ניתוח חלופות להשבה ומחזור של

קרקעות מזוהמות

לודן טכנולוגיות סביבה

מרץ 2017

תוכן העניינים

רשימת תרשימים

רשימת טבלאות

הקדמה

במסגרת הערכות החברה לשירותי איכות הסביבה, כזרוע הניהול לביצוע שיקום קרקעות המדינה שפונו או יפונו על ידי צה"ל, וקרקעות שהוחזקו או מוחזקות על ידי התעשייה הצבאית לישראל, נדרשת הכנת תכנית להשבה ומחזור של קרקעות מזוהמות.

המשרד להגנת הסביבה, באמצעות החברה לשירותי איכות הסביבה, מעוניין לבצע שימוש חוזר בקרקעות שיטופלו במסגרת אתרים אלו, זאת במקום לסווגן כפסולת ולהעבירן לאתרי הטמנה.

במקומות שונים בעולם מקובל כי קרקעות מזוהמות שעברו טיפול מושבות או ממחוזרות במסגרת שימושים מועילים שונים (Beneficial Use). במדינות אירופאיות רבות ישנן מערכות רגולציה שונות אשר נועדו להסדיר שימוש חוזר בקרקע מושבת. בחלק מהמדינות הרגולציה כוללת לא רק הגדרה מהי הקרקע הניתנת להשבה, אלא תיאור דרכי הפעולה שיש לבצע על מנת להשיב את הקרקע ולעיתים אף מעורבות פיננסית ממשלתית או מוניציפאלית בפעולות השיקום לצורך השבה. הולנד, אנגליה צ'כיה, ופינלנד הינן מדינות המספקות תמיכה כלכלית בשיקום הקרקעות לצורך השבה. בהולנד ואנגליה מערכת הרגולציה ותיקה ביחס ליתר המדינות ומפורטת, על כן מדינות אלה מהוות את מקרה המבחן למסמך זה (De-Fraye and Visser 2006). בארצות הברית לכל מדינה יש יכולת לקבוע את הכללים להשבת קרקעות. לשם ההשוואה נבחרה מדינת ניו ג'רזי לה הנחיות מפורטות לניהול השבת קרקעות.

כיום, השימוש היחידי בקרקעות בהן הריכוזים נמוכים מערך הסף של TPH לסיווג הקרקע כמסוכנת (5000 PPM) המותר בישראל, הוא שכבת כיסוי במטמנה.

תובנה זו, על רקע האתגרים העתידיים והיקפי הקרקע הצפויים לטיפול, עלולים ליצור עומס על אתרי ההטמנה עקב נפח גובר של קרקע מזוהמת. הטמנה של הקרקע מהווה ניצול לא נכון של משאב שניתן לעשות בו שימוש, על פני חומרי כרייה וחציבה המהווים חומרי גלם ראשוניים (Primary Materials).

מטרת העבודה

מטרת מסמך זה הינה ביצוע סקירה של החלופות העומדות בפני קובעי המדיניות בנוגע לשימוש החוזר בקרקעות מזוהמות שעברו טיפול (Beneficial Use) תוך הסתמכות על הידע הנצבר במדינות שונות בעולם, התייחסות למאפייני הקרקע (פיזיקאליים וכימיים) היקפים, ורגולציה רלוונטית. על בסיס מידע זה יגובש מתווה אפשרי ליישום בישראל.

<u>הגורמים העיקריים שרואיינו במסגרת העבודה</u>

1. מר אבי חיים- ראש אגף שפכי תעשיה, דלקים וקרקעות מזוהמות .
2. מר שחר סולר- ראש אגף תכנון סביבתי במשרד להגנת הסביבה.
3. מר צביקה דוד- מנכ"ל "בני וצביקה", חברה להריסת מבנים ומחזור חומרי בנייה וחבר בהתאחדות בוני הארץ.
4. מר שגיא כהן- מפקח מטעם "מכון התקנים" לתשתיות של פרויקט
5. Linda Morris - environment agency UK.
6. N.J. Molenaar - Senior advisor soil and water Ministry of Infrastructure and the Environment Rijkswaterstaat, WVL Soil plus.
7. Jonathan Smith - Soil & Groundwater Team Lead (Europe & Africa) Netherlands
8. Dominique Darmendrail - Common Forum for Contaminated land in Europe.
9. Alona Sheafer - Management & Consulting.
10. Stewart Riley- The British Ministry of Environmental Protection.
11. Celine Blanc - BRGM, the French geological survey.
12. Harry van dam- Senior Project Engineer and Member of Management Team at Boskalis Dolman / Boskalis EnvironmentalBosKalis Environmental.
13. Nicholas Invernizzi- Biogenie Site Remediation.
14. Jorn Hendrik- German RETech Partnership Recycling & Management.

1. פרק א'- סקר ספרות

1.1. כללי

סקירת הספרות מתמקדת בשני תחומים עיקריים:

(1) טכנולוגיות הטיפול הזמינות העיקריות וההשפעה שלהן על תכונות הקרקע. להיבט זה השפעה רבה על פוטנציאל היישום של הקרקע לאחר הטיפול. טכנולוגיות טיפול המשנות את תכונות הקרקע משמעותית (ובייחוד את התכונות הגיאוטכניות שלה), עלולות להציב מגבלות קשות על השימוש החוזר לאחר הטיפול.

(2) בחינת אופן ניהול השבה ומחזור קרקעות במספר מדינות יעד, זאת במקביל לבחינת פוטנציאל היישום ופתרונות הקצה העיקריים לקרקעות המטופלות בתום השיקום. במסגרת זו נבחנו ארבע מדינות – הולנד, בלגיה, אנגליה וניו ג'רסי. איסוף המידע התמקד בבחינת אופן סיווג הקרקע וערכי הסף הניתנים ליישום בכל מדינה ובכל אתר (עפ"י שימושיו הנוכחיים ו/או העתידיים). כמו כן נאסף מידע באשר לשימושי קצה פוטנציאלים ואופן ניהול השיקום והיישום במדינות אלה.

בחלק מהמדינות לא כל המידע זמין, והמידע שכן נאסף מאוד כללי. ישנן מדינות המאפשרות חופש פעולה רחב יותר למבצעי השיקום, באשר לאופן ניהול השיקום והטיפול בקרקעות המזוהמות והמטופלות. במדינות אחרות האכיפה אדוקה יותר, והרשויות מעורבות בכל שלב בתהליך. תיעוד זה מאפשר ללמוד יותר לעומק על אופן התנהלות התהליך במדינות בהן מיושם שימוש חוזר בקרקעות מזה מספר עשורים, יתרונותיו וחסרונותיו ומידת ההתאמה שלו ליישום בארץ.

1.2. טכנולוגיות השיקום וההשפעות הצפויות על תכונות הקרקע

1.2.1. שטיפה

שטיפת קרקע היא שיטה המבוססת על שטיפה באמצעות מים, בה מתרחש תהליך מיצוי המשחרר את המזהמים הספוחים מהקרקע אל הפאזה המימית. שיטה זו מתאימה להרחקת מזהמים בעלי מסיסות גבוהה מקיבולת הספיחה של הקרקע עבור אותם מזהמים. כאשר המזהמים מסיסים במים ניתן לטפל בכמויות גדולות של קרקע באמצעות כמויות קטנות יחסית של מים. השטיפה מתאימה בעיקר להרחקת חומרים אורגנים חצי נדיפים, דלקים ומתכות כבדות. השיטה יכולה להתאים גם ל- VOCs מסויימים, ולחומרי הדברה.
שטיפת הקרקע אינה משנה את תכונות הקרקע ובכך יתרונה הגדול. שיטה זו שכיחה בהולנד ובגרמניה כבר משנות ה- 80 (ולאחר מכן במדינות נוספות).
בשיטה זו מורחקים המזהמים מהקרקע בשתי דרכים אפשריות:

- מיצוי לפאזה המיימית או הרחפה בתמיסת השטיפה.

- ריכוז המזהמים בנפח קטן יותר של קרקע באמצעות הפרדת הפרקציה הדקה עליה נוטית להספח המזהמים (חרסית, סילט וחומר אורגני).

תהליך המיצוי מורכב משני תתי תהליכים עוקבים:

- הרחקה של המזהמים מהקרקע באמצעות מיצוי לפאזה המימית.
- הפרדת הפאזה המימית מהקרקע וטיפול בפאזה המימית על מנת לסלק את המזהמים באמצעות שיקוע, ספיחה וכו'. הפאזה המיימית מוחזרת לשימוש חוזר לאחר הטיפול.

בשטיפת הקרקע ישנו איבוד מסויים של חומר. כמות החומר המושבת מוערכת בממוצע בכ- 77% משקליים מכמות החומר המוזנת לתהליך, בעוד ש- 23% מכמות החומר המוזנת תסווג כפסולת לסילוק. ככל שגודל הגרגר גדול יותר כך פוחת איבוד החומר. טיפול בשטיפה משנה את התפלגות גדלי הגרגר בקרקע (לטובת גדלי הגרגר הגדולים יותר). קרקע המכילה בין 30-35% לפחות של סילט או חרסית לרוב לא מתאימה לטכנולוגיית שטיפת הקרקע. מלבד שינוי בפילוג גודל הגרגר (משמעותי ככל שהקרקע מכילה במקור גדלי גרגר קטנים יותר) ואיבוד קרקע, לא צפויים שינויים בתכונות הקרקע הן הפיסיקליות והן הכימיות (Dermont et al. 2008, Beck et al. 2003).

יתרונות התהליך:

- תהליך המאפשר טיפול בכמויות קרקע גדולות במהירות.
- כמעט ולא משנה את תכונות הקרקע.
- במקומות רבים הציוד והידע כבר קיימים מדיסציפלינות אחרות.
- צורך מעט אנרגיה ולכן זול יחסית.

חסרונות התהליך:

- קיימים איבודי חומר (כ- 23% מהקרקע המוזנת לתהליך).
- לא מתאים לקרקע בעלת תכולת חלקיקים דקים גדולה מ- 25-30% (טווח גודל גרגר אופטימלי 0.24-2 מ"מ).
- אינו מטפל במזהמים, יש צורך לטפל במי השטיפה ובפרקציית הדקים.
- טיפול בקרקע עם תערובת של מזהמים עשוי להיות מאתגר.
- תכולת חומר הומי גבוהה עשויה להצריך טיפול מקדים.
- מתאים לתהליכי Ex-Situ ולכן כדאי כלכלי בעיקר בכמויות גדולות של קרקע כאשר החפירה והשינוע אינם פקטור משמעותי בשיקול הכלכלי.

1.2.2. Bioremediation- טיפול ביולוגי

Bioremediation הינה שיטה להרחקת מזהמים באמצעות פירוק ביולוגי ע"י אוכלוסיות חיידקים. החיידקים צורכים את המזהמים לצורך התהליכים הביולוגים שלהם, בין אם מדובר על תהליכי נשימה או אסימילציה (קיבוע החומר לצורך בניית האורגניזם).

אף על פי שקיימים אורגניזמים מסוימים המסוגלים לנצל מתכות בעיקר לצורך נשימה, מדובר על תהליך איטי מאד ועל כמות נמוכה יחסית של מתכות בהן ניתן יהיה לטפל, מתכות כדוגמת קדמיום ועופרת, השכיחות כמזהמים בקרקע, לא ניתנות לטיפול באמצעות Bioremediation. ברוב המקרים התהליך משמש להרחקת מגוון רחב של חומרים אורגניים, ובעיקר תרכובות אליפאטיות. במקרים רבים יש צורך להוסיף מאקרו נוטריינטים כמו זרחן, ואמוניה או ניטראט על מנת לאפשר גדילה מיטבית של הביומסה.

תהליכי ה-Bioremediation משמשים לשיקום Ex-situ ו- In-situ, בסביבה אירובית או אנאירובית.

תהליך הנשימה האירובי הוא המהיר ביותר, בתהליך זה המזהם האורגני מהווה תורם אלקטרונים המתחמצן בתהליך הנשימה, והחמצן מהווה את מקבל האלקטרונים, המחזר. בתהליך מושלם תוצרי התהליך הינם CO_2 ומים. התהליך האירובי הוא התהליך המהיר ביותר עקב כמות האנרגיה הרבה שיכולים להפיק האורגניזמים והמגוון הגדול של האורגניזמים המסוגלים לבצע אותו. יחד עם זאת חסרון התהליך הוא בצורך לספק חמצן באופן שוטף לתהליך. חלק גדול מהחיידקים מסוגלים לבצע גם נשימה אנאירובית, בתהליך זה מחליפים חומרים אחרים את החמצן בתור מקבלי אלקטרונים (כדוגמת תחמוצות חנקן, תחמוצות גופרית, CO_2 ומתכות). תהליכים אנאירובים פחות יעילים מהתהליך האירובי ולעיתים גורמים להצטברות חומרים לא רצויים בקרקע (ניטריט, סולפיד וכו'). למרות זאת תהליכים אלו אינם דורשים אספקה של חמצן ובכך מוזילים את עלויות הטיפול.

תהליך נשימה נוסף הוא תהליך התסיסה (Fermentation) בו גם המחמצן וגם המחזר הינם החומר האורגני. בתהליך זה אין הרחקה מלאה של החומר האורגני ונוצרות תרכובות אורגניות אחרות כדוגמת כהלים וחומצות שומניות קצרות. תהליך זה הוא האיטי ביותר. תהליך זה עלול להתרחש באופן ספונטני כאשר אין חומר מחמצן הדרוש לתהליכים האירוביים והאנאירוביים.

בתהליך Ex-Situ חופרים את הקרקע המזוהמת לערמות. את הערמות מאווררים ומאפשרים לחיידקים הקיימים בקרקע לפרק את התרכובות האורגניות הספוחות. בתהליכי In-Situ מזריקים לקרקע אוויר על מנת להפוך את התהליך לאירובי ולזרז את הפירוק באמצעות חיידקי הקרקע. במקרים מורכבים יותר מוסיפים תרביות חיידקים חיצוניות לקרקע (Hyes et al. 2005).

לא צפויים שינויים מהותיים בתכונות הפיסיקליות של הקרקע עקב שימוש בטכנולוגיית ה- Bioremediation. כמות הקרקע נשארת קבועה לאורך התהליך. עיקר ההשפעה על תכונות הקרקע עשויה לנבוע מהגידול המואץ של הביומסה. מגידול זה הביופילם הנוצר נהפך למשמעותי וגורם לצמצום גודל החללים של הקרקע בתווך הבלתי רווי. תהליך זה משמעותי בעיקר בטיפולי In-Situ. גדילת הביופילם גורם לירידה ביעילות תהליך השיקום ומשנה את תכונות הקרקע בכך שמפחית את המוליכות ההידראולית של הקרקע המטופלת.

במידה ונוצר ביופילם קשה להסיר אותו (Clement et al. 1996). שינוי נוסף הצפוי מתהליך זה הוא צריכת החומצות ההומיות הטבעיות בקרקע. עקב הגידול בביומסה ישנה צריכה גוברת של חומר אורגני ובמקביל לחומרים האורגנים המהווים את המזהמים בקרקע, צורכת הביומסה גם את החומצות ההומיות המרכיבות את הקרקע. מכיוון שקרקע מושבת אינה צפויה לעבור לחקלאות אין לתופעה זו השפעה מהותית.

יתרונות התהליך:

- התרכובות האורגניות מתפרקות ולא רק מורחקות מהקרקע לפאזה אחרת.
- תהליך פשוט שכמעט ולא מצריך התערבות אדם.
- תהליך זול ביחס לתהליכים אחרים/טיפול בערמות יכול להיות כלכלי יותר מהטמנה.
- אינו גורם לשינוי בתכונות הקרקע הפיסיקליות והכימיות.
- אין הגבלה על סוג הקרקע עבורה ניתן ליישם את התהליך.

חסרונות התהליך:

- משך הזמן לטיפול הינו שלושה עד שישה חודשים בממוצע.
- ביחס לתהליכי השטיפה או השריפה התהליך איטי מאוד
- ניתן להרחיק רק חומרים אורגנים פריקים, אין הרחקת המתכות
- בפירוק לא מלא תיתכן היווצרות של נגזרות פירוק אשר עשויות להיות רעילות אף יותר מהחומר המקורי.
- עלולות להיווצר דליפות לקרקע בתכנון לא נכון.
- יש צורך להתאים את הסביבה לתנאים המיטביים של הביוסה. הוספת מאקרו נוטריינטים והתאמת pH.
- התהליך רגיש לתנאי הסביבה, שינויי מזג אוויר קיצוניים עשויים לפגוע בתהליך.
- ריכוזים המטרה גבוהים משמעותית מאשר בשיטות הטיפול האחרות.

1.2.3. טיפול תרמי (Thermal Desorption)

בשיטת הטיפול התרמי מחממים את הקרקע באמצעות מבערים, לרוב מבערי דיזל. חימום הקרקע מגיע לטמפרטורה בה רבים מהחומרים האורגנים עוברים לפאזה גאזית (נשרפים או מתנדפים).

- **טיפול תרמי בטמפרטורות נמוכות (LTTD)** – חימום הקרקע לטמפ' של 90-320ºC , מערכת זו משמשת לטיפול בחומרים אורגנים נדיפים (VOC) ומרכיבי דלקים. הקרקע שומרת על רוב התכונות שלה.
- **טיפול תרמי בטמפרטורות גבוהות (HTTD)** – חימום הקרקע לטמפרטורות של 320-960ºC. שיטה זו מתאימה לפחמימנים בעלי שרשראות ארוכות, חומרי הדברה וכד'. השיטה משמשת לעיתים קרובות לטיפול מקדים.

משך זמן הטיפול בטכנולוגיה יכול לנוע בין מספר שעות (1-4 שעות) למספר ימים (18 ויותר) בהתאם לגודל המתקן ולמפרט שלו, כאשר הטמפרטורה נקבעת בהתאם לסוג המזהם. ככל שהטמפרטורה נמוכה יותר כך צריכת האנרגיה ועלות התהליך נמוכים יותר, והסיכוי לשינוי בתכונות הקרקע נמוך יותר.
התהליך יעיל מאד בהסרת ריכוזים גבוהים של VOC ו/או SVOC. עבור הרחקת מתכות, מינרלים כמו אסבסט התהליך אינו יעיל כלל ונדרש פתרון אחר.

שיטת הטיפול התרמי מתאימה בעיקר לשיקום חול וחצץ. גרגרים קטנים יותר מכילים ברוב המקרים לחות רבה יותר ולכן דורשים כמות אנרגיה רבה יותר על מנת לאייד את המים בנוסף למזהמים. ככלל על מנת שטיפול תרמי יהיה כדאי כלכלית רצוי שאחוז הלחות לא יעלה על כ25%.

נוכחות רבה של חומרים הומיים עלולה ליצור הפרעה לתהליך. חומרים אלו מורחקים גם כן בתהליך החימום וליצור תוצרי חצי בערה כמו בנזן, טולואן ותערובות BTEX. תוצרים אלו ייתגלו בפאזה הגזית וייצרו הטיה של הרחקת המזהמים למרות שמקורם לא מהמזהמים אלא מהחומרים ההומיים (Harries et al. 2004).

יתרונות התהליך:

- הרחקה מוחלטת גם בריכוזי מזהמים גבוהים.
- תהליך מהיר.
- מרחיק כל חומר אורגני, גם את החומרים הלא פריקים אותם לא ניתן להרחיק בתהליך הביולוגי.

חסרונות התהליך:

- אינו מתאים להרחקת חומרים אנאורגנים (מתכות, אסבסט וכו').
- צורך הרבה אנרגיה ותשומות לטיפול בגז הנפלט ולכן יקר.
- מתאים לקרקע בעלת גדלי גרגר גדולים יחסית (חול וחצץ) ובעלת לחות נמוכה. במידה והלחות גבוהה עלות הטיפול תהיה גבוהה יותר.
- משנה את התכונות הגיאוטכניות של הקרקע (מחליש את הקרקע משמעותית).
- מרחיק את החומר האורגני הטבעי (חומר הומי).

1.2.4. ייצוב ומיצוק

שיטות הייצוב/מיצוק הינן שיטות שנועדו להפחית את המוביליות של המזהמים בקרקע ובכך לצמצם את יכולתם להגיע לאדם ולסביבה. שיטות אלו ברוב המקרים אינן הורסות את המזהמים או מרחיקות אותם, אלא מונעות מהם לדלוף למי התהום, להתנדף לאוויר ולהישטף בקרקע. ייצוב הינה השיטה בה מוסף ריאגנט שגורם לבניית קומפלקס כימי יציב, בעוד שמיצוק הינה שיטה בה מוסף ריאגנט היוצר מבנה קשיח ובכך יוצר מחסום פיזיקלי בפני תנועת המזהם. במקרים רבים משתמשים בריאגנטים מייצבים וממצקים בו זמנית.

שיטות אלו מסוגלות לטפל במגוון רחב של מזהמים כדוגמת מתכות, תרכובות מתכות, חומרים רדיואקטיבים, אסבסט, תרכובות אנאורגניות, פולימרים אורגנים (פלסטיק, שרפים וכו'), PAH , דיאוקסינים ועוד.

הריאגנטים השכיחים לצורך יישום השיטה הינם מלט, אפר פחם וחמר. לריאגנטים אלו מוסיפים מים על מנת ליצור אפקט של הדבקה.

ניתן ליישם את השיטה Ex-Situ, בה חופרים את הקרקע המזוהמת ומוסיפים את הריאגנטים הרלוונטיים לערמות החפורות, או In-Situ בה מזריקים את הריאגנטים ישירות לקרקע המזוהמת תוך כדי ערבוב.

באופן עקרוני אין ליישום השיטה כל השפעה על התכונות הכימיות של הקרקע, בהיעדר ראקציה כימית או הוספת אנרגיה, הרכבה הכימי המקורי של הקרקע נשמר, כולל המזהמים הכלואים בקרקע. אל הרכב הקרקע המקורי נוספים הריאגנטים המייצבים או הממצקים הגורמים בעיקר לשינוי פיזיקלי של הקרקע. השינויים כאמור הינם הפיכת הקרקע לגושי בטון בעלי פורוזיביות נמוכה, דבר המתבטא במוליכות הידראולית נמוכה והפחתת המוביליות של החומרים בקרקע.

הטכנולוגית הייצוב ומיצוק אינה מרחיקה את המזהמים אלא רק מגבילה את המוביליות שלהם, במקרים רבים טכנולוגיה זו משמשת כטיפול קדם לפני הטמנה או שימוש מחדש באתר עצמו או מחוצה לו.

יתרונות השיטה:

- ניתנת ליישום תוך זמן קצר.
- טיפול במגוון רחב של מזהמים (מתכות או תרכובות אורגניות).
- ניתנת ליישום Ex-Situ או In-Situ.
- בארץ קיים ניסיון רב בטיפול מסוג זה.

חסרונות השיטה:

- השיטה אינה מפרקת את המזהמים אלא רק כולאת אותם.במקרה של יישום INSITU - החומר עלול לעבור בלייה אשר תשפיע על יכולתו לשמר את המזהמים. לטווח הארוך יש צורך בתחזוקה מתמדת אשר תמנע את הבלייה של החומר.
- ביישומי INSITU קשה לנבא מה יקרה עם המזהמים בטווח הארוך
- צריכה של משאבי טבע כדוגמת מלט, מים.

1.2.5. סיכום

ארבע טכנולוגיות השיקום העיקריות המשמשות לשיקום קרקעות מזוהמות ונסקרו במסגרת פרק זה הינן שטיפה, פירוק ביולוגי, טיפול תרמי וייצוב מיצוק. תהליכי השיקום יכולים לכלול שימוש בשיטה אחת או יותר לצורך שיקום הקרקע.

לנושא השבת הקרקעות, השפעת טכנולוגיות השיקום על תכונות הקרקע חשובה ביותר. בחירת הטכנולוגיה לשיקום יכולה להשפיע משמעותית על פוטנציאל השימוש החוזר בקרקע בתום פעולות השיקום. השוואת השפעות הטכנולוגיות השונות על הקרקע בטבלה 1 להלן.

מהטבלה ניתן לראות כי ההשפעה הקטנה ביותר על תכונות הקרקע עולה מטכנולוגיית בשטיפה. לטיפול הביולוגי ולייצוב מיצוק השפעות גדולות יותר המצריכות בחינה מעמיקה בכל מקרה בו נשקל שימוש חוזר.

טבלה 1: השוואת השפעות טכנולוגיות השיקום על תכונות הקרקע

	שטיפה	טיפול ביולוגי	טיפול תרמי	ייצוב מיצוק
תיאור כללי	שטיפת מזהמים מסיסים מתוך הקרקע.	פירוק חומרים אורגנים פריקים ע"י חיידקים	חימום של הקרקע עד לשריפה ו/או נידוף של המזהמים האורגניים	קיבוע של המזהמים בקרקע
סוג הקרקע	אינה מתאימה לקרקעות בעלות תכולת חרסית וסילט גבוהה מ- 30%.	מתאים לכל סוגי הקרקע	יעילות התהליך יורדת עם העליה באחוזי החרסית. מתאימה לקרקעות עם עד 70% חרסית	כל סוגי הקרקע תכולת חרסית גבוהה עלולה להגביל את יעילות הערבוב
השפעה על תכונות הקרקע	אינה משנה את התכונות הפיזיקליות והכימיות של הקרקע, חלקיקים דקים נשטפים ואילו אחוז גסי הגרגר גבוה יותר מאשר בקרקע המקורית.	• מרקם הקרקע אינו משתנה, פרט לערבוב עם עם תוספים. • ייתכן גידול מואץ של ביומסה אשר יבוא לידי ביטוי בצמצום גודל החללים בקרקע וירידה במוליכות ההידראולית.	• ללא שינוי גדול בטמפרטורות נמוכות (LTTD). • בטמפרטורות גבוהות (HTTD) ייתכן שינוי בתכונונת הקרקע ובייחוד בצבע וגודל גרגר.	יצירת קומפלקס כימי יציב ו/או מחסום פיזיקלי באמצעות ריאגנטים שונים
משך הטיפול	מהיר	איטי – שבועות עד חודשים	מהיר	מהיר (ביישומי INSITU יעילות מוטלת בספק לטווח הארוך)
הערות	• אינה מטפלת במזהמים בפרקציית דק גרגר • איבוד של כ-30% מהחומר בתהליך השטיפה, חלק זה מועבר להטמנה. • מצריך טיפול נפרד במי השטיפה	מצריך אוורור תדיר של הקרקע להגברת קצב הפירוק, לעיתים יש צורך בתוספת נוטריינטים והתאמת pH.	יעיל למזהמים לתרכובות פחמן, אינו יעיל למתכות, אסבסט וכד'. אינה כלכלית בתכולות רטיבות גבוהות.	אינה מטפלת במזהמים

1.3. סקירת השבה ומחזור קרקעות מטופלות במדינות נבחרות

במקומות שונים בעולם מקובל כי קרקעות מזוהמות שעברו טיפול מושבות או ממחוזרות במסגרת שימושים מועילים שונים (Beneficial Use). במדינות אירופאיות רבות ישנן מערכות רגולציה שונות אשר נועדו להסדיר שימוש חוזר בקרקע מושבת. בחלק מהמדינות הרגולציה כוללת לא רק הגדרה מהי הקרקע הניתנת להשבה אלא תיאור דרכי הפעולה שיש לבצע על מנת להשיב את הקרקע ולעיתים אף מעורבות פיננסית ממשלתית או מוניציפאלית בפעולות השיקום לצורך השבה. הולנד, אנגליה צ'כיה, ופינלנד הינן מדינות המספקות תמיכה כלכלית בשיקום הקרקעות לצורך השבה. בהולנד ואנגליה מערכת הרגולציה ותיקה יחסית ליתר המדינות ומפורטת ועל כן מדינות אלו מהוות את מקרה המבחן למסמך זה (De-Fraye and Visser 2006). בארצות הברית לכל מדינה יש יכולת לקבוע את הכללים להשבת קרקעות. בניו ג'רזי שנבחנה במסגרת עבודה זו הנחיות מפורטות לנושא השבת קרקעות.

פרק זה בוחן את תהליכי ניהול הטיפול בקרקעות מזוהמות, והפרמטרים המשפיעים על ניתוב הקרקע ויעדי הקצה השונים. במסגרת זו נבחנו בין השאר הרגולציה המקומית, ערכי הסף המהווים גורם מכריע בניתוב הקרקעות ליעדי הקצה השונים, ומנגנוני המימון ככל שישנם, לשיקום הקרקע ולשימוש החוזר.

1.3.1. <u>הולנד</u>

1.3.1.1. רגולציה סביבתית

המודעות למחזור קרקעות בהולנד החלה כבר בשנות ה-60 של המאה הקודמת, כאשר תהליכי הפיתוח הובילו ליצירת כמות מוגברת של פסולת. שני החוקים החשובים ביותר העומדים בבסיס מדיניות הקרקע ההולנדית הם החוק להגנת הקרקע (Soil Protection Act- Wbb) והחוק להגנה על הסביבה (Environmental Protection Act – Wm). כל החוקים וההנחיות הסביבתיים מתבססים על העקרונות המפורטים בשני חוקים אלה. החוק להגנת הקרקע קובע כי יש לקבל היתרים לפני ביצוע פעולות מסויימות. בנוגע לקרקעות משמעותו כי על ההיתרים לציין את האמצעים שעל החברות לנקוט במטרה להגן על הקרקע והסביבה, ובמקרים מסויימים התחייבות להחזיר את המצב לקדמותו. ברוב הפעמים ההיתרים מונפקים ע"י הרשויות המקומיות.

ב-1995 חוקקה ממשלת הולנד הנחיות להסדרת שימוש חוזר בקרקע ומסלע לצרכי בנייה - Building Materials Decree (BMD). מטרת החוק צמצום השימוש בחומרים ראשוניים (כדוגמת חול וחרסית) ולהגביל את מספר אתרי ההטמנה. בשנת 2003 עודכנו ההנחיות במטרה לאפשר טיפול מהיר יותר, וגמישות רבה יותר מול הרשויות המקומיות (Eikelboom et al. 2001 Verschoor et al. 2008, Wesselink et al. 2006).

