

מפרט כללי לעבודות תשתית עם אפר פחם

פרק 1: הנחיות כלליות

היבטים סביבתיים

אפר פחם הוא תוצר לוואי של תהליך שרפת הפחם לייצור חשמל, ומהווה את השארית המינרלית הלא שרופה של הפחם. אפר הפחם מהווה כ- 15%-10% מכלל הפחם הנשרף בישראל (כ- 1.2 מליון טון בשנת 2002). בתחנות הכוח של חברת החשמל בישראל נשרף פחם ביטומני, תהליך בו מופק אפר המסווג לפי תקני ה- ASTM כאפר פחם מסוג F.

מרבית האפר המופק בישראל הינו אפר מרחף (Fly-Ash) וחלקו הקטן (כ- 15%) מוגדר כאפר תחתי (Bottom-Ash). ההבדל המהותי ביותר בין שני הסוגים הקיימים הוא בעיקר הדרוג הגרנולרי, והמשמעויות הנובעות מכך. האפר המרחף עובר כמעט כולו נפה #200 (כ- 0.075 מ"מ) ואילו לאפר התחתי גרגיר מקסימלי של 1.5" (כ- 37.5 מ"מ) המתפורר בקלות לגרגרים קטנים יותר.

אפר הפחם דומה בחלק ניכר של תכונותיו לחומרי שתית טבעיים. עבודה עם אפר פחם בביצוע פרויקטי תשתית דומה מאוד לביצוע בחומרים קונבנציונליים טבעיים. מרבית התהליכים והציוד הנדרש אינם ייחודיים לעבודה עם אפר פחם. ההבדלים העיקריים בין האפר לחומרים הטבעיים הם:

משקל – אפר הפחם קל מקרקע טבעית ב- 20%-10%.

גודל גרגיר – האפר התחתי הוא חומר שעיקרו עובר נפה #4.

האפר המרחף הוא חומר שעיקרו עובר נפה #200.

צבע – אפר הפחם היינו חום בהיר עד אפור כהה.

במפרט זה תינתן תשומת לב ומידע לגבי ביצוע ויישום עבודות תשתית עם אפר פחם תחתי ומרחף. פרט

לאופן הטיפול השונה בכל אחד מסוגי האפר, יקבל מרכיב האפר המרחף התייחסות מיוחדת במפרט

לנושא הסביבתי.

המפרט מהווה מסגרת כללית לעבודות תשתית באפר פחם, המסתמכת על הנסיון המצטבר והידע המצוי בפרסומים מקצועיים בארץ ובעולם, בעבודות תשתית בכלל ובעבודות עם אפר פחם בפרט¹. ביצוע פרויקט מסוים יחייב, כבכל פרויקט הנדסי, הכנת מפרט ייחודי בדרך של התאמת המפרט הכללי למאפיינים המיוחדים לפרויקט הנדון.

1.1 תכולת המפרט

¹ רשימת מסמכים ישימים בסעיף 1.3 להלן.

מפרט זה ישים את המתכנן, את המבצע והמפקח באתר בכל הפרטים הנוגעים לעבודה עם אפר פחם. מפרט זה מהווה תוספת למפרט הכללי לעבודות סלילה, הנהוג בכל פרויקט. יישום אפר פחם בעבודות תשתית שאינן בתחום הסלילה מסווג לאחד משלושת השימושים הבאים:

- א. מילוי לעבודות פיתוח – מוגדר כמילוי קונסטרוקטיבי (מבני), המיועד לשאת עומסים סטטיים ודינמיים בנוסף על משקלו העצמי (ראה פרק 2 של מפרט זה).
- ב. מילוי לסוללות תפקודיות – מוגדר כמילוי לסוללות שאינן צריכות לעמוד תחת עומסים סטטיים או דינמיים חיצוניים. סוללות אלו צריכות לשאת את משקלן העצמי ונזקי הסביבה בלבד, כגון-: סוללות אקוסטיות וסוללות מסתור (ראה פרק 3 של מפרט זה).
- ג. מילוי בורות – מוגדר כמילוי של שטח מוגבל הנמצא בנחיתות גובה משאר האזורים הגובלים אליו, ומחייב מילוי כדי להתאימו למפלס הכללי של השטח כגון-: מטמנות, בורות שאילה ותיקוני נוף (ראה פרק 4 של מפרט זה).

המתכנן חייב לקבוע בשלב הראשון לאיזה מהשימושים שייך היישום המיועד. בנוסף על הדרישות הכלליות הנוגעות לעבודה עם אפר פחם, מובאת כאן (פרקים 2, 3 ו-4) התייחסות מיוחדת לעבודת המתכנן, המפקח והמבצע בהתאם לשימוש הנבחר.

1.2 הגדרות

1.2.1 אפר פחם מרחף (Pulverized Fly Ash)

- אפר פחם דק, דומה לקמח בגוון אפור. נאסף במסננים אלקטרו סטטיים של תחנת הכוח. בארץ קיימים שני אופני אחסון לאפר פחם מרחף:
- א. אפר פחם מותאם (Conditioned): אפר טרי המאוחסן ישירות בסילו. בזמן ההעמסה לכלי הובלה מורטב האפר במים למניעת פליטת אבק.
 - ב. אפר פחם מערימות (Stockpiled): אפר הנערם בחצר תחנת הכוח. האפר מוחזק רטוב למניעת פליטת אבק.

1.2.2 אפר פחם תחתי (Bottom Ash)

אפר פחם הדומה לחול גס בגוון אפור. האפר התחתי מצטבר בבריכת מים בתחתית תנור שרפת הפחם בתהליך הפקת חשמל בתחנות הכוח.

1.2.3 ספק אפר הפחם

חברת החשמל היא ספק אפר הפחם התחתי או המרחף. האספקה הנה ישירות מתחנות הכוח בחדרה או באשקלון או מאתר אחסון אחר.

1.2.4 מנהלת אפר פחם (להלן "המנהלת")

זרוע של המדינה המהווה גוף בין-משרדי לתאום, אישור וקידום השימוש באפר פחם.

1.2.5 קבלן

הקבלן הוא האחראי לביצוע העבודה על פי דרישות התכנון, הנחיות הפיקוח ובהתאם למפרטים הרלוונטיים.

1.2.6 מנת עיבוד

מנת עיבוד של אפר פחם מוגדרת כשכבת אפר פחם בשטח של 2000 מ"ר בעובי מהודק של 20 ס"מ. לעיתים יכולה להיות מנת עיבוד קטנה יותר מטעמים גיאומטריים. בכל מקרה ההתייחסות למנת עיבוד הנה כיחידה אחת. בשטחי עבודה גדולים יש לחלק את השטח למנות עיבוד לנוחיות הביצוע והבקרה. מנת עיבוד תוגדר ע"י מיקום מדויק, כך שניתן יהיה לאתרה באתר העבודה.

1.2.7 מילוי לעבודות פיתוח

מילוי לעבודות פיתוח היינו כל מילוי קונסטרוקטיבי, המיועד לשאת עומסים סטטיים ודינמיים בנוסף על משקלו העצמי. במקרים של עבודות פיתוח, ובכל מקרה אחר בו מתוכנן השטח לשאת עומסים תכנוניים כלשהם, יש להביא בחשבון את הדרישות עבור מילוי לעבודות פיתוח (ראה גם פרק 2 של מפרט זה).

1.2.8 מילוי לסוללות תפקודיות

סוללות שאינן צריכות לעמוד תחת עומסים סטטיים או דינמיים חיצוניים אלא לצרכים תפקודיים כגון: - בניית סוללות אקוסטיות או סוללות מסתור. מבחינת התסבולת, סוללות אילו צריכות לשאת את משקלן העצמי ונזקי הסביבה בלבד (ראה גם פרק 3 של מפרט זה).

