוד

בשיטה זו מסתמכים על שיפוט מומחים המדרגים השפעות סביבתיות על פי נסיונם והבנתם. "שיטת דלפי" היא מבוססת על השלבים כדלהלן: בשלב ראשון קובעים את המדדים שיהוו את בסיס ההשוואה ומדרגים אותם עפ"י סדר חשיבותם וכך מקבלים את המשקלות היחסיים של כל מדד. בשלב השני מדרגים את חלופות הטיפול המוצעות ואת מידת השפעתן על כל מדד ולבסוף משקללים את שני השלבים הראשונים לבחירת החלופה המועדפת (דוגמא ליישום שיטה זו, ראה שמיר וחובי, 1985). שיטה זו, כפי שיובהר בהמשך תשמש אותנו במחקר זה כאשר לא תהיה אפשרות להצמיד "יתג מחיר" לגורם סביבתי כלשהו או לגורם פוליטי.

למרות ששלבי הבדיקה וסכימת הפליטות ברורים וידועים (שלב המצאי), מסתבר, כי שלב ההערכות קשה יותר ולכל שיטה מהשיטות הנ"ל יש יתרונות וחסרונות (ראה Powell, 1996). כאשר יש צורך בהערכת השפעות של פליטות מזהמים מתהליך ייצור אשר מוגדרות היטב בתקני הפליטה או תקני הסביבה, ההערכה הכלכלית של פליטות אלה קלה יחסית והיא נגזרת מעלות הטיפול הטכנולוגי בגזי הפליטה ובעלות הניטור והבקרה (Hunt et al., 1992) אך לעומת זאת, השפעת הפליטות על אקוסיסטמות (לדוגמא, פליטת גזי חממה- מתן ופחמן דו חמצני) מלוות בהערכות ראשוניות בלבד או מוזנחות מחוסר אפשרות להעריכם (van Eijk et al., 1992 ; Braungart et al., 1992) ועוד).

3.3 השוואה מסועפת

המחקרים הקיימים כיום מתמקדים בעריכת נתוח קווי, מעריסה לקבר, כאשר חלופת הסילוק הסופי מהווה המשך ישיר לאחר שלב הצריכה. כאשר מעונינים להשוות חלופות ייצור, צריכה וסילוק, בוחנים את השפעת כל חלופה קווית על הסך הכולל של הפליטות ומשווים ביניהם. כלומר, בצוע נתוח מחזור חיים במתכונתו הקווית המפורטת לעיל, מאפשרת השוואה של ההשפעה היחסית של מוצרים שונים על הסביבה או, לחילופין, השוואה של חלופות טיפול בהינתן אשפה, בהרכב מסוים, בה אנו צריכים לטפל בצורה היעילה ביותר מבחינה כלכלית וסביבתית. אולם למעשה, חלופות אלה כרוכות זו בזו, משלימות זו את זו ולכן, אין לדבר על השוואה קווית אלא על השוואה מסועפת או עץ קבלת החלטות. בהשוואה זו יש לבחון את השיקולים הכלכליים, החברתיים והסביבתיים המביאים לבחירת חומר הגלם לייצור, בחירה האם המיכל יהיה חד פעמי או מיועד לשימוש חוזר ומהי הדרך היעילה ביותר לסילוק המיכל. מאחר וניתן להשתמש בכל אחד מהשלבים הנ"ל בתמריצים כלכליים, תושפע מערכת קבלת ההחלטות מתמריצים אלה ותשפיע על החלופה האופטימלית. בפרק 3.5 להלן מובאת סקירה של התמריצים בהם ניתן להשתמש על מנת ליצור העדפה של שמוש בחומרים מסוימים או לחילופין, מניעת שמוש בחומרים העלולים להוות נטל סביבתי כבד.

3.4 שלב השיפור ובחירת החלופות - IMPROVMENT ASSESSMENT

השלב האחרון בעריכת הנתוח הוא שלב בחירת החלופה המועדפת והכנסת השיפורים. ברמת היצרן- על סמך התוצאות והנתונים שהתקבלו בשלב הקודם מעריכים היכן כדאי לשפר ו/או לשנות תהליכי ייצור, האם להעדיף אריזה זו או אחרת למוצר, כיצד לתכנן את המוצר כך שיהיה קל יותר וכלכלי יותר למחזור אותו (green engineering design).

ברמת מקבלי ההחלטות- איזו חלופת טיפול עדיפה האם יש לעודד מיחזור משום שהוא תורם לשימור משאבים, חסכון בשטחי הטמנה ועוד, לעומת חסרונות המיחזור הכרוך בעלויות שינוע גבוהות (אל תחנת המיון, אל מפעל המיחזור) עם כל העלויות הסביבתיות הכרוכות בכך (זהום אוויר, רעש, גודש בכבישים, הרס תשתית וכו').

3.5 שמוש בתמריצים כלכליים להפנמת נזקים סביבתיים

הרחבת השימוש בניתוח מחזור החיים ככלי לקבלת החלטות במהלך קביעת מדיניות, מאפשר או מצריך שימוש בתמריצים כלכליים במטרה להפנים עלויות של נזקים סביבתיים. קיימות שתי מערכות אותן ניתן ליישם בכל שלב במהלך מחזור החיים כחלק ממדיניות הפנמת הנזקים הסביבתיים.

(1) מערכת שליטה ובקרה (COMMAND&CONTROL). זוהי מערכת של חוקים ותקנות, אשר נכפים ע"י גורם שלטוני (חיוב סטטוטרי) על מנת להשיג יעדים שונים כחלק ממדיניות כוללת, מבלי ששיקולי יעילות כלכלית נלקחים בחשבון. בקטגוריה זו נמצא את חוק האריזה הגרמני והאוסטרי, חוקי המיחזור והפקדון בארה"ב ואת חוק המיחזור בישראל. הרחבה מלאה של שיטות אלה, על יתרונותיהן וחסרונותיהן, ראה שכטר וחוב', דו"ח שנתי למשרד לאיכות הסביבה (1994).

(2) מערכת תמריצי השוק (MARKET BASED). במסגרת זו משלבים את "כוחות השוק" במטרה להפנים ולהשיג "גילום" מלוא ערכם הכלכלי של ההשפעות הסביבתיות והכלכליות. באמצעות תמריצי השוק מעודדים את הצרכנים או היצרנים להיתחשב בעלויות החיצוניות הקשורות לשלבים השונים במחזור החיים של המוצרים, ולכלול אותם בתהליך קבלת ההחלטות.

לפי גישה זו המדיניות הכוללת תבוצע תוך כדי השגת יעילות כלכלית. לקטגוריה זאת ניתן לשייך את מס חומרי גלם, מס הטמנה, תשלום ישיר עבור פנוי פסולת, תשלום עבור שקית (PAY AS YOU THROW), מס הטמנה מוקדם (ADF). הרחבה מלאה של שיטות אלה על יתרונותיהן וחסרונותיהן, ראה שכטר וחוב', דו"ח שנתי למשרד לאיכות הסביבה (1995).

במהלך ניתוח מחזור החיים ניתן ורצוי לסכם כל שלב ושלב ולערוך סכימה כוללת בסוף של סך העלויות החיצוניות. לאחר ניתוח והשוואה של הנתונים ניתן להחליט באיזה שלב ובאיזה מוצר לשלב תמריצים כלכליים כדי לסייע למערכת להגיע למצב הרצוי.

השימוש במערכת של שליטה ובקרה חייב להיות מבוקר באופן כזה שיהווה מערכת תומכת לשימוש בתמריצי השוק השונים. נסיונות רבים בעולם להגיע לפתרון כזה או אחר באמצעות מערכות של שליטה ובקרה נכשלו, כך במקרים של חוק האריזה האוסטרי וקביעת יעדי המיחזור בגרמניה.

מוצרים ושרותים סביבתיים מהווים בחלקם מוצרים ציבוריים ובחלקם מגולמים בשווקים של מוצרים ושרותים אחרים, לפיכך, הגורמים האפשריים לתמרוץ כוללים את היצרנים ו/או הצרכנים/תושבים ו/או הרשויות המקומיות/אזוריות.

מצרפי המדיניות האפשריים בשלבים השונים יכללו:

(א) חוקים ותקנות (התחייבויות לרכישה של מוצרים ממוחזרים לצד חוקי מיחזור ופקדון).

(ב) סובסידיה ישירה בהתאם לפתרון הרצוי (מימון ממשלתי ע"י מענקים, אשראי נוח, ערבויות ממשלתיות לגיוס אשראי, מיסים מופחתים וממון פרסום ופעולות חינוכיות).

(ג) שינויי מחירים יחסיים (יאפשר הוצאה מהמחזור של מזהמים קשים ע"י מיסים גבוהים - מס הטמנה מוקדם (ADF) או מס חו"ג).

(ד) הטלת אגרות על הפסולת המיוצרת לצד הגדלת כדאיות ההפרדה במקור (תשלום לפי שקית, אגרת אשפה, פקדון).
 המעבר לתמריצים כלכליים לצד שימוש בכלים מתחום הבקרה והשליטה הינו צעד חשוב לקראת מתן פתרון כלכלי וסביבתי אחראי.

4. הערכות כלכליות של נזקים ממתקני טיפול באשפה

4.1 שיטות לאומדן הערך הכלכלי של נזקים למשאבי טבע

קיימות מספר שיטות לאומדן הערך הכלכלי של נזקים למשאבי טבע. סקירה קצרה מובאת להלן (הרחבה, כולל יתרונות וחסרונות כל שיטה, ראה, Tietenberg, 1992; Turner et al., 1994, Shechter, 1995):

בבואנו לבחון שימוש בתמריצים כלכליים כדי להפנים עלויות של השפעות חיצוניות, אנו נתקלים בבעיה לכמת מבחינה כספית נכסים סביבתיים (במונח זה נתייחס הן למשאבים סביבתיים שונים כגון אוויר נקי, מים נקיים והן לשרותים סביבתיים - נוף, יערות עד וכדומה). במשך השנים התפתחו מספר שיטות אמידה המאפשרות להעריך את המחיר הכספי של נכסים סביבתיים. בבסיס ההערכות קיימות הסברה שהם משפיעים על רווחת האוכלוסייה, זאת בשלוש דרכים שונות:

(1) מערכת אקולוגית תומכת.

(2) תשומות שליליות (למשל אשפה).

(3) שרותים הנצרכים ישירות או יחד עם מוצרים ושרותים אחרים (מים ואוויר נקיים).

לפיכך, ניתן להתייחס לנכסים סביבתיים כמוצרים / שרותים בחברה המודרנית. אף על פי כן הם שונים בכך שאין להם שוק הכולל כוחות ביקוש והיצע בו יקבע מחירם. שווקים עבור "סחורות" סביבתיות אינם פועלים מכוון שהם נחשבים "מוצרים ציבוריים" (מוצר ציבורי - מוצר אשר הספקתו לצרכן אחד אינה יכולה למנוע צרכנים אחרים המעוניינים בכך מלצרוך אותו - "רוכבים חופשיים"), לפיכך אין פרט או חברה אשר מוכנים לספק אותם.

בהתאם לאמור להעיל פותחו שתי קבוצות של שיטות הערכה:

(א) שיטה עקיפה

(ב) שיטה ישירה

(א) השיטה העקיפה

שיטה זו מניחה קשר בין הביקוש למוצר מסוים בשוק לבין ההיצע של נכסים סביבתיים. לפיכך מתוך מחירו של מוצר מסוים ניתן לגזור את מחיר הנכס הסביבתי (לדוגמא רעש וזיהום אוויר ישפיעו על מחירי בתים. ההפרש בין מחירו של בית זהה בסביבה רועשת או מזוהמת לבין סביבה שקטה או נקיה מזיהום אוויר יראה את ערכו של הנכס הסביבתי).

1. TCM (TRAVEL COST METHOD) שיטת עלות הנסיעה.

בסיס להערכת עלות נכס סביבתי במיקרים בהם הרווחה נוצרת במקום הארוע (בטבע). חישוב הוצאות נסיעה, אובדן ימי עבודה / זמן ועלויות כניסה או שימוש. כל אלו כאשר באים לאמוד את ערכם של פארקים, אגמים, אתרי קייט ונופש שונים.

ברוב המקרים קל להשיג את הנתונים הדרושים, אולם, לעיתים קשה לבדוד כל מרכיב באתר עצמו (נוף, אוויר נקי, מים צלולים וכדומה).
 בשיטת הערכה זו משתמשים כיום החוקרים מ. ברון, נ. זייצב, מ. שכטר ומ. נודלמן במחקר בנושא "פיתוח משאבי נופש בטבע בפרוייקט שטחי ייבוש החולה".

2. HPM (HEDONIC PRICE METHOD)

בידוד השפעתו של הגורם הסביבתי על מחירים יחסיים של מוצרים או שרותים שונים. לדוגמא, קביעת הירידה בערך דירות עקב קירבה לאסי"פ (ראה דוגמאות להלן), אזור תעשייה וכדומה. באמצעות השוואה של מחירי שוק למוצר זהה בכל, למעט הגורם הסביבתי, ניתן לבדוד את ערכו ע"י ההפרש שנובע מהתנהגות הצרכנים (פונקציית ביקוש).