במסגרת החוק הוגדר הערך הסביבתי של הקרקע וחומרים שניוניים נוספים, ומכך האפשרויות לשימוש חוזר, הוסדרו בערכי סף למזהמים ולמיצוי. החוק הסדיר שימוש בקרקעות מזוהמות קלות, ההנחיות לא מבחינות בין חומר ראשוני, חומר שניוני או פסולת, ושלושת הזרמים מחויבים לעמוד באותם סטנדרטים. ההתייחסות השווה לשלושת הזרמים עודדה שימוש בחומר שניוני בכך שהפכה אותו לנגיש יותר מאשר בעבר. בעקבות החקיקה, בתחילת שנות האלפיים, מחזרה הולנד כ-90% מסך הקרקעות שסווגו כפסולת מזוהמת לפני 1995 (מועד

כניסת ההנחיות לתוקף). בבחינת החוק על היבטיו בשנים 2002-2003 התפתחה הבנה כי שהרגולציה הגבילה את אפשרויות השימוש החוזר לקרקע ולסדימנטים ימיים בלבד. מהחוק עלו מספר רב של בעיות כדוגמת יכולת אכיפה דלה, עלויות יישום גבוהות, נהלי טיפול ודיגום לא מעשיים ואי בהירות בנושאים שונים.

בהתאם לכך, פורסם בשנת 2007 צו איכות הקרקע het Besluit bodemkwaliteit תחת המשרד להגנת הסביבה בהולנד, המחליף את הנחיות ה-BMD (אשר היו באחריות משרד התשתיות ההולנדי). צו איכות הקרקע נועד לאזן בין הצורך לשמור על הקרקע ועל סביבה נקיה (כפי שבא לידי ביטוי כבר בהנחיות ה-BMD), לבין שימוש בקרקעות לצרכי פיתוח כלכלי וחברתי כדוגמת מבני מגורים או בניית כבישים.

הצו מתבסס על שני עקרונות בסיסיים:

(1) הקרקע שמיושמת חייבת להיות באותה איכות או באיכות טובה יותר מהקרקע המקבלת

(2) איכות הקרקע באתר חייבת להתאים לשימוש הנוכחי ו/או לשימוש העתידי. עיקרון זה מבטיח את ההגנה על המשתמשים באתר ועל הסביבה.

צו איכות הקרקע מכיל שלושה מרכיבים עיקריים:

א. **בקרת איכות –** אבטחת איכות בתהליך ניהול הקרקע. הדרישה עולה תוך הנחה כי דרישה לאיכות עבודה ויושרה תבטיח את איכות ומהימנות המידע, הפעילות והיישום.

ב. **חומרי בנייה –** הצו מסדיר תנאים מקדימים לאפשרויות השבת חומרים 'אבניים' כדוגמת בטון, אספלט ולבנים במקביל להגנה על הקרקע ומים עיליים מפני זיהום.

ג. **הסדרת השימוש בחומרי חפר** (Dredged materials) כך שניתן יהיה לעשות בהם שימוש, בכמות מוגבלת, לצרכי בנייה.

חלק ממטרות צו איכות הקרקע הינן מניעת זיהום של קרקע נקייה מקרקעות מזוהמות. בהתאם לכך הצו מנחה לביצוע הפרדה בין קרקעות על פי סיווג זיהום. כמו כן, הצו אוסר על שימוש בקרקע מזוהמת על קרקע נקיה.

השלמה להוראות הצו, The Circular on |Soil Remediation, פורסמה בשנת 2009. ההוראות הותאמו למדיניות ניהול הקרקעות המפורטת בצו איכות הקרקע ותקפות לאזורים יבשים. ההוראות כוללות קווים מנחים לשימוש בקריטריונים לשיקום ולקביעת ריכוזי מטרה בשיקום קרקע מזוהמת. הרשויות יכולות לעשות שימוש בקריטריונים לשיקום על מנת לקבוע את רמת הזיהום והדחיפות לטפל בו.

הרחבה חשובה נוספת להוראות הצו הינו מאגר מידע לאומי לאתרים מזוהמים משנת 2001, ההרחבה נועדה לקבוע את שיעור זיהום הקרקע במדינה. באמצעות המאגר אשר מעודכן ע"י הרשויות המקומיות הוגדרה רשימת אתרים בעלי שיעור זיהום משמעותי המהווה סיכון לסביבה ולאדם, ויטופלו עד 2030.

1.3.1.2. ערכי סף

הגדרת איכות הקרקע בהולנד מבוצעת בהתאם לשני סטים של ערכי סף לקרקעות. ערכי הסף מגדירים את ריכוזי המקסימום בקרקע אותם ניתן ליישם בשימושי קרקע שונים וריכוזי מקסימום מעליהם יש לטפל בקרקע. ערכי הסף הקבועים משמשים לסיווג איכות הקרקע, ולהגדרת השימוש הפוטנציאלי שניתן לעשות בה בהתאם לתכולת המזהמים (ולשימוש בפתרון הקצה המוצע).

ישנה אפשרות לבחינת איכות הקרקע בהתאם לערכי סף מבוססי סיכון, ערכי סף אלה מוגדרים במסגרת סקר סיכונים ממוקד אתר המתבסס על נתוני האתר, היישויות החשופות למזהמים ומסלולי החשיפה למזהמים.
הן ערכי הסף הקבועים והן ערכי הסף מבוססי הסיכון מגדירים את פוטנציאל יישום קרקעות מזוהמות קלות ו/או קרקעות מטופלות.

ערכי סף קבועים

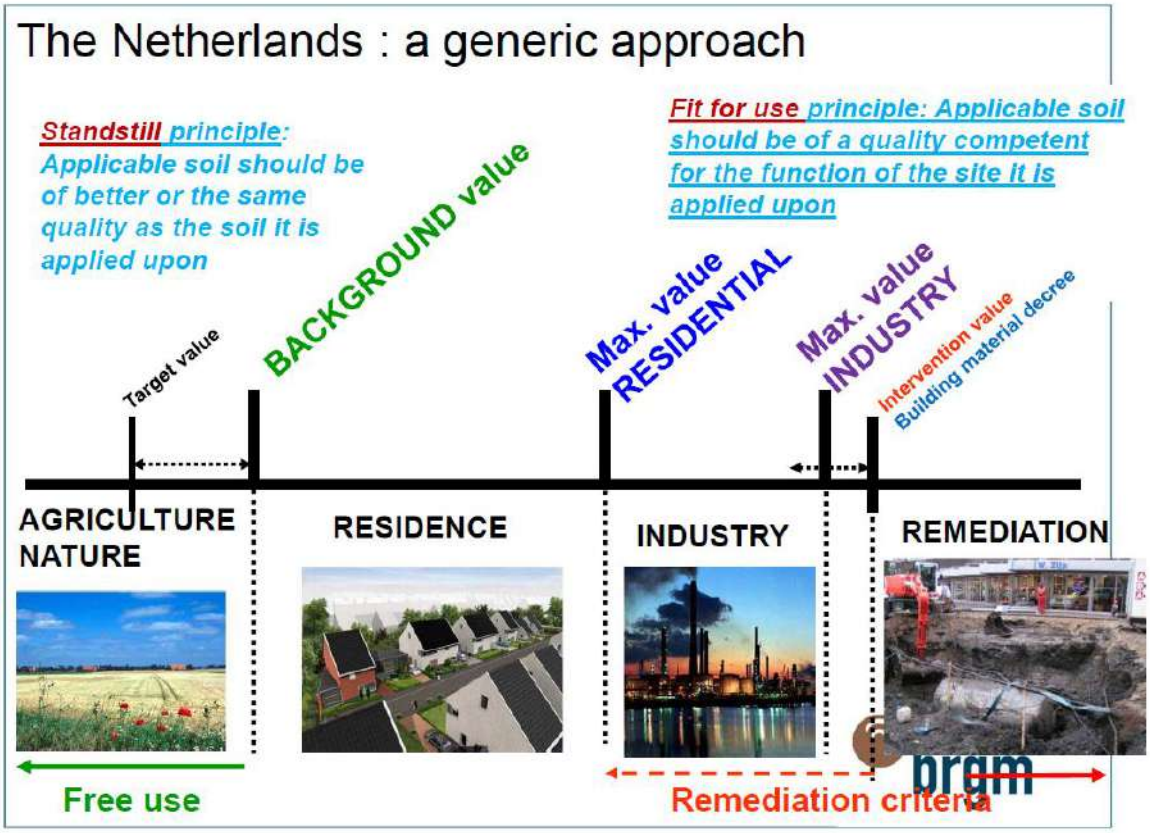
על פי חוק שמירת הקרקעות (Soil protection act) נמדדים ריכוזי המזהמים בקרקע בהולנד באמצעות סיווג גנרי (SQS-Soil Quality Standards). הצורך בטיפול בקרקע ואופיו נקבעים ע"י שני ערכי סף: ערכי רקע (Background Values) וערכי סף לטיפול (Intervention values) (תרשים 1).

א. כאשר הערכים הנמדדים נמוכים מערכי הרקע הקרקע תסווג כקרקע נקייה, ללא מגבלות באשר לנעשה בה או עליה.
ב. כאשר הערכים הנמדדים גבוהים מערכי הרקע אך נמוכים מערכי הסף לטיפול, הקרקע תסווג כקרקע מזוהמת קלות המתאימה לפתרונות ברי קיימא (Beneficial use). קרי שימוש לאחר טיפול כקרקע מושבת.
ג. כאשר הערכים גבוהים מערכי הסף לטיפול וכמות הקרקע, בתווך הלא רווי ובשכבה העליונה של פני הקרקע, עולה על 25 מ"ק, הקרקע תסווג כקרקע מזוהמת עליה חלה חובת שיקום ואין להשתמש בה כקרקע מושבת עד אשר יוסר ממנה הזיהום. במידה וכמות הקרקע נמוכה מ- 25 מ"ק לא חלה על הקרקע חובת טיפול מידי, גם אם ריכוזי המזהמים חורגים מערכי הסף לטיפול.

על מנת לאפשר ניהול בר קיימא של קרקע המזוהמת קלות באופן יעיל, הוגדר ערך סף נוסף לסיווג קרקע אשר נקרא ערך מקסימלי (NMV-National Maximal Values). ערך סף זה מתייחס לריכוז מזהמים לא מוביליים בלבד המהווים סיכון לבריאות האדם, למערכות אקולוגיות ולחקלאות. הערך המקסימלי נקבע בהתאם לשימושי הקרקע (מגורים או תעשייה), סוג המזהם והריכוז שלו בקרקע. ערך סף זה אמנם נקבע על ידי הרגולטור, אך ישנה גמישות (בתחום ריכוזי הקרקע המזוהמת קלות) המאפשרת לכל רשות מקומית לקבוע את הערכים המקסימליים שלה, ובתנאי שהם אינם עוברים את הערכים המקסימליים הלאומיים.
הערך המקסימלי בקרקע משתנה כאמור בהתאם לשימושים: קרקע המתאימה למגורים בה ריכוז המזהמים נמוך יחסית ותחום בין ערכי הסף של ערכי הרקע לערכי הסף של הערך המקסימלי למבני מגורים, וקרקע המתאימה למבני תעשייה בה ריכוז המזהמים גבוה יותר ותחום בין ערכי הסף של הערך המקסימלי למגורים לערך המקסימלי לתעשייה. קרקע בה ריכוז המזהמים גבוה מהערכים המקסימליים לתעשייה אך נמוך מערכי הסף לטיפול אינה מאושרת להשבה, אולם לא נדרש חובת טיפול מידית בקרקע (Swartjes et al. 2012).

תרשים 1: ערכי הסף וסיווג הקרקע בהולנד

מתוך מצגת BRGM: Benchmarking of Excavated Soil Reuse Management in Europe & Development of a French management framework



ערכי סף מבוססי סיכון

בנוסף לערכי הסף הקבועים בהנחיות המשרד להגנת הסביבה, ניתן לבצע סקר סיכונים ממוקד ולקבוע ערכי סף מבוססי סיכון לאתר בהתאם לשימושי הקרקע הצפויים, ו/או לקבוע האם ריכוזי המזהמים בקרקע מהווים סיכון לבריאות האדם או לסביבה בעת יישום ביעדי הקצה הפוטנציאלים.

בהולנד נעשה שימוש במודל CSOIL אשר לוקח בחשבון שלושה אלמנטים:

- המזהמים שנמצאים בקרקע עצמה.
- מעבר פאזות של המזהמים או נדידה בחתך.
- חשיפה ישירה ובלתי ישירה לבני אדם.

סקר הסיכונים מתבסס על סקר היסטורי מקדים הבוחן את פוטנציאל הזיהום של האתר, בהתחשב בפעילות במקום בעבר ובהווה ובנתונים הגיאולוגים וההידרולוגים של האתר. מידע זה משמש להכנת מודל קונספטואלי (SCM) המגדיר את הקולטנים, דרכי החשיפה ואת הצורך בחקירה נוספת לצורך הערכת הסיכונים באתר. במידה ופוטנציאל הזיהום באתר מחייב חקירת קרקע, החקירה תתחיל בחקר גישוש ראשוני (Exploratory investigation), במידה וימצאו מזהמים בקרקע יש צורך בחקירה מלאה לבחינת היקף ואופי הזיהום באתר. שלביות החקירה נועדה לפשט את התהליך (ולהוזיל אותו), ובכך להפוך אותו ליותר ויותר שכיח.

המודל מתאים להערכת סיכונים בשבעה תרחישים עיקריים המהווים יעדי קצה פוטנציאלים:

- בתי מגורים עם גינה. (זהו התרחיש העיקרי אליו מתייחס המודל)
- אתרי משחקים לילדים
- מגורים עם גינות ירק
- חקלאות בשטחים פתוחים
- אתרי טבע
- פארקים, אתרי נופש, ספורט וכדומה
- מבני תשתיות ותעשייה

מעבר לתרחישי החשיפה בהתאם למפורט לעיל, המודל לוקח בחשבון גם את מסלולי החשיפה האפשריים, שיעור החשיפה של כל אחד מהקולטנים ומשך החשיפה באמצעות ערך חשיפה מחושב וערך חשיפה קריטי. מסלולי החשיפה העיקריים אליהם מתייחסות משוואות ה-CSOIL הינן:

א. <u>בליעה כתוצאה ממגע עם הקרקע</u> - בעיקר מזהמים לא מוביליים. לצורך חישוב שיעור החשיפה, מקובל לחשב בנפרד את החשיפה עבור מבוגרים ועבור ילדים. את החישוב מבצעים או באמצעות תצפיות על השפעה על רקמות חיות In-Vitro (IVD Model), או באמצעות מודל בארג' האחיד (UBM).

ב. <u>צריכת יבולים חקלאיים אשר גודלו על קרקעות מזוהמות</u> - בעיקר מזהמים מוביליים. מחושבת על ידי הערכת האינטראקציה בין היבול לקרקע. לדוגמא, באמצעות הערכת מידת הצטברות המזהמים בירקות או הפירות, ניתן להעריך את מידת החשיפה כתוצאה מצריכת היבולים החקלאיים.

ג. <u>שאיפה</u> – בעיקר תרכובות אורגניות נדיפות. על מנת להעריך את החשיפה לחומרים הנדיפים נעשה שימוש במודל VOLASOIL, המאפשר הערכת ריכוז המזהמים באוויר באתר ספציפי כפונקציה של סוג ומיקום המזהמים, מאפייני הקרקע ומאפייני מי התהום.

1.3.1.3. השבה ומחזור קרקעות

<u>תכנית השימוש החוזר בקרקע Certification Scheme</u>

מסמך ההנחיות לשימוש חוזר בקרקעות BMD ("The Dutch Building Materials Decree"), מאגד את הרגולציה לשימוש ראשוני ושניוני בחומרי בנייה, דרכי הערכת איכות הקרקע מבחינת תכולת מזהמים ורמת הסיכון הסביבתית שהיא מהווה. פרסום המסמך הוביל להסדרת השימוש החוזר בקרקעות, והפיכת ההליך להליך רשמי אשר ניתן לבקרת איכות.

בשנת 1999 נכנסה לתוקף בהולנד תכנית ליישום שימוש חוזר בקרקע (Certification Scheme) המסדירה את התהליך אותו יש לבצע טרם השימוש החוזר (טבלה 2). במסגרת זו הקרקע נבדקת ומסווגת לזרמים שונים הניתנים להשבה בהתאם לתכולת המזהמים ואופיים (Honders et al. 2003). תדירות הדיגום נקבעת בהתאם למשקל ונפח הערימות, ומסווגת לשימושים אפשריים בהתאם לערכי הסף כמפורט בסעיף 3.1.2.1.

פיקוח על יישום התכנית בקרב מתקני הטיפול והמעבדות מבוצע באופן רציף (כשלוש פעמים בשנה) ע"י ארגונים בלתי תלויים. הסדרת השימוש החוזר בקרקע הגבירה את אמינות התהליך בקרב רוכשי הקרקעות המטופלות והיענותם לקחת חלק בפעילות זו .

- יישום תהליך השימוש החוזר בקרקע לפי התכנית מבוצע ב- 30% מתהליכי הטיפול.
- בהולנד פועלים כ- 30 מתקני טיפול בקרקע מזוהמת.

בבחינת נתוני השימוש החוזר בהולנד עפ"י האגודה למתקני מחזור קרקע לשנת 2001 (טבלה 3) נראה ברוב המקרים נעשה שימוש חוזר בקרקע ללא כל טיפול, בהתאם לערכי הסף המנחים. כ-18% מהקרקע המושבת מועברת לטיפול מקדים על מנת שתתאים לשימוש חוזר. רק 5% מהקרקעות מועברות להטמנה ואינן מתאימות לשימוש חוזר.

בבחינת טכנולוגיות טיפול, הטכנולוגיות השכיחות ביותר הינן טיפול תרמי ושטיפה (תרשים 2). טיפול בקרקעות באמצעות טיפול ביולוגי או מיצוב מיצוק משמעותית פחות נפוץ (פחות מרבע מהקרקעות המועברות לטיפול).

טבלה 2 : עקרונות תכנית השימוש החוזר בקרקעות בהולנד

פיתוח ויישום תכנית לאישור שימוש חוזר בקרקע		
שלב 1	קביעת כמות הקרקע המותרת לקליטה באתר הטיפול (לפי: ספק/ מקור/ מגרש)	במידה וקיים מידע אודות איכות הקרקע, הפעילות שבוצעה בקרקע בעבר ובדיקות שבוצעו ניתן יהיה לקלוט עד 50,000 טון. במידה ולא קיים מידע ניתן יהיה לקלוט עד 100 טון בלבד.
שלב 2	אסטרטגיה לדיגום ערימות הקרקע כתלות בכמות הקליטה	1. קליטה עד 100 טון- יש לבצע אנליזה לדגימה המורכבת מ- 20 מקטעים של 180 גר'. 2. קליטת 100-2,000 טון- יש לבצע אנליזה לשתי דגימות מ-50 מקטעים של 180 גר'. 3. קליטת 2,000-50,000 טון- יש לבצע אנליזה לכמות דגימות פרופורציונאלית לזו שהוצגה בסעיף 2, מ-50 מקטעים של 180 גר'.
שלב 3	ביצוע אנליזה כימית ואנליזה במיצוי מימי	יש לבצע אנליזות על סמך המידע ההיסטורי אודות הקרקע שנקלטה. במידת הצורך יש לבצע אנליזה במיצוי מימי למתכות כבדות ומזהמים אנאורגניים.
שלב 4	תהליך סיווג הקרקע לשימוש חוזר	הקרקע נערמת ומסווגת בהתאם לסטנדרטים הסביבתיים המוצגים ב- "The Dutch Building Materials Decree" לארבעה זרמים: 1. קרקע נקייה הטובה לכל שימוש. 2. קרקע מזוהמת ברמה 1: מכילה מזהמים שאינם מסיסים במים. 3. קרקע מזוהמת ברמה 2: מכילה מזהמים שהתגלו במיצוי מימי (מסיסים) ולכן מאוחסנת באופן שימנע את חלחול המזהמים לסביבתה. 4. קרקע מזוהמת המוגדרת ברמה 1+ רמה 2. כאשר ריכוז המזהמים גבוה מערך הסף לשימוש חוזר הקרקע תשלח לטיפול או להטמנה.
שלב 5	אופן הערמת ערימות הקרקע	1. משקל מינימלי לערימה - מ- 100 טון קרקע. 2. גודלי ערימות מותרים: 100/ 500 /2,000 טון. 3. אישור לערימות במשקל גדול מ- 2,000 טון מצוי בתהליך אישור.
שלב 6	הכנת ערימות להעברה/ מכירה ללקוח	כל ערימה המועברת ללקוח תלווה בתעודת אישור המצהירה על איכות הקרקע (וסיווג הקרקע כמפורט בשלב 4 לעיל). רמת האמינות של ההצהרה בתעודה המלווה הינה מעל ל- 90%.

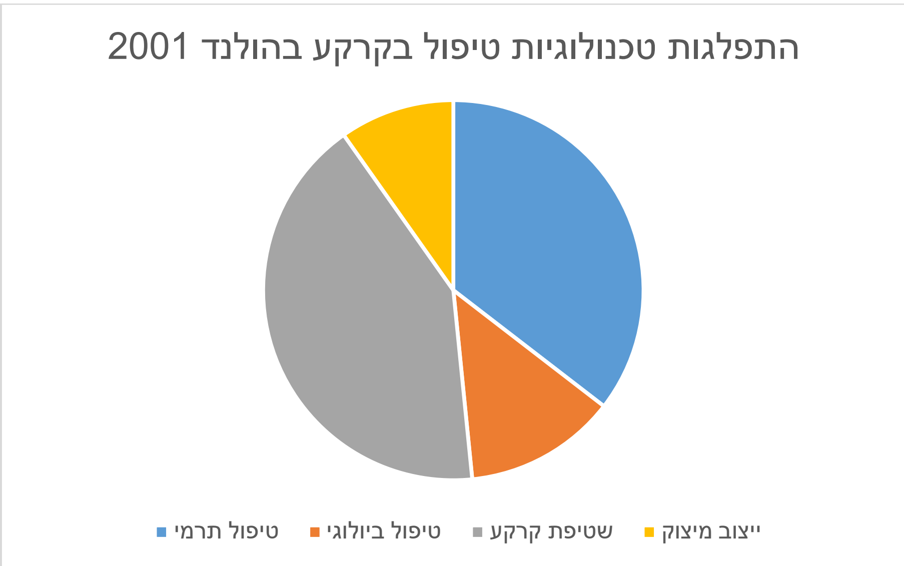
טבלה 3: התפלגות השימוש החוזר בקרקע בהולנד

(האגודה ההולנדית למתקני מחזור קרקע, 2001)

טכנולוגיית הטיפול	תפוקה [קילוטון/שנה]	עלות [יורו/טון]	מס' מתקני טיפול לטכנולוגיה המצוינת
שימוש בקרקע לא מטופלת	9,000	2-7	30
שימוש בקרקע מטופלת	1,500	0-3	-
טיפול תרמי	725	35-60	3
טיפול ביולוגי	265	20-40	24
שטיפת קרקע	855	20-45	25
ייצוב מיצוק	150-250	40-45	12
הטמנה	550	40-70	40

נתוני השימוש החוזר בהולנד לשנת 2001: נראה כי ברוב המקרים נעשה שימוש חוזר בקרקע ללא כל טיפול, בהתאם לערכי הסף המנחים. כ-18% מהקרקע המושבת מועברת לטיפול מקדים על מנת שתתאים לשימוש חוזר. רק 5% מהקרקעות מועברות להטמנה ואינן מתאימות לשימוש חוזר.

תרשים 2: התפלגות טכנולוגיות שיקום (נתוני האגודה למתקני מחזור קרקע 2001).



<u>שילוב קרקע מטופלת בחומרי בנייה</u>

חומרי בניה מסווגים לשני סוגים- חומרים יצוקים וחומרים שאינם יצוקים. חלוקה זו חיונית כיוון שפוטנציאל נדידת המזהמים מהחומר משתנה באופן משמעותי בהתאם למצב החומר. כאשר החומר מגובש הסיכוי לזליגת מזהמים לסביבה קטן באופן משמעותי (Rijkwaterstaat 2006).

על מנת שחומר יענה על ההגדרה "יצוק" עליו לקיים את שני התנאים הבאים:

1. נפח החלקיקים 50 סמ"ק ומעלה.
2. החומר לא ישנה את צורתו ו/ או יתפרק בתנאים סטנדרטיים.

קביעת תכולת המזהמים ופוטנציאל הפליטות ממנו מבוצעים באמצעות אחת מהבדיקות הבאות:

1. **בדיקת עמודות** - פליטות מחומרי בניין לא יצוקים ו/או מחומרי בניין יצוקים שלא עברו מבחני מיצוי בדיפוזיה, יקבעו באמצעות מבחני עמודות לפי שיטות NEN 7373 או NEN 7383. במסגרתמבחנים אלה מוזרמים מים דרך עמודות מלאות בחומר הנבחן, המים המתקבלים מתחתית העמודה נמדדים ונבדקים.

   חומרי בנין מסוימים אינם חדירים למים, כגון בנטונייט וחומרי בנייה אבקתיים עדינים. אין נפח נוזל שמצליח לעבור דרך העמודה בבדיקת העמודות. כדי להגדיר את פוטנציאל הפליטה מחומר נקבע שהיחס בין הנוזל החולף על פני העמודה למוצקים הקיימים בעמודה חייב להיות לפחות 10 (יחידות הנוזל במ"ל ויחידות המוצק בגרם). במידה והתקבל יחס בטווח 2-10 ניתן לבצע אקטרפולציה לתוצאה. במידה והיחס הינו נמוך מ- 2 לא יחולו דרישות פליטה על החומר הנבדק.
2. **בדיקת פעפוע** – פליטות מחומרי בניין יצוקים שלא עברו מבחן עמודות יקבעו באמצעות מבחני דיפוזיה לפי שיטה NEN 7375. ביחס לבדיקת העמודות, בדיקת הפעפוע מבוצעת בתנאים מתונים (מיצוי פחות אגרסיבי), אורכת כ- 64 ימים ומספקת אינדיקציה טובה לפוטנציאל הפליטה מהחומר.

   כדי לקבוע שחומר בניין הוא אכן יצוק על היחידה הקטנה ביותר של החומר להיות בנפח של 50 סמ"ק לפחות והחומר חייב להיות בלתי הפיך לצמיתות בתנאים רגילים (לחומר אסור להתפרק בתנאים רגילים).

   חומר הבניה ייחשב בלתי הפיך לצמיתות אם, בבדיקת דיפוזיה שנמשך 64 יום, הוא מציג הפסד של פחות מ: 1500 גרם למ"ר בתערובות אבן כבדות, לאחר זמן התקשות של 28 ימים או 500 גרם למ"ר בתערובות אבן קלות לאחר זמן התקשות של 91 ימים. (התקשות ב -20 מעלות צלזיוס ולחות יחסית של לפחות 90%) או 30 גרם למ"ר לכל שאר החומרים. תוצאות בדיקת הפעפוע באים לידי ביטוי ב- מ"ג / מ"ר .
3. **בדיקת זמינות –** פליטות מחומרי בניין יצוקים יכולות להבחן גם באמצעות מבחני זמינות לפי שיטה NEN 7371. במקרים מסוימים ניתן להשתמש בבדיקת הזמינות (NEN 7371) במקום בדיקת הפעפוע . זה רלוונטי במקרים בהם השטיפה עשויה להיות מוגבלת או במידה ויתאפשר מיצוי מהיר. בדיקת הזמינות נמשכת רק יום אחד ומיועדת לספק אינדיקציה (ולפיכך לא תשובה ברורה) לגבי הפרמטרים שלפיהם צפויה התנהגות חריגה. הבדיקה מניבה תוצאה של פליטה כפי שמתרחשת בתנאים קיצוניים (pH 12), כלומר הערכה מוגזמת של השטיפה בפועל.
4. ההרכב של חומרי הבניין נקבע באמצעות מספר שיטות בדיקה כמפורט להלן: טיוטה NVN 5710, NVN 5731, NEN 5733, NEN 5735, טיוטה NEN 7331, NEN-ISO 10382, NEN-ISO 15009.

עפ"י רוב עבור חומרי בניה יצוקים מתבצעת "בדיקת פעפוע" ועבור חומרי בניה שאינם יצוקים "בדיקת עמודות". השימוש בבדיקות הינו בגדר חובה לצורך הצהרת איכות מוכרת של היצרן.

ערכי סף לחומרי הבנייה מפורטים בטבלאות 4 ו-5 להלן.

פליטת מזהמים מחומרי בניה יצוקים ולא יצוקים נקבעת באמצעות "בדיקת עמודות" ו"בדיקת פעפוע" אשר תוצאותיה נבחנות אל מול דרישות האיכות כפי שמוצגים בטבלה טבלה 4 להלן.
עפ"י צו איכות הקרקע על שני סוגי חומרי בניה אלה לעמוד בערכי הסף הרלוונטים לכל אחד מהם (חומר יצוק וחומר לא יצוק). במידה והחומרים אינם מקיימים את ערכי הסף הרלוונטיים עבורם, אך כן מקיימים את חוק הבניה הבינלאומי, הם יוכלו לשמש כחומרי בניה במתקנים מבודדים.

טבלה 4: ערכי פליטה מקסימלים למרכיבים אנאורגניים בחומרי בנייה

מרכיב	חומרי בניה יצוקים (מ"ג/ מ"ר פני שטח עבור חומר יצוק)	חומרי בניה לא יצוקים (מ"ג/ ק"ג)	לפי חוק הבניה הבינלאומי (מ"ג/ ק"ג)
אנטימון	8.7	0.16	0.7
ארסן	260	0.9	2
בריום	1,500	22	100
קדמיום	3.8	0.04	0.06
כרום כללי	120	0.63	7
קובלט	60	0.54	2.4
נחושת	98	0.9	10
כספית כללית	1.4	0.02	0.08
עופרת	400	2.3	8.3
מוליבדן	144	1	15
ניקל	81	0.44	2.1
סלניום	4.8	0.15	3
כלור	110,000	616	8,800
בדיל	50	0.4	2.3
ונדיום	320	1.8	2.3
אבץ	800	4.5	14
פלואוריד	2,500	18	1,500
סולפט	165,000	1,730	20,000
ברומייד	670	20	34

טבלה 5: תכולת מרכיבים אורגניים מקסימלית בחומרי בניה

החומר	תכולה (מ"ג/ ק"ג)
aromatic substances	
benzene	1
ethylbenzene	1.25
toluene	1.25
xylenes	1.25
phenol	1.25
PAH’s	
naphthalene	5
phenanthrene	20
anthracene	10
fluoranthene	35
chrysene	10
benzo (a) anthracene	40
benzo (a) pyrene	10
benzo (k) fluoranthene	40
indeno (1,2,3cd) pyrene	40
benzo (ghi) perylene	40
PAH's (sum)	50
other	
PCB's	0.5
mineral oil	500
asbestos	0

1.3.1.4 פתרונות קצה לשימוש בקרקע מזוהמת

יישום השבת הקרקעות בהולנד מבוצע בעיקר בענפי הבנייה והתשתיות. האחריות על יישום ההנחיות לאיכות הקרקע חלות על כלל הגורמים מערך הבניה, החל מחפירת הקרקע ועד הבנייה עצמה.