1.2.9 מילוי בורות

שטח מוגבל הנמצא בנחיתות גובה משאר האזורים הגובלים אליו, ומחייב מילוי כדי להתאימו למפלס הכללי של השטח, כגון: מטמנות, בורות שאילה ותיקוני נוף (ראה גם פרק 4 של מפרט זה). שטחים אילו לא ישמשו כאזורי פיתוח. במידה ואזורים אילו ישמשו בעתיד כאזורי פיתוח, יש לתכננם לפי הדרישות המפרטיות של מילוי לצורכי פיתוח.

1.3 מסמכים ישימים

- 1.3.1 תקנים ישראליים ותקנים זרים לביצוע בדיקות קרקע ואגרגטים:
- ת"י 253 מיון קרקעות למטרות הנדסה אזרחית-מיון במעבדה ומיון חזותי
 - ת"י 1865 שיטות בדיקה בתחום הסלילה: בדיקות של קרקע ואגרגטים
 - ת"י 1454 בדיקה באתר של צפיפות הקרקע ורטיבות הקרקע במד גרעיני
 - ASTM D 4643-00 Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Method
- 1.3.2 ASTM E 2277-03 Standard Guide for Design and Construction of Coal Ash Structural Fills [replacing ASTM E1861-97]
- 1.3.3 ASTM C618-03 Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete
- 1.3.4 המפרט הכללי של הוועדה הבין משרדית בהוצאת "משרד הביטחון" (להלן: "הספר הכחול"), פרק 51.
- 1.3.5 המפרט הכללי לעבודות סלילה וגישור בהוצאת מע"צ, במהדורתו המעודכנת ביותר (להלן מפרט מע"צ).
- 1.3.6 בדיקת ניצול אפר פחם לסלילת כבישים (סקר ספרותי, תכונות הנדסיות, כדאיות כלכלית), חברת כביש חוצה ישראל, יונה – יעוץ וניהול הנדסי,

ינואר 1995 – פברואר 1996.

- 1.3.7 מעקב ביצוע ובקרת איכות בעבודות סלילה שונות עם אפר פחם בישראל, יונה – יעוץ וניהול הנדסי, ינואר 1998 – מרץ 2002.
- 1.3.8 מפרט כללי להקמת סוללות כבישים עם אפר פחם מרחף או תחתי, האגף לחומרים ומחקר, מע"צ. דצמבר 2000.
- 1.3.9 Fly Ash Construction Manual for Road & Site Applications, Vol.1: Specification Guidelines, Vol.2: Contractors Guide, by EPRI, October 1988.
- 1.3.10 Fly Ash Design Manual for Road & Site Applications, by EPRI, October 1992.

1.4 תנאים סביבתיים

1.4.1 חלחול

מקצת ממרכיבי אפר הפחם עלולים לעבור המסה במים ולחלחל לקרקע הטבעית שסביבם. חלק ניכר מגרגרי האפר הנם בעלי מבנה זכוכיתי ומיקום המרכיבים הכימיים השונים בגרגר האפר הוא שיקבע את היכולת של מרכיבים אילו להינמס ולחלחל לקרקע. יש לדאוג שמבנה אפר פחם יהודק, ובכך תקטן חדירותו למים. המים יכוונו סביבו ולא דרכו, ובכך בכל מקרה תקטן תופעת החלחול. האישורים ההידרולוגיים והסביבתיים הניתנים לשימוש באפר פחם ומגבלות השימוש בו, מביאות בחשבון גם את נושא החלחול.

1.4.2 מי תהום

בדומה לתיכנון עבודה עם חומרים קונבנציונליים, כבר בשלב התכנון יש לבחון את גובה מי התהום, וקיומם של מים כלואים בתוך מתחם עבודות האפר. תכנון הניקוז צריך להביא בחשבון שאין להתיר לסוללת אפר פחם או מבנה אפר אחר לעמוד באופן רציף בתוך מים, אלא לנקזם ולאפשר למבנה האפר לשמור על דרגת רטיבות אופטימלית.

1.4.3 אישורים

גורמים לאומיים וממשלתיים מאשרים את השימוש באפר פחם על פי המיקום והעניין.

המתכנן חייב לדאוג להמצאת האישורים הנדרשים ולענין זה יסתייע במנהלת או בחברת החשמל. האישורים הם; אישור הידרולוגי, בריאותי, סביבתי ומנהלי, לרבות המגבלות שהוכתבו על ידי מי מהגורמים. באחריות המתכנן לדרוש במפרט את העמידה במגבלות האישורים.

1.4.4 מגבלות הקשורות לגורמים סביבתיים

אין מגבלות ביצוע מבחינת עונות השנה. אין לעבוד עם אפר פחם מרחף כשנושבות רוחות חזקות או כשקיים סיכוי שלא ניתן להדקו מיד לאחר פיזורו.

1.4.5 מסמכי רקע לתנאים הסביבתיים

1.4.5.1 הנחיות סביבתיות להסדרת השימוש והטיפול באפר פחם, המשרד לאיכות הסביבה, אפריל 1998.

1.4.5.2 הגבלות על אפר פחם בתחום רדיוסי מגן של קידוחי מי שתייה, משרד הבריאות, דצמבר 2002.

1.4.5.3 תקנות הבטיחות בעבודה, גיהות תעסוקתית ובריאות הציבור והעובדים באבק מזיק, התשמ"ד – 1984.

1.5 הובלה ואיחסון

אפר הפחם המרחף נוטה להתעופף במצב יבש. אי לכך יש להקפיד על הרטבתו ההובלה והאיחסון.

1.5.1 הובלה

- אפר הפחם יועמס במשאיות בעלות ארגזי מתכת נקיים מכל חומר זר.
- כדי למנוע התעופפות האפר ברוח בשעת ההובלה יש לנקוט בפעולות הבאות:
 - אפר פחם מרחף יועמס בתכולת רטיבות של 20% לפחות.
 - אפר פחם תחתי יועמס בתכולת רטיבות של 14% לפחות.
- תכולת הרטיבות בה יועמס האפר יכולה להיות מרכיב כלכלי בעלות ההובלה ולהשפיע על עלות הביצוע. יש להביא בחשבון נושא זה בשעת תמחור העבודה שכן תכולת הרטיבות האופטימלית של אפר פחם מרחף יכולה להיות גם 35%.
- אין להוביל אפר רטוב מידי. הובלה בתכולת רטיבות גבוהה הכרוכה בניזלת מים מחוץ לארגז המשאית עלולה לגרום להרטבת הדרך לאורך קו ההובלה, חלקלקות ומטרד

בטיחותי. לאחר התאדות המים עלולה להיווצר בעיית אבק משאריות האפר היבש,

המהווה מטרד סביבתי.

■ אין להוביל משאיות מלאות יתר על המידה. שפיכה של אפר מעבר לדפנות המיכל

תפגע בדרך לאורך קו ההובלה.

■ גלגלי המשאיות והכלים ישטפו בתחנת הכוח כדי למנוע פיזור האפר מחוץ לתחנה.

■ ארגז המשאית יכוסה בברזנט מהודק לשמירת תכולת הרטיבות ולמניעת התעופפות

אבק בשעת ההובלה. הכיסוי יוסר רק בזמן פריקת האפר באתר הסלילה.