תחום נפרד המסתייע בשיטת HPM מתייחס להערכת חיי אדם מבחינה סטטיסטית. המטרה הינה להעריך את החסכון הנוצר עקב הקטנת סיכונים כתוצאה מתוכנית מניעה סביבתית. החישוב מתבצע ע"י שימוש בהפרשי שכר הקיימים בין מקצועות בדרגות סיכון שונות. שתי שאלות עולות בזמן שמשליכים משוק העבודה על ערך חיי אדם העלול להשתנות כתוצאה מגורמים סביבתיים.

- 1) סיכון בשוק העבודה ברובו התנדבותי (עובד מוכן לעבוד במקום בו קיימים סיכונים בריאותיים הידועים לו), לא כך במיקרי זיהום סביבתי.
- 2) שכר העובדים מייצג את הערכות העובדים לגבי הסיכון הקיים בעבודתם אך הערכה זו נעשית רק כאשר הם מודעים לסיכון, אם בכלל.

3. COIM (COST OF ILLNESS METHOD = עלות המחלה)

שיטת עלות המחלה מתייחסת לרווחים הכלכליים הנובעים משיפור בבריאות. מחשבים את השינוי בהוצאות הפרטיות והציבוריות על בריאות ועוד ערך הפסד הייצור, במקרה של תחלואת יתר או תמותה, הנובעים מרמות זיהום שונות (dose-response functions).

ישנם ארבעה מרכיבים עיקריים המושפעים מהפחתה בזיהום:

- 1) הוצאות ישירות על טיפול רפואי
- 2) אובדן הכנסה או הפסד ימי עבודה.
- 3) עלות אמצעי התגוננות או הזמן המושקע בשימוש בהם (התקנת מזגנים, זמן המושקע באימון גופני, עלויות מעבר לשכונה נקייה יותר).
- 4) פגיעת המחלה בתועלת וברוחה האישית של הפרט (כאב, לחץ - מוגדר גם כעלות הפסיכולוגית של זיהום).

ההערכה המתקבלת בשיטה זו מתבססת על איסוף נתונים לגבי ההוצאות הרפואיות ועלויות השכר, נתונים שקל, בד"כ, להשיגם. אולם, מאחר ו COIM מתייחס בחישוב רק לשני המרכיבים הראשונים, קיימת הערכה חלקית בלבד של הגורם הסביבתי. טעות הערכה נוספת נובעת מאי ההתייחסות לנזקים הבריאותיים הנגרמים לילדים, נוער, קשישים ועקרות בית אשר אינם שייכים לכח העבודה. לבסוף קיומם של ביטוחים רפואיים אשר בחלקם הינם מסובסדים גורמים להקטנת העלויות האמיתיות.

4. HPIM (HEALTH- PRODUCTION FUNCTION METHOD = פונקצית ייצור הבריאות) השיטה משתמשת בהתנהגות פרטים וברצונם לשפר את רווחתם באמצעות העלאת רמת בריאותם. הרווחה משתפרת לאחר הפחתה של ארבעת המרכיבים העיקריים הנובעים מבעיות בריאות אשר פורטו בסעיף הדן בשיטת COIM. מתייחסים לנכסים סביבתיים כתשומות בייצור הבריאות. לדוגמא - שיפור באיכות הסביבה מקטין את התלות בפעילות מניעה ובתשומות שונות, לפיכך קטנות העלויות. מתוך אלו גוזרים את התחלופה בין עליה ברמת הגורם הסביבתי הרלוונטי לבין הוצאות על תשומות בריאותיות. ניתן לראות ב-COIM או ב-TCM מקרים פרטיים של HPIM. במסגרת HPIM נשתמש בנתונים הנגזרים ממחיר מניעת הזיהום - עלות המתקנים הדרושים להבאת רמת הזיהום לרמה הנדרשת בתקן. לחילופין, ניתן לחשב את עלות ניקוי הנזק - הערכות מהנדסים לגבי עלות הטכנולוגיות הדרושות (כדוגמת מערכת ה-SUPERFUND הפועלת בארה"ב).

3. השיטה הישירה

ישנם מיקרים בהם חסרים נתונים הדרושים לשיטות העקיפות אשר דנו בהם בחלק הקודם. במיקרים אלו ובמיקרים בהם מדובר בתועלת הנובעת מהעדר שימוש (שמירה על הנוף, יערות טרופיים, הגנה על זנים נכחדים), קשה לקבל הערכות דרך מחירי השוק אשר אינם קיימים למעשה. האלטרנטיבה הקיימת הינה לשאול בצורה ישירה את האוכלוסיה לגבי נכונותה לשלם בגין שיפור המצב הקיים או בגין השארת המצב ללא החמרה. זוהי שיטת ה-CVM (CONTINGENT VALUATION METHOD = גישת ההערכה המותנית) שתי הנחות עומדות בבסיס השיטה והן:

- 1) הצרכן הינו השופט הטוב ביותר של טובתו האישית.
- 2) גישתו של הצרכן רציונלית ומושתתת על מידע מפורש בתחום הרלוונטי. בעיות צצות כאשר הערכות הפרטים נעשות על בסיס דעות קדומות ולא על בסיס מידע אמין, או כאשר שאלונים אינם מנוסחים בצורה ברורה וחד-משמעית אשר ניתנת למדידה. קיימת בעיה להעריך מוצר זה משום ש"הסחורה" שונה מסחורות מקובלות בשווקים.

שלוש מהגישות שתוארו לעיל יושמו ע"י פרופ' שכטר במחקרו משנת 1986 להערכת נזקי זהום האוויר במפרץ חיפה. התוצאות, כולל ניתוח ההבדלים בין הגישות המחקריות השונות והתוצאות, מובאים בנספח מס' 1.

שיטה נוספת מתייחסת להערכה משפטית - אומדן עפ"י גובה התביעות בבתי-המשפט במקרים דומים. שיטה זו הינה שיטה ישירה בה מסתמכים על הערכות של מומחים, דרישות של אזרחים והערכתו של השופט. היתרון הינו בכך שבית - המשפט משתמש בנתונים רבים במטרה לפצות את התובעים.

4.1.1 הערכות כלכליות של נזקים הנגרמים מאתרי סלוק פסולת ומשרפות.

אחד המחקרים המעמיקים ביותר שנעשו על מנת להעריך את העלויות החיצוניות של טיפול באשפה (הטמנה ושריפה) נעשה באנגליה עבור המשרד לאיכה"ס ע"י מכון CSERGE ומעבדת EFTEL (DoE report, 1993). העלויות החיצוניות נובעות מפליטת גזי חממה, מזהמי אוויר קונבנציונאליים

(תחמוצות גפרית, חנקן וחלקיקים), תשטיפים והשפעות השנוע (זהום אוויר והגברת הגודש בכבישים דבר המגביר סכויים לתאונות ומגביר הרס תשתית). לעומת זאת, הפקת אנרגיה מהאשפה תביא לצמצום כמויות האשפה המגיעות לאתרי ההטמנה וכן לחסכון בהפקת אנרגיה ממקורות אחרים (פחם, מזוט וכו'). הערכה כספית של ההשפעות החיצוניות נעשתה במספר שיטות: השפעת הגזים על אפקט החממה, נוטריפיקציה של מקווי מים, החמצת קרקעות ומקווי מים וקורוזיה בבניינים עקב גשם חומצי, ופגיעות בריאותיות הנגרמות עקב הגורמים הנ"ל נעשו ע"י בחינת

עלות המחלה (COIM). שנוע האשפה מגביר את הגודש בכבישים ואת הסכוי לתאונות, הערכה כלכלית של תאונות מובאת אף היא במחקר. הערכות נוספות התקבלו עפ"י הערכת הירידה בערך הרכוש (HPM) עקב סמיכות לאתרי טיפול באשפה וכן ע"י שאלונים ישירים שהופנו לתושבים ובהם הם התבקשו להעריך את גודל הנזק (CVM).

המחקר אפ"י, בשלב הראשון את הפליטות בכל אחד מהתרחישים שנבדקו:

1. אס"פ עירוני עם/ללא הפקת אנרגיה מביוגז (ממוקם 20 ק"מ מהעיר).
2. אס"פ מרוחק עם/ללא הפקת אנרגיה מביוגז (ממוקם 85 ק"מ מהעיר, כולל השנוע לתחנת המעבר).
3. מבערה עירונית, מקומית
4. מבערה איזורית

המחקר מתייחס לכמות פסולת בסך של 102 מיליון טון שנתי מהם רק 18.7% הם אשפה ביתית/עירונית (כיום, 88.5% מפסולת זו מוטמן ו 11.5% נשרף). מתוצאות המחקר עולה כי העלויות החיצוניות בכל אתר מורכבות מרכיב קבוע ומרכיב התלוי בנפח/משקל האשפה.

$$E = F + (V \cdot Q)$$

E עלויות חיצוניות (סך העלויות החיצוניות, מבוטא ב \$ ליחידת משקל)
 F רכיב עלויות קבוע, הנובע מעצם העובדה כי קיים מתקן טיפול באשפה, ללא תלות בגודל המתקן.
 (F הוא, למעשה, הרכיב הפסיכולוגי והוא הערך הכלכלי של סינדרום ה NIMBY)
 V נפח האשפה.

Q רכיב העלויות המשתנות, הסביבתיות (עלויות זהום האויר הגלובלי, זהום אוויר קונבנציונאלי, זהום אוויר מחומרים טוקסיים, עלויות חיצוניות של תשטיפים, עלויות הכרוכות בשנוע הפסולת תוך החסרת התועלות, לדוגמא, הפקת אנרגיה מאשפה במקום ממקורות פוסיליים).

עבור אתר הטמנה התקבל במחקר כי F, הרכיב הקבוע, שערך חושב במחקרים כלכליים עפ"י נכונות התושבים לשלם, עומד על 160 ליש"ט למשק בית לשנה ברדיוס של 4 מייל מהאס"פ. רכיב העלויות המשתנות, V•Q, נע בין 4.1-3.45 ליש"ט לטון עבור אתרי הטמנה ללא הפקת אנרגיה מביוגז, ו 1-2 ליש"ט לטון עבור אתרי הטמנה עם הפקת אנרגיה.

עבור מבערות התקבל ערך (-2.01) - (-2.26) ליש"ט לטון. ערך שלילי משמעותו כי התועלות גבוהות מהעלויות והוא נובע בעיקר בגלל שהפקת אנרגיה במבערת אשפה חוסכת צורך בהפקת אנרגיה קונבנציונאלית, כאשר ההשוואה נערכה עם הפליטות מתחנת כח ישנה המופעלת בפחם. לא נבחנה נכונות התושבים לשלם בגין התרחקות ממבערה.

העלויות החיצוניות המשתנות נובעות כתוצאה מזהום אוויר (הן מהתחבורה והן מהמטמנה עצמה). רכיב זה, מתברר, הוא הרכיב המשמעותי ביותר. כמו כן יש לבחון את העלויות החיצוניות של התשטיפים והפגיעה בערך הקרקע. הקרקע הינה מצרך ציבורי בעל ערך הן בעיני התושבים בקרבת האתר והן בעיני הלא משתמשים (nonusers) הרואים בקרקע משאב שיש לשמרו ועצם קיומו (existence) של משאב זה הוא הקובע את ערכו הכלכלי. כל שיטת טיפול המצמצמת את הצורך בשימוש בשטח המטמנות, מאריכה את חיי האס"פים הקיימים ומצמצמת את הצורך במציאת אתרים חדשים.

המחקר הני"ל (1993, DoE report) לא ביצע בעצמו הערכות באמצעות שאלונים ישירים אלא ציטט מספר מחקרים אמריקאים בהם נעשה נסיון לאמוד את הנזקים הנגרמים לנכסים בקרבת אס"פ.

מדינה	שיטת מחקר	הערכת נזקים
מינסוטה, ארה"ב, 1992	השתנות מחירי 708 בתים בשנים 1979-1989, במרחק 2 מייל מאס"פ	עליה של 6.2% בערך הדירה לכל מייל מרחק
אינדיאנה, ארה"ב, 1971	השתנות מחירי 182 בתים בשנים 1962-1970, הסמוכים לאס"פ	עליה של \$9800 לכל מייל רחוק מהאס"פ
אינדיאנה, ארה"ב, 1985	מחירי בתים	עליה של 5% בערך דירות לכל מייל מרחק
ניו ג'רסי, ארה"ב, 1982	סקר מחירי דירות (לפני '74, שנת גלוי הזהום, ואחריה)	מחירי בתים המרוחקים 1.5-2.25 מייל מהאס"פ ירדו ב 10%

טבלה מס' 6: קביעת הירידה בערך הרכוש כתלות במרחק מאתר הטמנה (עפ"י HPM)

המסקנות ממחקרים אלה הינן כי מרחק הפגיעה של האס"פ הינו ברדיוס 2-3 מייל (עד 5 ק"מ) ושעור ההערכה הכוללת מהמחקרים העלתה כי פונקציות הנכונות לשלם כתלות במרחק מהאס"פ היא מהצורה הבאה (Brisson & Pearce, 1995):

$$\text{שעור הירידה במחיר הדירות (\%)} = (\text{מרחק}) \times 3.77 - 12.7\%$$

כאשר נשאלו התושבים ישירות כמה יהיו מוכנים לשלם בגין ההתרחקות מאתר הטמנה התקבלו הנתונים המרוכזים בטבלה מס' 7.