חומרי הבניה מוגדרים ככל חומר בו האחוז המשקלי של הסיליקה, הסידן והאלומיניום הינו לפחות 10% מכלל הקרקע (לא כולל לוחות זכוכית ואלומיניום, עץ או קש).

חומרי הבניה מסווגים לשלוש קבוצות על פי גודל גרגר:

- חומר מוצק וצורני בעל נפח של לפחות 50 סמ"ק, לדוגמא לבנים, ערמות אספלט ובטון
- חומר בניין לא יצוק, גרנולרי, בעל קוטר קטן מ – 50 סמ"ק. תקין מבחינת כמות הפליטות הפוטנציאליות.
- חומר בניין לא יצוק, גרנולרי, בעל קוטר קטן מ – 50 סמ"ק. לא תקין מבחינת כמות הפליטות. חומר זה יכול לשמש כחומר בניה אך ורק אם ננקטים אמצעים לבידוד, בקרה וניהול הפליטות (ICM). על קבוצה זו חלות הגבלות נוספות כדוגמת איסור לשימוש במגע עם מים עיליים, ויישום לפחות חצי מטר מעל מי תהום.

חל איסור על שימוש ו/או מסחר בחומרי בנייה שניוניים עד אשר מוכח כי ערכי הסף של המזהמים העשויים להיות בקרקע נמוכים מערכי הסף הרלוונטיים לאתר המקבל (ערכי הסף המקסימליים למגורים או לתעשייה). ערכי הסף יכולים להיות ערכי הסף הלאומיים או המקומיים (המחמירים יותר).

הגורם המקבל את חומרי הבנייה השניוניים מחויב למתן הצהרה בנוגע לשימוש הצפוי בחומרים אלו ולהתחייבות לעמידה בתנאי הסף של החומרים לאחר הטיפול. בשימוש בחומר הבנייה השניוני ללא הצהרה על עמידה בתנאי הסף אפשרי במספר מקרים:

- שימוש בטיח או אבן טבעית, למעט הריסות
- שימוש חוזר בחומר מושב שלא נעשה בו עדיין שימוש וכבר הוכח שעומד בתנאי הסף. חומרים אלו עשויים להיות בטון, חומרים קרמים, אבן טבעית ולבנים
- שימוש חוזר באספלט שאינו מכיל זפת, בתנאי שעומד בתנאי הסף לאספלט.

במסגרת השבת הקרקעות ניתנת התייחסות גם לחומרי חפר, מדיום הנאסף ממקורות מים (כדוגמת תעלות מים, סכרים וכו'). חומרי החפר מכילים מינרליים, בעלי תכולת חומר אורגני גבוהה ובעלי קוטר גרגר של עד 2 מ"מ. חומרי החפר אינם ניתנים ישירות להשבה בפני עצמם אך בכדי להפחית בעומס, ניתן לערבב אותם ביחס של עד 20% משקלי עם חומרי בנייה ובתנאי שהם עומדים בסטנדרטים המתירים בנייה.

1.3.1.5 מנגנוני מימון

ב-1995 חוקקה ממשלת הולנד לראשונה הנחיות המסדירות שימוש חוזר בקרקע Building Materials Decree (BMD). שיקום קרקעות שזוהמו לפני שנה באחריות הממשלה כיוון שלא ניתן להכיל את הצו רטרואקטיבית על גופים שזיהמו לפני כניסת הצו לתוקף. עבור כל גורם אשר גרם לנזק במישרין או בעקיפין לאחר 1995, הטיפול מבוצע עפ"י עיקרון "המזהם משלם".

על מנת לעודד את שיקום הקרקעות ולמנוע פשיטת רגל של בעלי האתרים עקב ההשקעה הפיננסית בשיקום הקרקע, הממשלה עשויה לתמוך בעד 70% מעלות תהליך השיקום. בשנים האחרונות השקיעה ממשלת הולנד מעל 150 מליון יורו בשנה בממוצע, לצורך תמיכה בפרויקטים לשיקום הקרקע.

כל פעולה הנוגעת לשימוש חוזר בקרקע המושבת תהיה באחריות ובמימון הצדדים הנוגעים בדבר (מוסר הקרקע ומקבל הקרקע) ללא מעורבות פיננסית ממשלתית, אם כי תתכן מעורבות פיננסית מצד הרשות המקומית או יזמיות מקומיות (Rijkwaterstaat 2014).

1.3.1.6. סיכום

הסדרת נושא השבת ומיחזור קרקעות מזוהמות בהולנד החל לפני למעלה מ-20 שנה. תחילתו בחוק להסדרת שימוש חוזר בקרקע ומסלע לצרכי בנייה (BMD) משנת 1995, אשר הגדירו את הקריטריונים לשימוש חוזר בבנייה. כניסת החוק לתוקף הובילה למיחזור של כ-90% מסך הקרקעות שסווגו כקרקע מזוהמת לפני 1995. עם זאת, במהלך השנים התגלו בחוק מגבלות כדוגמת יכולת אכיפה דלה ונהלים לא מעשיים אשר הצריכו מענה מפורט.

בשנת 2007 נכנס לתוקף צו איכות קרקע (het Besluit bodemkwaliteit) אשר מסדיר את אופן הבדיקה והיישום של הקרקעות המטופלות ומאזן בין האינטרס הסביבתי וההיבטים הכלכליים הכרוכים בשיקום וטיפול בקרקעות. הצו מתבסס על שני עקרונות בסיסיים: (1) הקרקע שמיושמת חייבת להיות באותה איכות או באיכות טובה יותר מהקרקע המקבלת ו-(2) איכות הקרקע באתר חייבת להתאים לשימוש הנוכחי ו/או לשימוש העתידי. השלמות להוראות הצו משנת 2009 הסדירו קווים מנחים לקביעת קריטריונים לשיקום וריכוזי מטרה באמצעותם הוגדרה חומרת הזיהום בכל אתר והדחיפות לטיפול. מתוך הרחבה נוספת לצו משנת 2001 הוקם מאגר מידע לאומי אשר הוזן ע"י הרשויות המקומיות וסייע בתיעדוף שיקום אתרים מזוהמים. המזוהמים שבהם יועדו לטיפול ו/או הסדרה עד לשנת 2030.

בחוק להגנת קרקעות, עליו מתבססים כל החוקים והצווים הסביבתיים הללו, הוגדרו ערכי סף באמצעותם נאמד הצורך בשיקום הקרקע ו/או השימושים האפשריים בהתאם לאיכות הקרקע. ערכי הסף מסדירים ריכוזים מתחתם הקרקע טובה לכל שימוש, טווח ריכוזים לקרקעות מזוהמות קלות הניתנות לשימוש חוזר במצבן הנוכחי (בהתאם לשימושי הקרקע) וריכוזים מעליהם הקרקע מוגדרת כמזוהמת ומצריכה טיפול. ריכוזי מטרה יכולים להיקבע גם באמצעות סקר סיכונים מותאם אתר המעריך את הסיכום לסביבה ולאדם בהתאם למסלולי החשיפה והקולטנים הקיימים. סקרי סיכוני בהולנד מתבססים על מודל CSOIL, המתייחס למספר תרחישים, מסלולי חשיפה וקולטנים.

יישום השימוש החוזר בקרקעות הוסדר במסגרת תכנית ליישום שימוש חוזר בקרקעות משנת 1999. התכנית מסדירה את אופן סיווג הקרקע בתאם לאיכות הקרקע ולשימושים האפשריים.

יישום השבת הקרקעות בהולנד מבוצע בעיקר בענפי הבנייה והתשתיות. האחריות על יישום ההנחיות לאיכות הקרקע חלות על כלל הגורמים מערך הבניה, החל מחפירת הקרקע ועד הבנייה עצמה. בענף הבנייה ישנה אפשרות לעשות שימוש גם בחומרים מגובשים (כגון אספלט ובטון), כל עוד הם עומדים בערכי הסף בהתאם לשימושי הקרקע (מגורים או תעשייה). הגורמים אשר עושים שימוש בקרקע נדרשים למתן הצהרה באשר לאיכות הקרקע.

כיוון שהחוקים והתקנות למניעת ושיקום קרקע בהולנד נכנסו לתוקף רק משנת 1995 ואילך, קרקעות אשר זוהמו לפני שנה זו אינן עומדות בעיקרון המזהם משלם. בהתאם לכך שיקום אתרים ישנים מבוצע האחריות ובמימון ממשלתי. באתרים שזוהמו לאחר שנה זו הגורם המזהם הוא זה שמממן את פעולות הניקוי של הקרקע. על מנת לעודד פעולות שיקום ולסייע לבעלי האתרים לעמוד בנטל הכלכלי, ישנה אפשרות למימון של עד 70% מעלויות השיקום. הצדדים הנוגעים לשימוש החוזר נמצאים באחריות ובמימון בלעדי של הצדדים הנוגעים בדבר (מוסר ומקבל הקרקע).

1.3.2. בלגיה

1.3.2.1. רגולציה סביבתית

בשנת 2006 נכנס לתוקף חוק לשיקום ולהגנה על הקרקע (Soil Remediation and Protection Decree), לניהול בר קיימא, לשימור ושחזור איכות הקרקע ולהסדרת הנושא בקרב כל הגורמים המעורבים בתהליך ניהול הקרקעות, בין השאר באמצעות חינוך והדרכה. בהמשך לחוק פורסמו תקנות לשיקום קרקע והגנה על הקרקע (**Vlarebo-**(Order establishing Flemish soil remediation and protection regulations)., מטרת הצו מניעת זיהום קרקע חדש והסדרת שיקום של קרקעות מזוהמות היסטורית. צו זה מרחיב צווים קודמים, האחרון שבהם משנת 1995, העוסקים בנושא. מטרת המדיניות, מלבד מניעת או טיפול מידי בזיהום חדש, טיפול בקרקעות שזוהמו בעבר עד לשנת 2036.

הצו כולל התייחסות לנושאי מפתח המסדירים את אופן הטיפול בקרקעות מזוהמות:

- רישום קרקעות במאגר ארצי ואישור מצב הקרקע
- אופן הטיפול בזיהום ישן וזיהום חדש
- התחייבות לעומת אחריות לשיקום הקרקע

הצו לשיקום הקרקע כולל חמישה שלבים עיקריים:

<u>בחינה ראשונית</u>

חקירה לבחינת פוטנציאל זיהום הקרקע באתר מסוים הכוללת סקירה היסטורית ודיגום קרקע בסיסי. החקירה מבוצעת ביוזמת ועל חשבון המוכר/מפעיל האתר, טרם העברת הקרקע, בכל אתר בו בוצעה פעילות או פעל מתקן בעל פוטנציאל זיהום עפ"י רשימה מוגדרת מראש, בעבר או בהווה.

במידה וזוהו עדויות לזיהום קרקע היסטורי (לפני 1995) תבוצע חקירה מפורטת באם הזיהום מהווה סיכון לאדם או לסביבה. אם מדובר בזיהום חדש (שהתרחש לאחר 1995) תבוצע חקירה מפורטת אם זוהו חריגות מערכי הסף.

<u>חקירה מפורטת</u>

חקירה מפורטת של האתר תבוצע במטרה לאפיין בצורה טובה את אופי וריכוז המזהמים באתר, מקור ונפח הקרקע המזוהמת. עפ"י הממצאים תבוצע הערכה באשר לאפשרות של נדידת והתפשטות הזיהום, והסיכון שהזיהום מציב לאנשים, צמחיה, בע"ח, מי התהום ומים עיליים.

מימון החקירה המפורטת תבוצע במימון של (1) המפעיל, באם באתר מבוצעת פעילות או פועל מתקן המצריכים רישיון או שישנה חובת דיווח, (2) בעל הקרקע, אם כיום לא מבוצעת במקום פעילות בעלת פוטנציאל זיהום, או (3) OVAM – אם המפעיל/משכיר/בעל הקרקע לא גרמו לזיהום או במקרה שבעל חובת השיקום אינו עומד בהתחייבויותיו.

אם ממצאי החקירה המפורטת יצביעו על סיכון לאדם או לסביבה (במקרה של זיהום היסטורי) או על חריגה מערכי הסף (במקרה של זיהום חדש) יידרש באתר שיקום קרקע.

תכנון שיקום

בתהליך התכנון המבוצע ע"י מומחה נלקחים בחשבון פרמטרים שונים כדוגמת הטכנולוגיות הזמינות הטובות והמתאימות ביותר, שכבר בוצעו בעלויות סבירות ביחס לתועלת הנובעת מהם (הגנה על האוכלוסייה והסביבה לדוגמה).

יעדי השיקום יכוונו להגעה לאיכות הקרקע הריאלית הטובה ביותר הניתנת להשגה. במצבים בהם הגעה למטרות השיקום כרוכה בעלויות בלתי סבירות יעד המטרה יהיה הגעה לערכי הסף או ריכוזים אשר אינם מהווים סיכון לאדם או לסביבה. כאשר מדובר בזיהום היסטורי מטרות השיקום הגעה לריכוזים אשר אינם מהווים סיכון לאדם ולסביבה.

על סמך חוות הדעת של OVAM והרשויות השונות המעורבות בתהליך, תונפק תעודת התאמה המאשרת את תכנית השיקום.

פעולות השיקום

השיקום מבוצע לאחר קבלת אישור OVAM לתכנית. התוצאה יכולה להיות הסרה מוחלטת של הזיהום או קיבוע שלו בחתך הקרקע. למרות שהסרת הזיהום נחשבת לעיתים קרובות כפתרון היעיל ביותר, במצבים מסוימים זהו לא הפתרון המומלץ (סיכון בביצוע השיקום, עלויות גבוהות לעומת טכנולוגיות אחרות וכד').

דוח ממצאי שיקום מסכם מועבר ל-OVAM בסיום פעולות השיקום. בהמשך לכך OVAM מספקת הצהרה בדבר פעולות השיקום, והנחיות לניטור תקופתי באם זה יידרש.

מעקב

ישנם מצבים בהם נדרש מעקב לאחר סיום פעולות השיקום. הנ"ל יכול להתבצע באמצעות בקרה ותחזוקה של מערך השיקום, מעקב אחר איכות הקרקע בפני השטח ו/או מי התהום, בקרה של מגבלות שונות.

OVAM (The Public Flemish Waste Agency) היא הרשות המפקחת על כל תהליכי השיקום. הרשות מתערבת בתהליכים רק כאשר החקירה או השיקום אינם מלאים. החקירה השיקום והדיגום מבוצעים בליווי מומחה לשיקום קרקע המוסמך ע"י OVAM. שיקום הקרקע מבוצע עפ"י נוהל מיוחד לנושא שיקום קרקע, היוצא מנקודת הנחה כי שיקום קרקעות מזוהמות הוא אינטרס ציבורי ועל כן יש לאפשר ביצוע ללא עיכובים מיותרים בשל דרישות אדמיניסטרטיביות והליכים מנהליים.

מרשם הקרקעות (GIR) הוא מאגר המפרט את היישויות לגביהן יש מידע ב-OVAM. המאגר משמש לקבלת החלטות בנושא מדיניות, וככלי להגנה על קונים פוטנציאלים בעת רכישת אתרים חשודים או מזוהמים. בעשרים השנים האחרונות נעשה שימוש נרחב במאגר והופקו מעל 4 מיליון תעודות.

המאגר מספק מידע לרוכשים פוטנציאלים ולכל דורש, ומאגד מידע הכולל ממצאי סקרים ומידע מהימן אחר המעיד על מצב זיהום הקרקע באתר. באמצעות פנייה למאגר ניתן לקבל תעודה הכוללת מידע מקיף באשר לאיכות הקרקע בעת הפקת התעודה, התחייבות לשיקום, חקירות שבוצעו באתר ופעולות שיקום.

באשר לשיקום הצו מבחין בין זיהום היסטורי המוגדר כזיהום שהתרחש לפני כניסת הצו הראשון לתוקף בשנת 1995, לבין זיהום חדש אשר נגרם לאחר מועד זה. עפ"י הצו זיהום חדש יש לשקם באופן מידי. ניהול זיהום היסטורי מבוצע בגישה של הערכת סיכונים, ההחלטה האם יש לשקם או לא מתקבלת על סמך הסיכון הממשי ואדם ולסביבה כתוצאה מהזיהום (הערכה איכותית). במקרה זה יש לבצע שיקום רק במידה ומתקבל צו הממשלתי הדורש את שיקום הקרקע.

אפיון האתרים לנושא זיהום קרקע, תהליך החקירה והפעולות לשיקום הקרקע מעוגנים בתהליך העברת בעלות על מגרשים. טרם חתימת הסכם על העברת בעלות על מוכר הקרקע לבקש תעודת קרקע מ-OVAM. במידה ובמתחם הנדון מבוצעת או בוצעה פעילות או שישנו מתקן פעיל או שהיה פעיל הכלולים ברשימת פעילויות/מתקנים בעלי פוטנציאל זיהום, יש לבצע חקירת אתר טרם העברת הקרקע.

חובת השיקום של אתר מזוהם מוטלת על משכיר/מפעיל או על בעלי הקרקע בנקודה בה הגיעו המזהמים לקרקע. חובת השיקום אינה מוטלת על מפעיל/בעלים של שטח אליו הזיהום נדד ממתחם אחר המהווה את מקור הזיהום. משכיר, מפעיל או בעלים של קרקע אינו מחויב לשיקום הקרקע באם באפשרותו להוכיח כי הוא אינו מקור הזיהום ו/או בעת רכישת הנכס לא היה מודע לזיהום הקרקע. במקרים של זיהום היסטורי, בעלי הקרקע פטורים משיקום באם באפשרותם להוכיח כי הקרקע נרכשה לפני 1993 ומאז שימשה באופן בלעדי לשימושים שאינם תעשייתיים ואפילו שהיה בידו ידע מוקדם באשר לזיהום הקרקע באתר.

.1.3.2.2 ערכי סף

התקנות לשיקום קרקעות מגדירות ערכי סף לאיכות קרקע וערכי מטרה לשיקום.
התקנות כוללות מספר וריאציות נוספות של ערכי סף למקרים פרטיים כדוגמת ערכי סף לשימוש בקרקעות חפורות באתרי בנייה (כולל ערכי סף במיצוי מיימי לספר מתכות).
שיקום אתרים חדשים מבוצע במטרה להגעה לערכי הסף (target values for soil quality), המבוססים על הסיכון לאדם ולסביבה (ערכי הסף מפורטים בנספח ב-1 לדוח זה). שיקום לערכים אלה מבטיח שימוש בלתי מוגבל בקרקע בעתיד. במידה ושיקום לערכים אלה בלתי אפשרי או כרוך בעלויות לא סבירות (**Best available techniques not entailing excessive costs**), יש להגיע בשיקום לפחות לערכי הסף לשיקום (נספח ב-2).
בנוסף ניתן גם לבצע הערכת סיכונים אשר מבוססת על אותן הגדרות סיכונים אך לוקחת בחשבון את תכונות האתר הספציפי. אמות המידה לשיקום מחושבות בהתחשב ברעילות לאדם ולקולטנים האקולוגים הרלוונטים לאתר (מי תהום, בע"ח וכד'). הערך אשר נקבע כריכוז המטרה נגזר מתוך נתונים טוקסיקולוגים המוזנים לעקומות התפלגות, ומהווה את הערך המחמיר מבין אלה שנקבעו עבור כל אחד מהקולטנים. שיטה זו שימשה עד כה בעיקר להערכת סיכונים באתרים מזוהמים במתכות, זאת בשל המידע הטוקסולוגי המוגבל הזמין עבור המזהמים האורגנים השונים.

המודל המשמש להערכת הסיכונים VLIERHUMAAN (Flemish Instrument for the Evaluation of Human Risks) זמין משנת 1997. ההכרה במודל זה אינה שוללת שימוש במודלים אחרים להערכות סיכונים אך תהליך האישור של המודל עלול להתארך. אמות המידה לשיקום נבחנים מחדש ומעודכנים כל 10 שנים.

כאשר מדובר בקרקעות חפורות נעשה שימוש בערכי סף לשיקום עפ"י שימושי הקרקע. כאשר אם בקרקע ריכוזים של עד 80% מערכי הסף לשיקום (בהתאם לשימוש הקרקע), הקרקע טובה לכל שימוש בתחומי המגרש. קרקע בה הריכוזים גבוהים מ-80% (או ניתן להניח כי מכילה מזהמים אשר לא מוזכרים בערכי הסף) ניתנת לשימוש כל עוד עומדת במספר תנאים:

(א) אינה תורמת מזהמים למי התהום
(ב) החשיפה לקרקע אינה מוסיפה לסיכון הקיים במגרש
(ג) נעשה בה שימוש סביר

כאשר מדובר באתרים עם זיהום היסטורי, ערכי המטרה לשיקום יתבססו על הסיכון האמיתי המוצב לאדה ולסביבה כתוצאה מהזיהום, ויקבעו באמצעות סקר סיכונים.

1.3.2.3. השבה ומחזור קרקעות

בפרויקטי תשתית גדולים נחפרים נפחי קרקע גדולים. לעיתים נעשה שימוש חוזר בקרקע בתחומי האתר או הפרויקט, אך לרוב הקרקע מפונה לשימוש חוזר באתרים אחרים. אם העבודות מבוצעות באתרים מזוהמים ישנו סיכון לזיהום אתרים נקיים באם יעשה שימוש חוזר בקרקע. במטרה למנוע את פיזור המזהמים, להגן על לכל הגורמים המעורבים בפינוי הקרקע ולעגן את אופן הטיפול, הממשלה הפלמית ניסחה הנחיות לשימוש חוזר בקרקעות שנחפרו. הנחיות אלה עוגנו בתקנות הפלמיות לשיקום קרקע (VLAREBO) שנכנסו לתוקף בשנת 2004.

על מנת להגדיר את השימושים המותרים בקרקע יש לבצע בתחילה סקר איכות קרקע. אופי פעולות החפירה ונפח הקרקע יכתיבו את אופן הדיגום. התקנות מסדירות את השימושים המותרים לקרקעות החפורות בהתאם לאיכות הקרקע, אופי האתר בו מתוכנן השימוש החוזר והשימוש המתוכנן. הכלל המנחה הוא שהקרקע לא תרע את התנאים הסביבתיים באתר היעד. ישנו פיקוח על תהליכי הפינוי במטרה לעקוב אחר זרמי הקרקע היוצאים מאתרי העבודות ושימושי הקצה.

1.3.2.4. פתרונות קצה

השיטה העיקרית לשיקום קרקעות היא באמצעות חפירה ופינוי קרקע. ישנה מגמת שיפור לטובת שיקום IN-SITU (SVE, bioventing, דעיכה טבעית). בבחינת התפלגות טכנולוגיות השיקום בבלגיה בין השנים 2007-2013 (תרשים 3), ניתן לראות כי הטיפול התרמי שימש ומשמש כטכנולוגיית שיקום באחוזים בודדים

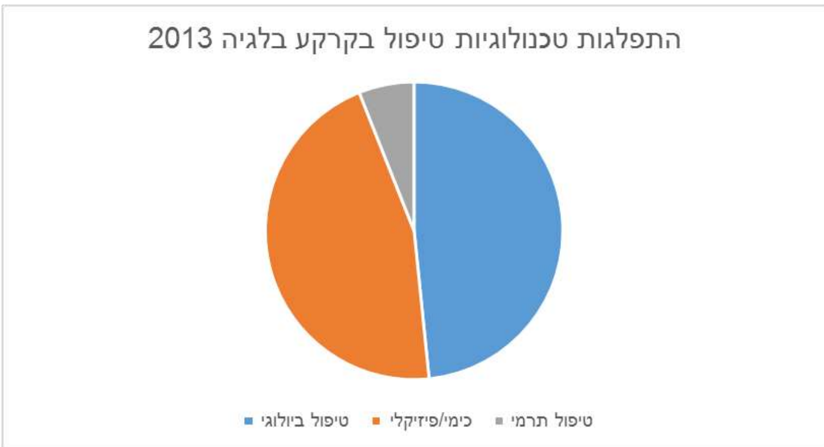
מהקרקעות המועברות לטיפול. הרוב המוחלט של הקרקע מועבר לטיפול ביולוגי ו/או לטיפול כימי פיזיקלי (טכנולוגיות כדוגמת שטיפת קרקע).

בבחינת פתרונות הקצה המשמשים להשבה ומחזור קרקעות (תרשים 4), ניתן לראות כי עיקר הקרקע המועברת לשימוש חוזר משמשת כחומרי מילוי (כ-45% מסך הקרקע המועברת לשימוש חוזר, למעלה מארבעה מיליון טון נכון ל-2013). כ-20 % מהקרקע משמשת בתשתיות ובכבישים, כ-13% לשיקום מחצבות וכ-6.5% לבניית סוללות. שאר הקרקע (אחוזים בודדים) מועברת לתעשיות (כדוגמת מפעלי בטון וקרמיקה) ולהטמנה.

תרשים 3: התפלגות טכנולוגיות השיקום בבלגיה 2007-2013

מתוך מצגת OVAM, במסגרת ביקור המשרד להגנת הסביבה בהולנד, 2016

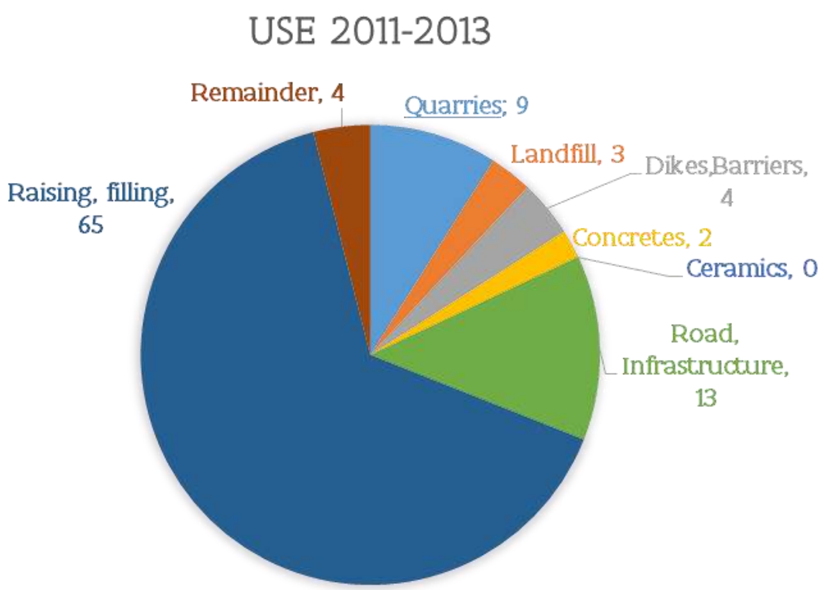
שנה	2007	%	2010	%	2013	%
טיפול ביולוגי	488,000	63.2	451,000	53.4	314,000	48.4
כימי/פיזיקלי	257,000	33.3	359,000	42.5	296,000	45.6
טיפול תרמי	27,000	3.5	34,000	4.0	39,000	6.0
סה"כ	**772,000**		**844,000**		**649,000**	



תרשים 4: התפלגות יעדי קצה למחזור קרקעות, בלגיה, 2011-2013

מתוך מצגת OVAM, במסגרת ביקור המשרד להגנת הסביבה בהולנד, 2016

Year	2011	2012	2013
Use (tonnes)			
Rehab Quarries	820 000	1 374 000	1 216 000
Landfill	254 000	635 000	348 000
Dikes, Barriers	216 000	476 000	628 000
Concretes	157 000	273 000	273 000
Ceramics	39 000	20 000	25 000
Road, Infrastructure	904 000	1 952 000	1 902 000
Projectzone %	61	72	73
Removal %	39	28	27
Soil %	61	68	69
Construction purposes %	39	32	31
Raising, Filling	10 290 000	9 545 000	4 237 000
Projectzone %	52	75	35
Removal %	48	25	65
Soil %	88	97	89
Construction purposes %	12	3	11
Remainder	16 000	641 000	682 000
Total	12 697 000	14 916 000	9 312 000



1.3.2.5. מנגנוני מימון

במידה והגורמים המחויבים בשיקום לא מוכנים או שאינם מסוגלים לממן שיקום של אתר המהווה סיכון לאדם או לסביבה, האתר ייכנס לתכנית השיקום של OVAM. OVAM תבצע ותממן שיקום מלא בשלב ראשון, ותנהל תביעה משפטית מול הגורם האחראי לזיהום לתשלום של הוצאות השיקום.

בנוסף ישנן קרנות ייעודיות שונות המסבסדות/מממנות שיקום אתרים:

א. החל משנת 2004 תחנות תדלוק יכולות להעזר בקרן BOFAS הממומנת 50/50 ע"י הספקים והצרכנים באמצעות מס על הדלק. תחנות פעילות יכולות לקבל מימון של עד 62,000 אירו בעוד תחנות שנסגרות יכולות לקבל החזר מלא בעבור טיפול בזיהומים היסטורים.

ב. קרן Vlabotex תומכת בשיקום אתרים שזוהמו ע"י בתי עסק לניקוי יבש. בתי עסק המצטרפים לקרן יכולים להעביר את ההתחייבות לשיקום וביצוע השיקום המלא לקרן. ההצטרפות כרוכה בתשלום שנתי לקרן למשך 30 שנה (לכל היותר). הקרן ממומנת חלקית גם ע"י מענקים ממשלתיים.

ג. פושטי רגל אשר בבעלותם אתרים מזוהמים שלא ניתן לעשות בהם שימוש בשל הזיהום יכולים לקבל תמיכה מ-OVAM. הבעלות על השטח והאחריות לביצוע השיקום יועברו ל-OVAM בעלות סמלית (של 1 אירו). OVAM תממן ותבצע את השיקום באתר, עם השלמת השיקום הקרקע תימכר.

ד. החל משנת 2013 OVAM מסבסדת פעולות שיקום הנעשות ע"י בעלי אתרים מזוהמים בעבר ובהווה בהם ישנו זיהום היסטורי. OVAM מממנת 35% או 50% מעלויות השיקום ועד למקסימום של 200,000 אירו. התקציב השנתי של OVAM עומד על 100 מיליון אירו, שליש מגיע מכספי ציבור וכשני שליש מהמגזר הפרטי. מתוך זה כ-1.5 מיליון אירו משמשים לביצוע חקירות קרקע וכ- 20-30 מיליון אירו לשיקום בפועל.