■ במקרה של תקלה ולכלוך משמעותי של אזור שאינו בתחום העבודה ואינו שייך

לתחנת הכוח, ידאג הקבלן לניקוי ופינוי האפר, ובמקביל יודיע על המקרה למנהלת

אפר פחם במטרה ליידע את הגורמים האדמיניסטרטיביים וגורמי הגנת הסביבה.

■ כל משלוח של אפר פחם ילווה בתעודת המעידה על: סוג האפר, מקורו, תאריך ושעת

אספקה בתחנת הכוח, משקל משאית ריקה, משקל אפר שבמשאית ושעת הגעה

לאתר.

1.5.2 אחסון

■ אין לאחסן אפר פחם מרחף באתר המיועד לפיזור במועד מאוחר יותר. רגישות האפר

לתכולת רטיבות תקשה על השימוש בערמה כזו. ערמה מסוג זה, מהווה סכנה

סביבתית עקב פליטת אבק.

במקרים חריגים בהם קיימים אילוצים המחייבים איחסון אפר מרחף באתר, חובה

לשמור על ערמת האפר במצב רטוב או לכסותה ביריעה אטומה או בשכבת חומר

טבעי.

■ אפר פחם תחתי ניתן לאחסן בערמות באתר לפיזור במועד מאוחר יותר בתנאי שפני

הערמה ישמרו רטובים. יש להקפיד לערום את האפר מבלי שיתערבב עם חומרי

תשתית אחרים. שמירת הערימה במצב רטוב יכולה להתבצע בהתזת מים רצופה או

ע"י כיסוי ביריעה אטומה או בחומר טבעי אחר.

■ כיסוי אפר פחם בחומר טבעי יגרום להיווצרות מסה של חומר המורכב מתערובת לא

מבוקרת של אפר עם קרקע טבעית. במקרים אלו באחריות הקבלן לתת פתרון למסת

החומר לפני שתותר לו שיטה זו של הגנה על ערימת אפר הפחם באתר.



1.6 חומרים**1.6.1 דרישות כימיות**

המתכנן יגדיר את הדרישות הכימיות הנדרשות מאפר הפחם, כדי לדאוג לעבידותו בשעת הביצוע. לדוגמא תכולת תחמוצת הסידן באפר משפיעה על יכולת ההתקשות העצמית של החומר לפני הפיזור וההידוק, ומצד שני נוכחות תחמוצת הסידן מגדילה את הקוהזיה ומקטינה את ההתכווצות והחדירות של המבנה הבנוי מאפר עם חלוף הזמן.

1.6.2 דרישות אינדיקטיביות והנדסיות

בטבלה המצ"ב מובא ריכוז תכונות אינדיקטיביות והנדסיות טיפוסיות של אפר פחם מרחף ותחתי כפי שהתקבלו במספר פרויקטים בארץ. ערכים אלה מוצגים כאן כמידע לעוסקים באפר פחם לצורך בקרה והיכרות עם תכונות האפר ואינם מהווים דרישה מפרטית:

אפר פחם תחתי	אפר פחם מרחף	
		דרוג אגרנטים, אחוז עובר :
85-100	100	נפה #4 (4.75 מ"מ)
30-70	100	נפה #40 (0.425 מ"מ)
10-30	90-100	נפה #200 (0.075 מ"מ)
NP	NP	גבולות אטרברג
A-1-b	A-4	מיון לפי שיטת AASHTO
2.2-2.4	2.1-2.4	משקל סגולי, G_s
1200-1500	1000-1400	צפיפות מקסימלית (מודיפייד) [ק"ג/מ"ק]
18-25	20-35	רטיבות אופטימלית [%]
25-35	20-30	מת"ק (CBR) [%]
		גזירה מרחבית מנוקזת :
1.0-2.0	0.1-0.3	קוהזיה (C) [ק"ג/סמ"ר]
30-35	25-35	זווית חיכוך (Φ) [מעלות, °]

ב. במקרה של גשם או הצפה יש לאפשר לשטח להתייבש לפני ההידוק. חרישה אחת או שתיים יספיקו בדרך כלל כדי לאוורר את כל עומק השכבה. אין קושי לחזור ולעבד שכבה שנרטבה ויובשה לרטיבות האופטימלית.

ג. אין לפזר אפר פחם מרחף בתנאי מזג אוויר גרועים, שלא יאפשרו את הידוק המיידני.

1.7.3 פיזור

א. פריקת האפר המרחף מהמשאיות תיעשה ישירות למקומו המיועד.

ב. אפר הפחם יפוזר מיד לאחר פריקתו.

ג. מומלץ שלא לפזר שכבות של אפר מסוגים שונים אחת על גבי השניה. רציפות בעבודה עם סוג מסוים של אפר מאפשרת בקרה נוחה יותר על הביצוע.

1.7.4 הידוק

הידוק שכבת אפר הפחם יבוצע במכש חלק או פנאומטי עם או בלי ויברציה בהתאם לקטע העבודה הראשון שישמש קטע ניסוי להתאמת נוהלי העיבוד באתר. הקבלן רשאי לשנות את תדירות הויברציה ובלבד שיגיע לצפיפות הנדרשת ברטיבות האופטימלית. בעבודה עם אפר פחם תחתי יש לשבור בתהליך ההידוק הראשוני את גושי האפר.

1.7.5 רציפות העבודה

עבודות הפיזור, ההרטבה וההידוק יעשו ברציפות למניעת התייבשות והתעופפות אבק אפר פחם.

1.7.6 הגנה על פני השכבה המאושרת ומדרונות

בכל מקרה אין להשאיר אפר פחם חשוף הנתון להשפעות ישירות של הסביבה.

א. פני השכבה המאושרת

את פני השכבה יש "לסגור" ובכך להקטין את השפעות הסביבה עליה, כגון גשם רוח וכו'. בכל מקרה הקבלן ישמור את פני השכבה שעובדה ואושרה במצב רטוב למניעת פליטת אבק עד לכיסוי השכבה.

ב. ארוזיה

מדרונות של סוללות או שכבות חשופות הסלולות מאפר פחם, רגישות לארוזיה עקב זרימת מים או התעופפות האפר כתוצאה מרוחות. אי לכך יכוסו כל המדרונות והשכבות החשופות בשכבות של מילוי מאושר.

יש להבטיח כי שכבת הכיסוי לא תינזק אף היא, כתוצאה מארוזיה ולא תישטף. מומלץ לבצע במדרונות שיקום נופי ובכך להפחית את תופעת הארוזיה, או לנקוט באמצעים אחרים ובלבד ששכבת ההגנה תבטיח הגנה על גרעין האפר המהווה את עיקר המבנה. עובי שכבת ההגנה ואופן ביצועה יפורט בהמשך בהתאם לשימוש המיועד.

1.8 בקרת איכות

1.8.1 בקרת חומרים

בקרת החומרים תבוצע ע"י הבדיקות הבאות, בתדירות המוגדרת באופן פרטני לכל אחד מהשימושים השונים:-

א. דרוג

ב. מערכת צפיפות רטיבות

הקבלן יספק מערכת צפיפות רטיבות מעבדתית לפי ת"י 1865.

הבדיקה תבוצע בהתאם למודיפייד פרוקטור, שיטה א', בגלילים בקוטר של 4", פטיש במשקל של 10 ליבראות ו-25 הקשות לשכבה.

הדיווח יכלול תוצאות צפיפות ורטיבות של כל אחד מהגלילים וגם צפיפות מקסימלית ורטיבות אופטימלית.

ג. מערכת צפיפות - רטיבות - מת"ק מלאה

בבדיקת מת"ק של אפר פחם ניתן לקצר את זמן ההשריה באמבט ל- 24 שעות בלבד.