מדינה	שיטת מחקר	הערכת נזקים
טנסי, ארה"ב. 1991	150 נשאלים על נכונות לשלם להעתקת מיקום אס"פ קיים	\$260 למשפחה לשנה בממוצע אם האס"פ עד 4 מייל מהבית.
רוד איילנד, ארה"ב. 1993	שאלון לגבי הנזקים החמורים ביותר המשפיעים על קבלת ההחלטות ע"י התושבים	1. זהום מי תהום 2. זהום מים עיליים
אס"פ חומ"ס, בוסטון, ארה"ב. 1986	609 נשאלים שנתבקשו לבחור בין מגורים ליד אס"פ או רחוק ממנו. (שאר תנאי הדיור זהים)	נכונות לשלם תוספת \$420- \$630 לשנה למייל התרחקות מהאס"פ

טבלה מס' 7: נכונות התושבים לשלם בגין ההתרחקות מאתר הטמנה (עפ"י CVM)

במקרה זה מרחק הפגיעה של האס"פ הינו ברדיוס 4 מייל (כ 6 ק"מ) ונכונות התושבים לשלם בגין ההתרחקות מהאתר נעה בין \$260 למשק בית לשנה במקרה של אס"פ רגיל [במקרה זה, אם לדוגמא קיים אתר שבטווח 6 ק"מ חיות 500 משפחות, ערכו של האתר יעלה ב \$125,000]. במקרה של אס"פ חומרים מסוכנים, יעלה המחיר ל \$630 למשק בית לשנה.

מסתבר, כי הנתונים שהתקבלו מהערכת שוק הדיור (HPM) קונסיסטנטיים עם נתוני הנכונות לשלם של התושבים (CVM). הנכונות לשלם \$250 לשנה מתאימה לערך נוכחי של \$2350 ירידת ערך דירה בשווי \$80,000 בהנחה של 10% ריבית ל 30 שנה. ערך זה, \$2350, מהווה ירידה של 3% מערך הדירה, בעוד שב HPM התקבל ערך של 3.8%.

4.1.2 הערכות כלכליות של נזקים הנגרמים ממתקני מיחזור פסולת.

כל שיטת טיפול באשפה כרוכה בהשלכות סביבתיות הנובעות מעצם הטיפול. גם המיחזור טומן בחובו השלכות חיצוניות שאינן תמיד נלקחות בחשבון. כאשר נאספים חומרים למיחזור, בנפרד מזרם האשפה הרגיל, יש צורך בתוספת פנויי אשפה (ומכאן, תוספת רעש, תוספת זהום אוויר מהמשאיות וכו'), גם תהליכי המיון והמיחזור של החומרים תורמים זהום (השקעת אנרגיה במיון, בשנוע למפעלי המיחזור, בחלק מהחומרים תהליך המיחזור צורך מים וגורם ליצירת שפכים עשירים בחומר אורגני וכו'). החוקרות Craighill & Powell (1995) העריכו את הנזקים הסביבתיים מהטמנת פסולת או ממיחזור באנגלית. החומרים שנבדקו היו נייר, אלומיניום, מתכת, זכוכית, ושלושה סוגי פלסטיק.

החלופות שנבחנו היו איסוף נפרד של המתמחזרים ומיחזורם לעומת חלופת ההטמנה. המסקנות העיקריות של המחקר היו:

התחממות גלובלית של כדור"א: הטמנת אשפה, ובעיקר הטמנת נייר הגורמת לפליטת מתן, הינה הגורם המשמעותי ביותר. כמובן, שהפקת אנרגיה מהמתן, או לפחות שריפתו, יכולה להפחית פליטות אלה. לעומת זאת, המיחזור חוסך תרומות גזי חממה הודות לחיסכון באנרגיה הדרוש למיחזור (בעיקר, זכוכית ואלומיניום).

החמצת מקווי מים וקרקעות: ניכרת תרומת החומרים המוטמנים (פרט לפלסטיק) לעומת תרומתם באם ימוחזרו. עיקר התרומה היא כתוצאה מפליטת גזים חומציים בשלבי השנוע למטמנות העולה על התרומה של גזים חומציים כתוצאה מעיבוד ומיחזור החומרים השונים. באשר לפלסטיק, נראה כי מיחזורו תורם יותר גזים חומציים מאשר הטמנתו: מיחזור PET תורם 166 ק"ג אקווילנטים של H⁺ לכל טון מוצר לעומת 131 בהטמנה, מיחזור HDPE תורם 91 ק"ג אקווילנטים של H⁺ לכל טון מוצר לעומת 81 בהטמנה, מיחזור PVC תורם 65 ק"ג אקווילנטים של H⁺ לכל טון מוצר לעומת 46 בהטמנה. המחקר לא בחן את הפזור הגיאוגרפי של הגשם החומצי וכן לא את כושר הבופר של מקווי המים או הקרקעות עליהן יורד הגשם החומצי.

נוטריפיקציה משמעותית יותר בעת הטמנת אלומיניום, זכוכית ונייר לעומת מיחזורם. הבדלים זניחים בין תרומת אקווילנטים של זרחן בעת הטמנה או מיחזור של מתכת ופלסטיק. הערכות כלכליות של הנזקים מובאות בטבלה 11 בפרק 5.2.2 להלן.

5. חקר ארוע: ניתוח מחזור החיים של אריזות

מעצבי מדיניות הטיפול בפסולת בעולם מתמקדים במציאת פתרונות קצה טכנולוגיים לבעיית הפסולת המוצקה בלא להתייחס למחזור החיים של המוצרים. אריזות בכלל, ואריזות המשקה הקל בפרט מהוות את אחד היעדים המועדפים לטיפול ע"י מקבלי ההחלטות. הסיבה לכך היא שהאריזות הינן נפחיות והשמוש בהן מוגבל (מיד לאחר שמוש חד פעמי הן הופכות לפסולת) בהשוואה לחומרים אחרים המושלכים לאשפה (מכונת כביסה, בגדים, צמיגים וכו').

בישראל נצרכים כ 204,000 טון זכוכית, אלומיניום ופלסטיק לאריזה ראשונית (אריזת מוצר) ולאריזה משנית (אריזת יצרן) של מזון, משקאות קלים וחומרי נקוי המהווים כ 8% משקלי מכלל האשפה (מתוך: א. אבנון, סקר לקביעת כמות האריזות בישראל, 1994). הערכה ראשונית בלבד היא, כי משקל האריזות המשמשות לאריזת משקאות קלים היא כ 150,000 טון (36,000 טון PET, כ 45,000 טון זכוכית ו כ 60,000 טון אלומיניום מדי שנה). מבחינה נפחית ניתן להעריך כי ה PET יתפוס נפח של כ 200,000 מ"ק, הזכוכית 27,000 מ"ק והאלומיניום כ 120,000 מ"ק כלומר, כמעט 18% מנפח האשפה (החיישבים נעשו על סמך תוצאות סקר הרכב האשפה המבוצע ע"י חברת ביוטק בע"מ).

כל הגישות והשיטות לטיפול באשפה, כפי שמיושמות כיום בעולם, יוצאות מהנקודה בה נוצרה פסולת, בהרכב ובכמות ידועים, וקיים צורך לטפל באשפה זו בצורה היעילה ביותר מבחינה כלכלית וסביבתית.

אפשרות נוספת היא להרחיב את מעגלי הבדיקה ולבחון כל מוצר לגופו, תוך שמוש בניחות מחזור החיים, על מנת לבחון את השפעתו הכלכלית והסביבתית של כל מוצר מה"עריסה לקבר", או "מהעריסה לעריסה" כשמדובר בהשבת משאבים.

5.1 קבלת החלטות כלכליות וסביבתיות במערכת הטיפול במיכלי משקה

מערכת הטיפול באשפה בכלל והטיפול במיכלי המשקה בפרט, הינה מערכת היררכית בה מתקבלות החלטות בכל אחד משלבי החיים של המוצר, כמו כן, אין המערכת מבודדת ממערכות אחרות, אלא קיימים קשרי גומלין והשקה עם מערכות אחרות (לדוגמא, באם יוחלט על שריפה של מיכלי הפלסטיק, לשם הפקת אנרגיה, תהא מערכת האנרגיה בארץ משיקה, משפיעה ומושפעת מקבלת ההחלטה הנ"ל).

5.1.1 שלב הייצור

צומת ההחלטה הראשון הינו באיזה מיכל לארוז משקה קל. החלטה כזו נעשית ברמת יצרן המיכלים וברמת מדיניות ממשלתית. קובעי המדיניות יכולים לאסור שימוש בחומר גלם מסוים או לעודד ח"ג אחר ע"י שימוש בתמריצים כלכליים. התמריצים הכלכליים יכולים להיות הטלת מס חומרי גלם, ADF (מס הטמנה מוקדם) או הטלת פקדון, לכל אחד מהאמצעים האלה יתרונות וחסרונות ויש לבחון את אפשרות יישומם והשפעתם (ראה אילון וחוב', 1994).

ברמת יצרן המיכלים- יש לבחון את תצרוכת חומרי גלם לייצור ועלותם, צריכה כוללת של אנרגיה לייצור, כמות פחת (פסולת) בשלב הייצור כולל השינוע והסילוק הסופי של פסולת זו, כלל מזהמי אוויר מכל תהליכי הייצור, כלל מזהמי מים מכל תהליכי הייצור ומזהמים אחרים (חומרים מסוכנים, רעש וכו').

לאחר שהחלטה בוצעה, יש לבחון את המשך שרשרת הייצור והצריכה ולקבל החלטה נוספת- האם המיכלים מיועדים לשימוש חד פעמי, רב פעמי או מיחזור. החלטה כזו תשפיע על סוג המיכל ועל עובי הדופן (מיכל לשימוש חוזר יהיה בעל דופן עבה יותר). כאשר המיכלים משמשים למלוי חוזר יש לבחון ולשקול אחידות האריזות על מנת להקל על תהליך החזרת המיכלים למלוי.

באם המיכלים מיועדים למיחזור, חלקי לפחות, על היצרן להערך מבחינה טכנולוגית והמיכל צריך להיות מותאם למיחזור (לדוגמא, ע"י הפחתה של רכיבים העלולים להפריע או לייקר את תהליך המיחזור (לדוגמא, אם קיימות תחתיות מ HDPE לבקבוקי ה PET יש להרחיקם לפני המיחזור).

את מיכלי המשקה הריקים משנעים למפעל ייצור המשקאות הממלא את המיכלים. בנקודה זו חשוב להסביר כי לשינוע המיכלים הריקים ממפעל הייצור למפעל המלוי יש השלכות כלכליות וסביבתיות החייבות להכלל בתחשיב הכולל. לשם הדגמת חשיבות שלב זה נבחן את תהליך ייצור מיכלי PET. תהליך זה נחלק לשני שלבים. בשלב הראשון מכינים "מבחנות" ע"י הזרקה בלחץ (מבחנות מיוצרות בארץ ע"י "אמגטי") ובשלב שני מנפחים את המבחנות בחום על פס מלוי המשקאות (דבר התורם לחטוי המיכל לפני המילוי). לשיטה זו יתרון בכך שהובלת המבחנות ממפעל הייצור למפעל המילוי והאחסון לפני השימוש נעשית בצורה נוחה, חסכונית בנפח ולכן כלכלית יותר, לעומת שינוע מיכלי זכוכית ריקים בנפח 1-1.5 ליטר ממפעל פניציה שבירוחם למרכז הארץ.

5.1.2 תהליך המלוי

על יצרן המשקאות הקלים, הממלא את המיכלים להחליט באיזה סוג אריזה ימלא את המשקה. ההחלטה נעשית עפ"י דרישות המוצר (מוצר מוגז דורש אריזה שונה מאריזת משקה לא מוגז, לדוגמא), עפ"י דרישות הצרכנים (משקל נמוך, עמידות מכנית וכימית של המיכל, שקיפות וצלילות האריזה וכו') וכן עפ"י דרישות השיווק וההפצה של המוצר. באם המיכל מיועד לשימוש חוזר (עקב שיקולי יצרן המשקאות או עקב תקנה או חוק), חייב היצרן הממלא להערך לשיטת המיכלים החוזרים למפעל, תהליך הכרוך בשימוש במים חמים ובדטרגנטים.

5.1.2.1 שימוש בתמריצים כלכליים להפחתת אשפה במקור במגזר התעשייתי

ניתן להשתמש במגזר התעשייתי (בשלב הייצור ובשלב המלוי) בתמריצים כלכליים שונים להפחתת כמויות הפסולת המיוצרות על ידה. כתוצאה מהעובדה שכשליש מהפסולת המוצקה, במדינות המערביות, הן האריזות, מרבית התמריצים להפחתת פסולת תעשייתית במקור מתמקדים בהן. התמריצים הכלכליים מביאים להפחתת פסולת במקור ולהפנמת העלויות החיצוניות הכרוכות בטיפול באריזות, לאחר שהפכו לפסולת.

① **הטלת מס על אריזה** - מדובר במס על אריזה של המוצר הסופי הארוז. המס נקבע ביחס ישר להפטרות מהפסולת הפוטנציאלית והשפעת הזיהום. חישוב המס והשיקולים בקביעת גובהו, תלוי בסוג החומר, באפשרויות מיחזורו וכו'. מוצר שאריזתו עשויה כולה מחומר ממוחזר פטור ממס זה ועל מוצר, שאריזתו עשויה חלקית מחומרים ממוחזרים, מוטלת אגרה מופחתת.