1.3.2.6. סיכום

החקיקה העיקרית לנושא הגנה על הקרקע בבלגיה נכנסה לתוקף בשנת 2007 בצו לשיקום והגנה על הקרקע. הצו מסדיר היבטים של מניעת זיהום קרקע חדש וטיפול ושיקום באתרים מזוהמים היסטורית. עפ"י התכנית האתרים העיקריים המהווים סיכון לאדם ולסביבה יטופלו עד 2036.

כל השלבים, החל מאיפיון האתר ועד לתכנית השיקום וסיום השיקום מבוקרים ומאושרים ע"י OVAM, ומבוצעים ע"י יועצים המאושרים על ידם. במדינה הוקם מאגר מידע לאומי לנושא קרקעות מזוהמות המתעד את כל המידע הקיים בנושא ומנפיק תעודות איכות קרקע בכל תהליך של מכירת קרקע. הנפקת התעודות סייעה להעלאת המודעות ולהקפדה של רוכשי קרקע לטיפול בזיהום פוטנציאלי במרגשים הנרכשים להחלת האחריות על הגורם האחראי לזיהום. השיקום מבוצע עד להגעה לערכי סף המוסדרים בחוק או לערכי סף מותאמי אתר המתקבלים מסקר סיכונים, בהתאם נתוני האתר ולבחירת הגורם האחראי לשיקום.

רוב הקרקע המזוהמת הנחפרת או מועברת לטיפול Ex-Situ מפונה לשימוש חוזר באתרים שאינם האתרים מהם היא הגיעה, בהתאם לכך ישנו מנגנון בקרה המוודא כי העברת הקרקע אינה מזהמת אזורים נקיים וכי הקרקע עומדת בקריטריונים ובערכי הסף ליישוב ביעדי הקצה. עם זאת, היקפי שיקום In-Situ עולים עם הזמן ומקטינים את נפחי הקרקע המועברים ליעדי קצה אחרים.

בבלגיה ישנו מערך שלם המסייע לבעלי עסקים במימון השיקום, החל מקרנות ייעודיות לפי סוגי בתי העסק (כדוגמת תחנות תדלוק ועסקים לניקוי יבש) ועד אשרות לסיוע ממשלתי במימון השיקום בתמורה להעברת בעלות על הקרקע למדינה. במקרה זה מכירת הקרקע בסיום השיקום מממנת את פעולות השיקום שנעשו באתר.

1.3.3. אנגליה

1.3.3.1. רגולציה סביבתית

ההתייחסות באנגליה לשימוש בקרקעות מושבות נובעת מהמושג Brownfield שמשמעו קרקע שעברה פיתוח בעבר (Previously developed land) ובעלת פוטנציאל לפיתוח בעתיד. לרוב מדובר בקרקע שהייתה בשימוש תעשייתי או מסחרי. כיום יש באנגליה לבדה מעל ל-660 קמ"ר Brownfield, רובם באזורים המתפתחים בקצב מואץ באזור לונדון, דרום מזרח ומזרח אנגליה.

עפ"י הגדרות החוק קרקע מוגדרת כמזוהמת כאשר הריכוזים בקרקע עלולים לסכן אנשים, רכוש או מינים מוגנים, כאשר היא מזהמת מים עיליים או כאשר היא פולטת קרינה רדיואקטיבית.

האחריות לזיהום באתרים משתנה בהתאם לשיעורי הזיהום ולהגדרות החוק. אם הקרקע עונה על ההגדרה המשפטית לקרקע מזוהמת הגורם אשר גרם לזיהום או אפשר לו להתרחש אחראי לטפל בו. זאת למעט מקרים בהם הגורם לא ניתן לזיהוי או שניתן לגורם המזהם פטור. אם הקרקע לא עונה על ההגדרה המשפטית לקרקע מזוהמת האחריות לטיפול בה חלה על הגורם המזהם או על הבעלים של הקרקע.

בעוד שהדירקטיבה האירופאית מ-2008 מסווגת את כל עודפי העפר מאתרי הבניה כפסולת, בין אם הם מזוהמים ובין אם לאו, באנגליה הגדירו שתי קטגוריות שונות לקרקע זו: (1) קרקע המסווגת כפסולת (Code of practice) ו-(2) קרקע מאתרי בניה שאינה מזוהמת (Construction Code of Practice (for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites.

1.3.3.2. ערכי סף

במידה והקרקע אינה מסווגת כפסולת ניתן להשתמש בה או לשיקום האתר המתחדש או להעבירה לאתר אחר ישירות (במידה והיא לא מזוהמת כלל) או, במודל משולב (Cluster), להעבירה לאתר האב (Hub) ולאחר הרחקת המזהמים באתר זה להעבירה לשיקום אתר אחר. השימוש ב- Code of Practice (COP) יכול להיעשות רק אם החומר מתאים לשימוש, ניתן להבטיח שייעשה שימוש חוזר בחומר לאחר הטיפול בו, החומר הוא בנפח הדרוש בדיוק, והחומר אינו מהווה סכנה לאדם או לסביבה.

במידה ונוצרת כמות עודפת של חומרי הבניה גם לאחר שיקום הקרקע, העודפים יסווגו כפסולת גם אם הרכבם ורמת הזיהום שבהם מאפשר שימוש חוזר.

מטרת ה- CoP הינה הערכה בכל אתר ספציפי האם הקרקע שבו תסווג כפסולת או לא, כאמור בשונה מהדירקטיבה האירופאית לא כל חומר נחפר מסווג אוטומטית כפסולת. בנוסף מאפשר ה- CoP לקבוע בזמן אמת ו- on-site מתי פסולת תוכל להיהפך מפסולת לחומר שימושי.

על פי ה- CoP, האחריות על סיווג החומר כפסולת או כחומר שימושי חלה על יצרן החומר. היצרן רשאי להציע דרכים לטיפול בחומר, כך שתהליך הסיווג דורש רגולציה עצמית, אמון, ויושרה מקצועית.

1.3.3.3. השבה ומחזור קרקעות

על מקבל הקרקע, בין אם קיבל את הקרקע ממוסר קרקע או בין אם מדובר באותו בעל קרקע ותהליך שיקום On-Site, חלה חובה לבצע סקר סיכונים לאתר. סקר הסיכונים צריך לכלול פירוט על הסיכונים שעלולים להיווצר

מנוכחות מזהמים בקרקע, פירוט הפתרונות לניהול האתר המזוהם בדרך המיטבית והכלכלית ביותר, ותכנית למניעת התפשטות הזיהום.

אחרי ניסוח דרכי הפעולה באתר (MMP-Material Management Plan), צריך בעל האתר לקבל אישור ממשרד הסביבה (EA- Environment Agency) על הצהרת הפעולה. אם ה- EA ימצא כי החומר לא טופל בהתאם לתכנית ניהול חומרים (MMP) והערכת הסיכונים, או אם החומר יתגלה כי אינו מתאים לשימוש, או שנעשה בו שימוש בכמויות הגדולות מהדרוש, או שהוא יכול לגרום לנזק לבריאות האדם או לסביבה, רשאי המשרד לבטל את האישור.

ה- CoP מתייחס לחומרים הבאים:

- קרקע, בין אם היא בשכבה העליונה או התחתונה
- קרקע ומינרלים ממחצבות
- תשתיות קרקע הניתנות לשימוש חוזר, לדוגמא כבישים ומרצפות בטון
- קרקע מאתרי הריסות

אין להשיב את סוגי החומרים הבאים:

- קרקע אשר הייתה נגועה בעשבים פולשניים, אלא אם כן יש הנחיות מיוחדות להתמודדות עם אותו סוג עשב ספציפי.
- חומר מתשתיות כמו צנרת ומכלי אחסון.
- פסולת בנייה כללית כמו לוחות טיח, זכוכית, עץ ועוד
- חומר הנכלל בתוך כללי ה- Mining Waste Directive

על מנת לערוך סקר סיכונים בכל אתר בנפרד ולהחליט על אסטרטגיית הפעולה הדרושה, נוסחו הנחיות הנקראות Soil Guidelines Values (SGV). הנחיות אלו מבוססות על קריטריונים גנריים מדעיים על מנת להעריך את הסיכון לבריאות האדם כתוצאה מחשיפה בטווח הארוך למזהמי הקרקע. הנחיות אלה אינן כוללות הערכת הסיכון לעובדים עם הקרקע. בהנחיות אין ערכי סף למזהמים בקרקע, תוכנה ייעודית – CLEA - מחשבת את כמות המזהמים לה נחשפים העובדים. ערכי הסף מתייחסים לערכי המזהמים אליהם ניתן להיחשף ונקראים Health Criteria Values (HCV) המוגדרים על ידי משרד הבריאות. כלומר באנגליה, להבדיל מהולנד, אין ערכי סף למזהמים בקרקע אלא ערכי סף לחשיפה עצמה. המודל מעריך את הסיכון כתוצאה ממספר מסלולי חשיפה כדוגמת חשיפה הנובעת מחדירת מזהמים למערכת העיכול, למגע עורי, ולנשימה (Environment Agency 2009).

חומר מסווג כפסולת רק אם הוא מסולק או מיועד לסילוק על ידי מייצר החומר. ברגע שהחומר מסולק הוא יסווג כפסולת עד שהוא ישוקם. אין פקטור יחיד לפיו ניתן להגדיר את החומר כפסולת או שהוא הפסיק מלהיות מסווג כפסולת. הפקטורים לקביעת פסולת הינם:

- הגנה על בריאות האדם והסביבה

- יכולת התאמה לשימוש ללא טיפול נוסף
- וודאות שניתן לעשות שימוש חוזר בחומר
- כמות החומר, יש צורך שכמות החומר המושב תהיה בדיוק לפי הצרכים.

עודף מהחומר יסווג אוטומטית כפסולת.

- ה- MMP צריך לענות על כל אחד מארבעת הקריטריונים לעיל על מנת שחומר לא יחשב כפסולת או חומר שהושב מפסולת לחומר שימושי, יש צורך להוכיח שהחומר אינו פסולת על ידי הגשת מסמך MMP.

יש שתי דרכים לנהל פסולת. האחת היא ע"י אסטרטגיית השבה (remediation strategy) בה מוצגת בעיית הזיהום והדרך לטפל בה על ידי סקר סיכונים ו- Model Procedures for the Management of Land Contamination. דרך נוספת הינה באמצעות Design Statement שבה לא ידוע על זיהום אפשרי בחומר ויש לערוך סקר קרקע שהינו מקיף פחות מסקר הסיכונים המהווה חלק מדרך אסטרטגיית ההשבה.

לאחר בחירת דרך הטיפול, יש להציג את ה- MMP המתאר את אופן הטיפול בחומר. ה- MMP כולל את רשימת כל הגורמים המעורבים בטיפול בחומר, רשימת החומרים המעורבים כולל כמותם ופוטנציאל השימוש שלהם, מטרת השימוש בחומרים כולל הערכת סיכונים, פרטים על מיקום ודרך האחסון של החומרים ושינועם ופרטים על היעדים הסופיים הצפויים לחומרים.

ביחד עם ה- MMP יש צורך להגיש תכנית אימות (Verification plan) שתפרט את אופן תיעוד מיקום החומרים. התנכית תכיל הצהרה אודות הדרך בה החומרים קשורים לשיקום האתר.

הרגולטור האחראי על יישום ה- CoP הוא משרד הסביבה, אולם כאמור האחריות בפועל על ביצוע ה- CoP הינו בעל האתר. למשרד הסביבה יש את הזכות לבטל את ההיתר של בעל האתר לשקם את הקרקע במידה ונמצא שבעל האתר הפר את כללי ה- CoP (CL:AIRE 2011).

מסמך ה- CoP מאפשר לנתב את החומר המושב ליעדים שונים:

- שימוש on-site בחומר, גם אם לא עבר טיפול, כחלק מפיתוח האתר
- שימוש ללא טיפול באתר מתפתח אחר בתנאי שהחומר עומד בתנאים. לא ניתן להשתמש בקרקע מלאכותית, קרקע מתשתיות, ואגרגטים מופרדים
- שימוש באתר מתפתח אחר לאחר טיפול באתר שיקום (hub).
- ניתן לעשות שילוב בין הקטגוריות הנ"ל

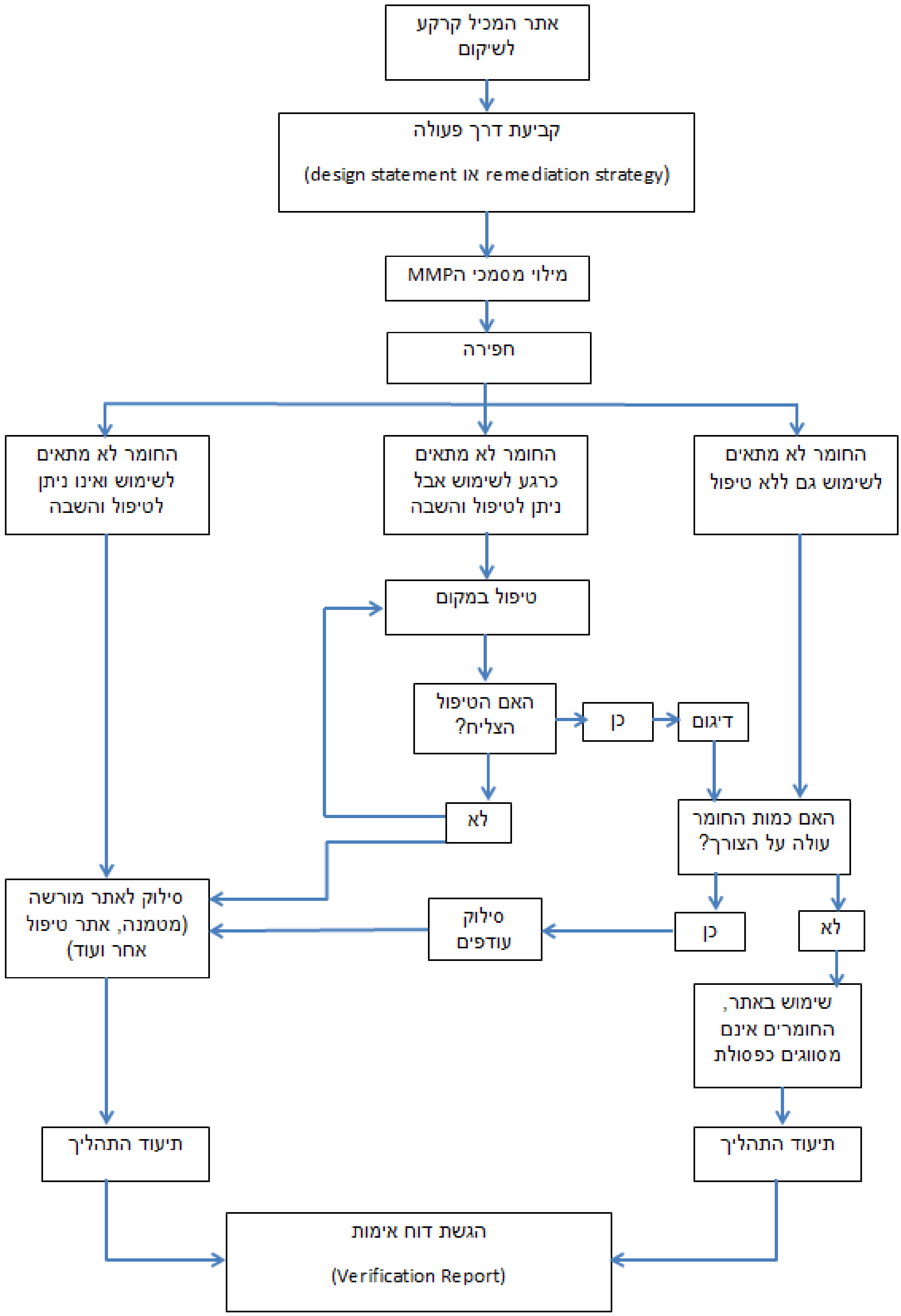
השימוש On-Site בקרקע היא הפשוטה ביותר (תרשים 5). לפי תרחיש זה בעל האתר צריך לקבוע את אסטרטגיית הפעולה (Remediation Strategyאו Design Statement) ולאחר מכן לטפל בקרקע במקום. בחירת סוג הטיפול והאחריות על ביצועו חלה על בעל האתר. בעל האתר יכול להשתמש רק בכמות החומר הדרושה לצורך שיקום האתר. במידה ומתקבלת כמות חומר גדולה מהדרוש, יסווג חומר זה אוטומטית כפסולת ועליו להישלח לאתר מורשה כגון מטמנה. גם במידה והטיפול On-Site לא הצליח, על בעל האתר חלה האחריות לשלוח את החומר אל מטמנה מורשית או אל אתר טיפול מתקדם.

במידה והחומר באתר המוסר נקי לגמרי ואין חשד להמצאות מזהמים (חומר זה מוגדר כGreenfield). ניתן למכור אותו לאתר אחר לצורך שיקום או בניה באתר המקבל (תרשים 6). במקרה זה אין צורך בטיפול בקרקע אלא רק בבדיקה שהחומר הנמכר אינו מזוהם. האתר המקבל יכול להיות Greenfield או Brownfield.

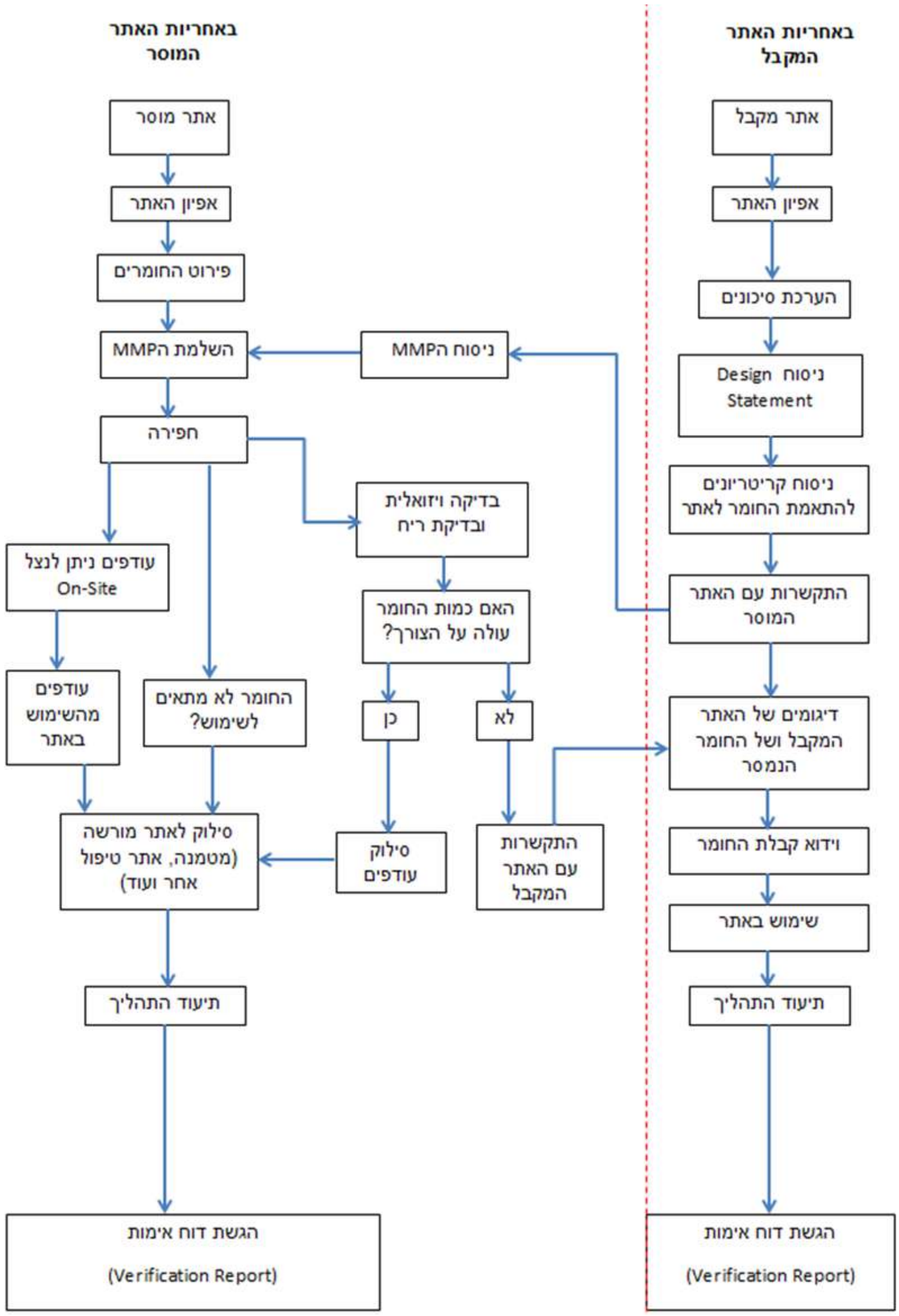
השבה של חומר Brownfield ומכירתו באתר אחר כרוכה בהעברת החומר לאתר Hub, אשר יהיה אחראי על הטיפול החומר והפיכתו לחומר הניתן לשימוש (תרשים 7). אין אפשרות לעשות טיפול On-Site ולאחר מכן למכור את החומר. החומר חייב לעבור טיפול דרך צד שלישי שהוא אתר הHub. כאשר ריכוז המזהמים יופחת כך שלא יגרמו לחשיפה מסוכנת באתר המקבל ניתן יהיה להעביר את החומר מאתר הHub לאתר המקבל.

LUDAN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

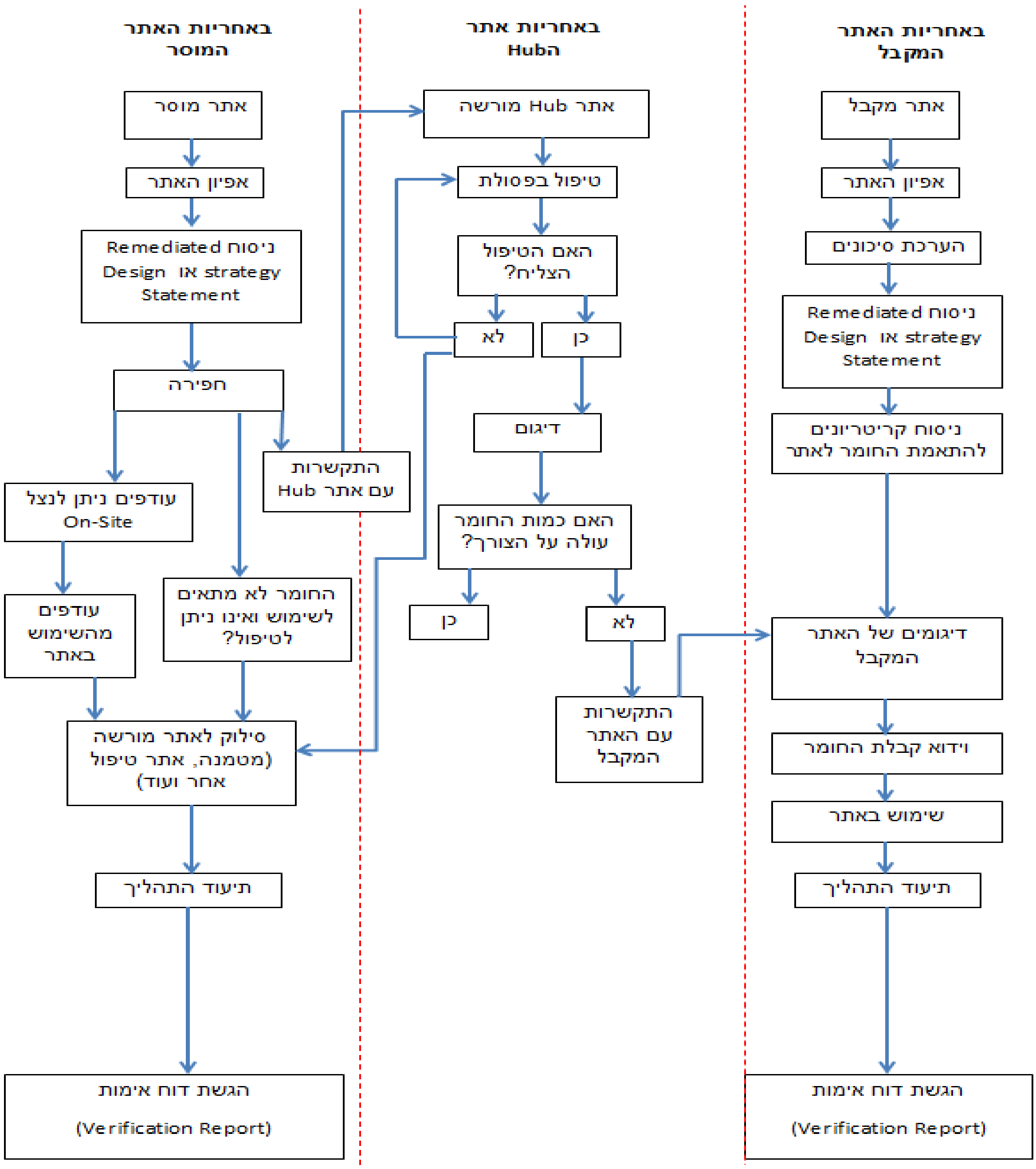
תרשים 5: תרשים השלבים הדרושים לטיפול On-Site



תרשים 6: השלבים הדרושים לשימוש בחומר באתר אחר לאחר טיפול:



תרשים 7: השלבים לשימוש בחומר באתר אחר לאחר טיפול:



1.3.3.4. פתרונות קצה

בשנת 2009 פורסם באנגליה קוד לשימוש חוזר בר קיימא בקרקעות מזוהמות, במטרה לעודד שימוש בקרקעות. הקוד מתייחס ליישום של הקרקעות באתרי בנייה. הקוד אינו מחייב חוקית, אך מעלה תועלות אפשריות לעידוד השימוש בקרקעות. עיקר היישום המוזכר במסמכים שונים נוגע לתחום הבנייה והתשתיות, בדומה למדינות האחרות שנבחנו.

1.3.3.5. מנגנוני מימון

סעיף A2 בחוק להגנת הסביבה (2000) מספק מנגנון לטיפול באתרים מזוהמים בהם לא ניתן לטפל מסיבות שונות דרך רשויות התכנון או כחלק מהליך וולונטרי אחר. החוק מטיל על הרשויות המקומיות את איתור האתרים הדורשים שיקום המצויים בתחומן. הרשויות נדרשות להציג מסמכי מדיניות המגדירים כיצד הרשות מתכננת לממן את פעולות הניקוי של הקרקע.

עפ"י עיקרון המזהם משלם, על הגורם המזהם לממן את פעולות שיקום הקרקע. בפועל, רק 9% מפעולות השיקום ממומנות ע"י הגורם המזהם. 8% נוספים ממומנים ע"י הבעלים של הקרקע או הגורם אשר עושה בקרקע שימוש. בהתאם לכך עלויות השיקום לפי סעיף A2 לחוק, ממומנות כברירת מחדל ע"י הרשות המקומית.

מתוך כלל האתרים ששוקמו בין השנים 2000-2013, 83% (כ-72,000 אתרים) טופלו במסגרת הליכי התכנון (ע"י המזהם או בעל הקרקע כיום). כ-7% טופלו ע"י הרשויות המקומיות במסגרת הרחבה 2A לחוק. התבססות על הליכי התכנון (בהם בעל הקרקע או המזהם משלם) עשויה לגרום לעיכובים בשיקום. עם זאת, השתת השיקום ע"י הרשויות המקומיות עלול להביא לבעיות מימון קשות של הרשויות המקומיות.

קרן בשם "דפרה" לפעולות ניקוי קרקע היתה זמינה לרשויות המקומיות בעבר, וחילקה מענקים לשיקום. מימון זה הגיע לכדי 17.5 מיליון לישט בשנים 2009/2010, אך ירד ל-2 מיליון לבד בשנים 2013/2014. באפריל 2017 המימון הופסק באופן סופי. סיוע הקרן כיסה כ- 81% מעלויות השיקום בין השנים 2000-2013, כ- 17% מהעלויות מומנו ע"י הגורם המזהם/ בעל הקרקע וכ- 2% מומנו ע"י גורם ציבורי אחר.

על אף הפסקת פעולת הקרן מימון המאפשר לרשויות המקומיות למלא את חובותיהן במסגרת סעיף 2A מבוצע באמצעות מענקי סיוע כספי שונים.

מנגנון מימון נוסף התמקד בבנייה למגורים. על מנת לעודד בניית בתי מגורים ברחבי אנגליה, יזמה סוכנות הבתים וקהילות Homes and Communities Agency (HCA), גוף ציבורי הממנן דיור בר השגה באנגליה, את התוכנית Starter Homes Local Authority Funding Program. תכנית זו מציעה, בעיקר לצעירים, בתי מגורים במחירים מוזלים. הממשלה מתחייבת לבניית 200,000 בתים לאורך תקופת הרצת התכנית, אשר ימכרו במחיר הנחה בשיעור של לפחות 20% מערך השוק של הבית. בשנת 2015, עת התחילה התכנית, השקיעה ממשלת אנגליה 36 מיליון ליש"ט לטובת ביצוע הפרויקט, מתוכם 10 מיליון ליש"ט הועברו לרשויות המקומיות. מהכסף המוצע לרשויות המקומיות כל רשות מקומית יכולה לבקש מענק לצורך חקירת אתרים, שיקום קרקע, הריסה ופעילויות אקולוגית הדרושות להשמשת הקרקע.

1.3.3.6. סיכום

פוטנציאל השבת ומחזור קרקעות באנגליה נגזר ישירות מתוך הגדרות הפסולת ומתוך קוד מעשי אשר נכנס לתוקף בעשור הקודם. שלא כמו בדירקטיבה האירופאית באנגליה הוגדרו שתי קטגוריות לקרקע ולעודפי חפירה: קרקע מזוהמת המסווגת כפסולת, מצריכה טיפול קדם אשר יאפשר יישום שלה באתר עצמו או באתר יעד אחר. קטגוריה שניה כוללת קרקע מאתרי בנייה שאינה מזוהמת. קטגוריה זו מאפשרת לעשות שימוש בקרקע באופן מיידי במידה ועומדת בתקנים לפי השימוש המתוכנן. עם זאת, עודפי עפר הנותרים בסוף הפרויקט (ואפילו נקיים) מועברים להטמנה. היקף השיקום באתרים מזוהמים יכול להקבע גם ע"י סקר סיכונים. סקר הסיכונים יגדיר ערכי סף מבוססי אתר ויסייע בצמצום הקרקעות לפינוי/ טיפול.