ד. בדיקות חילחול

במידה ונידרש במפרט המיוחד יבוצעו גם בדיקת חילחול, בהתאם לתקן ASTM D 3987. תוצאות בדיקות החילחול יבחנו לפי קריטריונים הקשורים לדרישת הרשויות, או לקריטריונים המפורטים במפרט המיוחד.

כאשר אספקת האפר תהיה ממקור אחד, התכונות המאפיינות את האפר יכולות להיקבע מבעוד מועד בבדיקות מעבדה. כשקיימים בפרוייקט מספר מקורות של אפר או במקרה והאפר המסופק אינו אחיד, יש צורך בסידרת בדיקות לאפיון האפר מכל המקורות.

1.8.2 בקרה שוטפת

א. באפר פחם תחתי ניתן לבצע בדיקות צפיפות ורטיבות באמצעות מכשיר גרעיני בהתאם לת"י 1454 (כולל תיקון בהתאם לבדיקת צפיפות רטיבות באמצעות חרוט חול).

באפר פחם מרחף יבוצעו בדיקות צפיפות ורטיבות באמצעות גליל מוחדר בלבד,

בהתאם לת"י 1865.

ב. בבדיקות רטיבות של אפר פחם תחתי ומרחף, ניתן לבצע יבוש במיקרוגל, בהתאם ל-
ASTM D 4643.

תדירות ודרישות הבקרה השוטפת תשתנה בהתאם לשימוש המיועד למבנה אפר הפחם.
במידה ומנת עיבוד לא עומדת בדרישות המפרט יבצע הקבלן תיקונים נדרשים ומנת
העיבוד תיבחן שוב כיחידה אחת.

1.9 תחומי אחריות

1.9.1 אחריות המתכנן

- א. המתכנן אחראי לקביעת הנחיות ליישום השימוש באפר פחם כשכבות מילוי לעבודות פיתוח, סוללות תפקודיות או בורות.
- ב. המתכנן אחראי לקבל את כל האישורים הנדרשים ולעניין זה יסתייע במנהלת או בחברת החשמל, האישורים הם מההיבט ההידרולוגי, בריאותי, סביבתי ומנהלי, לרבות המגבלות שהוכתבו על ידי כל אחד מהגורמים הרלוונטיים הנ"ל. מגבלות שיכולים גופים אילו להחיל הן: ביצועיות (היתר לעשות שימוש באפר מסוג אחד בלבד), כימיות (היתר לעשות שימוש באפר בעל תכולה מסוימת של חומר מסוים) וגיאוגרפיות (המגדירות היכן מותר והיכן אין היתר להשתמש באפר פחם).
- ג. באחריות המתכנן להביא לידי ביטוי את ההיתר לשימוש באפר פחם בתוכניות, במפרט ובכתב הכמויות שבאחריותו.
- ד. המתכנן יכין תוכנית וחתכים טיפוסיים: החתכים יכללו התייחסות להגנה מפני ארוזיה של נגר עילי ורוח, וכן התייחסות נדרשת לתהליך העבודה.
- ה. המתכנן יכין מפרט ובו יפורטו הדרישות ההנדסיות והכימיות מאפר הפחם, בהתאם לשימוש שיקבע.

1.9.2 אחריות הקבלן

- א. הקבלן אחראי לבצע את כל מה שמפורט בתוכניות המתכנן, במפרטים ודרישות הפיקוח באתר.
- ב. הקבלן אחראי לאספקת החומרים, כוח אדם וכלים לביצוע העבודה, לרבות כל האלמנטים האדמיניסטרטיביים הכרוכים בכך.
- ג. כל סידורי העמסת האפר, כניסה לתחום תחנת הכוח, אישורים לנהגים, שקילת משאיות ריקות ומלאות **וכיסוי המשאיות בברזנט בעת ההובלה**, יהיו באחריות הקבלן. הקבלן חייב בתאומים הנדרשים עם מהנדס האפר בתחנת הכוח.
- ד. על הקבלן לוודא כי אפר הפחם המסופק לו בתחנת הכוח הומוגני (ללא ערבוב של מרחף ותחתי או עם חומרים אחרים) והוא **מורטב במידה הנדרשת למניעת פיזור אבק או נוזלים בהובלה**.
- ה. הקבלן יציג תוכנית עבודה שתפרט את שלבי הביצוע השוטף: כמות האפר שבכוונתו לספק לאתר, מקורו, קצב האספקה פיזורו והידוקו שכבה אחר שכבה ללא עיכובים וללא יצירת מצבורי חומר. עם התקדמות הביצוע ניתן יהיה לבחון את קצב האספקה ולהתאימו במידת הצורך לקצב הביצוע.
- ו. הקבלן ינהל רשימת תיוג לנושא אפר הפחם אשר בה יתועד בין השאר סוגי האפר שסופקו, מועדי אספקה, אסמכתאות לבדיקות אפר הפחם, אסמכתאות לבדיקות השכבה המוגמרת וכו'.
- ז. הקבלן אחראי לספק את בדיקות המעבדה הנדרשות למפקח.
- ח. הקבלן יציג תוכנית עבודה מפורטת ובה יוגדרו הכנת קטע ניסוי, סוג וכמות הציוד שבכוונתו לעשות שימוש ושיטת ביצוע.
- ט. במידה והשימוש באפר פחם הינה יוזמת הקבלן יהיה עליו לדאוג לכל המפורט בדרישות שבאחריות המתכנן.

1.9.3 אחריות המפקח

- א. המפקח אחראי לוודא כי הסלילה מבוצעת בהתאם לכל המסמכים הרלוונטיים לפרוייקט לרבות הנחיות, מפרטים, חוזים תוכניות והסכמים.
- ב. חובת המפקח להכיר את תנאי החוזה וההתקשרות ולדאוג כי כל גורם נושא באחריותו.
- ג. המפקח אחראי לוודא ולתעד את הכמויות, החתכים וסוגי האפר המסופקים לאתר. כמו כן באחריותו לוודא כי מבוצעות בדיקות מעבדה לאיפיון האפר ושאר החומרים, בהתאם לדרישות המפרט הן מבחינת כמות הבדיקות והן מבחינת איכות החומרים.

- ד. שלביות הביצוע באפר פחם הנה מפתח להצלחת היישום. אי לכך יאשר המפקח כל אחד משלבי הביצוע.
- ה. המפקח אחראי לעדכן את המתכנן על כל בעיה הקשורה ביישום התכנ בזמן הביצוע, ולקבל הנחיות מפורטות ופתרון.
- ו. המפקח אחראי על אישר תוכנית העבודה המפורטת שהגיש הקבלן.
- ז. אישור המפקח מהווה שטר לביצוע העבודה לפי הדרישות. לכן באחריות המפקח לבסס את דעתו על בדיקות ומדידות.

מפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם

פרק 2: מילוי לצורכי עבודות פיתוח

היבטים סביבתיים

מילוי לצורכי עבודות פיתוח היינו כל מילוי קונסטרוקטיבי (מבני), המיועד לשאת עומסים סטטיים ודינמיים בנוסף על משקלו העצמי. במקרים של עבודות פיתוח, ובכל מקרה אחר בו מתוכנן השטח לשאת עומסים תכנוניים כלשהם, יש להביא בחשבון את הדרישות עבור מילוי לעבודות פיתוח.

ההנחיות המיוחדות לכל הגורמים (מתכנן, מבצע ומפקח) הן בנוסף לאילו המפורטות בפרק 1.