② **הטלת מס/היטל על חומרי גלם** - מדובר במס על התשומה אשר מוטל על חומרי הגלם אשר משתמשים בהם לייצור אריזות. שיעור ההיטל/המס צריך להיות קשור בישירות לנזק הסביבתי שנגרם ע"י הייצור והצריכה של האריזות. סוג מיוחד של מס המוטל על חומרים הוא מס הטמנה מוקדם (ADF). בשיטה זו גובים תשלום עבור חומרים מסויימים המגיעים לאתר סילוק הפסולת במקום לא ליצרם כלל או למחזרם. חשוב לציין, שההיטל/המס על חומרי הגלם/האריזות מעודד את המיחזור וכן מעודד שימוש מוגבר בחומרים מתמחזרים, כי הוא מייקר את מחיר חומרי הגלם והאריזות יחסית לחומרים המתמחזרים. ההיטל יכול לעודד הפחתת פסולת במקור. התעשיות ייצרו אריזות קלות יותר ונפחיות פחות שכן, המס המוטל על חומרי הגלם והאריזות גורם לייקור עלות הייצור.

לעומת השמוש בתמריצים כלכליים, ניתן להשתמש במערכת התעשייתית בתקנות, הגבלות וחוקים במסגרת מערכת השליטה והבקרה.

① **איסור שמוש בחומרי גלם מסויימים או באריזות מסוימות**. לדוגמא, במדינת מיין, בארה"ב, נאסר השמוש באריזות אספטיות, המשמשות לאריזות משקאות וחלב עמיד. כיוון שהן אינן ניתנות למיחזור (Levenson, 1993). בדיעבד הסתבר, כי איסור זה אינו נכון סביבתית שכן ניתוח מחזור החיים של האריזה העלה כי אריזה זו ידידותית לסביבה מהבחינות הבאות: שנוע יעיל (אריזה מרובעת ולא מיכל עגול), חסכון באנרגיה בהובלה ובאחסון במרכל (מוצר עמיד) וכן חיי מדף ארוכים יותר המונעים בזבוז ושפיכת מוצרים שהתקלקלו.

② **חוק האריזה הגרמני**. סקירה מלאה לגבי חוק האריזה הגרמני ניתנה בדו"ח השנתי 1993. חוק האריזות בגרמניה הוא דוגמא לכשלון השיטה שקבעה איסור מוחלט של כניסת אריזות לאתרי ההטמנה. ניתן לפרש איסור זה כקביעת מחיר אינסופי להטמנת האריזות. מטרת המחוקק היתה ליצור תמריץ למיחזור, אשר יהיה זול יותר ממחיר ההטמנה, אך לא בהכרח יעיל מבחינה כלכלית. חוק האריזות הגרמני הינו חוק קשיח לחלוטין הקובע יעדי מיחזור, מבלי לבחון את יעילותו הכלכלית.

5.1.3 שלב ההפצה

לאחר המלוי מופצים מיכלי המשקה המלאים לנקודות המכירה (מרכולים, מכולות וכו'), השיקולים המנחים את המפיץ הינם, בין השאר, יעילות ההובלה של מיכלי המשקה, המשקל המותר לכל משאית (הבדל ניכר בין שינוע משקה ארוז בזוכית למשקה ארוז ב PET, לדוגמא) והאפשרות להחזיר מיכלים לשימוש חוזר ליצרן המשקאות. בשלב ההפצה יש גם להתייחס להשפעות החיצוניות הנובעות משימוש באריזות משניות. כיום, השפעות

אלה אינן נוגעות ישירות למפיץ אך יש להן השפעה בתהליך קבלת ההחלטות ברמת המשק הכולל.

5.1.4 הצרכן

קבלת ההחלטות ע"י הצרכן נעשית בשני מישורים: איזה מוצר לרכוש וכיצד להפטר ממנו, עם תום השימוש בו. על החלטות הרכישה של הצרכן ישפיעו תכונות האריזה וכן, מחיר האריזה. למשל, משקל מיכל PET המשמש לאריזת משקה קל בנפח 1-1.5 ליטר הינו 50-55 גרם (לעומת 0.5-0.7 ק"ג משקל מיכל זכוכית) ועם זאת, הוא חזק ועמיד בפני שבר, עמיד בלחצים גבוהים (משקאות מוגזים), בעל עמידות כימית ועמידות לחדירת גזים. בידי הצרכן גם נתונה ההחלטה האם לרכוש מוצר ממוחזר, במחיר שעלול להיות גבוה יותר ממחיר מיכל העשוי מח"ג בתול. דרישות השוק של הצרכנים ישפיעו בוודאי על קבלת ההחלטות ע"י היצרנים בשלבים המוקדמים של התהליך.

בהמשך, עומדות בפני הצרכן, בתום השימוש במיכל, מספר אפשרויות להפטר מן הפסולת. נכון להיום, כאשר עלות הסלוק מהפסולת אינה מושפעת מהכמות המושלכת ואינה כוללת את העלויות החיצוניות הכרוכות בהפטרות, הצרכן אדיש באשר לחלופה בה יבחר. אולם, בהנחה כי בעתיד יהיו תמריצים להפרדת המיכלים מזרם האשפה כגון תשלום ישיר לפי כמות הפסולת המיוצרת ע"י משקי הבית או פקדון יוכל הצרכן לקבל החלטה האם להשליך את המיכלים לזרם האשפה הרגיל, האם להחזיר ולקבל את הפקדון, האם להפריד לצורך מיחזור וכו'. נכונות הצרכן להפריד את הפסולת כרוכה בהשקעת עלויות עקיפות של זמן ומאמץ שצריכות להיות מפוצות ע"י התועלת שהצרכן מפיץ מההפרדה (בין אם שביעות רצון בלבד או קבלת תמריץ כלכלי ממשי לעשות זאת).

5.1.4.1 שימוש בתמריצים להפחתת אשפה במקור במשק הבית

① תשלום אגרת פנוי פסולת

התייקרות מחירי ההטמנה (הנובעת מעליות מחירי הקרקע והחמרת התקנות לגבי הקמה ותפעול אתרי ההטמנה), הביאה את קובעי המדיניות להחלטות הקשורות בהפחתת כמות הפסולת המיוצרת מלכתחילה במשקי הבית. מאחר וההטמנה, המיחזור או השריפה הם פתרונות קצה, אך טבעי הוא שהפחתת כמויות הפסולת המיוצרות במקור תהא חלופה זולה יותר מפתרונות הקצה. פתרונות בהם משלמים התושבים עפ"י הכמות שהם מייצרים מיושמים במדינות כמו שוויץ, גרמניה, בלגיה וארה"ב. שיטת התשלום הינה תמריץ לאזרחים לייצר פחות אשפה במקור (Cuthbert, 1994, Kinnaman & Fullerton, 1994, Grove, 1994 ועוד).

בחינה של כל התוצאות מיישום תמריצים כלכליים בארה"ב מצביעה על היתרונות של גבית אגרה על יחידת פסולת כתמריץ להפחתה במקור וכאמצעי למימון הטיפול בפסולת:

1. הטלת אגרה יחסית לכמות הפסולת המיוצרת, תוכל לעזור להפחתת הכמויות במשקי הבית ובכך תסייע בהפחתת העלויות החיצוניות של ההפטרות מהפסולת.
2. האיסוף והסילוק של אשפה מבוצע רק עבור שקיות עליהן מוטבעת תווית מחיר.

בכך הופכת האשפה ממצרך ציבורי, שהחברה לא נושאת בעלויות החיצוניות של הטיפול בו, למצרך פרטי.

3. האגרה המוטלת הוגנת, משום שכל משק בית משלם אך ורק בהתאם להיקף השמוש בשרות שהוא מקבל.

4. כאשר עלות פנוי האשפה נכללת במיסים העירוניים, המחיר הנגבה קבוע לכל כמות פסולת מיוצרת. כאשר עלות הפנוי מוכתבת על פי הכמות המיוצרת, והתשלום עבור הפנוי מתבצע ישירות ע"י התושב, הכמות המבוקשת לשירותי הפנוי תפחת ככל ששירותי הפנוי יהיו יקרים יותר.

חסרונות שיטת התשלום לפי כמות האשפה המיוצרת:

1. אחת הדרכים לעקוף את הצורך בתשלום האגרה הוא להשלכה בצורה לא חוקית, בין אם השלכת הפסולת במרכזים מסחריים או לואדי הסמוך. השלכה בלתי חוקית זו גוררת עלויות חברתיות גבוהות בשל הצורך לטפל באשפה ועלויות של ניקוי השטחים בהם נעשתה השלכת הפסולת הבלתי חוקית.

2. עלויות אדמניסטרטיביות ועלויות אכיפת האגרה עלולות להיות גבוהות יותר ממקורות אחרים של הכנסה.

3. אכיפת התשלום עבור כל שקית אפשרית וקלה יחסית לבצוע באיזורים בהם הבתים צמודי קרקע ופנוי האשפה מתבצע לכל משפחה בנפרד. בבניה רוויה, כאשר פנוי האשפה נעשה במכולות משותפות בחדרי אשפה קשה לאתר את ה"טרמפיסטים" שאינם משלמים.

מסקנות כלליות מהפעלת תוכנית תשלום ישיר עבור סלוק אשפה כאשר התשלום עבור פנוי האשפה מתבצע בעקיפין באמצעות תשלום המיסים העירוניים, אין לאזרח כל תמריץ להפחית את כמויות הפסולת אותן הוא מייצר. אם התשלום עבור פנוי הפסולת יהיה פרופורציונאלי לכמות (או לנפח) האשפה המיוצרת יהיה זה תמריץ להפחית כמויות. מהנסיגות בארה"ב, המפורטים לעיל, עולה כי הטלת אגרה לפי נפח הפסולת הביאה להפחתת משקל ונפח הפסולת ולהגדלת משקל החומרים המתמחזרים, ולעליית צפיפות הפסולת. השיטה הרווחת מכל להפחתת הפסולת היתה ע"י הגברת המיחזור (כאשר שירותי המיחזור ניתנו בחינם או תמורת תשלום קבוע). דרכים נוספות להפחתת פסולת: הכנת קומפוסט רבה יותר, קניה של פחות אריזות וכן הפטרות מפסולת בצורה בלתי חוקית.

עלינו לזכור כי הרכב האשפה בישראל שונה מהרכב האשפה בארה"ב. פוטנציאל המיחזור של המתמחזרים ה"קלאסיים" (נייר, אלומיניום, זכוכית ואפילו פלסטיק) מגיע בארה"ב ללמעלה מ-60%, בעוד שבשראל פוטנציאל זה לא עולה על 20-25% מכלל הפסולת. ולכן, בישראל, הפחתת כמויות הפסולת המיוצרות במקור תעשה ע"י שמוש בדרכים השונות שפורטו לעיל, כאשר הגברת המיחזור לא תהיה הדרך העיקרית.

בנוסף, חשוב לציין כי השפעת אגרת הפסולת תלויה בגורמים חברתיים, כלכליים ודמוגרפיים. הבעיה העיקרית של התוכנית היא ההפטרות מפסולת בצורה בלתי חוקית והעלויות הכרוכות בפינוי פסולת זו.

② פקדון

לאחר שייקבע שעור המיחזור המיטבי הרצוי מבחינה כלכלית, יש לבדוק מהם האמצעים להשגת רמה זו. מבין ההוצאות הכרוכות בהפעלת תוכניות מיחזור (ובטיפול בפסולת עירונית בכלל), רכיב האיסוף הוא היקר ביותר. הפעלת פקדון היא אחד הכלים להפחתת עלויות האיסוף, שכן בבסיס שיטה זו מחזיר הצרכן את המיכל, או כל רכיב אחר עליו מוטל הפקדון, למקום מרכזי, ממנו האיסוף והשנוע יעילים יותר. הפקדון הוא, אם כך, אמצעי בלבד, להשגת שיעור המיחזור הרצוי.

גובה הפקדון הריאלי צריך להגזר מהעומס הכלכלי הכולל הנגרם ע"י האריזה, המיכל או כל רכיב אחר עליו מוטל הפקדון. עומס זה תלוי בצפיפות האריזה (יחס משקל/נפח) ומהעלויות השוליות (עלויות בפועל ועלויות היצוניות) הכרוכות בהטמנתה. פרוט והסברים לגבי שיטת הפקדון, יתרונות וחסרונות, המקומות בהם מופעלת השיטה והמסקנות מהפעלתה, נסקרו בדו"חות השנתיים לשנת 1993 ולשנת 1994.

5.1.5 שלב הסילוק

הרשויות המוניציפאליות האוספות את האשפה ודואגות לסילוקה, צריכות לקבל החלטות שיקבעו מה יהיה הטיפול הכולל בפסולת העירונית המוצקה. אילו תומרים כדאי למחזר ובאיזה היקף, האם תהיה שריפה לשם הפקת אנרגיה ובאילו היקפים וכמה פסולת תוטמן. הנתונים המשמשים בתהליך קבלת החלטות זה, כוללים את עלויות האיסוף (לאשפה מעורבת או מופרדת) ואת התשלום המשולם בהמשך המסלול (Tipping Fee בתחנות הדחיסה, מפעלי המיון, אסי"פים). בתחשיב זה יש לקחת בחשבון גם את העלויות הנחסכות בהטמנה כאשר פסולת ממוחזרת ולא מוטמנת.