גם באנגליה עיקר היישום של השבת הקרקע מתייחס בעיקר לשימוש On Site או לשימוש בפרוייקטי תשתית ו/או בניית מבנים למגורים. בהתאם למדיניות הרווחת במדינות האחרות שנבדקו, המימון מתבסס על עקרון המזהם משלם. כאשר האחראי לזיהום אינו ידוע או זמין לטיפול בזיהום, החוק להגנת הסביבה מטיל את השיקום על הרשויות המקומיות. בעבר פעלה במדינה קרן לסיוע לרשויות המקומיות במימון פרוייקטים בהם לא נמצא האחראי על הטיפול. כיום הקרן אינה פעילה, אך ישנן אפשרויות מימון אחרות הזמינות לסיוע לרשויות.

1.3.4. ניו ג'רסי

1.3.4.1. רגולציה סביבתית

מחלקת הגנת הסביבה (DEP - Department of Environmental Protection) במדינת ניו ג'רזי פרסמה בשנת 2008 מסמך הנחיות עבור שימוש חוזר בקרקעות מטופלות. אין חקיקה המעודדת השבה של קרקעות. עיקר הרגולציה נוגעת לאישור השימוש בקרקע מזוהמת מטופלת. על בעל הקרקע לוודא בכל האמצעים ההנדסיים העומדים לרשותו שאין פגיעה במי התהום או במים עליים אשר יעמדו לפני הכנסת הקרקע המזוהמת. הטיפול בקרקעות מזוהמות יעשה רק במקום בו הקרקע מזוהמת כבר מלכתחילה על מנת למנוע זיהום של קרקע נוספת וחל איסור על העברת הקרקע למקום אחר כל עוד הזיהום קיים. על בעל האתר לוודא שהקרקע אחרי תהליך השיקום אינה מסוכנת ולהגיש דוח דיגום ל- DEP. רק בקרקע כזו ניתן לעשות שימוש חוזר. קרקע מושבת חייבת להחיל פחות מ- 10 מ"ג/ק"ג Polychlorinated biphenyls המשמשים כחומרי רפרנס לקרקע מזוהמת.

1.3.4.2. ערכי סף

ה- EPA עודד מדינות בארה"ב ליישם הערכת סיכונים בתהליכי השיקום עם ריכוזי מטרה מותאמי אתר, זאת על פני שימוש בערכי סף שרירותיים. להערכת ה-EPA המערכת הרגולטורית משתפת פעולה יותר כאשר תהליכי השיקום מונעים ע"י הסיכון האמיתי ולא ע"י ערכים כלליים. רשימת ערכי הסף מבוססי סיכון המלאים מופיעים בנספח א' לדוח זה.

1.3.4.3. השבה ומחזור קרקעות

קרקע מושבת יכולה להכיל רק את אותם סוגי מזהמים שנמצאו בקרקע המזוהמת בכמות נמוכה יותר, אולם אם קיימות נגזרות לחומרים ניתן לקבל אישור גם על חומרים דומים. לדוגמא אם הקרקע הייתה מזוהמת באליפאטים ולאחר תהליך השיקום יימצאו בקרקע מתכות שלא היו בה לפני הטיפול, לא ניתן יהיה להשיב את הקרקע. אולם אם יימצאו בה נגזרות פירוק של האליפאטים ניתן לקבל אישור להשבת הקרקע. ככלל ריכוז כל מזהם בקרקע המושבת חייב להיות עד 25% מריכוזו בקרקע המזוהמת על מנת לעשות שימוש חוזר. (Department of Environmental Protection 2008, Department of Environmental Protection 2012).

1.3.4.4. פתרונות קצה

נעשתה בדיקה מקיפה באשר לפתרונות הקצה הזמינים בניו ג'רסי, בכל המסמכים שנבחנו אין התייחסות לפתרונות קצה ספציפים בהיבט המעשי שלהם.

1.3.4.5. מנגנוני מימון

בראשית שנות ה-80, עם עליית המודעות לנושא זיהום הקרע ומי התהום בארצות הברית, ייסד הקונגרס האמריקאי תכנית לניקוי אתרים מזוהמים המהווים סיכון לסביבה. בניו ג'רסי המשרד להגנת הסביבה המקומי

מנהל את התכנית ומפקח על הביצוע. הקרן מטפלת בעיקר באתרים בהם לא ניתן להשית את האחריות לזיהום על הגורמים הקיימים בשטח כיום (בעלים שלא גרמו לזיהום, שטחים נטושים וחברות שכבר לא קיימות לדוגמה). בנוסף ישנן קרנות המציעות לגופים פרטיים השתתפות במימון השיקום, בתמורה לתשלום שנתי המהווה 1% מסך עלויות השיקום.

1.3.4.6. סיכום

בניו ג'רסי אין חקיקה מסודרת המעודדת השבה של קרקעות. באופן כללי על בעל הקרקע לוודא שהקרקע אחרי תהליך השיקום אינה מסוכנת, ולדווח על הפעולות שנעשו למשרד להגנת הסביבה המקומי. שימוש חוזר ניתן לעשות בקרקע שנבדקה והוכח כי אינה מסוכנת בלבד.
ערכי הסף על פיהם מתוכנן השיקום בכל אתר נקבעים באמצעות סקרי סיכונים. לניסיונם שימוש בערכי סף אלה, על פני ערכי סף שרירותיים קבועים, הגדילה את המוטיבציה לשיתוף פעולה ולהשיקום להגעה לערכי סף אלה. בניו ג'רסי לא נמצא מידע מסודר באשר לפתרונות הקצה. משתמע מהמסמכים שנאספו כי השימוש החוזר נעשה בשטח עצמו, קרקעות המפונות מהאתר (אם בשל ריכוזים גבוהים ואם כיוון שאין בהן צורך), מועברות להטמנה.

1.3.5. סיכום סקירת הספרות

במסגרת סקירת הספרות נבחנו היבטי היקפי השיקום הנדרשים ופתרונות הקצה המוצעים במספר מדינות יעד: הולנד, בלגיה, אנגליה וניו ג'רסי. המטרה הראשונית של הסקירה היתה ללמוד באשר לאופן ניהול השבת ומיחזור הקרקעות המזוהמות, כולל סיווג הקרקע, טכנולוגיות שיקום ופתרונות קצה במדינות אלה.
ככל שהתקדמה העבודה נמצא כי ההתייחסות לפרמטרים אלה במדינות היעד שונים מאלה שציפינו למצוא.
הולנד תהליך השבת ומיחזור הקרקעות החל לפני יותר משני עשורים והתפתח בהתאם לצרכים במדינה ולמגבלות שעלו מהחוקים הקיימים. עדכון הקריטריונים למחזור קרקעות מזוהמות קלות הוביל לעלייה בהיקפי השימוש החוזר ולירידה בהיקפי ההטמנה. זאת במקביל ליישום אשר לוקח בחשבון את הסיכון היחסי מכל קרקע בהתאם לאיכותה ולשימושי הקרקע בפתרון הקצה. בהולנד ישנה אפשרות לנהל את ההשבה של הקרקע באמצעות ערכי סף (בהתאם לשימושי הקרקע ולריכוזי המזהמים) או באמצעות סקר סיכונים מותאם אתר המגדיר ערכי סף ספציפים לפרוייקט. רוב היישום מבוצע עם זאת בענפי הבנייה והתשתיות, המהווים צרכן עיקרי לקרקעות במדינה (סוללות עפר וכד').
בבלגיה ישנה מערכת אכיפה ובקרה המעוגנת בתהליך העברת בעלות או שינוי ייעוד הקרקע, המערכת מעורבת בכל שלב של החקירה ושיקום הקרקע ומאשרת כל צעד, כולל אופן יישום הקרקע המזוהמת (אם לאחר טיפול ואם בהתאם לריכוזים ולמזהמים המצויים בה). מאגר אתרים מזוהמים שהוקם בשילוב עם הרשויות המקומיות ותעודות איכות המונפקות למגרשים איפשרו מיפוי של האתרים הבעייתיים במדינה, במטרה לקדם את הטיפול בהם (אם באמצעות הגורמים האחראיים ואם על חשבון המדינה).
באנגליה ובניו ג'רסי השיקום מתבצע בהתאם לסקרי סיכונים, ההנחיות והאכיפה באשר לתהליכי השיקום ולאופן יישום הקרקעות משמעותית פחות מפורטות. המידע הזמין באשר לאופן היישום מוגבל מאוד ומכוון לשיקום לערכי סף מבוססי סיכון שיאפשרו שימוש חוזר באתר המקור או באתר היעד.
כאשר בוחנים את המצב במדינות היעד ביחס למצב בישראל עולות מספר נקודות:

א. כיום מסמך הייחוס העיקרי לאיכות הקרקע בישראל הינו מסמך ערכי הסף למזהמים בקרקעות של המרד להגנת הסביבה משנת 2004. עם פרסום ה-RBCA וכניסתה לתוקף, ביצוע סקר סיכונים מותאם אתר יאפשר קבלת ערכי סף מבוססי סיכון לכל אתר במפני עצמו, דבר אשר עשוי להרחיב את טווח האפשרויות ליישום קרקעות מזוהמות קלות ו/או מטופלות.

ב. ערכי הסף הקיימים הם אלה המכתיבים כרגע את אופן היישום האפשרי. כלומר, ניתן בטווח המיידי ליישם קרקעות מזוהמות קלות ו/או קרקעות אשר טופלו לריכוזים העומדים בערכי סף שונים, באתרים אשר אזור הרגישות ושימושי הקרקע יאפשרו זאת (תוך עמידה בערכי הסף).
בהמשך לכך, מומלץ לאמץ את המדיניות המיושמת בחלק מדינות היעד ואוסרת על זיהום קרקע נקייה, ולבחון היטב יישום קרקעות מזוהמות קלות (עד 500 חל"מ TPH לדוגמה) באתרי תעשייה לדוגמה באם באזורים אלה נקייה.

ג. במצב הנוכחי אין מניעה לעומת זאת לעשות שימוש בקרקעות מזוהמות קלות ו/או משוקמות לערכי סף מתאימים לשיקום תאים בהם הסתיימה הטמנה לדוגמה באתרי פסולת. בעיקרון אין מניעה ליישם

השבה באופן דומה לשיקום מחצבות אם כי להבנתנו ההיבט התכנוני של פתרון קצה זה עשוי להוות בעיה.

ד. עידוד שיקום In-Situ באתרים בהם החתך והיקף הזיהום מאפשר זאת, זאת במטרה להמנע מפינויי קרקע גדולים. לאור הקושי באיתור פתרונות קצה ליישום קרקע בהיקפים גדולים, גם אם העלות תהיה גבוהה במידה התועלת בוודאי תהיה גדולה מכך .

ה. מאותה סיבה יש לשקול מתן עדיפות לשיקום ויישום באתר עצמו (לאחר טיפול בקרקע והגעה לערכי סף המתאימים לשימוש הנוכחי ו/או באתר.

<u>ערכי סף</u>

במסגרת העבודה נערכה השוואה בין ערכי הסף של הולנד ובלגיה לאלו של ישראל. ערכי סף לפרמטרים נבחרים מופיעה בטבלה 6 להן. כיוון שהשימושים בכל סט של ערכי סף מעט שונים בכל מדינה יש להתייחס להשוואה זו באופן מוגבל. בבלגיה לדוגמה ישנם ערכי סף אליהם השיקום של אתרים חדשים אמור להגיע. במידה והשיקום לא אפשרי או לא כלכלי ובאתרים בהם ישנו זיהום היסטורי, ניתן לעשות שימוש בערכי הסף לשיקום המציבים את השיקום המינימלי הנדרש. בהולנד לעומת זאת יש מדרג ערכי סך הדומה לישראל – ערכי סף לקרקע המותרת לכל שימוש, לקרקע למגורים ולקרקע לתעשייה. כאשר ישנו סט ערכי סף נוסף המשמש לסטנדרט מינימלי לשיקום. בישראל ישנם ערכי סף למגורים ולאזורי תעשייה. בנוסף ישנו סט ערכי סך המתייחס למרחק פני השטח ממפלס מי התהום, דבר אשר אינו מקבל התייחסות כלל במדינות אחרות שנבדקו במסגרת עבודה זו. כמו כן, האפשרות היחידה לשיקום לערכי סף 'מקלים' היא דרך סקר סיכונים, גם כאשר המדובר בזיהומים היסטורים המקבלים התייחסות מקלה בשתי המדינות הנ"ל.

בהשוואת ערכי הסף למגורים בשלושת המדינות נראה כי ערכי הסף בהולנד ובבלגיה לרוב בסדרי גודל דומים. ערכי הסף למגורים בישראל לעומת זאת לרוב גבוהים ב- 1-2 סדרי גודל לעומת המדינות האחרות.
בהשוואת ערכי הסף לשיקום בהולנד, ערכי הסף לשיקום לאזורי תעשייה בבלגיה וערכי סף לתעשייה בישראל המגמה פחות ברורה. לרוב ערכי הסף לשיקום בבלגיה היו גבוהים או בסדר גודל דומה לערכי הסף לתעשייה בישראל. עם זאת בחלק מהפרמטרים ערכי הסף בישראל או בהולנד היו גבוהים יותר.

בבחינת ההתנהלות מול ערכי הסף בהולנד ובבלגיה, בהחלט ניתן לומר כי קביעת סטים נוספים של ערכי סף עשויים לסייע בעידוד שיקום הקרקע (גם בהיבט הכלכלי מול גורמים אשר "ירשו" זיהומים היסטורים ו/או גורמים אשר אינם מסוגלים לממן עבודות שיקום נרחבות ובהעדר מקורות מימון חלופיים, כדוגמת בתי עסק קטנים).
לכאורה המדרג המיושם בהולנד דומה מאוד לזה המיושם בישראל, כאשר התאמת המבנה לארץ תצריך בעיקר קביעת סט ערכי סף נוסף, מקל יותר, לאתרים מוגדרים בנסיבות אשר יקבעו מראש (כדוגמת אתרים בעלי זיהום היסטורי או אתרים בהם עלות השיקום באמצעים הטובים ביותר הקיימים כיום אינה סבירה).

עם זאת, אימוץ המבנה אינו מחייב אימוץ של ערכי הסף. בהולנד לדוגמה ערכי הסף הקיימים מחמירים יותר לעומת אלה המשמשים בישראל, כך שיש מקום לבחון האם יש לאמץ סט ערכי סף מקל יותר או לבחון את ההגדרות ערכי הסף הקיימים.

טבלה 6: השוואת ערכי סף נבחרים הולנד/בלגיה/ישראל

(mg/kg)	ישראל			הולנד			בלגיה		
	מרחק ממי תהום – עד 12 מ'	תעשייה	מגורים	ערכי סף לשיקום	ערכי סף למגורים	ערכי רקע	ערכי סף לשיקום		ערכי מטרה
							תעשייה	מגורים	
ארסן	15	17	17	76	27	20	267	103	16
קדמיום	6	30	10	13	1.2	0.6	30	6	0.7
כרום	100	400	150	-	62	55	880	240	62
נחושת	14	190	150	190	54	40	500	197	20
ניקל	100	500	130	100	39	35	530	95	16
אבץ	300	2500	300	720	200	140	1250	333	77
בנזן	0.02	4	0.5	1.1	0.2	0.2	1	0.5	0.1
טולואן	7	30	10	32	0.2	0.2	80	4	0.1
אתיל-בנזן	-	50	5	110	0.2	0.2	77	10	0.1
קסילן	70	50	10	17	0.45	0.45	165	11	0.1
נפטלן	1.5	40	7				160	5	0.1
TCE	0.15	60	3	5.6	0.25	0.25	0.1	0.1	0.02
PCE	0.1	25	1	0.7	0.3	0.3	1	0.1	0.02
כלל PAH	-	40	7	40	6.8	1.5			

2. פרק ב' – ניתוח מרכיבי עלות השיקום

2.1. כללי

טווח עלויות הטיפול בקרקעות מזוהמות במתקנים ייעודיים משתנה משמעותית בהתחשב במגוון רחב של פרמטרים. בין הגורמים המשפיעים על העלויות נכללות גם תכונות הקרקע (גודל גרגר, תכולת הרטיבות, תכולת חומר אורגני), אופי וריכוז המזהמים בקרקע (VOC לעומת SVOC, ריכוזים נמוכים לעומת ריכוזים גבוהים), התשתיות הנדרשות ליישום השיטה (מתקן ייעודי או תשתיות בסיסיות כגון משטחי תפעול אטומים וכד') וצריכת האנרגיה.

לאור העובדה כי פתרונות הקצה העיקריים העולים מסקר הספרות הינם תעשיית הבנייה והתשתיות, ההבדלים העיקריים בעלויות יישום הקרקע בכל פתרון קצה נובעים מטכנולוגיית השיקום. שני מרכיבים נוספים המתווספים לעלות השיקום הינם מחיר החומר במוצא מתקן הטיפול עבור הצרכנים ומחיר הובלת הקרקע לאחר הטיפול ממתקן הטיפול אל פתרון הקצה. שני מרכיבים אלה בעלי מחיר דומה עבור כל אחד מפתרונות הקצה. השימוש בשניהם עשוי להשתנות בהתאם ליחס עלות/תועלת שבמכירת הקרקע המטופלת, לרצון הרשויות לעודד שימוש בקרקע מטופלת על פני חומרים ראשוניים ובמיקום מתקני הטיפול ביחס לאתר המיועד לשימוש החוזר. נושא זה נדון בהרחבה בפרק ג' במסגרת הניתוח הטכנוכלכלי.

2.2. עלויות שיקום

2.2.1. <u>שטיפת קרקע</u>

עלויות הטיפול בקרקעות מזוהמות באמצעות שטיפה כוללות מספר מרכיבים עיקריים:

1. נפח הקרקע לטיפול
2. ריכוז של פרקציית דק גרגר
3. ריכוזי המזהמים בקרקע
4. עלויות המים – מרכיב אשר עשוי להיות משמעותי ביישום השיטה בארץ
5. עלויות הטיפול בפרקציה הדקה אשר אינה מתאימה להשבה ומחזור

עפ"י מסמך לסקירת טכנולוגיות שיקום של ה-FRTR עלויות הטיפול בקרקע נעות בין $70 למ"ק לנפחי קרקע גדולים ועד $187 למ"ק לנפחי קרקע קטנים (טבלה 7). בבחינת עלויות שיקום בפועל באירופה בשנים 2001-2005 (נעשה ע"י VHE Technology) טווח עלויות טיפול באמצעות שטיפת קרקע נע בין $33-680 למ"ק, כאשר הממוצע עומד על $253 למ"ק. עפ"י RFI שפורסם לנושא ע"י החברה לשירותי איכות סביבה טווח עלויות טיפול בקרקע בטכנולוגיה זו נע בין $23-52 למ"ק.

טבלה 7: עלויות שיקום באמצעות שטיפת קרקע

SOIL TECHNOLOGY:	Soil Washing	
RACER PARAMETERS	Scenario A Small Site	Scenario B Large Site
Remedial Action:		
Media/Waste Type	Soil	Soil
Contaminant	SVOC	SVOC
Approach	Ex situ	Ex situ
System Definition:		
Volume (CY)	10,000	200,000
Density (Lbs/CY)	2,600	2,600
Quantity (Tons)	13,000	260,000
Size of Soil Washing Plant (Tons/Hr)	50	100
Mobilization Distance (Mi)	100	100
Safety Level	D	D
Additives:		
Surfactant Additive Rate (Lbs/ton)	4	4
Soil Type	sand-silt/sand clay mixture	sand-silt/sand clay mixture
Supply Water Temperature (°F)	55	55
Process Water Temperature (°F)	55	55
Make up Water (GPM)	50	100
Boiler Capacity (MBH)	0	0
Operation:		
Hours of Operation per Day	16	16
Hours of Downtime per Day	2	2
Days of Operation per Week	5	5
Weeks of Operation per Year	42	42
O&M:		
Years of O&M		
Additional Costs:		
O&M	$0	$0
Remedial Design (10% or 10K)	$129,147	$960,991
Soil Washing Marked-Up Costs	$1,291,468	$9,609,909
TOTAL MARKED-UP COSTS	$1,420,615	$10,570,900
COST PER CUBIC FOOT	$5	$2
COST PER CUBIC METER	$187	$70
COST PER CUBIC YARD	$142	$53

* מתוך Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide V4, section 4.19 (FRTR).

2.2.2. טיפול ביולוגי

Biopiles

עלויות שיקום באמצעות טיפול ביולוגי משתנות משמעותית בהתאם לאופי המזהמים, לפרוטוקול הטיפול, הצורך בטיפול מקדים (כדוגמת גריסה של הקרקע) או בטיפול המשך, והצורך בבקרה ובטיפול בפליטות לאורך תקופת הטיפול. התהליך עצמו יחסית פשוט ודורש כח אדם מצומצם ותחזוקה מועטה. עפ"י מסמך לסקירת טכנולוגיות שיקום של ה-FRTR עלויות ממוצעות למ"ק נעות בין 130-260$ (81-162$ לטון קרקע).

בבחינת עלויות שיקום בפועל באירופה בשנים 2001-2005 (נעשה ע"י VHE Technology) טווח עלויות הטיפול הביולוגי נע בין 22-746$ למ"ק, כאשר הממוצע עומד על 187$ למ"ק. עפ"י RFI שפורסם לנושא ע"י החברה לשירותי איכות סביבה טווח עלויות השיקום המשוער נע בין 18-47$ למ"ק.

Landfarming

עלויות הטיפול נגזרות משני פרמטרים: (1) עלויות הכנות לטיפול כדוגמת בדיקות מעבדה מקדימות וביצוע פיילוט ($25,000-50,000 לבדיקות המקדימות ועד $100,000 לביצוע הפיילוט, כתלות בנפח הקרקע לטיפול). (2) תשתיות – עד $100 למ"ק.

בטכנולוגיה זו לנפח הקרקע לטיפול השפעה קלה בלבד על מחיר היישום עבור מ"ק. לאופי המזהמים השפעה גדולה יותר על מחירי העלות (טבלה 8).

טבלה 8: עלויות שיקום באמצעות טיפול ביולוגי

SOIL TECHNOLOGY:	Composting			
RACER PARAMETERS	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
	Small Site		Large Site	
	Easy	Difficult	Easy	Difficult
Media/Waste Type	Soil	Soil	Soil	Soil
Contaminant	Petroleum (5% TOC)	Explosives (TNT, RDX)	Petroleum (5% TOC)	Explosives (TNT, RDX)
Approach	Ex situ	Ex situ	Ex situ	Ex situ
Soil Type	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture
Volume of Soil Treated (cy)	13,000	13,000	24,000	24,000
Safety Level	D	D	D	D
Excavation Cost	$210,767	$210,767	$430,175	$430,175
Composting Cost	$3,363,940	$4,487,608	$5,974,810	$7,714,511
Off-Site Transportation & Disposal Cost (30 miles to LF)	$2,627,087	$2,627,087	$4,850,008	$4,850,008
Subtotal Cost	$6,201,794	$7,325,462	$11,254,993	$12,994,694
Remedial Design:				
Design Percentage	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Design Cost	$155,045	$183,187	$281,375	$324,867
TOTAL MARKED-UP COSTS	$6,356,839	$7,508,649	$11,536,368	$13,319,561
CUBIC YARDS PROCESSED	13,000	13,000	24,000	24,000
COMPOSTING COST PER CUBIC YARD	$259	$345	$249	$321
TOTAL COST PER CUBIC YARD	$489	$578	$481	$555
COST PER 1000 CUBIC YARDS	$488,988	$577,588	$480,682	$554,982

* מתוך Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide V4, section 4.12 (FRTR).

2.2.3 טיפול תרמי

ישנם מספר פרמטרים המשפיעים על עלויות הטיפול באמצעות טיפול תרמי:

(1) אופי המזהמים בקרקע ישפיע על הטמפרטורות בהן יבוצע הטיפול ועל צריכת האנרגיה ליחידת קרקע.
(2) כמות המזהמים המועברת לטיפול.
(3) תכולת רטיבות גבוהה בקרקע תצריך לעיתים שלב של ייבוש טרם ביצוע הטיפול. גם בטווח תכולת הרטיבות המתאים ליישום הטכנולוגיה ללא ייבוש, ככל שתכולת הרטיבות גבוהה יותר כך צריכת האנרגיה עולה.

פרמטרים אלה המשפיעים למעשה על צריכת האנרגיה של התהליך, עלולים להעלות משמעותית את עלויות הטיפול בקרקע. הערכה יחסית של עלויות שיקום קרקעות מזוהמות באמצעות טיפול תרמי, עפ"י גודל האתר ואופי המזהמים בטבלה 9 (מתוך מסמך לסקירת טכנולוגיות שיקום של ה-FRTR).

טבלה 9: עלויות שיקום באמצעות טיפול תרמי

SOIL TECHNOLOGY:	Thermal Desorption			
RACER PARAMETERS	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
	Small Site		Large Site	
	Easy	Difficult	Easy	Difficult
Remedial Action:				
Media/Waste Type	Soil	Soil	Soil	Soil
Contaminant	VOCs/fuels	SVOCs	VOCs/fuels	SVOCs
Approach	Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ
System Definition:				
Volume of Bulk Waste (Tons)	10,000	10,000	300,000	300,000
System Type	VOCs/fuels	SVOCs	VOCs/fuels	SVOCs
Safety Level	D	D	D	D
Additional Costs:				
Remedial Design	$26,568	$73,800	$335,792	$730,623
Thermal Desorption Marked-up Costs	$590,402	$1,845,009	$9,594,049	$24,354,104
TOTAL MARKED-UP COSTS	$616,970	$1,918,809	$9,929,841	$25,084,727
COST PER CUBIC FOOT	**$2**	**$7**	**$1**	**$3**
COST PER CUBIC METER	**$81**	**$252**	**$44**	**$110**
COST PER CUBIC YARD	**$75**	**$232**	**$40**	**$101**

* מתוך Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide V4, section 4.25 (FRTR).

בבחינת עלויות שיקום בפועל באירופה בשנים 2001-2005 (נעשה ע"י VHE Technology) טווח עלויות הטיפול באמצעות טיפול תרמי נע בין $17-673 למ"ק, כאשר הממוצע עומד על $256 למ"ק. עפ"י RFI שפורסם לנושא ע"י החברה לשירותי איכות סביבה טווח עלויות טיפול תרמי בקרקע נע בין $56-102 למ"ק.

2.2.4. <u>ייצוב מיצוק</u>

בטכנולוגיות מיצוב מיצוק לתכולת הלחות השפעה על עלויות היישום (בוצה לעומת מדיום מוצק). סוג וריכוז המזהמים מכתיבים את כמות הריאגנטים שיש להוסיף לקרקע להגעה לסטנדרטים הרצויים. גודל המערכת הנבחרת תלוי בתפוקה הרצויה (ומשפיע בהתאם על מחיר השיקום).
עפ"י מסמך לסקירת טכנולוגיות שיקום של ה-FRTR עלות הטיפול במ"ק נעה בין $124-248 ותלויה בעיקר בנפח הקרקע לטיפול (טבלה 10).

טבלה 10: עלויות שיקום באמצעות ייצוב מיצוק

SOIL TECHNOLOGY:	Solidification/Stabilization			
RACER PARAMETERS	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
	Small Site		Large Site	
Remedial Action:	Easy	Difficult	Easy	Difficult
Media/Waste Type	Solid	Sludge	Solid	Sludge
Contaminant	Metals	Metals & SVOCs	Metals	Metals & SVOCs
Approach	Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ
System Definition:				
Type of Waste	Solid	Sludge	Solid	Sludge
Density of Waste (pcf)	100	80	100	80
Quantity of Waste (CY)	1,000	1,000	50,000	50,000
Process System (CY)	2	2	10	10
Safety Level	D	D	D	D
Additives:				
Initial Moisture Content (%)	15	60	15	60
Minutes Per Batch (MIN)	20	20	20	20
Waste Disposal Volume (CY)	1,270	1,337	63,487	66,855
Chemical Additive Ratios:				
Cement : Waste	0.15 : 1	0.40 : 1	0.15 : 1	0.40 : 1
Water : Cement	0.40 : 1	N/A	0.40 : 1	N/A
Propietary Chemicals : Waste	0.01 : 1	0.01 : 1	0.01 : 1	0.01 : 1
Fly Ash : Waste	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Cement Kiln Dust : Waste	0.00 : 1	0.00: 1	0.00 : 1	0.00: 1
Hydrate Lime : Waste	0.00 : 1	0.00: 1	0.00 : 1	0.00: 1
Bitumen : Waste	0.00 : 1	0.00: 1	0.00 : 1	0.00: 1
Activated Carbon : Waste	0.00 : 1	0.00: 1	0.00 : 1	0.00: 1
Solidification/Stabilization Marked-Up Costs	$149,546	$171,663	$4,280,064	$6,555,059
Additional Costs:				
Remedial Design - Detailed On-Site	$16,450	$18,883	$342,405	$458,854
TOTAL MARKED-UP COSTS	$165,996	$190,546	$4,622,469	$7,013,913
COST PER CUBIC FOOT	$6	$7	$4	$5
COST PER CUBIC METER	$216	$248	$124	$190
COST PER CUBIC YARD	$165	$189	$94	$144

* מתוך (FRTR) Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide V4, section 4.22.

בבחינת עלויות שיקום בפועל באירופה בשנים 2001-2005 (נעשה ע"י VHE Technology) טווח עלויות מיצוב מיצוק נע בין $56-302 למ"ק, כאשר הממוצע עומד על $126 למ"ק. עפ"י RFI שפורסם לנושא ע"י החברה לשירותי איכות סביבה טווח עלויות המיצוב-מיצוק נע בין $10-37 למ"ק.

2.2.5. השוואת וניתוח עלויות בין שיטות הטיפול השונות

המידע עליו מתבססת השוואת העלויות נלקח משלושה מקורות שונים:

- Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide V4, section 4.22 (FRTR)
- Remediation Technology Costs in the UK & Europe; Drivers and Changes from 2001 to 2005 (VHE Technology Ltd)
- RFI לנושא טכנולוגיות לשיקום קרקעות מזוהמות

נציין כי שני המקורות הראשונים מתבססים על נתונים מתחילת שנות ה-2000, ייתכן בהחלט כי לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות שחלו מאז העלויות השתנו, כפי שניתן לראות מהנתונים שהתקבלו במסגרת ה-RFI. טווחי עלויות הטיפול למ"ק קרקע מכל אחד מהמקורות שנבחנו מפורטים בטבלה 11 להלן. העלות היחסית של כל טכנולוגיית שיקום משלושת המקורות דומה, כאשר הטכנולוגיה היקרה ביותר ליישום הינה טיפול תרמי והזולה ביותר הינה מיצוב מיצוק. יוצא דופן במקרה זה הוא הטיפול הביולוגי, אשר עפ"י הנתונים שנאספו מאירופה ועפ"י ה-RFI, הינה הטכנולוגיה השנייה הכי זולה. לעומת זאת עפ"י נתוני ה-FRTR זו הטכנולוגיה היקרה ביותר.