2.1 הנחיות מיוחדות למתכנן

2.1.1 תכנון ניקוז

עודפי מים בלתי מנוקזים גורמים לערעור יציבות מדרונות המילוי, עקב יצירת כוחות זרימה וביצועי מבנה ירודים. אי לכך יש לתכנן אמצעים לניקוז עודפי מים כתוצאה מגשמים או כתוצאה מהליך הביצוע (הרטבה).

במקרים בהם מתוכננת תעלת ניקוז יש להבטיח כי בסיס המילוי מאפר פחם יהיה ברום מינימלי של 20 ס"מ מעל למפלס המים המקסימלי המתוכנן בתעלה, כמוצג לדוגמא בתרשים מס' 1 בנספח א'.

עבודות מילוי באפר פחם על קרקע טבעית אטומה (כגון חרסית), ללא אמצעי ניקוז, יגרום ל"כליאת" המים בתוך שכבות אפר הפחם. במקרה זה מומלץ לתכנן שכבה מנקזת בין הקרקע הטבעית האטומה לשכבות מילוי אפר הפחם, ראה תרשים 2 בנספח א'.

במקרים של עבודות פיתוח בהם אין אפשרות לנקז את תחתית המבנה, אין להשתמש באפר פחם למטרות מילוי. אסורה יצירת "אמבטיות" מאפר פחם.

2.1.2 תכנון הגנת שכבות המילוי ומדרונות אפר הפחם

פרט הביצוע לעבודה עם אפר פחם יכול את כיסוי שכבות אפר הפחם למניעת ארוזיה, כמוצג בתרשימים 1 ו-2 שבנספח א'.

עובי כיסוי פני השטח, h_1 , יהיה 1.0 מ' לפחות.

עובי כיסוי המידרון, h_2 , יהיה 1.0 מ' לפחות.

2.1.3 הנחיות לאפיון אפר הפחם

א. חוזק

יש לדרוש כי לאפר הפחם יהיה מת"ק מינימלי של 10% בתחום רטיבות העיבוד והצפיפות הנדרשת.

ב. בקרת איכות אפר הפחם

הבדיקות המינימליות לאפיון אפר פחם הן :

- דרוג אגרגטים - יש לבצע במקרים הבאים :

(i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם .

(ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.

(iii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.

- מערכת צפיפות רטיבות - יש לבצע במקרים הבאים :

(i) לכל מנת עיבוד (2000 מ"ר) (לקבוע את הצפיפות המקסימלית והרטיבות האופטימלית).

(ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.

(iii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.

- מערכת צפיפות רטיבות מת"ק - יש לבצע במקרים הבאים :

(i) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.

(ii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.

(iii) בכל פעם שהמפקח רואה לנכון ובלבד שיצדיק את דרישותיו בכתב.

ג. בדיקות נוספות

במידת הצורך ולפי צרכי התכנון יבוצעו גם בדיקות הנדסיות נוספות כגון : גזירה מרחבית, חילחול וכו'.

2.1.4 הנחיות לעיבוד אפר הפחם

- א. באפר פחם תחתי
דרגת הידוק מומלצת: 95% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+2\%$
- ב. באפר פחם מרחף
דרגת הידוק מומלצת: 89% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+4\%$
(w_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

2.1.5 הנחיות לבקרת העיבוד של אפר הפחם

- א. בעבודה עם אפר פחם תחתי:
10 נקודות בדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת המכשיר הגרעיני, בהתאם לדרישות ת"י 1454 (כולל תיקון בהתאם לבדיקות צפיפות ורטיבות באמצעות חרוט חול).
- ב. בעבודה עם אפר פחם מרחף:
6 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת גליל מיוחדר בלבד, בהתאם לת"י 1865 (שלבי).

2.1.6 איכות חומרי הכיסוי

- א. החומר לכיסוי פני שטח אפר הפחם (בעובי h_1 – ראה תרשים מס' 1 ו-2 שבנספח א') יעמוד בדרישות הבאות:
- (i) יסווג לפי שיטת המיון של AASHTO כ-A-1, A-3, A-5, A-6, A-7 או A-2 (לא יותר שימוש ב-A-1, A-3, A-5, A-6, A-7 ובנוסף: -)
 - (ii) גודל גרגיר מקסימלי - 12 ס"מ.
 - (iii) אחוז עובר נפה #200 - 20%-40%.
 - (iv) גבול נזילות (LL) - מקסימום 35%.
 - (v) אינדקס פלסטיות (PI) - מקסימום 15%.

- ב. החומר לכיסוי מדרונות סוללות המילוי מאפר הפחם (בעובי h_2 - ראה תרשימים 1 ו-2 שבנספח א') יעמוד בדרישות הבאות:
- (i) יסווג לפי שיטת המיון של AASHTO כ-A-6, A-7, A-4 או A-2 עם אחוז עובר נפה #200 של 20% מינימום.
- (ii) גודל גרגיר מקסימלי - 10 ס"מ.

2.1.7 הנחיות לתכנון יציבות מדרונות

- א. בסוללות גבוהות מ- 4.0 מ' ובכל מקרה של תנאי קרקע לא שגרתיים (כגון: - קרקע טבעית רכה, ללא תלות בגובה הסוללה), יש לוודא את יציבות המדרון באמצעות מודל מקובל או תוכנת מחשב ייעודית. כמו כן יש לבחון את תסבולת הקרקע תחת הסוללה.
- ב. בסוללות גבוהות מ- 4.0 מ' ושיפוע קרקע טבעית גדול מ- 15%, יש למנוע החלקה של סוללת המילוי על גבי מדרון הקרקע הטבעית. ניתן לבצע מדרגות ברוחב מינימלי של 3 מ' בשתיית הטבעית, שיאפשרו לסוללת המילוי ביסוס מתאים.
- ג. אפר פחם תחתי – שיפוע מומלץ של 1:1.5 (אופקי: אנכי).
במקומות בהם המדרון נתון לתקופות של הצפה, השיפוע המינימלי המומלץ הוא 1:2 (אופקי: אנכי).
- ד. אפר פחם מרחף - שיפוע מומלץ של 1:2 (אופקי: אנכי).
במקומות בהם צפויה הצפה, אין לאפשר שיפוע מדרון תלול מ- 1:3 (אופקי: אנכי).

2.2 הנחיות מיוחדות למבצע (הקבלן)

2.2.1 בקרת איכות אפר הפחם

- א. ביישום לצרכים מבניים כגון מילוי לעבודות פיתוח, יותר שימוש באפר תחתי ואפר מרחף המוגדר לפי ה- ASTM C 618, כאפר מסוג F.
- ב. הקבלן ינהל רשימת תיוג לנושא אפר הפחם אשר בה יתועד בין השאר סוגי האפר שסופקו, מועדי אספקה, אסמכתאות לבדיקות אפר הפחם, אסמכתאות לבדיקות השכבה המוגמרת וכו'.

- ג. אם לא נאמר אחרת יש לבחון את איכות האפר בהתאם לדרישות הבאות :
- דרוג אגרגטים - יש לבצע במקרים הבאים :
 - (i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם .
 - (ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
 - (iii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.
 - מערכת צפיפות רטיבות - יש לבצע במקרים הבאים :
 - (i) לכל מנת עיבוד (2000 מ"ר) (לקבוע את הצפיפות המקסימלית והרטיבות האופטימלית).
 - (ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
 - (iii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.
 - מערכת צפיפות רטיבות מת"ק - יש לבצע במקרים הבאים :
 - (i) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
 - (ii) בכל שנוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.
 - (iii) בכל פעם שהמפקח רואה לנכון ובלבד שיצדיק את דרישותיו בכתב.