5.1.6 הממשלה

הממשלה מעורבת, למעשה, בכל אחד מהשלבים שפורטו לעיל. בטבלה 8 לחלן מובא סיכום האילוצים והשיקולים המנחים את מקבלי החלטות בכל אחד משלבי החיים של אריות המשקה הקל. בין כל הגורמים קיים היזון חוזר כך, שקבלת החלטה מסוימת ע"י גורם אחד תשפיע על האחרים. אם הממשלה, השותפה למעשה בכל אחד מהשלבים, מחליטה על הטלת פקדון לשם עדוד השימוש החוזר במיכלים, ישפיע הדבר הן על יצרן המיכלים (המיכל צריך להיות מותאם לשימוש חוזר), יצרן המשקאות צריך להעריך לשטיפת המיכלים החוזרים, המפיץ צריך לדאוג להחזרת המיכלים למפעל המשקאות ובוודאי גם הצרכן והרשות המקומית מושפעים מהחלטה כזו. בידי הממשלה גם אפשרות לאמץ את הפתרון שאיננו היעיל ביותר, כלכלית, אלא הרצוי ביותר, פוליטית. אם לדוגמא, יתקבל נתון המצביע על עלויות מאוד גבוהות של ייצור זכוכית בארץ. לכאורה, הפתרון הנכון ביותר כלכלית היה לסגור את מפעל ייצור הזכוכית בירוחם ולייבא את הזכוכית לארץ. ברור כי פתרון כזה מלווה בבעיה חברתית וקשה להניח שפתרון כזה יתקבל. ניתן, ע"י פיתוח ושימוש בכלי שיוצע בהמשך, להביא לידינו של מקבל ההחלטות את כל המידע על עלותו (הכלכלית והסביבתית) של כל פתרון שיבחר. השיקולים הכלכליים

והסביבתיים המובאים להלן מציינים הן את העלויות והן את התועלות הנגזרות מההחלטות.

<p>שלב הייצור</p> <p>מקבלי ההחלטות</p> <p>משתני החלטה</p> <p>אילוצים</p> <p>שיקולים כלכליים</p> <p>שיקולים</p> <p>סביבתיים</p> <p>תקנות ותמריצים</p>	<p>יצרן המיכלים</p> <p>סוג ח"ג לאריזה, שימוש חד או רב פעמי, שימוש בח"ג ממוחזר.</p> <p>אילוצים טכנולוגיים, אילוצים כלכליים, תקנות וחוקים, אילוצים שיווקיים</p> <p>עלויות פסי הייצור השונים, עלויות פס השטיפה, עלויות פס המיחזור, מחיר ח"ג וזמינותם, תשומות אנרגיה.</p> <p>זהום אוויר, שפכים ופסולת מוצקה בשלב הייצור.</p> <p>איסור שימוש בח"ג מסוימים, מס חומרי גלם, ADF (מס הטמנה מוקדם), חוק אריזות.</p>
<p>שלב המלוי</p> <p>מקבלי ההחלטות</p> <p>משתני החלטה</p> <p>אילוצים</p> <p>שיקולים כלכליים</p> <p>שיקולים</p> <p>סביבתיים</p> <p>תקנות ותמריצים</p>	<p>יצרן המשקאות</p> <p>באיזו אריזה לארוז את המשקה.</p> <p>אילוצים טכנולוגיים, כלכליים, תקנות וחוקים, אילוצים שיווקיים</p> <p>עלות שינוע המיכלים למפעל המלוי, עלות ח"ג, עלות פס המלוי.</p> <p>באם קיים שימוש חוזר: עלות פס השטיפה, המים האנרגיה והדטרגנטים</p> <p>זהום אוויר, שפכים ופסולת מוצקה בשלב השינוע של המיכלים הריקים ובתהליך המלוי.</p> <p>באם קיים שימוש חוזר: שימוש מוגבר במים, אנרגיה לחימום מי השטיפה ודטרגנטים.</p> <p>חוק אריזות, הטלת פקדון</p>
<p>שלב ההפצה</p> <p>מקבלי ההחלטות</p> <p>משתני החלטה</p> <p>אילוצים</p> <p>שיקולים כלכליים</p> <p>שיקולים</p> <p>סביבתיים</p> <p>תקנות ותמריצים</p>	<p>יצרן המשקאות (בד"כ גם המפיץ)</p> <p>הפצת המוצרים (צי הרכב, מסלול ההפצה וכו')</p> <p>באם קיים שמוש חוזר- יש לאסוף את המיכלים הריקים ולהשיבם למפעל המלוי (כ"א נוסף) יש צורך בהקצאת שטחי אחסון מרכזיים במרכזים.</p> <p>עלות כלי הרכב, עלות ויעילות ההובלה, אפשרות החזרת מיכלים ליצרן המשקאות באם קיים שימוש חוזר.</p> <p>זהום אוויר, גודש בכבישים, הרס תשתית והגברת סכנת תאונות הדרכים.</p> <p>שימוש באריזות משניות. באם קיים שמוש חוזר- מטרדי ריח ורעש משטחי האחסון</p> <p>חוק אריזות, הטלת פקדון</p>
<p>שלב הצריכה</p> <p>מקבלי ההחלטות</p> <p>משתני החלטה</p> <p>אילוצים</p> <p>שיקולים כלכליים</p> <p>שיקולים</p> <p>סביבתיים</p> <p>תקנות ותמריצים</p>	<p>צרכן</p> <p>איזה מוצר לרכוש, כמה לרכוש ואיך להפטר מהאריזה עם תום השימוש בה.</p> <p>באם קיימת חובת הפרדה או פקדון- תושפע החלטה הצרכן מאילוצים אלה.</p> <p>עלות האריזה ביחס למוצר, גובה הפקדון</p> <p>בידי הצרכן האפשרות לרכוש מוצרים "ידידותיים לסביבה" קלי משקל, העשויים מתומר</p> <p>ממוחזר הניתנים למיחזור, נושאים תו ירוק וכו'</p> <p>חובת מיון פסולת, פקדון</p>

שלב הסילוק	
מקבלי החלטות	רשויות מקומיות
משתני החלטה	האם להפריד אשפה במקור, אילו חומרים להפריד, היקפי ההפרדה,
אילוצים	אילוצים טכנולוגיים וקיום מפעלי מיחזור שיוכלו לקלוט את ח"ג למיחזור, אילוצים כלכליים, אילוצים חברתיים (שינוע אשפת הארץ לנגב והפיכתו ל"מזבלה" ארצית, סינדרום ה (NOT IN MY BACK YARD, NIMBY), אילוצים פוליטיים
שיקולים כלכליים	עלויות איסוף בכל חלופת טיפול, השקעות בציוד מיוחד, עלות השינוע וההפטרות בכל אחת מחלופות הטיפול
שיקולים סביבתיים	בשלב האיסוף, השינוע, והסילוק יש לבחון את ההשלכות לגבי זהום מים, אוויר וקרקע, מהי השפעת שיטות שינוע שונות ועילות שינוע שונה בכל חלופת טיפול, כיצד משפיעה כל חלופת טיפול על הפליטות הנ"ל.
תקנות ותמריצים	חובת הפרדה, תשלום ישיר לפי כמות אשפה מיוצרת, פקדון

טבלה מס' 8: מרחב השיקולים המנחים בבחירת חלופות בכל אחד משלבי החיים של מיכל משקה קל.

5.2 שמוש בניתוח מחזור החיים של אריזות מיכלי משקה ככלי לקבלת החלטות

מספר מחקרים, שבוצעו בעולם, בחנו את מחזור החיים של אריזות מיכלי המשקה, החל משלב הייצור, וכלה בשלב ההפטרות, על חלופותיו השונות. ההבדלים בין המחקרים נעוצים בהבדלים עקרוניים בשיטות האמידה הכספית של הנזקים הסביבתיים. הדוגמאות להלן ימחישו את הגישות השונות ויצביעו על היתרונות והחסרונות של כל שיטה.

5.2.1 עלויות בקרה סביבתית

כאמור, מכון Tellus Inst., 1992) בוחן את ה"מחיר האמיתי" של תהליכי פתוח ע"י בחינת עלויות בקרת הזהום הסביבתי. בשנת 1992 פירסם המכון סקר נרחב המשווה את השפעות הייצור והסלוק של זכוכית, מתכת, אלומיניום, חמישה סוגי נייר ושישה סוגי פלסטיק.

המכון בדק השפעות ועלויות בשלוש קטיגוריות: פליטות לאוויר ולמים מתהליכי הייצור, עלויות כלכליות של סוגי ההפטרות השונים וכן פליטות לאוויר ולמים בתהליכי הטיפול באשפה. יש להדגיש כי במחקר זה נכללו עלויות הטיפול במתקנים הבנויים עפ"י תקני ה EPA המעודכנים והמחמירים ביותר (state-of-the-art).

למרות הפרוט הרב המופיע במחקר, חסרים במחקר נתונים חשובים שיכולים לשנות את המסקנות שהוסקו:

- * המחקר לא לקח בתחשיב הכללי את מחיר חומר הגלם (הבתול או הממוחזר)
- * המחקר התעלם מעלויות שנוע (כלכליות וחיצוניות) ומההבדלים שיכולים להיות בכל חלופת טיפול נבדקת (לדוגמא, שנוע כל רכיב למפעל המיחזור הרלוונטי).

* המכון לא כלל ולא הישווה עלויות הקמת המתקנים (כולל עלויות התקנת מסננים או אמצעי טיפול אחרים בפליטות, כנדרש בתקני ה EPA).

* המכון לא בדק חלופה של שימוש חוזר במיכלי משקה. שימוש חוזר חוסך, כמובן, את הצורך בייצור מיכלים חדשים (חסכון בחומרי גלם ובאנרגיה) אולם, שימוש חוזר תורמים לעלויות מבחינת המים הדטרגנטים והחימום הנחוצים לנקוי הבקבוקים.

התייחסות כוללת לכל הנתונים החסרים והדרך המחקרית המוצעת לאיסוף הנתונים והתייחסות אליהם מוצעת בפרק 6 להלן.

בטבלה 9 מובאות תוצאות המחקר הבוחנות את העלויות הסביבתיות במחזור החיים של אריזות.

חומר	עלויות סביבתיות של ייצור [\$ לטון חומר גלם]	עלויות סביבתיות כוללות (ייצור + הטמנה) [\$ לטון חומר גלם]	השפעת ההטמנה על כלל העלויות [%]
PVC	5,053	5,288	4.4
PET	854	1,108	23
PS	384	620	38
PP	367	602	39
LDPE	344	580	40
HDPE	292	537	45
קראפט מולבן	330	443	25
קראפט לא מולבן	269	390	31
קרטון בתול	277	382	27
קרטון ממוחזר	183	247	26
חמרן בתול	1,933	1,963	1.5
חמרן ממוחזר (100%)	313	342	8.5
מתכת בתולה	230	362	36
זכוכית בתולה	85	157	46
זכוכית ממוחזרת	55	127	56

טבלה מס' 9: עלויות הסביבתיות במחזור החיים של אריזות (Tellus Inst., 1992).

כפי שניתן לראות, שלב הסילוק הסופי (הטמנה) מהווה, ברוב המקרים, כרבע מכלל העלויות הסביבתיות. במוצרים בהם צריכת האנרגיה לייצור גבוהה או ששלב הייצור מביא לפליטה רבה מאוד של מזהמים (אלומיניום בתול, PVC) מהווה שלב הסילוק אחוזים בודדים מכלל העלויות. במוצרים בעלי משקל גבוה או נפח גבוה (זכוכית, פלסטיק) מגיעות עלויות הסילוק עד כדי מחצית מכלל העלויות הסביבתיות.

המסקנה הכללית היא כי הודות לתקני הפליטה ממשרפות והטמנת האשפה באתרים מודרניים המנוהלים בצורה תקינה, מופנמות העלויות החיצוניות הכרוכות בטיפול בפסולת ואילו שלב הייצור הופך להיות השלב הקריטי והמשמעותי ביותר מבחינת מחזור החיים של האריזות.

מסקנה נוספת של המחקר, העלויות החיצוניות הכרוכות בייצור ה PVC הן הגבוהות ביותר, בעיקר בגלל פליטת ויניל כלוריד הידוע כחומר קרצינוגני.

התוצאות המובאות בטבלה 9 לעיל, מבטאות את ההשפעות הסביבתיות לטון מוצר אולם ברור, כי הבסיס להשוואה צריך להיות למיכל בודד (או למיכלים לאריזת 1000 ליטר משקה). תרגום הנתונים הנ"ל על בסיס אריזה נדרשת ל1000 ליטר משקה מובא בטבלה 10 להלן.

(מאחר ולא כל החומרים הנ"ל משמשים לאריזות משקאות קלים, יחושב הערך רק עבור החומרים הרלוונטיים).

עלויות סביבתיות כוללות [\$ לאריזת 1000 ליטר]	משקל אריזה ל 1000 ליטר (ק"ג)	משקל אריזה/ נפח (גרם/ סמ"ק)	חומר
94	84.8	330 /28	PET
220	112.1	330/37	חמרן בתול
38.3	112.1	330/37	חמרן ממוחזר (100%)
75.6	482	473 /228	זכוכית בתולה
83	515	(*) 330/170	
61	482	473 /228	זכוכית ממוחזרת
67	515	(*) 330/170	

(*) סוגים שונים של מיכלים בעלי נפח ומשקל שונה.

טבלה מס' 10: עלויות סביבתיות כוללות ל 1000 ליטר משקה.