טבלה 11: עלויות שיקום קרקע עפ"י טכנולוגיות שיקום (דולר למ"ק)

שיטה	Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide (FRTR)	Remediation Technology Costs in the UK & Europe; Drivers and Changes from 2001 to 2005 (VHE Technology Ltd)	RFI
שטיפת קרקע	70-187	33-680 (ממוצע 253)	23-52
טיפול תרמי	44-252	17-673 (ממוצע 256)	56-102
טיפול ביולוגי	130-260	22-746 (ממוצע 187)	18-47
מיצוב מיצוק	24-248	56-302 (ממוצע 126)	10-37

2.3. עלות פינוי של קרקע מטופלת

עלויות הטיפול בקרקע, הנגזרות ממגוון של תנאים כגון הרכב הקרקע, תכולת המזהמים (ריכוזים וסוגים), תכולת הרטיבות, חדירות, תכולת החומר האורגני וכו'.

מלבד עלויות אלה ישנן עלויות נוספות, אשר יש לקחת בחשבון בעת ההערכה הכלכלית. עלויות אלה כוללות את מחיר אנליזות המעבדה הנדרשות על מנת להוכיח כי הקרקע אכן עומדת בקריטריונים לשימוש חוזר, הטמנה של הפרקציות בהן לא ניתן לעשות שימוש (חרסית וסילט ו/או פרקציה גסת גרגר), שינוע של הקרקע אל אתר הקצה וכו'. אלמנטים אלה נלקחו בחשבון בפרק 4.2.2 להלן.

3. פרק ג' – ישימות פתרונות הקצה בישראל

3.1. יתרונות מחזור קרקעות

אחת הבעיות המרכזיות בהטמנת פסולת כיום הינה נפחי הטמנה מוגבלים באתרים קיימים. קרקעות מזוהמות אשר מועברות להטמנה כיום, ניתנות לשימוש חוזר בתנאים מסויימים. הירידה בנפחי ההטמנה והעליה בשיעור השימוש החוזר בקרקעות מזוהמות, יאריכו משמעותית את אורך חייהן של המטמנות הקיימות.

שימוש בקרקעות מושבות (אם ללא טיפול ואם לאחר טיפול) יסייע גם בצמצום השימוש בחומר גלם ראשוני - טבעי, אשר מהווה משאב טבע מתכלה (מחצבות ומכרות). עם זאת, ראוי לציין שנושא עודפי העפר הינו נושא מורכב בפני עצמו. כיום פוטנציאל היישום של עודפי עפר אינו גבוה, ומכך גם שהשבת קרקעות מזוהמות צפוי להיתקל בחסמי יישום לא מעטים.

הקמת אתרי טיפול בעודפי חפירה ואתרי אחסון קרקע מטופלת המוכנה לשימוש חוזר ברחבי הארץ, כפי שמציעה תכנית המתאר הארצית 14 ד, עשויה להקטין את מרחקי השינוע עבור הצרכנים ובכך את מרכיב עלות ההובלה של הקרקע. להיבט זה יתרון עקיף בשיפור איכות האוויר ע"י הפחתת שעות נסיעה משאיות.

שילוב חומרי גלם שניוניים בענף הבנייה עשוי להוביל גם לחסכון בעלויות הבנייה ובכך להוזיל את מחירי הדיור/ שימושים מסחריים. המדינה כבר התוותה את הכיוון הרצוי באמצעות החלטות ממשלה התומכות בנושא (החלטת ממשלה 2927 משנת 2003 המחייבת גופים ציבוריים לעשות שימוש בכ-20% חומרים ממוחזרים). אך המהלך לא הושלם על ידי חקיקה ותקינה מתאימים המסדירים את הנושא ומייצרים הלכה למעשה תהליכי שוק.

3.2. בחינת ישימות פתרונות הקצה בארץ

3.2.1. <u>חומרי בנייה ותשתית</u>

כפי שמעידה סקירת הספרות שביצענו, כמו גם השיחות והראיונות שקיימנו עם גורמי מקצוע בישראל - כאשר ריכוז המזהמים השונים בקרקע תואם את ערכי הסף לפי שימושי הקרקע ו/או ערכי סף לפי אזור רגישות ומרחק ממי התהום (ערכי סף ראשוניים למזהמים בקרקעות 2004), ניתן לעשות שימוש בקרקע המטופלת כחומר גלם שניוני. בעיקר כתחליף בתחום התשתיות והסלילה, וכמעט בכל תחום בו משתמשים בחומרי בנייה ראשוניים.

בפרויקטים הכוללים בנייה, תשתיות, וסלילה ניתן להשתמש בקרקע מטופלת כמוצר תחליפי מלא במידה והתכונות הגיאוטכניות של הקרקע מתאימות.

איכות החומר נמדדת עפ"י קריטריונים מקצועיים, לאחר שעברו תהליך בדיקה ואישור במכון התקנים או במכונים מקבילים.

המפרט הכללי לעבודות סלילה (פרק 51 במפרט הכללי לעבודות בנייה, מרץ 2014), מגדיר קריטריונים למפרט החומרים מהם מורכבים מגוון מוצרים בענף הבניה והתשתיות בישראל.

.

<u>להלן רשימת החומרים בהם ניתן לשלב קרקע מטופלת:</u>

- שילוב במצע ב' ומצע ג'.
- חומר מילוי מסביב/ לכיסוי מעברי מים, תאים, צנרת וכו'.

- חול לתעשיית הבטון והאספלט
- חומר למיסעה, שביל, מדרכה.

לכל סוג חומר המשמש לבניה ולתשתית יש קריטריונים (תכונות פיסיקליות) לצורך הגדרתו, בהתאם לשימושיו השונים, כגון: אחוז עובר נפה, גבול הנזילות, מדד פלסטיות, שווה ערך חול, מדד השחיקה וכו'. דוגמאות לדרישת שילוב חול כורכרי במצע ג' ואגרגטים בתרשימים 6 ו-7 להלן.

בתרשים 8 מוצגת דוגמה לקריטריונים המגדירים חומר נברר- מצע ג'. כל עוד הרכב הקרקע על שילוביו השונים עומד בתנאי אחוז עובר נפה, אחוז גבול נזילות, אינדקס פלסטיות, רטיבות, צפיפות ותפיחה- אותו מצע יוכל להיות מוגדר כ"מצע ג'". הדבר תקף לכל סוגי מוצרי הבנייה והתשתית כפי שאלה מובאים בפרק 51 במפרט הכללי לעבודות בנייה (מרץ 2014).

בתרשים 9 מוצגת דוגמה לקריטריונים עבור מצע מסוג א' ומצע מסוג ב'. כל עוד הפרמטרים- אחוז החומר העובר נפה, תכולת החומרים הלא מינרליים הקלים והכבדים ושיעור הצפיפות, עומדים בדרישות מפרט האיכות, החומר יוגדר כמצע א'/ ב'.

תרשים 8: דרישת מילוי בחומר נברר מצע ג'

51.04.09.05 מילוי בחומר נברר (מצע ג')

מילוי בחומר נברר (מצע ג'), או שכבת חיזוק בחומר זה המובא על-ידי הקבלן, יעמוד בדרישות הבאות, כמפורט בטבלה מס' 51.04/01 :

א. דירוג

טבלה מס' 51.04/01

נפה		**אבן גרוסה, אבן מרוסקת טבעית, צרורות נחל, שכבות אספלטיות מקורצפות, חומרי בנייה ממוחזרים**	**חול כורכרי**
מ"מ	**אינצ' מס'**	**אחוז עובר**	**אחוז עובר**
75	3"	100	100
19	3/4"	100-50	100-50
4.75	4#	80-25	85-35
0.075	200#	25-0	25-5

ב. גבול נזילות – מקסימום 35% ;

ג. אינדקס פלסטיות – מקסימום 10% ;

ד. מת"ק מעבדתי בתחום רטיבות של 2% לפחות – מינימום 20% ;

הערה : בדיקה זו נעשית על-פי התוצאות של מערכת המת"ק המלאה, בה משרטטים גם את עקומת המת"ק-רטיבות עבור אנרגיית הידוק, בה מושגת צפיפות מקסימלית של 98%, מזו המתאימה ל-56 הקשות, על-פי המיצוע של שלוש העקומות הנתונות.

ה. צפיפות שדה – שיעור ההידוק לא יפחת מ-98% ;

ו. תפיחה חופשית – מקסימום 40% ;

ז. במקרה של חומרי בנייה ממוחזרים, תכולת החומרים הלא מינרליים הקלים לא תעלה על 0.7% במשקל (שיטת הבדיקה תהיה כמפורט בת"י 1886), ותכולת החומרים הלא מינרליים הכבדים (כגון : ברזל, אלומיניום, עופרת וכד') לא תעלה על 2% במשקל. כמו-כן שיעור הצפיפות עבור חומר זה תהיה כאמור בטבלה מס' 51.04/05 לגבי סוג החומר ועומקו מפני השתית ;

תרשים 9: דרישת איכות לאגרגטים

51.05.02 דרישות איכות של אגרגאטים למצע

אגרגאטים לשכבות המצע יעמדו בדרישות האיכות המפורטות בטבלאות 51.05/01 ו-51.05/02.

<u>טבלה מס' 51.05/01 – תחומי דירוג האגרגאטים</u>

נפות בעלות עינה רבועה		כמות החומר העובר נפה (% משקל)		
		מצע סוג א'	מצע סוג ב'	
מ"מ	אינצ' מס'	אבן גרוסה או צרורות נחל גרוסים	אבן גרוסה ממחצבה או צרורות נחל גרוסים או אבן מרוסקת טבעית או צרורות נחל טבעיים או חומר מצע אחר מאושר חומרי בנייה ממוחזרים* שכבות אספלטיות מקורצפות	כורכר
75	3"	100	100	100
37.5	1½"	100 – 80	100 – 50	–
19	¾"	85 – 60	–	100 – 50
4.75	4#	55 – 30	70 – 30	80 – 40
2	10#	40 – 20	–	–
0.075	200#	15 – 5**	20 – 5**	20 – 5

* במקרה של חומרי בנייה ממוחזרים, תכולת החומרים הלא מינרליים הקלים לא תעלה על 0.5% במשקל (שיטת הבדיקה תהיה כמפורט בת"י 1886), ותכולת החומרים הלא מינרליים הכבדים (כגון: ברזל, אלומיניום, עופרת וכד') לא תעלה על 2% במשקל. כמו-כן שיעור הצפיפות עבור חומר זה תהיה כאמור בטבלה מס' 51.04/05 לגבי סוג החומר ועומקו מפני השתית.

3.2.1.1. ניתוח צרכי השווקים

החול משמש בעיקר כחומר גלם לענף הבנייה לצורך הכנת תערובות בטון וכמצע לריצוף, אספקתו מתבססת ברובה על אתרי הכרייה בדרום הארץ (היות והכרייה במישור החוף הופסקה) וכן על חול מחצבה. המחסור באספקת חול עד שנת 2040 מוערך בכ- 128 מיליון טון, כאשר העתודה הנדרשת היא פי 1.5 כ- 192 מיליון טון (דוח מבקר המדינה 65 א' - הבטחת אספקתם של חומרי חציבה וכרייה, 2014).

החרסית משמשת כמרכיב מרכזי בחומר מליטה (צמנט), המהווה בסיס להכנת מלט, שהינו חומר תעשייתי מרכזי בענף הבנייה והסלילה. המחסור באספקת חרסית עד שנת 2040 מוערך בכ- 47 מיליון טון, כאשר העתודה הנדרשת היא פי 1.5 כ- 71 מיליון טון. (מסמך מסכם תמ"א 14 ב').

צריכת החול השנתית בענף הבנייה והסלילה מוערכת בכ- 7 מיליון טון בשנה וצריכת החרסית להכנת המלט בכ- 1 מיליון טון בשנה.

תחזית צריכת חומרי הגלם (הביקוש) לפי סוג חומר לתקופה בטבלה 12 להלן.

טבלה 12: תחזית צריכת חומרי הגלם (הביקוש) לפי סוג חומר לתקופה

טבלה מס' 7: תחזית הבסיס לצריכת חומרי הגלם בחלוקה לסוג חומר ותקופות

סוג חומר גלם מיליוני טון		אומדן צריכה לשנת 2007	תחזית ביקושים לפי תקופות					
			2008- 2024		2025- 2040		2008-2040	
			סה"כ לתקופה	ממוצע שנתי	סה"כ לתקופה	ממוצע שנתי	סה"כ לתקופה	ממוצע שנתי
חצץ		36	640	40	840	56	1480	46.3
חול		7	135	8.4	175	11.7	310	9.7
בזלת		1.2	27	1.7	33	2.2	60	1.9
חומרי גלם למלט	גיר למלט	5	105	6.6	135	9	240	7.5
	חרסית למלט	1.2	26	1.6	34	2.3	60	1.9
	גבס למלט	0.3	6	0.4	7	0.5	13	0.4
גיר לסיד		0.2	5	0.3	7	0.5	12	0.4
גיר לטיח		0.1	3	0.2	3.5	0.2	6.5	0.2
גיר למוזאיקה		0.1	1.5	0.1	2	0.1	3.5	0.1
אבן לחיפוי ולריצוף		0.1	1.7	0.1	2.2	0.1	3.9	0.1
טוף		0.3	6.5	0.4	8.5	0.6	15	0.5

3.2.1.2. חסמים

חסם תכנוני- העדר מערך אחסון בקרקעות מטופלות - מחסור בשטחי אחסון המוגדרים כמאושרים לאחסון קרקעות מטופלות עד להעברתן לפתרונות הקצה. שטח האחסון צריך להיות מתוכנן באופן שימנע חלחול מזהמים (במידה ונותרו בקרקע) לקרקע ולמי התהום ויהווה מפגע ריח ומפגע נופי. כיום מקדם מנהל התכנון את תכנית המתאר הארצית 14 ד לניהול עודפי חפירה.

חסם חקיקתי - העדר אכיפה וחיוב חברות תשתית להשתמש בקרקע מטופלת. על המשרדים הממשלתיים הבאים לחייב כל אחד בתחומו את גורמי הביצוע במשרדם ומחוצה לו להשתמש בכל פרויקט בניה ותשתית באחוז מסוים של קרקע מטופלת כחומר בניה שניוני - הגנת הסביבה, התחבורה, הבינוי והשיכון, ביטחון, התשתיות הלאומיות ומנהל מקרקעי ישראל. יש לקבוע כללים לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים בהתקשרויות ממשלתיות ויש להנחות את משרדי הממשלה לתת העדפה לשימוש בחומרי בניה ממוחזרים במכרזים ובהתקשרויות שעורכים המשרדים.

חסם פסיכולוגי- שימוש בקרקע מטופלת לצורך מבנים עשוי לעורר חשש בקרב האוכלוסייה בכל הנוגע לזיהום אוויר בחללי המבנה. סוגיה זו היא אחת המאתגרות בכל הנוגע לניהול עודפי החפירה והטיפול בקרקעות. יש לזכור כי חלק גדול מהשטחים שיעברו טיפול ממוקמים בסמיכות לרשויות מוניציפאליות חזקות בהיבט הסוציו אקונומי וכי הפעילות תהיה במוקד תשומת הלב. שיתוף הציבור בתהליכים אלו והסברה מתמדת יכולים להביא לתוצאות טובות יותר.

3.2.1.3. תמריצים

<u>אמצעיים כלכליים:</u>

- תמחור חומרי הגלם השניוניים במחיר הנמוך מזה של חומרי בנייה ראשוניים/ עודפי עפר.
- מיקום מוקדי אחסון קרקעות מטופלות לצורך משיכה ע"י קבלנים, בפריסה ארצית רחבה שתוזיל את עלויות השינוע.
- מסים שונים על כריה ממחצבות.
- השתתפות חלקית בעלות הציוד והתשתית להקמת מערך ניהול קרקעות מטופלות- אזורי אחסון, בדיקת הקרקע ומתן אישור למרכיביה.
- יצירת תנאי סף במכרזים לעבודות פיתוח, סלילה, בינוי ומימון מחקרים בתחום.

<u>אמצעים אדמיניסטרטיביים:</u>

הדרכת קבלנים ואנשי מקצוע בנושא חסכון בחומר, תהליך הטיפול בקרקע, ניהול השימוש בקרקע מטופלת, הסברה וחינוך לפוטנציאל ניצול חומר גלם שניוני, עידוד מחקרים בנושא השימוש בקרקע מטופלת והשלכותיה, הגדרת נהלים ליישום והטמעת השימוש בחומר גלם שניוני, יצירת תקנים לשימוש בחומר זה ומסלול אכיפה המוודא עמידה בתנאים.

3.2.2. <u>שיקום אתרי פסולת</u>

המשרד להגנת הסביבה סגר מאז שנת 1995 עשרות אתרי פסולת לא מוסדרים גדולים, ומאות אתרים קטנים. אתרים אלה פעלו לרוב ללא תשתיות מיגון וללא כל בקרה על סוגי הפסולת ואופן ההטמנה. הטמנה לא מוסדרת זו גרמה (ועדיין גורמת) למפגעים סביבתיים קשים הכוללים, זיהום מי תהום וקרקע, זיהום אוויר ופליטת גזי חממה. סגירת האתרים אינה מונעת את המשך המפגעים לסביבה והמטמנות עלולות להוות מקור למפגעים עד לשיקום מלא הכולל איטום של גוף הפסולת, הסדרת ניקוז ומניעת חלחול מי נגר דרך גוף הפסולת (דבר הגורם להיווצרות תשטיפים, לשטיפה של מזהמים ולסחיפה של שכבת הכיסוי).

אתרים אלו ממוקמים בחלקם באזורי ההזנה של מקורות המים העיקריים של ישראל (אקוויפר החוף ואקוויפר ההר) וכוללים אתרים גדולים מאוד כדוגמת חירייה ומטמנת רתמים ששיקומם יצריך נפחי קרקע גדולים מאוד לאיטום ולהסדרת המדרונות. ניתן להוסיף על כך שיקום תאי הטמנה במטמנות מוסדרות ופעילות, שההטמנה בהם הסתיימה (היקף פעילות נמוך יותר).

קרקעות מטופלות, ובייחוד כאלה בעלות תכולת חרסיות גבוהות, יכולות לשמש לאיטום פני השטח במסגרת שיקום המטמנות. בנוסף, קרקע אשר תתאים בתכונות הגיאוטכניות שלה, יכולה לשמש גם להסדרת ומיתון מדרונות המטמנות במסגרת השיקום הכולל.

3.2.2.1. ניתוח צרכי השווקים

לאור כמות האתרים פוטנציאל צריכת הקרקע (כולל חרסית אשר לרוב אינה משמשת בתשתיות) גדול מאוד.
שיקום אתרי הפסולת כולל שני מרכיבים עיקריים בהם טמון עיקר פוטנציאל השימוש בקרקע מושבת:

(א) כיסוי עילי - למניעת חדירת מי גשם, נגר עילי ואוויר לגוף הפסולת, למניעת פליטת גז מטמנות באופן בלתי מבוקר, למניעת מפגעי ריח ולצמצום התרבות בעלי חיים משוטטים והפצת מחלות.
(ב) ייצוב מדרונות, מניעת סחף והסדרת נגר עילי - למניעת גלישת מדרונות, להבטחת זרימה חופשית של נגר עילי אל מחוץ למטמנה ולייצוב הקרקע תוך מניעת סחף שכבות האיטום והכיסוי.

איכות הקרקע המתוכננת לשמש בשיקום צריכה להתאים לשימוש הקרקע העתידי (כדוגמת הקמת פארק פתוח לציבור לאחר השיקום), לאזור הרגישות בו ממוקם האתר ולקיום או העדר של תשתיות מיגון בבסיס האתר.
כפי שניתן לראות מטבלה 13 להלן, פוטנציאל השימוש החוזר באתרים לא פעילים גדול מאוד. סך שטח המטמנות הלא פעילות (שטרם שוקמו) עומד על יותר מ-3,000 דונם.

טבלה 13: אתרי הטמנה לא פעילים

#	שם	גודל	סטטוס	אזור רגישות*
1	**אשדוד רתמים**	502 דונם	לא פעיל	א
2	**אשקלון ברנע**	400 דונם	לא פעיל	א
3	**הוד השרון**	65 דונם	לא פעיל	ב
4	**הרצליה**	123 דונם	לא פעיל	ב
5	**חדרה**	שושני - 46.6 דונם	לא פעיל	ב
6	**חולון**	200 דונם	לא פעיל	א
7	**חיפה**	250 דונם	לא פעיל	ב
8	**חיריה**	1240 דונם	לא פעיל	ב
9	**כרמון**	60 דונם	לא פעיל	ב
10	**נתניה**	170 דונם	לא פעיל	א
11	**פתח תקווה- סגולה**	75 דונם	לא פעיל	ב
		44 דונם	לא פעיל	ב
12	**ראשון לציון**	217 דונם	לא פעיל	א
13	**רעננה**	65 דונם	לא פעיל	ב

3.2.2.2. חסמים

- ביקוש- בד"כ ניתנת עדיפות לניצול עודפי עפר שהצטברו במסגרת עבודות בנייה שבוצעו באותה ראשות מקומית.
- NIMBY "לא בחצרי האחורית"- עשויה להתעורר התנגדות מצד תושבי הרשות המקומית שאתר סילוק הפסולת נמצא בתחומה. בעיקר אם מדובר בקרקע מטופלת שזוהמה מחוץ לתחומי אותה רשות מקומית, מחשש לחשיפה לחומרים מזהמים במגע עורי/ בליעה/ נשימה.

- ייעוד הקרקע- תכנית השיקום צריכה להתבסס על יעוד הקרקע העתידי כך שאיכות הקרקע המטופלת בה יעשה שימוש לא תחרוג מערכי הסף התאמים את הייעוד.
- ניהול הקרקע- יש לנהל רישום אודות איכות הקרקע בה נעשה שימוש בהתאם למיקום באתר הפסולת (תא הכיסוי). ייתכן וייעוד הקרקע ישתנה בעתיד (שינוי מתאר) ויידרש לבחון את איכותה ביחס לשימוש הרצוי.
- עומס תחבורתי- הובלת הקרקע המטופלת באמצעות משאיות עשויה להגביר את העומס בכבישים הסמוכים לאתר הפסולת.
- מפגע נופי זמני- עבודות הפיתוח באתר כוללות עירום של הקרקע ונוכחות כלי עבודה כבדים בשטח.
- מפגע ריח אבק- עבודות לפיתוח ושיקום האתר עשויות לגרום לנוכחות מוגברת של חלקיקי קרקע ומטרדי ריח באזורים המיושבים הסמוכים לאתר הפסולת, בהתאם לתנאי משטר הרוחות.
- שינוע כפול- טווח השינוע של הקרקע עשויה להיות כרוכה בעלויות שיהפכו את הפרויקט ללא כלכלי, יש להימנע משינוע כפול (העברת הקרקע מאתר הטיפול לאתר האחסנה וממנו לפתרון הקצה).

3.2.2.3. תמריצים

- תמחור הקרקע במחיר הנמוך מזה של חומרי בנייה ראשוניים/ עודפי עפר.
- יצירת תנאי סף במכרזים לעבודות השיקום, המחייבים שימוש בקרקעות מטופלות/עודפי עפר באחוז מינימלי (או תוספת ניקוד על שימוש בקרקעות מטופלות מעל אחוז מסויים).

3.2.3. שימוש בקרקע ככיסוי במטמנות פעילות

3.2.3.1. ניתוח צרכי השווקים

על אף הכוונה להקטין את היקף סילוק הפסולת למטמנות פעילות, למטמנות עדיין יש צורך בקרקעות לצורך כיסוי הפסולת (נדרש בכל יום ו/או לאחר שכבת פסולת בעובי מסויים).
במסגרת זו יש להגדיר הכללים לסילוק לאתרי פסולת כך שהפוטנציאל ינוצל במלואו:

א. קרקעות חרסיתיות או בעלות תכולת חרסית גבוהה המקשה על הטיפול בקרקע.
ב. קרקעות בעלות תכולת מזהמים לגביהם טכנולוגיות השיקום הזמינות בעלות יעילות מוגבלת.
ג. קרקעות בעלות תכולת מזהמים בינונית גבוהה (בחלק העליון של טווח ה- 500-5,000 חל"מ TPH המותר היום לסילוק לדוגמה).

קלות ניוד הקרקע למסלול ההטמנה מהווה תמריץ בפני עצמו, לכן על מנת לעודד שיקום חלק משמעותי מנפחי הקרקעות המזוהמות, יש להטיל מגבלות על פינוי קרקע למטמנות ולבצע אכיפה אדוקה.
החסמים היחידים המוטלים על מסלול זה הינם ערכי הסף וההנחיות השונות לקליטת קרקעות במטמנות ומתאימים לשימוש בפורמט הנוכחי בעתיד.

כפי שניתן לראות מטבלה 14 להלן, שטח המטמנות הפעילות כיום עומד על אלפי דונם, פוטנציאל השימוש בקרקעות מטופלות (בתאים הפעילים אשר יעברו שיקום עם מיצוי נפח ההטמנה) גדול מאוד. מרבית האתרים ממוקמים באזורים לא רגישים (ב1 ו-ג) ומאפשרים שימוש בריכוזים גבוהים יותר בהתאם לערכי הסף.

טבלה 14: מטמנות פעילות

#	שם	גודל	סטטוס	אזור רגישות*
1	**אבו דיס**	כ-530 דונם	פעיל	ג'
2	**אבליים**	143 דונם	פעיל	ב1
3	**אפעה**	1880 דונם	פעיל	ב1
4	**אשלים**	215 דונם	פעיל	ג
5	**גני הדס**	כ-680 דונם	פעיל	ב1
6	**דודאים - בני שמעון**	608 דונם	פעיל	ב1
7	**דיה**	350 דונם	פעיל	ג
8	**זוהר**	500 דונם	פעיל	ג
9	**חגל** **טליה**	263 דונם	פעיל	ב
10	**חרובית**	כ-260 דונם, 90 של האתר הישן	פעיל	ב1
11	**טובלן**	כ-250 דונם, 80 מתוכם האתר הישן	פעיל	ב
12	**נמרה**	420 דונם	פעיל	ב1
13	**עברון**	353 דונם	פעיל	ב
14	**תאנים**	600 דונם	פעיל	א' 1

3.2.4. <u>שיקום מחצבות נטושות ופעילות</u>

3.2.4.1. **ניתוח צרכי השווקים**

מחצבות רבות ממוקמות בקרבת צירי תחבורה ראשיים בלי להתחשב בגורמים סביבתיים, נופיים וכלכליים אחרים. בגמר הניצול של חומרי הגלם, ננטשו המחצבות ללא כל טיפול והסדרה בשטח.

<u>מחצבות אלו היוו מוקד למפגעים הסביבתיים הבאים</u>:

<u>שפיכה בלתי מבוקרת של אשפה וגרוטאות</u>- מחצבה נטושה מהווה מוקד משיכה לפעילות של קבלני בניין, גורמים פרטיים ואף גופים מוניציפאליים המוצאים בה מקום נוח להיפטר בו מן הפסולת והאשפה המצטברת בידם. פעילות זו גורמת להתרבות מזיקים (מכרסמים, חרקים וכ"ו) ולזיהום מי התהום בגלל שטיפת חומרים רעילים משטח המחצבה ע"י הגשמים.

<u>היקוות מי גשמים</u> - גם במחצבות שאינן מנוצלות לניקוז שפכים בזדון, ניקוים מי גשמים, המהווים מוקד דגירה לחרקים ויתושים.

קירות המחצבה מהווים סיכון בטיחותי של מפולות ונפילה - קיר המחצבה התלול גורם להפרת האיזון האנרגטי של הקרקע מעל המחצבה, דבר הגורם סחיפת קרקע מוגברת ופגיעה בחי ובצומח בסביבת המחצבה.

מפגע חזותי קבוע- בתנאי האקלים של הארץ אין לצפות לשיקום טבעי של קירות המחצבה ע"י קרקע וצומח המתהווים באופן טבעי.

שימוש בקרקע מטופלת לצורך שיקום המחצבה ימנע את המפגעים הסביבתיים-נופיים, והקרקע תובא לשימוש חוזר למטרות שונות, בהתאם ליעוד שייקבע במוסדות התכנון, כגון: תעשיה, חקלאות, מגורים, פארקים ושילוב בנוף.

הערה: יש להתאים את איכות הקרקע המטופלת לשימוש הקרקע המתוכנן לאחר שיקום המחצבות.

3.2.4.2. חסמים

- היוזמה לשיקום מחצבה צריכה להגיע מהרשות המקומית ובתוספת תכנית בנין עיר מאושרת במידה ותכנית כזו אינה בנמצא עריכתה עשויה להימשך בין 3-5 שנים.
- תב"ע מאושרת- באופן מעשי הגורם המעכב את ביצוע השיקום הינו חוק התכנון והבנייה, הצורך לקבל אישור מהועדות לתכנון ובנייה. השיקום מתבצע לפי הוראות חוק התכנון והבניה או אישור תכנית השיקום מאת הועדה המחוזית לתכנון ובניה. המעמד הסטטוטורי של האתר חייב להיות מוסדר ע"י תכנית בניין עיר (תב"ע) התואמת את ייעוד השטח.
- אישור הרשות המקומית- תכנית השיקום צריכה להתבסס על יעוד הקרקע העתידי. התלבטות בעל הקרקע (רמ"י) באשר ליעוד הקרקע שיקבע, מושפעת מאינטרסים כלכליים: אם קיימת תכנית מתאר לאזור, הקרן יכולה להכין תכנית שיקום מפורטת אולם המועצה המקומית לא תמיד מעוניינת לקדם תכניות, לעיתים תהיה מעוניינת ליעד את הקרקע למטרות כלכליות או לשמר פעילות כלכלית קיימת.
  הערה: לגבי מחצבות חדשות פעילות הבעיה אינה קיימת, בהתאם לחוק התכנון והבנייה כל מחצבה חדשה מגישה תכנית הסדרת השטח ומבצעת שיקום תוך כדי עבודה בפיקוח משרד הפנים והוועדות המקומיות.
- עומס תחבורתי- הובלת הקרקע המטופלת באמצעות משאיות עשויה להגביר את העומס בכבישים הסמוכים למחצבה.
- מפגע נופי זמני- עבודות הפיתוח באתר כוללות עירום של הקרקע ונוכחות כלי עבודה כבדים בשטח.
- מפגע אבק- עבודות לפיתוח ושיקום האתר עשויות לגרום לנוכחות מוגברת של חלקיקי קרקע באזורים המיושבים הסמוכים למחצבה, בהתאם לתנאי משטר הרוחות
- שינוע כפול- טווח השינוע של הקרקע עשויה להיות כרוכה בעלויות שיהפכו את הפרויקט ללא כלכלי, יש להימנע משינוע כפול (העברת הקרקע מאתר הטיפול לאתר האחסנה וממנו לפתרון הקצה).
- תשלום תמלוגים לרמ"י- שימוש בקרקעות המדינה ,כולל מילוי של מחצבות נטושות לצורך אחסון או לצורך שימוש כלכלי אחר עשוי להיות מלווה בתשלום בגין השימוש בשטח הקרקע. (מסמך מדיניות לטיפול בחומרי חפירה ומילוי).