2.2.2 הכנת השטח

- א. השטח יוכן בהתאם לדרישות המפרט הכללי ; יבוצע חשוף עד לפני שטח יציבים ונקיים מכל חומר זר. מים ינוקזו מתחום העבודה, והאזור יוכן כך, שגם מים עיליים, מגשם, ינוקזו ממנו.
- ב. במקרים בהם מתוכנן ניקוז תת קרקעי יבוצעו כל העבודות לפני תחילת העבודה עם האפר.
- ג. במקרים בהם מתוכנן השימוש באפר על מדרון תלול מ- 20% שיפוע, יש להכין ברמות לביצוע שכבות של אפר. רוחב הברמות יהיה לפחות רוחב של כלי עבודה. במקרים בהם תחום העבודה מוגבל, יש להקפיד על תכנון הלוגיסטיקה של כלי העבודה לפני תחילתה.
- ד. בתחילתו של יום עבודה או לאחר ששטח לא טופל למשך שעות ארוכות יש לחרוש את פני השטח ולוודא כי הוא הומוגני מבחינת רטיבות לכל עומק השכבה ופני השטח. חוסר הומוגניות יכול לגרום לבעיות ניקוז ולהחלשות של אזור אחד מהר יותר מאזור אחר.

2.2.3 פיזור

- א. יש לפזר את אפר הפחם באמצעות מפלסת (גריידר). המפלסת תגלגל את האפר מצד לצד עד לקבלת שכבה בתכולת רטיבות אחידה, בתחום הנדרש.
- ב. אם לא נאמר אחרת, עובי השכבות לא יעלה על 20 ס"מ לאחר ההידוק.
- ג. יש להקפיד לא להשאיר שכבות מהודקות של אפר פחם חשופות. כיסוי האפר הכרחי במטרה למנוע תופעות ארוזיה של מים ורוח. כיסוי האפר במידה ולא הוכתב על ידי המתכנן יבוצע בהתאם להנחיות המיוחדות למתכנן ולתשימים 1 או 2 שבנספח א'.

2.2.4 כלי עבודה

- א. יש לפזר גושי אפר פחם המגיעים לאתר (בייחוד באפר תחתי) טרם עבודת ההידוק. ניתן לעשות זאת באמצעות מכבש רגלי כבש או בכל אמצעי אחר שיציע הקבלן וישג תוצאות נאותות.
- ב. יש להדק את השטח במכבש חלק עם או בלי ויברציה, כפי שיקבע בקטע העבודה הראשון, שיהווה חלקת ניסוי.
- ג. יש לוודא כי כל שכבת עיבוד נראית בתום ההידוק "סגורה" ואחידה. לעיתים שינוי כיוון הכבישה יכול להועיל לעניין זה.

2.2.5 הידוק

- א. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם תחתי יהיו כדלקמן :-
דרגת הידוק תהיה : 95% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+2\%$
- ב. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם מרחף יהיו כדלקמן :-
דרגת הידוק תהיה : 89% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+4\%$
(w_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

2.2.6 בדיקות בקרת עיבוד

- א. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם תחתי יבדקו 10 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות במכשיר גרעיני, בהתאם לדרישות התקן.
- ב. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם מרחף יבדקו 6 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות בשיטת גליל מוחדר (שלב).

2.2.7 גימור

- א. במילוי לעבודות פיתוח יש להבטיח אפשרות לניקוז מים ככלל ולניקוז מים שמהווים חלק מתהליך הביצוע. במקרים בהם אין אפשרות לנקז את תחתית המבנה, אין להשתמש באפר פחם למטרות מילוי. אסורה יצירת "אמבטיות" מאפר פחם.
- ב. יש להקפיד על הביצוע בהתאם לפרטי הביצוע. באם לא סופקו פרטי ביצוע יעשה הקבלן שימוש בהנחיות המיוחדות למתכנן ובתשימים 1 או 2 שבנספח א'.
- ג. הקבלן ישמור את פני השכבה שעובדה ואושרה במצב רטוב עד לכיסויה, למניעת פליטת אבק.

2.3 הנחיות מיוחדות למפקח**2.3.1 כללי**

המפקח יוודא כי כל הנחיות התכנון ופרטי הביצוע מבוצעים כנדרש על פי המפרט הכללי ומפרט מיוחד זה. באם לא יסופקו הנחיות תכנון מספקות או פרטי ביצוע תבוצע העבודה על פי הנחיות המיוחדות למבצע שבסעיף 2.2 לעיל.

2.3.2 בקרת עבודות ההכנה

המפקח יוודא כי עבודות ההכנה בוצעו בהתאם לדרישות המפרט הכללי ומפרט זה, כדי שהביצוע לא יתקל בקשיים בגין עבודות הכנה לוקות בחסר.

2.3.3 בקרת איכות אפר הפחם

המפקח יוודא כי המבצע ערך את כל הבדיקות הנדרשות לאפר וכי תוצאות הבדיקות עומדות בדרישות התכנון והמפרט. המפקח יוודא כי הקבלן מנהל טופסי תיוג לבקרת איכות העבודה עם אפר הפחם.

2.3.4 בקרת עיבוד

המפקח יודא כי העבודה המבוצעת מלווה בבדיקות מעבדה. כמו כן יודא המפקח כי כמות הבדיקות עונה להיקפי העבודה המבוצעת ותוצאות הבדיקות מעידות כי הביצוע הינו בהתאם לדרישות התכנון והמפרט.

המפקח יודא כי עבודות הפיזור, ההרטבה, העיבוד וההידוק יעשו ברציפות, למניעת התייבשות והתעופפות אבק אפר פחם.

2.3.5 פרטי ביצוע

שלביות הביצוע באפר פחם הנה מפתח להצלחת היישום. אי לכך יאשר המפקח כל אחד משלבי הביצוע. אישור המפקח מהווה שטר לביצוע העבודה לפי הדרישות.

מפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם

פרק 3: מילוי לסוללות תפקודיות

היבטים סביבתיים

סוללות תפקודיות הן סוללות שאינן צריכות לעמוד תחת עומסים סטטיים או דינמיים חיצוניים אלא לצרכים תפקודיים כגון: - בניית סוללות אקוסטיות או סוללות מסתור. מבחינת התסבולת, סוללות אילו צריכות לשאת את משקלן העצמי ונזקי הסביבה בלבד. ההנחיות המיוחדות לכל אחד מהגורמים (המתכנן המבצע והמפקח) הן בנוסף לאילו המפורטות בפרק 1.

3.1 הנחיות מיוחדות למתכנן

3.1.1 תכנון ניקוז

עודפי מים בלתי מנוקזים גורמים לערעור יציבות מדרונות המילוי, עקב יצירת כוחות זרימה וביצועי מבנה ירודים. אי לכך יש לתכנן אמצעים לניקוז עודפי מים כתוצאה מגשמים או כתוצאה מהליך הביצוע (הרטבה). במקרים בהם מתוכננת תעלת ניקוז יש להבטיח כי בסיס המילוי מאפר פחם יהיה ברום מינימלי של 20 ס"מ מעל למפלס המים המקסימלי המתוכנן בתעלה, כמוצג לדוגמא בתרשים מס' 1 בנספח א'. עבודות מילוי באפר פחם על קרקע טבעית אטומה (כגון חרסית), ללא אמצעי ניקוז, יגרום ל"כליאת" המים בתוך שכבות אפר הפחם. במקרה זה מומלץ לתכנן שכבה מנקזת בין הקרקע הטבעית האטומה לשכבות מילוי אפר הפחם, ראה תרשים 2 בנספח א'.