תרגום הנתונים לבסיס של אריזה ל 1000 ליטר משקה הופך את האלומיניום הבתול לחומר הכרוכות בו העלויות הסביבתיות הגבוהות ביותר, בגלל צריכת האנרגיה הגבוהה בתהליך הפיכת הבוקסיט לאלומיניום.

5.2.2 עלויות נזק סביבתי

גישה אחרת מהגישה המוצגת לעיל, יושמה ע"י Craighill & Powell (1995). החוקרות הבריטיות רתמו את השיטות להערכת הנזקים הסביבתיים על מנת להעריך את התועלות והעלויות הסביבתיות הכרוכות במיחזור ובהטמנת נייר, אלומיניום, מתכת, זכוכית ושלושה סוגי פלסטיק הנמצאים בזרם האשפה האנגלי.

העלויות הכוללות חושבו ע"י סכימת פליטות המזהמים בכל אחת משיטות ההפטרות מהחומרים, כולל השנוע הכרוך בהטמנה או מיחזור של כל אחד מהחומרים הנ"ל. לאחר שנסכמו הפליטות, תוך מיון לקטיגוריות השונות (השפעת הזיהום על התחממות כדור

הארץ, החמצת מקווי מים וקרקעות ותהליכי נוטריפיקציה), הן הוערכו כספית לפי טבלה 5 לעיל.

התברר, כי מבחינת התחממות גלובלית, הטמנת אשפה תורמת הרבה יותר מאשר מיחזור. דבר זה נכון לכל החומרים שנבדקו, בעיקר הודות לחיסכון באנרגיה בתהליך המיחזור לעומת עיבוד חומר הגלם הראשוני (בעיקר נכון הדבר לגבי אלומיניום). מבחינת החמצת מקווי מים, קיימת עדיפות למיחזור על פני ההטמנה בכל החומרים פרט לפלסטיק. מאחר ותהליך מיחזור הפלסטיק לא מתבצע באנגליה כי אם בהולנד ובאירלנד, תורם שנוע החומרים למפעלי המיחזור כמות רבה של גזים חומציים. בקטגוריית הנוטריפיקציה קיים יתרון למיחזור על פני ההטמנה לאלומיניום, זכוכית ונייר ואילו במתכת ובפלסטיק קיימת עדיפות להטמנה. התוצאות שהתקבלו מרוכזות בטבלה 11 להלן.

חומר	עלויות חיצוניות בהטמנה (£ לטון)	עלויות חיצוניות במיחזור (£ לטון)	תועלת נטו במיחזור (£ לטון)
חמרן	1880.27	111.41	1768.86
זכוכית	254.78	67.20	187.58
נייר	299.85	73.79	226.07
מתכת	269.4	31.64	237.76
HDPE	9.49	12.07	-2.57 (*)
PET	13.98	21.25	-7.28
PVC	7.46	11.55	-4.10

(*) סימן שלילי משמעותו כי העלויות גבוהות מהתועלות.

טבלה מס' 11: עלויות הנוק הסביבתי של אריזות (1995, Craighill & Powell).

מהשוואת טבלה 9 לטבלה 11 ניתן לראות כי קיים פער גדול ביותר בהערכת הנוקים הסביבתיים.

אין, ולו ערך אחד דומה, בין ההערכות של שני המחקרים לגבי העלויות החיצוניות של ההטמנה. באלומיניום נמצא ערך נמוך בשני סדרי גודל בין ממצאי מכון Tellus וממצאי המחקר האנגלי (\$30 ו \$3000 בהתאמה), בפלסטיק נמצא ערך של \$235 לעומת \$16 בממצאי מכון Tellus וממצאי המחקר האנגלי, בהתאמה. לגבי הזכוכית ונייר נמצא כי הערכה של מכון ממצאי מכון Tellus היתה כחמישית מההערכות המחקר האנגלי.

קיים קושי להשוות בין שני המחקרים שכן הנחות היסוד והנתונים עליהם נסמכו החוקרים היו שונים. במחקר הראשון ההתייחסות היא לעלויות בקרת הזיהום ולא קיימת התייחסות ספציפית לנושא גזי החממה, החמצה וכו'. בנוסף, לא נלקחו במחקר הראשון ההשלכות הסביבתיות של שנוע חומרי הגלם, המוצרים, והפסולת. לשם דוגמא, העלויות החיצוניות של מיחזור זכוכית היו 0.86 ליש"ט לטון, 0.71 ליש"ט לטון ו 3.4 ליש"ט לטון

בגין פליטות, תאונות דרכים והרס תשתית כבישים, בהתאמה. כלומר, רכיב זהוים האוויר מהווה פחות מ 20% מסך העלויות החיצוניות.

ההבדלים הגדולים בין שני המחקרים הנ"ל רק מחדדים את הצורך ביישום גישה זו ובחינתה לגבי הנתונים התקפים בישראל. ההנחות השונות ששימשו את החוקרים יהיו הבסיס הכלכלי להמשך המחקר.

5.3 יישום גישת ניתוח מחזור החיים בישראל

במסגרת שנת המחקר הנוכחית, נבחנו הגישות השונות לאמידת הנזקים הסביבתיים המשמשות את מקבלי ההחלטות בעולם. פרט לעובדה כי בכל אחד מהכלים שפורטו יש חסרונות, יש לפתח כלי אינטגרטיבי וכוללני אשר נתונו יהיו תקפים למדינת ישראל.

1. ייצור מיכלי המשקה מחומרי גלם בתוליים קיים בישראל רק בתעשיית הזכוכית, ולכן, יכול להיות שדווקא שלב הייצור, שהינו כה קריטי עפ"י מחקר מכון Tellus, יהיה פחות קריטי בארץ.

2. מאחר והתקנים בהם מוטמנת האשפה כיום בארץ אינם מחמירים, הרי שהעלויות החיצוניות גבוהות יותר בישראל מאשר במדינות בהן מתבצעת ההטמנה בתקנים מחמירים.

3. התנאים הגיאוגרפיים בישראל שונים מארצות אירופה ואמריקה. כמות המשקעים הנמוכה וכן הקרקעות הבסיסיות גורמים לכך שנושאים כמו החמצת מקווי מים וקרקעות אינם בעיה סביבתית כבדת משקל בישראל, ולכן, בעת אמידת הנזקים הסביבתיים יש לבחון רק את הנזקים שיכולים להתרחש בארץ.

6. תוכנית להמשך מחקר והתוצאות הצפויות

בהמשך המחקר, שיתבצע במסגרת עבודת הדוקטורט של אופירה אילון, מוצע להרכיב טבלה, כדוגמת טבלה 12 להלן, לשם השוואת חלופות הייצור והסלוק. מלוי הערכים המספריים בטבלה ייעשה בהתאם לאופי הנתונים הדרושים:

1. העלויות הפיזיות לייצור, הפצה, שמוש חוזר ומיחזור יתקבלו מהתעשייה, תוך הכרת טכנולוגיית ייצור אריזות המשקאות הקלים: זכוכית, PET ואלומיניום, כולל תהליך הייצור מחומרי גלם בתוליים וממוחזרים. עלויות הישירות לטיפול יתקבלו גם מהרשויות המקומיות וממפעלי המיון והמיחזור. כן ייבחנו תהליכי השמוש החוזר והפקת אנרגיה בתהליך שריפה. בשלב זה יתקבלו הערכים עבור המשתנים הפיזיים. עלויות אלה אינן מוגדרות וחד משמעיות אולם, מידת רגישות המערכת אליהם צריכה להבדק. יש לבחון, לדוגמא, כיצד ישפיעו מחירי חומרי הגלם הבתוליים על המערכת ועל קבלת ההחלטה האם למחזר או להשתמש בח"ג בתול.

2. הצגת חלופות הייצור, השיווק וההפטרות תוך אפיון התשפעות הסביבתיות. שלב זה הינו הכנת נתוח מחזור חיים לכל סוג אריזה משלב הייצור, דרך כל צמתי ההחלטות, עד לסלוק הסופי. שלב זה יכול להיות זהו כלל המזהמים הפוטנציאליים בכל שלבי הייצור, הצריכה והסילוק של החומר.

3. כימות ההשפעות החיצוניות. כל שלב במערכת (ייצור, שוק, סלוק וכו') מלווה גם בהשפעות סביבתיות (זהום אוויר, רעש, זהום מי תהום וכו'). על מנת לבחון את עוצמתם של גורמים אלה יש צורך להביא אותם למכנה משותף, כאשר, *מישקול כספי* נראה כדרך הטובה ביותר להשוות בין מזהמים שונים והשלכותיהם על הסביבה (Ayres, 1995; Powell, 1996 ועוד). לפיכך, המחקר ינסה לכמת כלכלית את ההשפעות החיצוניות ע"י שמוש בכלים של כלכלה סביבתית, בעיקר, נשתמש בהערכת עלות הבקרה הסביבתית. במחקר יושו נתונים שייגזרו מהספרות ויותאמו לתנאים בישראל. בשלב זה יתקבלו **הערכים עבור המשתנים הסביבתיים**.

4. בתום שלב 3 תוכן טבלה מסכמת (כדוגמת טבלה 12 להלן) אשר בה יוצגו החלופות השונות והערכים הכלכליים של העלויות הישירות והסביבתיות. אופן הטיפול במדדים שלגביהם לא ניתן יהיה להצמיד "תג מחיר", בהמשך.

5. נתוח רגישות. מאחר ובחלק מנתוני הקלט קיימות אי וודאות וחוסר ידע, יש צורך לבחון את רגישות המערכת למשתנים אלה. הדבר נכון הן לגבי המשתנים אשר להם ערכים כלכליים ברורים (למחירי השנוע, לדוגמא, קיים טווח אי וודאות באם שנוע הפסולות ייעשה בכבישי אגרה). אך בעיקר, הערכים הכספיים שהוצמדו להשפעות הסביבתיות אינם חד משמעיים ולפיכך, נתוח הרגישות יאפשר לאפיין טווחים אלה ולזהות את המשתנים הזניחים, שהשפעתם על המערכת קטנה, ואת המשתנים הקריטיים, שהשפעתם על המערכת חזקה. באמצעות ניתוח הרגישות ניתן יהיה לזהות את טווח הבטחון בו לא ישתנה הפתרון האופטימלי, כלומר החלופות תשארנה יציבות למרות שינויים פנימיים בתוך כל חלופה. באם יתברר כי המערכת רגישה למשתנה מסוים, יהיה צורך במיקוד ההערכות לגבי טווח האי וודאות ובמישקול מדויק יותר שלהם.

בשלב זה יזוהו **המשתנים הקריטיים** המשפיעים מאוד על המערכת והמשתנים הפחות משמעותיים.

לגבי המשתנים הקריטיים ניתן יהיה לבחון כיצד ישפיעו **תמריצים כלכליים** על תהליך קבלת ההחלטות בכל אחד משלבי החיים של המוצרים השונים. אם יוטל מס חומרי גלם שונה לאלומיניום, זכוכית ופלסטיק, תהיה נטייה של השוק להשתמש במוצרים העשויים מחומרי הגלם עליהם המס נמוך יותר. שנוי כזה יביא לשנוי גם בהרכב האשפה בה יש לטפל, שנוי בשעורי המיחזור או השימוש החוזר וכו'.

5.1 הצגת החלופות הנבדקות

טבלה 12 להלן מציגה, כדוגמא ובאופן ראשוני בלבד, את החלופות הנבדקות ואת המשתנים הכלכליים והסביבתיים אותם יש להכניס לטבלה, על מנת להשוות בין החלופות המוצעות.

חלופות:	PET	PET	PET	חמרן	חמרן	זכוכית	זכוכית	זכוכית
מדדים	שריפה	מיחזור	ח"פ	מיחזור	ח"פ	ש"ח	מיחזור	ח"פ
עלויות ישירות (\$ לטון ח"ג)								
1. עלויות יצור								
2. עלויות שנוע								
3. עלויות שמוש								
4. עלויות איסוף								
5. עלויות סלוק								
עלויות סביבתיות (\$ לטון ח"ג)								
שלב הייצור								
א. זהום אוויר								
ב. זהום מים								
ג. זהום קרקע								
סה"כ בייצור								
שלב ההפצה והצריכה								
א. שנוע								
שלב הסלוק								
א. זהום אוויר								
ב. זהום מים								
ג. זהום קרקע								
סה"כ שלב הסלוק								
סה"כ לטון ח"ג								

ח"פ = חד פעמי (לאחר שמוש אחד מסולק המיכל להטמנה)

ש"ח = שמוש חוזר

טבלה מס' 12 : הצגת חלופות הטיפול ועלויותיהן כלפי מדדים כלכליים וסביבתיים.

6. למרות השימוש בכלים של הערכת הנוק הסביבתי או עלות הבקרה, ברור, כי עדיין יוותרו משתנים שלגביהם לא תהיה אפשרות להעריכם כלכלית. מדובר בערכים ערכיים כמו שמירת ערכי טבע ונוף, שמור משאבים או רווחת הציבור. חשיבות ההתייחסות למדדים אלה אינה מוטלת בספק אך עוצמת השפעתם על בחירת החלופות צריכה להבדק. משתנים אלה ייבדקו ע"י שמוש במודל רב מדדי. בבעיות רבות מדדים, אין אנו מדברים על פתרון אופטימלי, אלא על קשת של פתרונות אפשריים מתוכם יש לבחור את פתרון הפשרה הטוב ביותר.