3.2.4.3. תמריצים

- תמחור הקרקע במחיר הנמוך מזה של חומרי בנייה ראשוניים/ עודפי עפר.
- יצירת תנאי סף במכרזים לעבודות השיקום – העדפה לשימוש בקרקעות מטופלות ו/או עודפי עפר.

3.3. סיווג פסולת מסוכנת עפ"י הדירקטיבה האירופאית

עפ"י הידרקטיבה האירופאית ישנן הגדרות ברורות באשר לתנאים להגדרת פסולת כמסוכנת. גם קרקעות מזוהמות לצורך העניין, יכולות לענות על ההגדרות לפסולת מסוכנת לפני או אחרי תהליך הטיפול. במקרה כזה, גם אם החלק הארי של המזהמים בקרקע יטופל, במידה והקרקע עדיין תענה על הקריטריונים לפסולת מסוכנת לא ניתן יהיה לעשות בה שימוש חוזר. בהתאם לכך יש לבחון היטב את כדאיות הטיפול בקרקע במידה והיא מסווגת פסולת מסוכנת, כמו גם את הפוטנציאל שלה לענות על הקריטריונים לפסולת מסוכנת גם לאחר טיפול כזה או אחר.

מענה ראשוני לנושא זה צריך לעלות כבר בשלב הסקר ההיסטורי באתר, ולקבל התייחסות מיוחדת במהלך כל שלב, החל מתכנון החקירה ועד לקביעת מתודולוגיה לטיפול באתר.

3.3.1. קריטריונים לפסולת מסוכנת

שימוש חוזר בקרקע מטופלת יעשה כאשר ריכוזי המזהמים בקרקע נמוכים מערכי הסף ובתנאי שהיא אינה מסווגת כפסולת מסוכנת (עפ"י הגדרתה בדירקטיבה האירופאית). עפ"י הדירקטיבה האירופאית לפסולת (2006/12/EC) משנת 2006, הקריטריון המרכזי לסיווג פסולת כמסוכנת הוא האם היא בעלת <u>לפחות אחת</u> מ- 14 תכונות הסיכון הבאות:

1. נפיץ.
2. גורם חמצון.
3. דליק.
4. מגרה.
5. מזיק.
6. רעיל.
7. מסרטן.
8. קורוזיבי.
9. מדבק.
10. רעילות לפריון.
11. מוטגני.
12. מייצר גזים רעילים במגע עם מים/ אויר/ חומצה.

13. יוצר סיכון לאחר סילוקו.
14. רעיל לסביבה.

3.3.2. שלבי הגדרת פסולת כמסוכנת

א. בדיקה בקטלוג הפסולות האירופי- האם ניתן לשייך את הפסולת לפריטי הקטלוג.

ב. במקרה של "פריטי מראה - (mirror entries) " פריטים המופיעים כזוגות שאחד מהם מסווג כפסולת מסוכנת (עם כוכבית) והשני כפסולת לא מסוכנת (ללא כוכבית). תידרש בדיקה של הרכב החומרים המסוכנים בפסולת: סיווגם, ריכוזם והשוואה לספי הריכוז המותרים מוגדרים בדירקטיבה האירופית (2000/532/EC) (קטלוג הפסולות).

ג. מבחנים יבצעו באחד משני המצבים הבאים:

- במידה ולא ניתן לסווג את זרם הפסולת לפריט הנכלל בקטלוג הפסולות ונדרשת בדיקה נוספת של הרכב הזרם ואיכותו.
- במידה והזרם משויך לפריט מראה בקטלוג הפסולות ודרושה בדיקה של תכולת החומרים המסוכנים בפסולת: סיווגם, ריכוזם והשוואה לספי הריכוז המותרים המוגדרים בדירקטיבה.

3.3.3. מבחנים מעשיים לקביעת תכונות סיכון לחומרים מסוכנים/פסולת מסוכנת

המבחנים מאפשרים בדיקה פיסית של הפסולת לכל אחת מ-14 תכונות הסיכון שפורטו לעיל. והם מעוגנים בדירקטיבה העוסקת בסווג חומרים מסוכנים (EC 67/548). להלן רשימת המבחנים ומקורותיהם (טבלה 15).

טבלה 15: מבחנים מעשיים לקביעת תכונות הסיכון

תכונת	הגדרה	שיטת מבחן	מקור
H1	**נפיצות (explosive)** *חומרים המתפוצצים בחשיפה לחום, זעזוע או חיכוך*	**A14** סיכון נפיצות בדיקת רגישות תרמית רגישות מכנית (זעזוע או חיכוך).	*Annex V* ספר הכתום (חלק ב')
H2	**גורם חמצון (oxidizing)** *חומרים אשר במגע עם חומרים אחרים (בעיקר דליקים) יוצרים תגובות אקסותרמיות ביותר*	**A21** תכונות חמצון (נוזל) **A17** תכונות חמצון (מוצק)	Annex V Annex V
H3	**דליקות (flammability)**		
H3A	**דליק ביותר** **(Highly flammable)**		
- H3A (I) נוזלים	**בעלי נקודת הבזקה נמוכה מ-21°C**	**A9** נקודת הבזקה **A11** דליקות גזים	Annex V
H3A (II) נוזלים	**חומרים העלולים להתחמם ולהתלקח במגע עם האויר (ללא תוספת אנרגיה)**	**A13** תכונות פירופוריות מוצקים N2, נוזלים N3	*Annex V* (ספר הכתום)
H3A (III) מוצקים	**מוצקים העלולים להדלק עקב ניצוץ שממשיך לבעור גם לאחר סילוק מקור הניצוץ**	**A10** דליקות מוצקים	*Annex V*
H3A (IV) גזים	**גזים דליקים בטמפ' ולחץ נורמליים**	**A10** דליקות גזים	*Annex V*
H3A (V) נוזלים	**חמרים אשר במגע עם מים או עם אויר רווי מים משחררים גזים דליקים בכמויות מסוכנות**	**A12** דליקות במגע עם מים **N5**	*Annex V* (ספר כתום)
דליק	***Flammable***		
H3B נוזלים	נוזלים בעלי נק' הבזקה בין 21 ל- 55 מעלות	**A9** נקודת הבזקה	*Annex V*

תכונת	הגדרה	שיטת מבחן מומלצת	מקור
H4	**מגרה (irritant)**	Nuetral red assay release(TOX_4)	מדריך אנגלי לפסולת מסוכנת
H6/H5	**מזיק (Harmfull)** **רעיל (Toxic)**	Microtox vibrio fishery **(assay 7)** Enhanced chemiluminscent **(assay 8)**	מדריך אנגלי לפסולת מסוכנת
H7	**גורם סרטן** **(Carcinogenic)**	**B10** סטייה כרומוזומלית **B13/14** מוטציה הפכית בתאי בקטריה לצורך מיפוי מומלץ על בדיקת מיקרוטוקס	Annex V Annex V
H8	**קורוזיבי** **Corrosive**	<u>משולב:</u> **ערך הגבה** (pH) ובדיקת שיתוך **Dermal biobarrier = Corrositex**	Annex V
H9	**מידבק** **(infectious)**	אין	אין פירוט שיטות Annex V
H10	**רעילות לפריון** **toxic to reproduction**	**Hydra assay** **X-gal assay**	מדריך אנגלי לפסולת מסוכנת
H11	**מוטגני** **Mutagenic**	**B10** ***B13/14*** **Ames Plate Test** זיהוי מוטציה הפכית	Annex V מדריך אנגלי מסמכי ה- OECD
H12	**מייצר גזים רעילים במגע עם מים אויר או חומצה**	בדיקת שחרור גזים (SO_2) **A12** דליקות במגע עם מים	**משולב:** Annex V עם בדיקה לשחרור גזים
H13	**יוצר סיכון לאחר סילוקו (סיכונים H1-H12)**	מבחני מיצוי ובדיקת תכונות המיצוי	דירקטיבה אירופית להטמנה EC/2003/33
H14	**רעיל לסביבה** **(ecotoxic)**	**C2**רעילות אקוטית (דפניה) **C3**עיכוב התפתחות אצות	Annex V Annex V

3.4. פוטנציאל יישום פתרונות הקצה השונים בישראל

במסגרת העבודה נעשו מאמצים גדולים לאיתור פתרונות יצירתיים לשימוש בקרקעות מטופלות.
מסקר הספרות שנעשה על מדינות אחרות בעולם, עולה כי השימושים העיקריים בקרקעות המטופלות הינם תשתיות ובנייה. בחלק מהמדינות ניהול השיקום וההשבה נותר לשיקול דעת משקם האתר, ואין הנחיות אם וכיצד לעשות בקרקע שימוש חוזר כל עוד הפעולות המבוצעות עומדות בהנחיות ובמגבלות שהוגדרו ע"י המדינה.

ישנם הבדלים גדולים בתחום זה בין מדינות היעד שנבדקו לבין מדינת ישראל. ראשית, פוטנציאל צריכת החומר בארץ נמוך יותר מאשר במדינות שנבחנו. בהולנד לדוגמה, יש צורך מתמיד בקרקעות לפיתוח תשתיות ולסוללות עפר אשר מסייעות למנוע הצפה של שטחים ברחבי המדינה. בנוסף, ברוב המדינות מגבלות האחסון ועתודות נפחי ההטמנה גמישים יותר מאשר בארץ .
לשם הדגמה, בעבודה שנעשתה בשנת 2009 על פוטנציאל סילוק עודפי עפר במחוז ירושליים. מיפוי סף האתרים המתאימים לסילוק או שימוש חוזר בעודפי העפר הצפויים נתן מענה לכ-30% מנפח עודפי העפר הפוטנציאלים בלבד.

בנוסף, עודפי העפר המתקבלים מפרוייקטי תשתית גדולים בארץ מהווים מתחרה גדול בקרקעות המטופלות. כיום הטיפול בעודפי עפר אינו מוסדר, פעמים רבות ערימות עודפי עפר נותרות ללא שימוש ויוצרות מפגעים סביבתיים. במקרים רבים מדובר בחומרים באיכות טובה המתאימים לשימוש חוזר, אשר אינם מנוצלים מסיבות רבות, ביניהן גם העדר מודעות ו/או היעדר מוטיבציה. במהלך השנים נעשו מספר עבודות בנושא זה, במטרה לעודד את השימוש בעודפי העפר. העובדה כי עודפי אינם מצריכים טיפולי קדם כלשהם טרם היישום, הופכת אותם למועמד מועדף על פני קרקעות מטופלות להן יש לעיתים עלויות נלוות ו/או מגבלות שימוש נוקשות יותר. למרות החלטת ממשלה לפיה חברות ממשלתיות צריכות לעשות שימוש של 20% מסך חומרי הגלם בכל פרוייקט בעודפי עפר, בפועל נעשה שימוש מינימלי של 1% לכל היותר. לות"ל המאשרת רבים מהפרוייקטים הללו אין סמכויות פיקוח על הטיפול בעודפי העבר, לכן אלה לעיתים קרובות מוצאים את דרכם לשטחים פתוחים ו/או שטחים חקלאיים. היקפי השימוש החוזר הקטנים של עודפי עפר, מהווים דוגמה טובה לפוטנציאל לא ממומש בהיעדר אכיפה או עידוד ממשלתי, גם במקרים בהם ישנן החלטות ממשלה בנושא.

פתרונות הקצה הפוטנציאלים בארץ דומים מאוד לפתרונות במדינות היעד, וכוללים שימוש חוזר בפיתוח, תשתיות ו/או בנייה. בנוסף, זוהו במסגרת עבודה זו פתרונות קצה נוספים, השניים בעלי פוטנציאל היקפי השימוש הגדול ביותר כוללים שיקום מטמנות (מוסדרות או לא מוסדרות) ושיקום מחצבות נטושות. בשיקום מטמנות לא פעילות החסם העיקרי הינו מוטיבציה לביצוע ולמימון השיקום. מרבית האתרים ממוקמים באזורים מוקפים שטחים חקלאיים ומבודדים יחסית. ישנן מספר תכניות שיקום המקודמות כיום (כדוגמת שיקום מטמנת רתמים ושיקום מטמנת הוד השרון) אשר עשויות להוות אבן בוחן למימוש פתרון קצה זה במידה ויימצא הגורם אשר ירכז את הנושא וינגיש את הקרקעות המטופלות לפרוייקטים.
באשר לשיקום מחצבות נטושות החסם העיקרי בעייתי יותר – העדר תב"עות מאושרות המסדירות את שיקום המחצבות, אינו מאפשר קידום תכנית על אף הפוטנציאל הרב והתועלת אשר עשויה לנבוע מקידום שיקום

המחצבות. עם זאת, בראייה לעתיד, יש מקום לבחון דרכים לעודד רשויות לכלול את השיקום בתכניות המתאר בשאיפה לעשות בהן שימוש בהמשך הדרך.

לסיכום אם כן, ניתן להצביע על פתרונות להשבה ומחזור של קרקע גם בטווח המיידי וגם בראייה לעתיד. בטווח המיידי – ביישום הקרקעות המטופלות בבנייייה ובתשתיות ובלבד שהקרקע עומדת בתכונותיה בתקן הרלוונטי ושריכוזי המזהמים בקרקע עומדים בערכי הסף לפי שימוש קרקע ו/או אזור רגישות. פוטנציאל עתידי בעל נפח גדול ומשמעותי טמון בשיקום אתרי פסולת לא פעילים ובשיקום מחצבות נטושות. שניהם מצריכים הערכות, תכנון מקדים ותקינה אשר עלולים לקחת שנים רבות. בהנחה שזרם הקרקעות המטופלות לא ייפסק, רצוי להמשיך ולקדם את הפתרונות הללו.

4. פרק ד' – הערכה טכנו-כלכלית ליישום פתרונות הקצה בישראל

מטרת פרק זה להעריך את כלל העלויות הנלוות הכרוכות בטיפול בקרקעות שישוקמו מרגע סיום הטיפול ועד יישומן של הקרקעות שטופלו בפתרון הקצה.

4.1. סיכום המידע שנאסף – הגדרת פתרונות קצה בעלי פוטנציאל מימוש בטווחי זמן שונים, חסמים למימוש ואופן המימוש בכל פתרון קצה

כפי שצויין בפרק הקודם ניתן להצביע על פתרונות להשבה ומחזור של קרקע גם בטווח המיידי וגם כפוטנציאל עתידי המצריך הערכות מקדימה.
בטווח המיידי היישום אפשרי בבנייה ובתשתיות, כאשר המגבלה העיקרית הינה תקני האיכות לחומרי בניין בהם על הקרקע לעמוד. בנוסף על הקרקע המיושמת לעמוד בערכי הסף המוגדרים ע"י המשרד להגנת הסביבה לפי שימושי הקרקע ו/או אזור הרגישות בו היא מיושמת. היישום מבוצע בדומה לחומרים הראשוניים המשמשים בפרוייקטים, ולרוב אינו מצריך הערכות מיוחדת (למעט מקרים מיוחדים בהם נדרשים הפרדת אבנים וכד'). הפוטנציאל העתידי טמון בשיקום אתרי פסולת לא פעילים ובשיקום מחצבות נטושות. גם במקרים אלה העובדה כי מדובר בקרקעות מטופלות אינה משפיעה על אופן היישום ולרוב מאפשרת שימוש בקרקע כפי שהיא בהנחה כי התכונות הגיאוטכניות שלה מתאימות לשימוש (תכולת חלקיקים דקים וכד'). עם זאת, כאשר המדובר ביישום באתרי פסולת לא מוסדרים ושיקום מחצבות ישנם חסמים מורכבים יותר. יישום בשיקום מחצבות לדוגמה, מצריך תב"עות מתאימות, תהליך אשר יכול לארוך שנים. במקרה של שיקום מחצבות לא פעילות, אין גוף שאמון על הנושא ומקדם אותו, לרוב לרשויות בתחומן יש אתרים כאלה אין מוטיבציה לקדם שיקום אלא אם אתר בתחומי תכנית בינוי או פיתוח עתידית. בהתאם לכך גם לרוב אין מקורות מימון לקידום הפרוייקטים.

4.2. הערכת עלויות השיקום והיישום בפתרונות הקצה

4.2.1. <u>כללי</u>

בשקלול אומדן עלויות הטיפול בקרקע והיישום בפתרונות הקצה, נכללים שיקולים נוספים אשר אינם כלכליים במהותם וקשה לכמת את התועלת המגיעה מהם באופן כמותי. דוגמה לכך הינה החיסכון בנפחי הטמנה הנובע מטיפול בקרקעות מזוהמות וביישומן בפרוייקטים. מלבד התועלת הברורה בחיסכון בעלויות של הקמת אתרי הטמנה נוספים, ישנן תועלות עקיפות כדוגמת, חיסכון בחומרי כריה וחציב ראשוניים, חיסכון בנסיעת כלי רכב, זיהום אויר, היבטים של צדק חלוקתי וכו'.
בהתאם לכך, בחישוב עלויות הטיפול בקרקע והיישום בפתרונות הקצה, העלות הסופית המשוקללת אינה בהכרח העלות האמיתית לטון קרקע. מכאן שבמקרים מסויימים יש לבחון אפשרויות להוזלה של התהליך במטרה לעודד שימוש בקרקעות מטופלות על פני חומרים ראשוניים, אפילו במחיר של הקטנת הרווח או אף בסבסוד מסויים של המדינה.

הערכת העלות הישירה כוללת את כל היבטי טיפול וניהול הקרקע, מרגע קבלה באתר הטיפול ועד ליישומה בפתרון הקצה הנבחר. העלות כוללת את המרכיבים הבאים:

- עלויות הטיפול בקרקע (כולל מתקני הטיפול נלווים למיחזור וטיפול במים ו/או פליטות)
- עלויות איפיון מקדים של הקרקע
- עלויות איפיון איכות הקרקע לאחר הטיפול
- עלויות אריזה, אחסון
- עלויות הטמנה של זרמים שלא ניתנים למיחזור

אומדן העלות בפרק זה אינו לוקח בחשבון את עלות הקמת מתקני הטיפול השונים, שכירות הקרקע והתשתיות הנלוות הנדרשות (משטחים אטומים, ניקוז וכד'). השתת עלויות הקמת מערך הטיפול תלויה במשך חיי המתקן (האם מוקם לאתר ספציפי או כאתר ייעודי המקבל קרקעות ממקורות שונים), בגודל מתקני הטיפול, במספר הטכנולוגיות באתר ועוד.

בשאיפה לעודד את השימוש בקרקעות המטופלות, ניתן להשפיע על מאזן העלות הסופי במספר שלבים בתהליך. ניתן לקבוע מחיר לקרקע המטופלת שנמכרת לפתרון הקצה או לחילופין להשית גם את העלויות העקיפות על הגורם המזהם. ישנם מספר אלמנטים עיקריים באמצעותם ניתן להשפיע על העלות הסופית של הטיפול והשבת הקרקע:

- היטל טיפול - בדומה להיטל ההטמנה, היטל אשר יכלול מעבר לעלויות הטיפול בקרקע גם את העלויות העקיפות כדוגמת אחסון הקרקע עד למכירתה/מסירתה והשינוע לאתר היעד.
- מסירת הקרקע ללא תשלום לכל דורש במסגרת פתרונות הקצה המאושרים.
- מכירת הקרקע במחיר זול ביחס למחיר המוצר בשוק.
- מכירת הקרקע במחיר התואם את מחיר המוצר בשוק.
- עלויות שינוע הקרקע מאתר הטיפול לאתר היישום לא נלקחו בחשבון במסגרת חישובי העלות. זאת מהסיבה שצרכני החומר הפוטנציאלים צריכים יהיו לשלם עבור ההובלה גם אם מדובר בחומר ראשוני. בהתאם לכך עלויות השינוע נותרות זהות גם אם נעשה שימוש בקרקע מטופלת וגם אם נעשה שימוש בחומר ראשוני. אם תכנון פריסת אתרי הטיפול (HUB) יקח בחשבון נגישות לאזורים שונים בארץ ניתן יהיה להוזיל גם בעלויות השינוע ביחס לחומרים ראשוניים ולייצר תמריץ נוסף בהשקעה מינימלית, להעדפה לשימוש בקרקע מטופלת על פני שימוש בחומר ראשוני.

ישנם תמריצים שונים המצויים באחריות הרגולטור אשר יכולים לקדם ולעודד את השימוש בקרקעות מטופלות (ביחס למוטיבציה הקיימת היום):

- הסדרת מנגנוני חלופות – אכיפה ומעקב אחר נושאי עודפי העפר וכרייה פיראטית. כל עוד עודפי עפר נמסרים ללא תשלום, הדבר עשוי לפגוע בביקוש הקרקע המטופלת, אף אם תימסר גם היא ללא תשלום.

- הנגשת המוצר לפתרונות הקצה - פריסה ארצית של אזורי אחסנת קרקע מטופלת, תפחית את עלויות השינוע לפתרונות הקצה ובכך עשויה להגדיל את הביקוש.
- סבסוד ממשלתי, מענקים בהיקפי שימוש גדולים והקלות שונות למפעילי מתקני הטיפול אשר יוזילו את מאזן העלות הסופי.
- הקמת בנק קרקעות אשר ינגיש את השימוש בקרקעות מטופלות עבור הצרכנים הפוטנציאלים.

4.2.2. <u>הערכת עלות בהתאם לפתרונות הקצה השונים</u>

בהתאם לנתונים שנאספו במסגרת עבודה זו בוצעה הערכת עלות הטיפול וההשבה של הקרקע עפ"י טכנולוגיות הטיפול, ובכל פתרון קצה שהוצע לעיל.

לנושא עלות חומרי הגלם נלקח בתחשיב ממוצע של מחירי השוק לחומר ראשוני. ניתן לקזז את הנ"ל ממחיר העלות באופן מלא (כלומר - מכירת החומר במחיר מלא) או באופן חלקי (מכירת החומר בתעריפים מוזלים ביחס לחומר ראשוני), במטרה לעודד את הצרכנים לעשות שימוש בקרקע המטופלת.

עלויות הטיפול אשר נלקחו בחשבון בתחשיב הינן ממוצע עלות הטיפול לטון קרקע בכל טכנולוגיה עפ"י ה-RFI. בטבלאות 16-19 להלן מפורטים המרכיבים הנלקחים בחשבון לצורך הערכת העלות, בכל אחת מטכנולוגיות הטיפול. בבחינת עלויות הטיפול בקרקע אל מול המחיר שניתן לקבל עבור כל אחד מחומרי הגלם, ניתן לראות שעלות הטיפול בקרקע (לאחר קיזוז המחיר המלא אותו יש להניח שניתן לקבל) נעה בין 207-489 ₪ לטון.

כתלות בפתרון הקצה ייתכנו הוצאות נוספות כגון דיגום לאיפיון איכות הקרקע ו/או התכונות הגיאוטכניות שלה. היבטים אלה לא נלקחו בחשבון בתחשיב בשל היותם אופציונלים ומשתנים בהיקפם בהתאם לפרוייקט אליו הקרקע תיועד.

טבלה 16: מודל כלכלי לקרקע שטופלה באמצעות שטיפת קרקע

	מרכיב	עלות (ש"ח /טון קרקע לטיפול)
עלויות ישירות	עלות טיפול	228
	הטמנת פרקציה דקה (מתחת ל- 63 מיקרון באתר פסולת מעורבת/ יבשה (כ- 15% מהזרם הנכנס, המחיר המצויין מנורמל לפי טון קרקע המועברת לטיפול)	9
	פינוי פרקציה גסה (מעל 4 מ"מ) לאתר פסולת יבשה (כ- 8% מהזרם הנכנס)	3.6
	גריסת פרקציה גסת גרגר (אופציונלי)	1.5
	טיפול במי השטיפה	60
	סה"כ עלויות ישירות לטון קרקע לטיפול	**302**
עלויות עקיפות	שינוע לפתרון הקצה/ אתר אחסנה/מיון	84
פתרון קצה	מחיר חומרי גלם לבנייה ותשתיות, שיקום מחצבות ושיקום אתרי פסולת:	
	• חול	179
	• חצץ	134
	• שומשום	158
	• מצע א'	140
	• מצע ב'	118
	• מצע ג'	75
	סה"כ לטון קרקע	207-311

* הערכים המצוינים הינם ממוצע של מחירי השוק.

** המחירים לחומרי הגלם נלקחו ממחירון דקל (נובמבר 2016).

טבלה 17: מודל כלכלי לקרקע שטופלה באמצעות טיפול תרמי

	מרכיב	עלות (₪/ טון קרקע לטיפול)
עלויות ישירות	עלות טיפול	480
	תוספי קרקע להתאמת התכונות הפיסקליות לפתרון הקצה	אופציוני
עלויות עקיפות	שינוע לפתרון הקצה/ אתר אחסנה/מיון	84
פתרון קצה	מחיר חומרי גלם לבנייה ותשתיות, שיקום מחצבות ושיקום אתרי פסולת:	
	• חול	179
	• חצץ	134
	• שומשום	158
	• מצע א'	140
	• מצע ב'	118
	• מצע ג'	75
	סה"כ לטון קרקע	**385-489**

* הערכים המצוינים הינם ממוצע של מחירי השוק.

** המחירים לחומרי הגלם נלקחו ממחירון דקל (נובמבר 2016).

טבלה 18: מודל כלכלי לקרקע שטופלה באמצעות טיפול ביולוגי

	מרכיב	עלות (₪/ טון קרקע לטיפול)
עלויות ישירות	עלות טיפול [₪/ טון קרקע לטיפול]	197
	הטמנת קרקע מטופלת כשכבת כיסוי באס"פ מעורבת/ יבשה [₪/ טון קרקע מטופלת]	60
עלויות עקיפות	שינוע לאתר ההטמנה/ פתרון הקצה [₪/ טון קרקע מטופלת]	84
פתרון קצה	שיקום אתרי פסולת – חומר כיסוי ברמת מצע א'	140
	סה"כ לטון קרקע	201

* הערכים המצוינים הינם ממוצע של מחירי השוק.

** המחירים לחומרי הגלם נלקחו ממחירון דקל (נובמבר 2016).

טבלה 19: מודל כלכלי לקרקע שטופלה באמצעות ייצוב מיצוק

	מרכיב	עלות (₪/ טון קרקע)
עלויות ישירות	עלות טיפול (ממוצע) [₪/ טון קרקע לטיפול]	142
	הטמנת קרקע מטופלת [₪/ טון קרקע מטופלת]	226
עלויות עקיפות	שינוע לאתר ההטמנה [₪/ טון קרקע מטופלת]	84
פתרון קצה	בעיקר הטמנה. ניתן לשימוש מוגבל ביישומים בהם קיימת וודאות שהחומר לא ייחשף לאטמוספרה.	
	סה"כ לטון קרקע	452

* הערכים המצוינים הינם ממוצע של מחירי השוק.

** המחירים לחומרי הגלם נלקחו ממחירון דקל (נובמבר 2016).

4.3. סיכום מימוש השבת ומיחזור הקרקעות

סקירת הנעשה בתחום השבה ומחזור של קרקעות מטופלות בעולם מראה כי התהליכים ברוב המדינות די דומים, כאשר השוני העיקרי מתמקד במידת ואופן האכיפה של תהליכי השיקום והשימוש החוזר. התפתחות הרגולציה במדינות היעד הצביעה על הצורך בהסדרה רגולטורית של תהליכי השיקום והשימוש החוזר.

בנוסף, מתודולוגיה סדורה המגדירה את האחריות לשיקום כל אחד מהאתרים ומנגנוני המימון והסבסוד סייעו לקדם באופן משמעותי את היקפי השיקום של האתרים המזוהמים. מחסור בעודפי עפר לעבודות תשתית, הוביל בחלק מהמדינות להסדרת השימוש החוזר בקרקעות מטופלות.

בבחינת המידע שנאסף אודות טכנולוגיות הטיפול השונות בבלגיה ובהולנד, ישנה העדפה ברורה לטכנולוגיות הטיפול המהירות יותר (שטיפת קרקע וטיפול תרמי) על פני טכנולוגיות המצריכות זמני טיפול ארוכים יותר (טיפול ביולוגי) או שאינן מטפלות במזהמים עצמם (מיצוב מיצוק). בהולנד כ-75% מהקרקעות מטופלות באמצעות טיפול תרמי או שטיפה, בבלגיה כ-54% מהקרקעות.

מידע מפורט אודות שימושי הקצה נמצא בעיקר עבור בלגיה. כ-65% משמשות במילוי ובהגבהה במסגרת פיתוח תשתיות, כ-17% בכבישים וסוללות וכ-9% בשיקום מחצבות. אחוז השימוש בתעשייה (בטון, קרמיקה) נמוך מאוד ועומד על כ-2-3%, אחוז דומה מועבר להטמנה. בסיכום כללי ניתן לראות כי למעלה מ-90% מהקרקע מועברת לשימוש חוזר. נציין כי גם בהולנד נראה כי תשתיות מהוות שימוש קצה עיקרי לקרקעות מטופלות ו/או מזוהמות קלות. עם זאת, לא מצאנו נתונים מספריים אודות היקפי השימוש החוזר ביחס לכלל הקרקע.

כאשר בוחנים את פוטנציאל המימוש בארץ, ניתן בהחלט לעשות שימוש בקרקעות מטופלות (ו/או מזוהמות קלות בהתאם להגדרות ערכי הסף של המשרד להגנת הסביבה) תוך עמידה בתקנים קיימים לתשתיות ולבנייה ובערכי סף המגבילים שימוש בהתאם לשימושי הקרקע או לאזור הרגישות בו מצוי האתר.