3.1.2 תכנון הגנת שכבות המילוי ומדרונות אפר הפחם

פרט הביצוע לעבודה עם אפר פחם יכלול את כיסוי שכבות אפר הפחם למניעת ארוזיה, כמוצג בתרשימים 1 ו-2 שבנספח א'. עובי כיסוי פני השטח, h_1 , יהיה 0.6 מ' לפחות, ובהתאם לדרישות הפיתוח. עובי כיסוי המידרון, h_2 , יהיה 1.0 מ' לפחות.

3.1.3 הנחיות לאפיון הנדסי ואינדקטיבי של אפר הפחם

א. בקרת איכות אפר הפחם

הבדיקות המינימליות לאפיון אפר פחם הן:

a. דרוג אגרגטים - יש לבצע במקרים הבאים:

(i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם.

(ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.

(iii) בכל שינוי במקור אפר הפחם במהלך האספקה והפיזור.

b. מערכת צפיפות רטיבות - יש לבצע במקרים הבאים:

(i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם.

(ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.

(iii) בכל שינוי במקור אפר הפחם במהלך האספקה והפיזור.

ב. בדיקות נוספות

במידת הצורך ולפי צרכי התכנון יבוצעו גם בדיקות הנדסיות נוספות כגון: גזירה מרחבית, חילחול וכו'.

3.1.4 הנחיות לעיבוד אפר הפחם

א. באפר פחם תחתי

דרגת הידוק מומלצת: 92% M.A

תכולת רטיבות לעיבוד (w): $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+2\%$

ב. באפר פחם מרחף

דרגת הידוק מומלצת: 89% M.A

תכולת רטיבות לעיבוד (w): $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+4\%$

(w_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

3.1.5 הנחיות לבקרת העיבוד של אפר הפחם

א. בעבודה עם אפר פחם תחתי:

10 נקודות בדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת המכשיר הגרעיני, בהתאם לדרישות התקן.

ב. בעבודה עם אפר פחם מרחף:

6 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת החדרת גלילים (שלבי).

3.1.6 איכות חומרי הכיסוי

- א. החומר לכיסוי פני שטח אפר הפחם (בעובי h_1 ראה תרשימים 1 ו-2 בנספח א') ומדרונות סוללות המילוי מאפר הפחם (בעובי h_2) יעמוד בדרישות הבאות:
- (i) יסווג לפי שיטת המיון של AASHTO כ-A-7-6, A-6, A-4 או A-2 עם אחוז עובר נפה #200 של 20% מינימום.
- (ii) גודל גרגיר מקסימלי - 10 ס"מ.

3.1.7 הנחיות לתכנון יציבות מדרונות

- א. בסוללות גבוהות מ- 4.0 מ' ובכל מקרה של תנאי קרקע לא שגרתיים (כגון: - קרקע טבעית רכה, ללא תלות בגובה הסוללה), יש לוודא את יציבות המדרון באמצעות מודל מקובל או תוכנת מחשב ייעודית. כמו כן יש לבחון את תסבולת הקרקע תחת הסוללה.
- ב. בסוללות גבוהות מ- 4.0 מ' ושיפוע קרקע טבעית גדול מ- 15%, יש למנוע החלקה של סוללת המילוי על גבי מדרון הקרקע הטבעית. ניתן לבצע מדרגות ברוחב מינימלי של 3 מ' בשתיית הטבעית, שיאפשרו לסוללת המילוי ביסוס מתאים.
- ג. אפר פחם תחתי – שיפוע מומלץ של 1:1.5 (אופקי: אנכי).
- במקומות בהם המדרון נתון לתקופות של הצפה, השיפוע המינימלי המומלץ הוא 1:2 (אופקי: אנכי).
- ד. אפר פחם מרחף - שיפוע מומלץ של 1:2 (אופקי: אנכי).
- במקומות בהם צפויה הצפה, אין לאפשר שיפוע מדרון תלול מ- 1:3 (אופקי: אנכי).

3.2 הנחיות מיוחדות למבצע (הקבלן)

3.2.1 בקרת איכות אפר הפחם

- א. אם לא נאמר אחרת יש לבחון את איכות האפר בהתאם לדרישות הבאות:
- a. דרוג אגרגטים - יש לבצע במקרים הבאים:
- (i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם.
- (ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
- (iii) בכל שינוי במקור אפר הפחם במהלך האספקה והפיזור.
- b. מערכת צפיפות רטיבות - יש לבצע במקרים הבאים:

- (i) לכל 15,000 מ"ק של אפר פחם .
- (ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
- (iii) בכל שינוי במקור אפר הפחם במהלך האספקה והפיזור.

3.2.2 הכנת השטח

- א. השטח יוכן בהתאם לדרישות המפרט הכללי; יבוצע חשוף עד לפני שטח יציבים ונקיים מכל חומר זר. מים ינוקזו מתחום העבודה, והאזור יוכן כך, שגם מים עיליים, מגשם, ינוקזו ממנו.
- ב. במקרים בהם מתוכנן ניקוז תת קרקעי יבוצעו כל העבודות לפני תחילת העבודה עם האפר.
- ג. במקרים בהם מתוכנן השימוש באפר על מדרון תלול מ- 20% שיפוע, יש להכין ברמות לביצוע שכבות של אפר. רוחב הברמות יהיה לפחות רוחב של כלי עבודה. במקרים בהם תחום העבודה מוגבל, יש להקפיד על תכנון הלוגיסטיקה של כלי העבודה לפני תחילתה.
- ד. בתחילתו של יום עבודה או לאחר ששטח לא טופל למשך שעות ארוכות יש לחרוש את פני השטח ולוודא כי הוא הומוגני מבחינת רטיבות לכול עומק השכבה לפני השטח. חוסר הומוגניות יכול לגרום לבעיות ניקוז ולהחלשות של אזור אחד מהר יותר מאזור אחר.

3.2.3 פיזור

- א. אם לא נאמר אחרת, עובי השכבות לא יעלה על 20 ס"מ לאחר ההידוק.
- ב. יש להקפיד לא להשאיר שכבות מהודקות של אפר פחם חשופות. כיסוי האפר הכרחי במטרה למנוע תופעות ארוזיה של מים ורוח. כיסוי האפר במידה ולא הוכתב על ידי המתכנן יבוצע בהתאם להנחיות המיוחדות למתכנן ולתשימים 1 או 2 שבנספח א'.

3.2.4 כלי עבודה

- א. יש לפורר גושי אפר פחם המגיעים לאתר (בייחוד באפר תחת) טרם עבודת ההידוק.
- ב. יש להדק את השטח במכבש חלק עם או בלי ויברציה, כפי שיקבע בקטע העבודה הראשון, שיהווה חלקת ניסוי.
- ג. יש לוודא כי כל שכבת עיבוד נראית בתום ההידוק סגורה ואחידה. לעיתים שינוי כיוון הכבישה יכול להועיל לעניין זה.

3.2.5 הידוק

- א. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם תחתי יהיו כדלקמן :-
דרגת הידוק תהיה : 92% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד תהיה : $W_{opt}-2\% < W < W_{opt}+2\%$
- ב. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם מרחף יהיו כדלקמן :-
דרגת הידוק תהיה : 89% M.A
תכולת רטיבות לעיבוד תהיה : $W_{opt}-2\% < W < W_{opt}+4\%$
(W_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

3.2.6 בדיקות בקרת עיבוד

- א. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם תחתי יבדקו 10 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות במכשיר גרעיני, בהתאם לדרישות התקן.
- ב. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם מרחף יבדקו 6 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות בשיטת החדרת גלילים (שלבי).