בתהליך מציאת פתרון הפשרה הטוב ביותר, נותנים בטוי ליחסי ההעדפה בין המדדים השונים ובוחנים את החלופות המוצעות כלפי כל מדד בנפרד (Nijkamp et al., 1990 a,b). לצורך כך, יעשה שימוש בתוכנת EVAMIX, שפותחה ע"י פרופ' H. Voogd (Nijkamp et al., 1990 b). תוכנה זו משמשת לפתרון בעיות המשלבות נתונים "קשים" (קרדינאליים), שהם העלויות הפיזיות והסביבתיות הניתנות למישקול כספי, ונתונים "רכים" (אורדינאליים) שאינם ניתנים לכימות חד ערכי. גישה זו מתאימה ביותר לפתרון בעיות סביבתיות הכוללות עלויות ממשיות (מתקנים למניעת זיהום, לדוגמא) וכן השפעות סביבתיות שקשה ולעיתים, בלתי אפשרי, לכמתן מספרית. יתרונה של השיטה בהארת חשיבות המדדים ורגישות המערכת לשיקולים כלכליים וסביבתיים (Maimone, 1985). מטרת השיטה היא להגיע לשיפוט אחיד והוגן של החלופות מנקודת המבט של השופטים אותן.

7. לאחר בחינת ה"שורה התחתונה" בכל חלופה ניתן יהיה להצביע על הפתרון המקיים את פונקציית המטרה שהיא מינימום עלויות (כולל העלויות הסביבתיות). אולם, בידי מקבל ההחלטות האפשרות לקבל החלטה פוליטית שאינה בהכרח הפתרון היעיל ביותר מבחינה כלכלית. ע"י בחינת מטריצת העלויות הכוללת ניתן יהיה לדעת מהו מחירה של אותה החלטה פוליטית.

מטבלה 12 ניתן יהיה לזהות את השלבים הקריטיים בהם ההשפעות הכלכליות והסביבתיות הן המשמעותיות ביותר, ולקבל החלטות שיכולות לשנות את התמונה. ניתן יהיה לבחון את העלות של בחירת החלופה שאיננה הזולה ביותר וכן, כיצד תושפע המערכת כולה מקבלת החלטה בכל אחד מצמתי ההחלטה השונים. בעזרת הכלי המוצע, ניתן יהיה לבחון כל קבוצה של משתנים, או לחילופין, כל רובד של מקבלי ההחלטות, כפי שפורט לעיל, תוך הנחת ההנחות וההזנחות הנדרשות, ולבצע אינטגרציה של כל המשתנים לקבלת ההחלטה הטובה ביותר. במחקר ייושם נתוח מחזור החיים של המוצרים הנבדקים, ייעשה שמוש בכלים של כלכלה סביבתית להערכת ההשפעות החיצוניות של החלופות השונות. בדיקת רגישות המערכת תעשה ע"י נתוחי רגישות ולבסוף ייעשה מישקול סופי של מדדים שאינם ברי השוואה.

לאחר בחינת שורת העלויות, ניתן יהיה להצביע על הפתרון המקיים את פונקציית המטרה, שהיא מינימום עלויות (ישירות ועקיפות). אולם, בידי מקבל ההחלטות תהא האפשרות לקבל החלטה פוליטית שאיננה בהכרח הפתרון הזול ביותר. ע"י בחינת מטריצת העלויות ניתן יהיה לדעת מהו, למעשה, מחירה של החלטה זו.

השלב הבא של המחקר יתמקד, אם כן, בפתוח מערכת תומכת החלטות לגבי המדיניות בה יש לנקוט בטיפול הכולל במיכלי משקה קל בישראל. המחקר יתרכז בגבוש המדיניות ברמה הכוללת אך, בגלל אופי הדברים יש לפרוש את הרבדים השונים המרכיבים את המערכת במלואה. במחקר ייושם נתוח מחזור החיים של המוצרים הנבדקים, ייעשה שימוש בכלים של כלכלה סביבתית להערכת ההשפעות החיצוניות של החלופות השונות. בדיקת רגישות המערכת למשתנים השונים תעשה באמצעות ניתוחי רגישות ע"י תכנות לינארי ולבסוף ייעשה משקול סופי של מדדים שאינם ברי השוואה תעשה ע"י שמוש בשיטת המשקלות במודל רב מדדי.

מערכת זו תוכל לשמש לבדיקת מוצרים נוספים המהווים מרכיב חשוב בפסולת העירונית המוצקה ולהציע פתרונות סביבתיים כוללים.

7. ספרות מצוטטת לדו"ח השנתי 1995

- א.א. מהנדסים, 1994. סקר לקביעת כמות האריזות בישראל, דו"ח למשרד לאיכות הסביבה
- אילון א., שכטר מ., אבנימלך י. 1994. איסוף ומיחזור פסולת עירונית מוצקה- ניתוח חלופות. 103 עמ', הוצאת מוסד ש. נאמן.
- המשרד לאיכות הסביבה, 1995. דו"ח שנתי מספר 19-20. 752 עמ'.
- שכטר מ., אילון א., אבנימלך י., 1995. נתוח כלכלי של חלופות לטיפול בפסולת מוצקה. דו"ח עבור המשרד לאיכות הסביבה, לשנת 1994 .
- שמיר א., בר י., ארד נ., גל נור י., ורדי י., סלבסט נ. 1985. אלטרנטיבות למדיניות מים לישראל. 271 עמ', הוצאת מוסד ש. נאמן.
- Ayres R.U, 1995. Life Cycle Analysis - A critique. Resources, Conservation and Recycling 14, 199-223.
- Braungart m., Engelfried J., Mulhall D., 1992. Life-cycle assessment as a method for the development of better products- problem, conflicting goals, solutions. *In:* Waste Management International, Thome-Kozmiensky K.J. (Ed.). p. 179-187.
- Brrison I., Pearce D., 1995. Benefits transfer from disamenity from wsate disposal. CSERGE working paper WM 95-06. 11 pp.
- Chilton K., 1993. Solid waste policy should be directed by fundamental principles, not ill-founded feelings. Resources, Conservation and Recycling 8, 1-20.
- Craighill A.L., Powell J.C., 1995. Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: A case study. CSERGE working paper WM 94-05. 28 pp.
- Cuthbert R., 1994. Variable disposal fee impact. BioCycle 35(5): 63-65.
- DoE report, 1993. Externalities from landfill and incineration. A study by CSERGE and EFTTEL. HMSO press, Edinburgh.
- EPA, 1993. Life cycle assessment: Inventory guidelines and principles. EPA/600/R-92/245, 108 pp.

- EPA, 1995. Decision - Maker's guide to Solid Waste Management, Vol II. EPA-R-95 023.
- EPA, 1996. Municipal Solid Waste Fact book, Ver. 3.
- Grove N., 1994. Recycling. National Geographic 186(1):98-115.
- Hinnells M., 1993. Environmental factors in products: How to gather the evidence? Personal communication.
- Hunt R.G., Sellers J.D., Franklin W.I., 1992. Resource and environmental profile analysis: a life cycle environmental assessment for products and procedures. Environ. impact Assess. Rev. 12:245-269.
- Kinnaman T.C. & Fullerton D., 1994. household demand for garbage and recycling collection with the start of a price per bag. National bureau of Economic Research, working paper #4670. 40 pp.
- Kirkpatrick N., 1994. The application of life cycle assessment to solid waste management practices. Personal communication.
- Kuta C.C., Koch D.G., Hildebrandt C.C., Janzen D.C. 1995. Improvement of products and packaging through the use of life cycle analysis. Resources, Conservation and Recycling 14, 185-198.
- Levenson H., 1993. Municipal solid waste reduction and recycling: implementations for federal policymakers. Resources, Conservation and Recycling 8, 21-37.
- Maimone M., 1985. An application of multi-criteria evaluation in assessing municipal solid waste treatment and disposal systems. Waste Management & Research 3, 217-231.
- Mackin S.G., 1992. Seeking a balanced solid waste management strategy. Draft paper.
- Nierynck E., 1993. Life cycle assessment. *In:* Nath B., Hens L., Devuyt D. (Eds.) Environmental Management. VUB University Press, Belgium. p. 177-214.
- Nijkamp P., Rietveld P., Voogd H. 1990a. Multiple criteria evaluation: Issues and perspectives. *In:* Shefer D., Voogd H., (Eds.) Evaluation Methods for urban and regional plans (Essays in memory of Morris Hill). Pion Publ., p. 147-158.

- Nijkamp P., Rietveld P., Voogd H. 1990 b. Multicriteria evaluation in physical planning. Elsevier science Publishers, the Netherlands. 219 pp.
- Petts J., Eduljee G., 1994. Environmental impact assessment for waste treatment and disposal facilities. Wiley Publ., 485 pp.
- Poll G., Schneider F., 1995. Returnable and non-returnable packaging. James & James publ. 153 pp.
- Powell J.C., 1996. The evaluation of waste management options. (in press).
- Powell J.C., Brisson I., 1994. The assessment of social costs and benefits of waste disposal. CSERGE working paper WM 94-06. 28 pp.
- Powell J.C., Craighill A.L., Parfitt J., Turner R.K., 1996. A life cycle assessment and economic valuation of recycling (in press)
- Shechter M., 1988. The benefits of morbidity reduction from air pollution control. Final science report to U.S.- Israel Binational Science foundation. 179 pp.
- Steutevill R. 1996. The state of garbage in America. BioCycle Vol. 37(4). p. 54-61
- Sundberg J., 1993. Generic modeling of integrated material flows and energy systems. Ph.D. thesis, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
- Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., 1993. Integrated solid waste management, Engineering principles and management issues. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering. 978 pp.
- Tellus Inst. 1992. Tellus packaging study.
- Tietenberg T., 1992. Environmental and natural resources economics. Harper Collins Publ. 678 pp.
- Turner R.K., Pearce D., Bateman I. 1994. Environmental economics. Harvester Wheatsheaf Publ., 328 pp.

van Eijk J., Nieuwenhuis J.W., Post C.W., de Zeeuw J.H., 1992. Reusable versus disposable. A comparison of the environmental impact of polystyrene, paper and porcelain crockery. Product Policy Report, 123 pp.

White P.R., Franke M., Hindle P. 1995. Integrated solid waste management- a life cycle inventory. Blackie Academic & Professional Publ. 362 pp.

נספח מס' 1

אמדנים כלכליים של נזקי בריאות מזיהום אוויר באיזור חיפה

כפי שצויין בפרק 4 בגוף הדו"ח, הדין בשיטות לאומדן ערך כלכלי של נזקים למשאבי טבע, קיימות מספר שיטות וגישות לאמידת הנזקים הכלכליים של הפגיעה בסביבה. בנספח להלן מתוארות שלוש מהגישות וכן התוצאות, כולל ניתוח ההבדלים בין הגישות המחקריות השונות, אשר יושמו ע"י פרופ' שכטר במחקרו משנת 1986 להערכת נזקי זהום האוויר במפרץ חיפה.

בשנים 1985-88 בוצע ע"י המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה באוניברסיטת חיפה מחקר רב-תחומי, שהתמקד בניתוח כלכלי שמטרתו לכמת - בערכים כספיים - את הנזקים הבריאותיים שניתן ליחסם לזיהום האוויר באיזור מפרץ חיפה.

איסטרטגיית המחקר

שני שלבים נחוצים בכדי להגיע לאומדן של המחיר הכלכלי. ראשית יש לקבוע, בדרך כלשהי, שאכן יש מיתאם בין רמת זיהום האוויר לבין שעורי תחלואה, ובשלב השני לשלב מידע זה עם הפרמטרים הכלכליים של הבעיה. שיטות הערכה אשר יוצגו בהמשך מחייבות לאסוף נתונים ישירות מבתי-האב, לפיכך, הוחלט לבצע סקר מדגמי מקיף של אוכלוסיית האיזור. המדגם כלל למעלה מ- 3500 בתי-אב, המהווים כ- 5% מאוכלוסיית איזור המחקר (חיפה והקריות). במטרה לבדוק את השפעת העונתיות התפרש הסקר על פני 12 חודשים. האיזורים סווגו לפי רמתם הסוציו-כלכלית, ולפי רמת הזיהום הנמדדת או המשוערת. בכל אחד מ- 137 האזורים הסטטיסטיים של המחקר רואיין ראש המשפחה, הראייון נמשך בין חצי שעה לארבעים וחמש דקות.

השאלון חולק לשלושה חלקים שונים, חלק ראשון התייחס לנתונים דמוגרפיים (גיל, מין, מוצא אתני וכיו"ב), סוציו-כלכליים (הכנסה, השכלה, מקצוע וכיו"ב), איפיוני המגורים (מיקום, שטח, מיסוי וכיו"ב); שאלות נוספות לגבי החשיפה לזיהום אוויר בשכונת המגורים ובמקום העבודה.

החלק השני כולל פרטים על מצבו הבריאותי של המרואיין ובני משפחתו: הרגלי עישון; סימפטומים שהם אינדקטורים לתחלואה בדרכי הנשימה; מחלות של דרכי הנשימה; ביקורים אצל רופא, אישפוזים, רכישת תרופות וימי מחלה, כולל העדרות מהעבודה. החלק השלישי של השאלון הכיל מרכיבים מהשיטה הישירה - הנכונות לשלם - באמצעות תוספת למיסי העירייה - עבור הפחתת הזיהום או מניעת התמרתו.