עם זאת, כל פעולות העידוד והתמריצים תלויים במקביל באכיפה אדוקה של מימוש פוטנציאל המחזור בפרוייקטים גדולים, והסדרת תחום עודפי העפר הפרוץ כיום. במרבית הפרוייקטים הגדולים בשנים האחרונות לא נמצא פתרון אמיתי לעודפי העפר. בפרוייקט A1 קו הרכבת לירושליים עודפי העפר נערמו בסמוך לשטחי ההתארגנות, וככל הידוע לנו מצויים שם (לפחות בחלקם) עד היום. הקרקעות המטופלות מפרוייקט הקישון מתוכננות לשמש להקמת גבעה בתוך אחד מפיתולי הנחל, הקרקעות יוטמנו עם תשתיות מיגון כנדרש באתרי פסולת כיוון שלא מתוכנן טיפול למתכות בקרקע. הקרקעות מעבודות הרכבת הקלה בתל אביב יועברו בהתאם לממצאי דיגום קרקע לאתרי הטמנה לכיסוי או לשימוש חוזר (ככל הנראה במסגרת הסכם עתידי עם רמ"י לשימוש בקרקעות בעבודות תשתית מתוכננות).

פוטנציאל גדול לשימוש חוזר בקרקעות המטופלות טמון גם בשני פתרונות קצה נוספים אשר סומנו במסגרת עבודה זו – שיקום אתרי פסולת (בעיקר לא פעילים), ושיקום מחצבות. נפחי הקרקע הדרושים לפתרונות אלה גדולים מאוד ויכולים להוות עתודה לשימוש בקרקעות למשך שנים רבות. הפוטנציאל הגדול מצדיק התנעת תהליכים אשר סביר כי ימשכו מספר שנים, עד אשר שיתאפשר שימוש בקרקע במסגרתם.

החלטת ממשלה באשר לשימוש בעודפי עפר בפרויקטים ציבוריים לא התקדמה לפן המעשי, דבר המלמד על המוטיבציה הנמוכה הקיימת בשוק לשימוש חוזר בקרקעות. בהתאם לכך יש לבסס שורה של צעדים אשר יעודדו את השימוש בקרקעות מחד, ויפקחו על הנושא מקרוב מאידך.

להלן הצעדים בהם יש לנקוט:

- הקמת מנהלת אשר תרכז את נושא השימוש החוזר - תאסוף את כל המידע הרלוונטי, תאגד ותסייע בקידום כל ההיבטים הקשורים במיחזור ופזורים כיום בין מספר גופים.
- מנגנוני מימון וסבסוד - הסדרת מנגנונים אשר יהפכו את השימוש בקרקע מטופלת לכלכלי באופן יחסי לקהל הצרכנים. הנ"ל יכול להגיע בצורת תמריצים חד פעמיים או בסבסוד של מרכיבים מסויימים בעלות ההשבה והמחזור (כדוגמת השינוע לאתרי היעד, תעריפי הטיפול בקרקע, מכירת הקרקע במחיר חלקי או מסירתה ללא תשלום נוסף וכד').
- הקמת מערך של אתרים לטיפול ולאחסון הקרקע המטופלת - להנגיש את הקרקע לפרוייקטים בכל רחבי הארץ ולצמצם את המרחק בין נקודות האחסון לאתרי היעד.
- קביעת סטים נוספים של ערכי סף עשוייה לסייע בעידוד שיקום הקרקע, בהקטנת נפח הקרקע המצריך טיפול ו/או הפחתה ברמת השיקום הדרושה ולהקל בהתנהלות השוטפת מול דרישות השיקום בכל אתר. לכאורה המדרג המיושם בהולנד דומה מאוד לזה המיושם בישראל, כאשר התאמת המבנה לארץ תצריך בעיקר קביעת סט אחד או שניים של ערכי סף, לאתרים מוגדרים ובנסיבות אשר יקבעו מראש (כדוגמת אתרים בעלי זיהום היסטורי או אתרים בהם עלות השיקום באמצעים הטובים ביותר הקיימים כיום אינה סבירה).

בנוסף בתהליך זה יש מקום לבחון את ערכי הסף עצמם ביחס לאלה הנהוגים במדינות האחרות.

LUDAN | ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

5. סיכום והמלצות

נושא השבה ומחזור של קרקעות מטופלות בישראל נמצא בחיתוליו. ישנם הבדלים גדולים בתחום זה בין מדינות היעד שנבדקו לבין מדינת ישראל. הסדרת הנושא ומימוש הפוטנציאל הגלום בפתרונות הקצה השונים, טמונים במספר פעולות גם בטווח המיידי וגם בטווח הרחוק:

א. הנחת העבודה היא כי תכניות אשר יסתמכו על שינויים רגולטורים כאלה או אחרים יתקשו להתממש בטווח הזמן של השנים הקרובות. כיוון שהצורך בהסדרת פתרונות לקרקעות המטופלות מיידי, יש לקדם את הסדרת הפתרונות לטווח הרחוק במקביל לגיבוש מתודולוגיה ליישום מיידי של הפתרונות הרלוונטים כבר עכשיו. בהמשך לכך מומלץ ורצוי לעשות שימוש בתהליכים רגולטורים שכבר נמצאים בתהליך מתקדם, כדוגמת תמ"א 14.

ב. בחינת ערכי הסף הראשוניים הנהוגים בישראל כיום, כנגד ערכי הסף הנהוגים בבלגיה ובהולנד. מדרג ערכי הסף הנהוג בהולנד דומה מאוד לזה הנהוג בישראל ויצריך התאמה מועטה. עם זאת, ערכי הסף הנהוגים בישראל גבוהים יותר לרמה המקבילה בהולנד (לרוב בסדרי גודל), ודומים יותר לאלה המשמשים בבלגיה (אם כי בנסיבות מעט שונות). התאמת ערכי הסף, תצריך בחינה לא רק של תוספת סטים נוספים של ערכי סף אלא גם של ערכי הסף עצמם.

ג. השלמת הרגולציה לעידוד השימוש בקרקעות המטופלות, במקביל להקמת מערך אכיפה ופיקוח. בהמשך להחלטת הממשלה לשימוש בעודפי עפר, העדר ההסברה והאכיפה של הנושא אינם מאפשרים לתחום להתגבש. מערך הסברה מקיף אשר יציג לקהל הצרכנים את החיסכון הפוטנציאלי הטמון בקרקעות המטופלות ואת קלות המימוש יאפשר להתחיל ולהניע את התהליך.

ד. הנגשת השימוש בקרקעות המטופלות - עבודה בנושא נעשית כבר היום במסגרת תמ"א 14. העבודה כוללת איתור והסדרת אתרים לאחסון עודפי עפר בפריסה ארצית, דבר אשר יחסוך עלויות שינוע של קרקעות לפרוייקטים בפריפריה. כיוון שתהליך איתור האתרים הפוטנציאלים נעשה כבר במסגרת תמ"א 14, וכיוון שהשימושים המתוכננים לעודפי העפר ולקרקע המטופלת זהים, רצוי ומומלץ לחבר בין שני השימושים.

ה. מנהלת ובנק קרקעות - כיום אין גורם אחד המאגד את כל נושא עודפי העפר בארץ. כל אחד מהנושאים הקשורים בתחום (תקנים, ערכי סף, עודפי עפר, נפחים פוטנציאלים וכו') מטופל ע"י גורם אחר. כתוצאה מכך לתהליך היישום פוטנציאל לסירבול ולאי שיתוף פעולה מצד הצרכנים. ריכוז המידע והתהליך כולו בידי גורם אחד יאפשר בקרה טובה יותר על היקפי הטיפול וההשבה.

ו. כלים כלכליים לעידוד השימוש בקרקעות - כלים כלכליים הינם כלי יעיל מאוד בהתנעת תהליכים. סביר כי אם השימוש בקרקעות המטופלות יהיה כלכלי יותר מאשר רכישת חומרי גלם ראשוניים, הצרכנים ישתפו פעולה וישלבו את הקרקעות המטופלות בפרוייקטים עתידיים.

בין הכלים הכלכליים מומלץ לבחון הצבת רף לשיקום (עלות מול תועלת)- מחיר מקסימלי לטיפול בטון קרקע. טיפול בקרקע אשר יעלה על סכום זה, ייחשב כלא כלכלי (עלות תועלת נמוכה) ויאפשר ליזם או לבעל הקרקע להטמין את הקרקע ללא טיפול קדם.

ז. במקביל למאמצים הנעשים למיפוי פתרונות בעודפי העפר, יש לנקוט בצעדים על מנת לצמצם את הכמות המיועדת לשימוש חוזר. דרך אחת לבצע זאת היא באמצעות סקרי סיכונים לאתרים מזוהמים. מתוך ממצאי הסקר יוגדרו ערכי סף מבוססי סיכון לכל אתר, סינון זה ייתכן ויאפשר בחלק מהאתרים ערכי סף גבוהים יותר מאלה המוגדרים כיום במסמך ערכי הסף של המשרד להגנת הסביבה. בהתאם לכך נפחי הקרקע לטיפול ולשימוש חוזר יקטנו משמעותית.

LUDAN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

ביבליוגרפיה

- המשרד להגנת הסביבה, עקרונות המדיניות של המשרד בתחום מניעת זיהום קרקע
- והטיפול במזהמים בקרקע, ינואר 2015

- המשרד להגנת הסביבה, נוהל לטיפול בבקשות לאישור מנהל לפינוי קרקעות מזוהמות, מאי 2015

- המשרד להגנת הסביבה, זיהום קרקעות בישראל – רשימת האתרים החשודים בזיהומי הקרקעות החמורים במיוחד ממקורות תעשייתיים, מרס 2009

- אורן ענב, בוקוולד שירה, זיהומי קרקע בישראל, מרץ 2003, המשרד לאיכות הסביבה, האגף לשפכי תעשייה וקרקעות מזוהמות.

- רונן יניב, זיהום קרקע בישראל- התופעה ודרכי הטיפול בה, 2009, הכנסת, מרכז המחקר והמידע

- Beck P., Wallace S., Sweeney R., Harries N., Remediation of Basfor Gasworks Using Soil Washing, September 2003, CL:AIRE Technology Demonstration Project Report: TDP2.

- Bioremediation of Contaminated Soils: A Comparison of In Situ and Ex Situ Techniques

- CL:AIRE, (2011), the definition of waste: development industry code of practice, version 2

- Clement, T. P., Hooker, B. S., & Skeen, R. S. (1996). Macroscopic models for predicting changes in saturated porous media properties caused by microbial growth. Ground Water, 34(5), 934-942.

- De-Fraye Johan and Visser Elze-Lia, The interaction between soil and waste legislation in ten European Union countries, NICOLE

- Department of Environmental Protection, State of New Jersey, Guidance for Beneficial Use of Soil and Non-Soil Material in the Remediation of Contaminated Sites and Closure of Solid Waste Landfills, 2008

- Department of Environmental Protection, Technical Requirements for Sites Remediation, 2012.

- Dermont, G., Bergeron, M., Mercier, G., & Richer-Laflèche, M. (2008). Soil washing for metal removal: a review of physical/chemical technologies and field applications. Journal of Hazardous Materials, 152(1), 1-31.

- Eikelboom, R. T., Ruwiel, E., & Goumans, J. J. J. M. (2001). The building_materials decree: an example of a Dutch regulation based on the potential impact of materials on the environment. Waste Management, 21(3), 295-302 .

- The Environment Agency, Using Science to Create a Better Place, 2009.

- Harries N., Beck., Sweeney R., Remediation Trial Using Low Temperature Thermal Desorption to Treat Hydrocarbon Contaminated Soil. 2004, Technology Demonstration Project Report: TDP12.

- Hayes T., Foweather M., Sweeney R., Bioremediation of the Coke Works and Former Colliery at Askern, Doncaster, 2005, CL:AIRE Technology Demonstration Project Report: TDP12.

- Remediation Technology Costs in the UK & Europe; Drivers and Changes from 2001 to 2005. MIKE SUMMERSGILL formerly General Manager, VHE Technology, BARNSLEY, UK; now Managing Partner, SEnSe Associates LLP, MAIDSTONE, UK.

- Rijkwaterstaat Ministry of infrastructure and the environment, (2014), Into Dutch Soils

- Swartjes, F. A., Rutgers, M., Lijzen, J. P. A., Janssen, P. J. C. M., Otte, P. F., Wintersen, A., Brand E., & Posthuma, L. (2012). State of the art of contaminated site management in The Netherlands: Policy framework and risk assessment tools. Science of the Total Environment, 427, 1-10.

- Verschoor, A. J., Lijzen, J. P. A., van den Broek, H. H., Cleven, R. F. M. J., Comans, R. N., & Dijkstra, J. J. (2008, June). Revision of the Dutch building materials decree: alternative emission limit values for inorganic components in granular building materials. In 9th International Symposium on Environmental Geotechnology and Global Sustainable Development–1-4 June.

- Wesselink, L. G., Notenboom, J., & Tiktak, A. (2006). The consequences of the European Soil Framework Directive for Dutch policy. MNP report,500094003, 31.

- Yongming, L. (2009). Current Research and Development in Soil Remediation Technologies [J]. Progress in Chemistry Z, 1.

- Honders, A., Orbons, A. J., & Gadella, J. M. (2003). Development and Application of a Quality Control and Assurance Scheme for Reusable Soil. Center for Soil Treatment (SCG).
- Rijkwaterstaat Ministry of infrastructure and the environment, (2006), Preliminary Draft of The Soil Quality Regulation.

נספחים

נספח א

ערכי סף קבועים – הולנד
ערכי סף - בלגיה

ערכי סף קבועים - הולנד

המזהם	ערכי רקע (mg/Kg)	ערך מקסימלי למגורים (mg/Kg)	ערך מקסימלי לתעשייה (mg/Kg)	ערך סף לפעולה (mg/Kg)
מתכות				
אנטימון	4.0	15	22	22
ארסן	20	27	76	76
באריום	190	550	920	
בריליום				30
קדמיום	0.60	1.2	4.3	13
כרום כללי	55	62	180	
כרום 3+				180
כרום 6+				78
קובלט	15	35	190	190
נחושת	40	54	190	190
כספית כללית	0.15	0.83	4.8	36
כספית א-אורגנית				4
כספית אורגנית				530
עופרת	50	210	530	530
מולבידן	1.5	88	190	190
ניקל	35	39	100	100
סלניום				100
כסף				15
כלור				600
טאליום				15
בדיל	6.5	180	900	900
ונאדיום	80	97	250	250
אבץ	140	200	720	720
אי-אורגנים				
כלוריד				
ציאניד חופשי	3.0	3.0	20	20
ציאניד קומפלקס	5.5	5.5	50	50
תיאוציאנט	6.0	6.0	20	20
ארומטיים				
בנזן	0.20	0.20	1.0	1.1
אתילבנזן	0.20	0.20	1.25	110
טולואן	0.20	0.20	1.25	32
קסילן	0.45	0.45	1.25	17

המזהם	***ערכי רקע (mg/Kg)***	***ערך מקסימלי למגורים (mg/Kg)***	***ערך מקסימלי לתעשייה (mg/Kg)***	***ערך סף לפעולה (mg/Kg)***
סטירן	0.25	0.25	86	86
פנול	0.25	0.25	1.25	14
קרסול	0.30	0.30	5.0	13
Dodecylbenzene	0.35	0.35	0.35	1000
Aromatic solvents	2.5	2.5	2.5	200
PAH כללי	1.5	6.8	40	40
אורגנו-כלורידים				
Monochloroethene	0.10	0.10	0.10	0.1
Dichloromethane	0.10	0.10	3.9	3.9
1,1-dichloroethane	0.20	0.20	0.20	15
1,2-dichloroethane	0.20	0.20	4	6.4
1,1-dichloroethene	0.30	0.30	0.30	0.3
1,2-dichloroethene	0.30	0.30	0.30	1
Dichloropropanes	0.80	0.80	0.80	2
Trichloromethane	0.25	0.25	3.0	5.6
1,1,1-trichloroethane	0.25	0.25	0.25	15
1,1,2-trichloroethane	0.30	0.30	0.30	10
Trichloroethene	0.25	0.25	2.5	2.5
Tetrachloromethane	0.30	0.30	0.7	0.7
Tetrachloroethene	0.15	0.15	4.0	8.8
כלורובנזנים				
Monochlorobenzene	0.20	0.20	5.0	15
Dichlorobenzenes	2.0*	2.0	5.0	19
Trichlorobenzenes	0.015	0.015	5.0	11
Tetrachlorobenzenes	0.0090	0.0090	2.2	2.2
Pentachlorobenzenes	0.0025	0.0025	5.0	6.7

המזהם	ערכי רקע (mg/Kg)	ערך מקסימלי למגורים (mg/Kg)	ערך מקסימלי לתעשייה (mg/Kg)	ערך סף לפעולה (mg/Kg)
Hexachlorobenzene	0.0085	0.027	1.4	2
כלורופנולים				
סך כל הכלורופנולים				
Monochlorophenols	0.045	0.045	5.4	5.4
Dichlorophenols	0.20	0.20	6.0	22
Trichlorophenols	0.0030	0.0030	6.0	22
Tetrachlorophenols	0.015	1.0	6.0	21
Pentachlorophenol	0.0030	1.4	5.0	12
Polychlorobiphenyls	0.02	0.02	0.5	1
Monochloroanilines	0.20	0.20	0.20	50
Pentachloroanilines	0.15	0.15	0.15	
Dioxin	0.000055	0.000055	0.000055	0.00018
Chloronaphthalene	0.070	0.070	10	23
Dichloroanilines				50
Trichloroanilines				10
Tetrachloroanilines				30
Pentachloroanilines				10
4-Chloromethylphenols				15
חומרי הדברה				
Chlorodane (sum)	0.0020	0.0020	0.1	4
DDT (sum)	0.20	0.20	1.0	1.7
DDE (sum)	0.10	0.13	1.3	2.3
DDD (sum)	0.020	0.84	34	34
Drins (sum)	0.015	0.04	0.14	0.32
α-endosulphan	0.00090	0.00090	0.1	4
α-HCH	0.0010	0.0010	0.5	17
β-HCH	0.0020	0.0020	0.5	1.6
γ-HCH (lindane)	0.0030	0.04	0.5	1.2
Heptachlor	0.00070	0.00070	0.1	4

המזהם	ערכי רקע (mg/Kg)	ערך מקסימלי למגורים (mg/Kg)	ערך מקסימלי לתעשייה (mg/Kg)	ערך סף לפעולה (mg/Kg)
Heptachlor epoxide (sum)	0.0020	0.0020	0.1	4
Azinphos-methyl	0.0075	0.0075	0.0075	
Organotin compounds pesticides	0.15	0.5	2.5	2.5
Tributyltin (TBT)	0.065	0.065	0.065	
MCPA	0.55	0.55	0.55	4
Atrazine	0.035	0.035	0.5	0.71
Carbaryl	0.15	0.15	0.45	0.45
Carbofuran	0.017	0.017	0.017	0.017
Azinphos-methyl				2
Maneb				22
4-Chloromethylphenols	0.60	0.60	0.60	
Organonitrogen and Organophosphorus pesticides	0.090	0.090		0.5
חומרים נוספים				
Acrylonitril	0.1	0.1	0.1	0.1
אסבסט		100	100	100
Butanol	2.0	2.0	2.0	30
1,2 butyl acetate	2.0	2.0	2.0	200
Cyclohexanone	2.0	2.0	150	150
Dimethyl phthalate	0.045	9.2	60	82
Diethyl phthalate	0.045	5.3	53	53
Di-isobutyl phthalate	0.045	1.3	17	17
Dibutyl phthalate	0.070	5.0	36	36
Butyl benzyl phthalate	0.070	2.6	48	48
Dihexyl phthalate	0.070	18	60	220
Di(2-ethylhexyl)phthalate	0.045	8.3	60	60
Ethylacetate	2.0	2.0	2.0	75

LUDAN | ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

המזהם	ערכי רקע (mg/Kg)	ערך מקסימלי למגורים (mg/Kg)	ערך מקסימלי לתעשייה (mg/Kg)	ערך סף לפעולה (mg/Kg)
Diethylene glycol	8.0	8.0	8.0	270
Ethylene glycol	5.0	5.0	5.0	100
Formaldehyde	0.1	0.1	0.1	0.1
Isopropanol	0.75	0.75	0.75	220
Methanol	3.0	3.0	3.0	30
Methylethylketone	2.0	2.0	2.0	35
Methyl-tert-buthyl ether (MTBE)	0.20	0.20	0.20	100
שמן מינרלי	190	190	500	5000
Pyridine	0.15	0.15	1	11
Tetrahydrofuran	0.45	0.45	2	7
Tetrahydrothiophene	1.5	1.5	8.8	8.8
Tribromomethane	0.20	0.20	0.20	75

ערכי סף – בלגיה

(Appendix III. Target values for soil quality - VALERBO) ערכי סף לאיכות קרקע

	Soil (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
Heavy Metals (1)		
Arseen	16	5
Cadmium	0,7	1
Chroom (III)	62	10
Koper	20	20
Kwik	0,1	0,05
Lood	31	5
Nikkel	16	10
Zink	77	60
Monocyclic aromatic hydrocarbons		
Benzeen	0,1 (d)	0,5 (d)
Tolueen	0,1 (d)	0,5 (d)
Ethylbenzeen	0,1 (d)	0,5 (d)
Xyleen	0,1 (d)	0,5 (d)
Styreen	0,1 (d)	0,5 (d)
CHLORINATED HYDROCARBONS		
Dichloormethaan	0,02 (d)	0,5 (d)
Tetrachloormethaan	0,02 (d)	0,5 (d)
Tetrachlooretheen	0,02 (d)	0,5 (d)
Trichlooretheen	0,02 (d)	0,5 (d)
Monochloorbenzeen	0,02 (d)	0,5 (d)
Dichloorbenzeen (2)	0,02 (d)	0,5 (d)
Trichloorbenzeen (2)	0,02 (d)	0,5 (d)
Tetrachloorbenzeen (2)	0,02 (d)	0,1 (d)
Pentachloorbenzeen	0,02 (d)	0,1 (d)
1,1,1-trichloorethaan	0,02 (d)	1 (d)
1,1,2-trichloorethaan	0,02 (d)	1 (d)
1,1-dichloorethaan	0,02 (d)	1 (d)
Cis + trans-1,2-dichlooretheen	0,02 (d)	1 (d)
CARCINOGENIC CHLORINATED HYDROCARBONS		
1,2-dichloorethaan	0,02(d)	0,5(d)
Vinylchloride	0,02(d)	0,5(d)
Trichloormethaan	0,02(d)	0,5(d)
Hexachloorbenzeen	0,02(d)	0,1(d)
POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS		
Naftaleen	0,1	0,02 (d)
Benzo(a)pyreen	0,1	0,02 (d)
Fenantreen	0,08	0,02 (d)

Fluoranteen	0,2	0,02 (d)
Benzo(a)antraceen	0,06	0,02 (d)
Chryseen	0,15	0,02 (d)
Benzo(b)fluoranteen	0,2	0,02 (d)
Benzo(k)fluoranteen	0,2	0,02 (d)
Benzo(ghi)peryleen	0,1	0,02 (d)
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,1	0,02 (d)
Antraceen	0,1	0,02 (d)
Fluoreen	0,1	0,02 (d)
Dibenz(a,h)antraceen	0,1	0,02 (d)
Acenafteen	0,2	0,02 (d)
Acenaftyleen	0,2	0,02 (d)
Pyreen	0,1	0,02 (d)
CYANIDE (3)		
Totaal cyanide	1 (d)	5 (d)
PESTICIDES		
Aldrin + dieldrin		0,01 (d)
Chloordaan (cis + trans)		0,02 (d)
DDT + DDE + DDD		0,01 (d)
Hexachloorcyclohexaan (g-isomeer)		0,005 (d)
Hexachloorcyclohexaan (α-isomeer)		0,005 (d)
Hexachloorcyclohexaan(β-isomeer)		0,005 (d)
Endosulfan (α, β en sulfaat)		0,005 (d)
TRIMETHYLBENZENEN		
1,2,3-TMB	0,05(d)	1(d)
1,2,4-TMB	0,05(d)	1(d)
1,3,5-TMB	0,05(d)	1(d)
chlorophenols		
2,4,6-trichloorfenol	0,005(d)	0,005(d)
Pentachloorfenol	0,05(d)	0,05(d)
2-chloorfenol	0,005(d)	0,005(d)
2,4-dichloorfenol	0,005(d)	0,005(d)
2,4,5-trichloorfenol	0,005(d)	0,005(d)
2,3,4,6-tetrachloorfenol	0,05(d)	0,05(d)
OTHER ORGANIC COMPOUNDS		
Hexaan	0,5 (d)	1 (d)
Heptaan	0,5 (d)	1 (d)
Octaan	0,5 (d)	1 (d)
Minerale olie	50 (d)	100 (d)
Methyltertiairbutylether	0,02 (d)	1 (d)
Polychloorbifenylen (4)	0,011 (d)	

(Appendix IV Soil remediation standards - VALERBO) ערכי סף לשיקום

	Unsubmerged land (mg/kg dry matter)					Ground-water (µg/L)
Land use type	I	II	III	IV	V	I, II, III, IV, V
HEAVY METALS AND METALLOIDS (1)						
Arsenic	58	58	103	267	267	20
Cadmium	2	2	6	9.5	30	5
Chromium (III) (2)	130	130	240	560	880	50
Copper	120	120	197	500	500	100
Mercury	2.9	2.9	4.8	4.8	11	1
Lead	200	200	560	735	1250	20
Nickel	93	93	95	530	530	40
Zinc	333	333	333	1000	1250	500
MONOCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS						
Benzene	0.5	0.5	0.5	0.5	1	10
Toluene	4	4	7	80	80	700
Ethylbenzene	2	2	10	30	77	300
Xylene	3	3	11	65	165	500
Styrene	0.8	0.8	3	13	20	20
CHLORINATED HYDROCARBONS (3)						
Dichloromethane	0.13	0.13	0.35	3.5	3.5	20
Tetrachloromethane	0.1	0.1	0.1	0.85	1	2
Tetrachloroethene	0.7	0.7	1.4	30	35	40
Trichloroethene	0.65	0.65	1.4	10	10	70
Monochlorobenzene	2.5	2.5	8	30	40	300
1,2-dichlorobenzene (4)	35	35	110	690	690	1000
1,3-dichlorobenzene (4)	40	40	140	750	1260	1000
1,4-dichlorobenzene (4)	4	4	15	80	190	300
Trichlorobenzene (5)	0.5	0.5	2	20	80	20
Tetrachlorobenzene (5)	0.1	0.1	0.3	6.5	275	9
Pentachlorobenzene	0.5	0.5	1.3	65	385	2.4
1,1,1-trichloroethane	10	10	13	230	300	500
1,1,2-trichloroethane	0.2	0.2	0.6	1	1	12
1,1-dichloroethane	2	2	5	95	95	330
Cis + trans-1,2-dichloroethene	0.4	0.4	0.7	18	33	50
CARCINOGENIC CHLORINATED HYDROCARBONS						
1,2-dichloroethane	0.1	0.1	0.1	7.6	9.6	30

Vinyl chloride (chloroethene)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	5
Trichloromethane	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	200
Hexachlorobenzene	0.1	0.1	0.1	3.0	66.0	1
POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS						
Naphthalene	1.5	1.5	5	80	160	60
Benzo(a)pyrene	0.5	0.5	3.6	5	7.2	0.7
Fenantrene	60	60	65	1650	1650	120
Fluoranthene	20	20	30	270	270	4
Benzo(a)anthracene	5	5	10.5	30	30	7
Chrysene	10	10	180	320	320	1.5
Benzo(b)fluoranthene	2	2	7	30	30	1.2
Benzo(k)fluoranthene	1	1	11.5	30	30	0.76
Benzo(ghi)perylene	160	160	3920	4300	4690	0.26
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1	1	20	30	30	0.1
Anthracene	3	3	70	2380	4690	75
Fluorene	45	45	3950	4320	4690	120
Dibenz(a,h)anthracene	0.5	0.5	2.9	3.6	3.6	0.5
Acenaphtene	9	9	14	210	210	180
Acenaphtylene	1	1	1	20	40	70
Pyrene	125	125	395	3150	3150	90
CYANIDES						
Cyanides (8)						70
Free cyanide	5	5	5	60	110	
Non-chlorine oxidisable	5	5	12	300	550	
cyanides						
PESTICIDES						
Aldrin + dieldrin						0.03
Chlordane (cis + trans)						0.2
DDT + DDE + DDD						2
Hexachlorocyclohexane (g-isomer)						2
Hexachlorocyclohexane (α-isomer)						0.06
Hexachlorocyclohexane (β-isomer)						0.2
Endosulfan (α, β and sulphate)						1.8
TRIMETHYLBENZENES (3)						
1,2,3-TMB	0.81	0.81	1.2	6.5	14.1	150
1,2,4-TMB	1.3	1.3	1.7	9.7	19.5	150
1,3,5-TMB	0.61	0.61	0.86	5.2	9.7	150

LUDAN | ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

CHLOROPHENOLS (9)						
2,4,6-trichlorophenol	0.64	0.64	14	38	310	200
Pentachlorophenol	0.25	0.25	0.54	0.71	9.0	9
2-chlorophenol	3.93	3.93	130	1300	5600	15
2,4-dichlorophenol	0.67	0.67	47	150	150	9
2,4,5-trichlorophenol	24	24	850	1100	2200	300
2,3,4,6-tetrachlorophenol	1.79	1.79	37	41	130	90
OTHER ORGANIC COMPOUNDS						
Hexane (3)	1.5	1.5	1.5	6.5	10	180
Heptane (3)	25	25	25	25	25	3000
Octane (3)	75	75	90	90	90	600
Mineral oil (3)	1000	1000	1000	1500	1500	500
Methyltertbutylether (10)	2	2	9	140	140	300

הגדרת שימושי קרקע:

I יערות, אזורים ירוקים, שמורות טבע, יערות עם חשיבות אקולוגית וכד'.

II חקלאות, תיירות, אזורים כפריים, מנזרים, אתרים עם חשיבות היסטורית, אסטטית, תרבותית ו כד'.

III אזורי מגורים, בתי ספר, גני משחקים, תעשיה ומגורים מעורבים, אזורים מיושבים ברמה בינונית וכד'.

IV פארקים, תיירות, ספורט, אזורי דיג וכד'.

V אזורי תעשייה, שדות תעופה, אתרי סילוק פסולת, תחבורה וכד'.