ממצאים אפידמיולוגיים

במטרה לבטא את השפעת הזיהום על מידת הסיכון הבריאותי שבחשיפה לזיהום אוויר, חושבה מנת הסיכויים (ODDS RATIO) ממודל של רגרסיה לוגיסטית רבת - משתנים. כאשר " מנת הסיכויים " , מקבלת ערכים גבוהים מ- 1 פירושו של דבר שהסיכון הבריאותי של פרטים באיזור מזוהם גבוה יותר מזה של פרטים זומים באיזור שאיננו מזוהם. כמובן, שככל שמספר זה גבוה יותר, רמת ה "סיכון הייחסי" גבוהה יותר. הממצאים הראו בבירור שרמת הסיכון הבריאותי, בין של מבוגרים ובין של ילדים, הגרים באיזורים מזוהמים, גבוהה בצורה משמעותית מזו של תושבים באיזורים נקיים יחסית מזיהום אוויר (פרטים מלאים על המחקר ראה Shechter, 1991) מניתוחים אלו עולה בבירור שנוקי הבריאות מזיהום אוויר בחיפה הם ממשיים, והפחתתם עשויה לתרום לשיפור רווחת התושבים. חשוב להדגיש שממצאים אלו מחדדים את הקונפליקט בין שוחרי איכות הסביבה (והשלכותיה על בריאות התושבים במקרה זה), לבין שוחרי פיתוח כלכלי, תעסוקה אזורית והכנסה מהצד השני.

ניתוח כלכלי

כפי שצויין בפרק 4 בגוף הדו"ח, הדין בשיטות לאומדן ערך כלכלי של נזקים למשאבי טבע (עמוד 17 ואילך)

קיימות שתי קבוצות של שיטות הערכה:

(א) שיטה עקיפה

(ב) שיטה ישירה

במחקר זה השתמשו בשלוש גישות להערכה. שתי הגישות הראשונות הינן שיטות עקיפות ואילו הגישה השלישית הינה שיטה ישירה.

הגישה הראשונה - גישת COIM - עלות המחלה.

מחשבים את סך ההוצאות הרפואיות של הפרט והחברה הקשורות למניעה וטיפול בנזקים הבריאותיים שניתן ליחסם לזיהום אוויר. מהסקר התקבל מידע על ביקורי רופאים (כולל ביקורים פרטיים), רכישת תרופות באופן פרטי, ימי מחלה בשבועיים שקדמו לתאריך הראיון. מניתוח הנתונים ניתן לאמוד את ההסתברות לביקורי רופא כפונקציה - בין השאר של רמת זיהום האוויר (ניתן לראות יחס ישיר בין רמת זיהום האוויר למספר ביקורי הרופא). הכפלה של הנתונים במספר התושבים בחיפה ובמספר התקופות של שבועיים בשנה -26, מאפשר למצוא את התסכון הנובע משיפור באיכות האוויר. רכישת תרופות מהווה מרכיב נוסף בגישה זו, קיומם של ביטוחים רפואיים ו/או סיבסוד למחירי התרופות גורם להערכה בחוסר של עלות זו (במחקר הוערכו ההוצאות על תרופות באופן פרטי בכ- 10% מסך עלות התרופות). מרכיב חשוב בגישה זו הינו אובדן הכנסה או הפסד ימי עבודה, חשוב להעריך את הערך הכלכלי של מרכיב זה גם לגבי האוכלוסייה שאינה עובדת (ילדים, עקרות בית וזקנים) -

חסרון בולט של גישה זו. התוצאות מראות שההסתברות לאובדן ימי עבודה עולה עם רמת הזיהום וגבוהה יותר עבור קבוצות השייכות לרמת הכנסה נמוכה יותר. עלות המחלה כפי שניתן לראות משקפת עלויות עבור החברה כולה יותר מאשר לפרט הבודד ולכן יהיה קשה לפרט עצמו להוסיף עלויות אלו להערכתו הסובייקטיבית אשר יעריך בשיטה הישירה.

הגישה השנייה - גישת הערכה המותנית - HPM.

בגישה זו מנסים ל"הפנים" נזקים בריאותיים, אסתטיים, פסיים (השחרה, בלאי מואץ), וכל מטרד אחר הנובע מזיהום אוויר, שבאים לידי ביטוי כלשהו, בין אם קוגניטיבי או פיזי, באמצעות ההשפעה על ערכי הנכסים בשוק הדיור.

כל זאת בהנחה שהרוכשים הפוטנציאלים מודעים לנזקים הצפויים לאלו הגרים באיזור מזוהם - אחרת גם אומדן זה עשוי להיות בחוסר. הפרש המחיר בין דירות באיזורים מזוהמים לבין דירות דומות באיזורים לא מזוהמים, בניכוי גורמי השפעה אחרים (גודל דירה, איכותה, נגישות וכיו"ב), מהווה אינדקסיה למחיר שהציבור מייחס לזיהום (פונקציית ביקוש).

העדפת הצרכן מבוטאת בפונקציית התועלת העקיפה הבאה:

$$V = V (P_x / M, y, z)$$

כאשר (P_x / M) מחיר המוצר, y כמות המוצר, ו- z מציין וקטור של מאפייני הפרט.

במקביל לסקר שתואר נערך סקר מצומצם יותר בו נאסף מידע ממשרדי תיווך על מחירי דירות שנמכרו או עמדו למכירה בתקופת הסקר, ובנוסף מידע על מאפיינים שונים של הדירות (גודל, איכות, קירבה למרכזי מסחר וכיו"ב), חושבו הפרשי שכר-דירה. הובחן הפרש מחירים (במחירי 1986) של כ-550 ש"ח לשנה בין דירות באיזורים מזוהמים לאלו הנחשבים נקיים יותר.

בגישה זו יש לשים לב שהערכה כוללת את כל הנזקים ולא רק נזקים בריאותיים, כך שנוצר אומדן יתר. ייתכן שאומדן זה מנוטרל ע"י כך שהציבור אינו מודע לנזקים האמיתיים של זיהום האוויר ולפיכך מעריך בחסר את הנזק, קשה לקבוע באיזו מידה אומדן היתר מתקזז ע"י האומדן החסר.

אמדני הנזק השנתיים אשר התקבלו בשיטה זו מסתכמים ב-7 - 30 מליון ש"ח.

קשה להעריך את המידה בה מפנים הציבור את העלויות הבריאותיות הנוספות שלו עקב הזיהום במחירי הבתים, לפיכך נראית גישה זו פחות "טבעית" מאשר גישת עלות המחלה.

הגישה השלישית כפי שצינו משתייכת לקבוצה השנייה של שיטות הערכה - השיטה הישירה. זוהי גישת הנכונות לשלם, גישה זו מבוססת על אומדן המחיר בשווקים "היפותטיים", הנשאל מתבקש לתמחר את המוצר, במקרה זה הפחתה בזיהום האוויר או השארת המצב ללא החמרה.

ביסוד הגישה מונחת הסברה שהפרט יהיה מוכן לשלם סכום מירבי השווה לגודל הנזקים הנגרמים לו ולמשפחתו מהזיהום. במידה והפרט מודע למלוא היקף הנזק, תהווה הערכה זו אומדן כוללני

ביותר של הנזקים הפוגעים ברווחת הציבור: הוצאות רפואיות ואחרות

למניעה וטיפול, אבדן ימי עבודה וערך נזקף של ימי מחלה לכל האוכלוסיה הפגועה, בין אם הפרטים שייכים לכח העבודה ובין אם לאו, כמו כן תופעות של סבל נפשי שאינן בהכרח באות לידי ביטוי מיידית בתחלואה פסיכולוגית. בעיה מרכזית בגישה קשורה לרמת הידע של הפרטים לגבי היקף הנזקים הנגרמים ע"י זיהום אוויר מצד אחד, ולגבי העלויות המתאימות אותן יש ליחס לבעיה.

כאשר באים להעריך משאב סביבתי כגון אוויר נקי, נתקלים בבעיה יחודית היא חוסר הרצון של הפרטים לשלם עבור משאב אשר הם הבעלים שלו (הציבור רואה לעצמו זכות ראשונים על המשאב אוויר נקי). בעיה זו כפי שנראה בהמשך עלולה לגרום להערכה בחוסר של המשאב אשר נובעת לא מסיבות אובייקטיביות. חלק מהפרטים יסרבו לשלם וחלקם יסכימו לשלם סכום נמוך יותר מסיבה זו. פתרון חלקי נמצא במקרה של זיהום אוויר כאשר הוסבר לנשאלים שהביקוש שלהם למוצרי המפעל המזהם הינו הגורם לזיהום, לפיכך יאלצו לשלם את מחיר האוויר הנקי בעקיפין, אלא אם יופסק יצור המוצר.

המחקר כפי שצויין כלל שאלות ישירות ועקיפות מהן ניתן היה להעריך את נכונות התושבים לשלם בגין שיפור המצב הקיים או בגין השארת המצב ללא החמרה. הארנונה - מס עירוני, שימשה כמכשיר לגביית סכומים נוספים לשיפור איכות האוויר או למניעת החמרת הזיהום.

השאלות לוו בהצגת תמונה ברורה של זיהום האוויר לפי האזורים תוך התייחסות לפרקי זמן שונים, בנוסף הודגש שהשיפור באיכות האוויר יבוצע ע"י הפחתת הזיהום ב - 50% או לחילופין מניעת עלייה של 50% ברמת הזיהום, ההשקעה תבוצע ע"י הרשות המוניציפלית.

בנקודה זו צצה בעיה חדשה אשר נובעת מהתנגדותם של חלק מהתושבים למכשיר הגבייה הספציפי הארנונה (התנגדות כללית למיסים - גבוהים מידי או מחולקים בצורה לא יעילה). אלמנט זה גרר סרבנות לשלם מצד אחד והפחתה בגובה התשלום של אלו אשר מוכנים לשלם סכום חיובי מצד שני. בעיה זו של השיטה הישירה מחייבת שימוש בהנחות שונות כגדי לקבל הערכה אמיתית של המשאב הסביבתי, לפיכך מסקנת המחקר ציינה שלהערכתה ניכוי הגורמים המרתיעים עשוי להעלות את סכום הנכונות לשלם בשעור ניכר.

במהלך המחקר התברר שחלק מהנשאלים (כ - 10%) אינם רואים בזיהום האוויר מיפגע בריאותי אלא "רק" מיפגע אסתטי (ריח, עכירות), נתון אשר משפיע על נכונותם לשלם. מהצד השני ניתן להבחין שפרטים אשר סובלים ממחלות הקשורות בזיהום האוויר נכונים לשלם סכומים גבוהים יותר להפחתת הזיהום.

ניתן לשים לב לכך שהנכונות לשלם עולה ככל שעולה הרמה החברתית - כלכלית, נתון זה יכול להצביע על כך שהמשאב הסביבתי הינו מעין מוצר מותרות.

תוצאות הערכה בגישת הנכונות לשלם, אשר מתייחסות לתשובות כפי שעלו במחקר מצביעות על כך שהאמדן המיוחס לכלל האוכלוסייה נמוך יחסית להערכתנו. כאשר

משתמשים בהנחות השונות אותן הצגנו , ניתן לקבל אמדן חדש גבוה באופן משמעותי וסביר הרבה יותר.

חשוב להדגיש שחלק גדול מהאוכלוסייה מבוטח בביטוחי בריאות (קופ"ח) , כאשר חלק מהפרמיה משולם ע"י המעסיק , לפיכך הביטוי הכספי שנותנים הנשאלים לתחלואה מורכב בעיקרו מהערכתם לגבי עלויות של בזבוז זמן , סבל וכדומה (חשוב הלומר שבימים אלו מנשלמים הפרטים סכום כספי - נמוך אומנם , עבור כל ביקור רופא ולפיכך יתכן שהערכה אשר תבוצע עתה תהיה גבוהה יותר). הערכות אלו יתכן שהן משקפות את המרכיב הפסיכולוגי של המחלה , ולפיכך זהו הסכום שיש להוסיפו לעלות המחלה כדי לקבל הערכה אמיתית - מסקנה זו מבטלת את הסתירה אשר מתגלה בממצאים.

הטבלה הבאה מתייחסת לאמדנים אשר התקבלו במחקר לפי השיטות השונות :

אמדנים של נזקי זיהום אוויר

(מיליוני ש"ח ערך שנתי , במחירי 1986 *)

שיטת החישוב	סכום
(1) עלות המחלה :	
שרותים רפואיים	7.25
תרופות	8.21
העדרות מהעבודה \ מחלה	18.50
סה"כ עלות המחלה	33.96
(2) שוק הדיור (ממוצע)	18.50
(3) נכונות לשלם :	
שיפור המצב	3.89
מניעת הרעה	9.86

(*) שער הדולר בשנת 1986-1.5 ש"ח לדולר.

כפי שמוצג בטבלה הנ"ל , התוצאות מלמדות שהשיטות השונות גם אם הן נותנות הערכות שונות , מאפשרות לקבל הערכה סבירה ומנומקת לערכו של המשאב הסביבתי , היוון של השיטות כל אחת בנפרד או ביחד כפי שהוצע במסקנות , יתן לנו עלות כספית גבוהה ביותר המצדיקה את ההשקעה, בסך 10 מיליון דולר שנדרשה מהתעשייה, על מנת למנוע את הנזק הנגרם מזיהום האוויר.

① Shechter, M. 1991. A comparative study of environmental amenity valuation. *Environmental & Resource Economics* 1 (2): 129-155.