3.2.7 גימור

- א. יש להבטיח אפשרות לניקוז מים ככלל ולניקוז מים שמהווים חלק מתהליך הביצוע. במקרים בהם אין אפשרות לנקז את תחתית המבנה, אין להשתמש באפר פחם למטרות מילוי. אסורה יצירת "אמבטיות" מאפר פחם שיפגעו ביציבות המבנית של הסוללה.
- ב. יש להקפיד על הביצוע בהתאם לפרטי הביצוע. באם לא סופקו פרטי ביצוע יעשה הקבלן שימוש בהנחיות המיוחדות למתכנן ובתשימים 1 או 2 שבנספח א'.
- ג. הקבלן ישמור את פני השכבה שעובדה ואושרה במצב רטוב עד לכיסויה, למניעת פליטת אבק.

הנחיות מיוחדות למפקח

3.2.8 כללי

- המפקח יוודא כי כל הנחיות התכנון ופרטי הביצוע מבוצעים כנדרש על פי המפרט הכללי ומפרט מיוחד זה.
באם לא יסופקו הנחיות תכנון מספקות או פרטי ביצוע תבוצע העבודה על פי הנחיות

המיוחדות למבצע שבסעיף 3.2 לעיל.

3.2.9 בקרת עבודות ההכנה

המפקח יוודא כי עבודות ההכנה בוצעו בהתאם לדרישות המפרט הכללי ומפרט זה, כדי שהביצוע לא יתקל בקשיים בגין עבודות הכנה לוקות בחסר.

3.2.10 בקרת איכות אפר הפחם

המפקח יוודא כי המבצע ערך את כל הבדיקות הנדרשות לאפר וכי תוצאות הבדיקות עומדות בדרישות התכנון והמפרט.

3.2.11 בקרת עיבוד

המפקח יוודא כי העבודה המבוצעת מלווה בבדיקות מעבדה. כמו כן יוודא המפקח כי כמות הבדיקות עונה להיקפי העבודה המבוצעת ותוצאות הבדיקות מעידות כי הביצוע היינו בהתאם לדרישות התכנון והמפרט.

המפקח רשאי לפי שיקול דעתו ההנדסית להגדיל את שטח מנת העיבוד לצורך תדירות בקרת איכות הביצוע, עד ל- 5,000 מ"ר.

המפקח רשאי לפי שיקול דעתו לקבוע באמצעות קטע ניסוי, כי ניתן להסתפק בבקרת מספר מעברי מכבש לצורך בקרת העיבוד. החלטת המפקח חייבת להתבסס במקרה זה על בקרת הצפיפות והרטיבות בקטע הניסוי.

במקרה של הידוק לא מבוקר ידרוש המפקח שימוש במכבש Bomag 217 או שווה ערך.

המפקח יוודא כי עבודות הפיזור, ההרטבה, העיבוד וההידוק יעשו ברציפות, למניעת התייבשות והתעופפות אבק אפר פחם.

3.2.12 פרטי ביצוע

שלביות הביצוע באפר פחם הנה מפתח להצלחת היישום. אי לכך יאשר המפקח כל אחד משלבי הביצוע. אישור המפקח מהווה שטר לביצוע העבודה לפי הדרישות.

מפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם

פרק 4: מילוי בורות

היבטים סביבתיים

בורות הנם שטחים מוגבלים הנמצאים בנחיתות גובה משאר האזורים הגובלים אליהם, ומחייבים מילוי כדי להתאימם למפלס הכללי של השטח, כגון-: מטמנות, בורות שאילה ותיקוני נוף. שטחים אילו לא ישמשו כאזורי פיתוח, במידה וקיימת כוונה כזו יש להתאימם לדרישות מאזורי פיתוח (פרק 2). ההנחיות המיוחדות לכל אחד מהגורמים (המתכנן, המבצע והמפקח) הן בנוסף לאילו המפורטות בפרק 1.

4.1 הנחיות מיוחדות למתכנן

i. תכנון הגנה על מילוי באפר פחם

פרט הביצוע לעבודה עם אפר פחם יכלול את כיסוי שכבות אפר הפחם העליונות כמוצג בתרשים מס' 3 שבנספח א'.
עובי כיסוי פני השטח, h_1 , יהיה 0.6 מ' לפחות.

ii. הנחיות למילוי בורות

עד לעומק של 1.6 מ' מתחת לפני השטח הגובלים בבור, ניתן לבצע מילוי בשפיכה והידוק לא מבוקר. מעל שכבות אילו, יש להבטיח כי לפחות 1.0 מ' של אפר פחם, שיהודק בשכבות בעובי של 20 ס"מ לאחר ההידוק (ראה תרשים מס' 3 בנספח א'). מעל אפר הפחם המהודק תבוצע שכבת הכיסוי אף היא בהידוק בשכבות בעובי של 20 ס"מ (ראה תרשים מס' 3 שבנספח א').

iii. הנחיות לבקרת העיבוד של אפר הפחם

כל שכבה ב- 1.6 המ' העליונים של הבור תהודק עד להשגת יציבות שתיבחן במעבר משאית עמוסה (בעומס כולל מינימלי של 20 טון) על פני השטח.

iv. איכות חומרי הכיסוי



החומר לכיסוי פני שטח אפר הפחם (בעובי h_1) יהיה חומר מקומי, מהודק.

4.2 הנחיות מיוחדות למבצע (הקבלן)

v. הכנת השטח

במילוי של בור יש להכשיר דרך גישה לכלי העבודה. כולל נגישות של הכלים המכניים לעומקים גדולים מפני השטח הגובלים בבור.

vi. פיזור

ב. אם לא נאמר אחרת, עובי השכבות ב-1.6 המטרים העליונים לא יעלה על 20 ס"מ לאחר ההידוק.

ג. יש להקפיד לא להשאיר שכבות מהודקות של אפר פחם חשופות. כיסוי האפר הכרחי במטרה למנוע תופעות ארוזיה של מים ורוח. כיסוי האפר במידה ולא הוכתב על ידי המתכנן יבוצע בהתאם להנחיות המיוחדות למתכנן ולתרשים 3 שבנספח א'.

i. כלי עבודה

א. הידוק שכבות אפר הפחם מעל לשכבות האפר השפוך חייב להתבצע במכש כבד, בעל עומס סטטי קווי (Static Linear Load) מעל 35 ק"ג לכל ס"מ אורך של תוף לפחות, מהירות הכבישה תהיה 2-3 ק"מ/שעה, כדוגמת בומג 217 או שווה ערך.
ב. יש לוודא כי כל שכבת עיבוד נראית בתום ההידוק סגורה ואחידה. לעיתים שינוי כיוון הכבישה יכול להועיל לעניין זה.

ii. הידוק

iii. הידוק יבוצע בשכבות העליונות של המילוי עד להשגת יציבות.

בדיקות בקרת עיבוד

בקרת העיבוד תבוצע באמצעות מעברים של משאית עמוסה (בעומס כולל מינימלי של 20 טון), ובחינה ויזואלית של החומר המהודק תחת גלגליה.

iv. גימור

א. יש להקפיד על הביצוע בהתאם לפרטי הביצוע. באם לא סופקו פרטי ביצוע יעשה הקבלן שימוש בהנחיות המיוחדות למתכנן ובתרישים מס' 3 שבנספח א'.

ב. הקבלן ישמור את פני השכבה שעובדה ואושרה במצב רטוב עד לכיסויה, למניעת פליטת אבק.

4.3 הנחיות מיוחדות למפקח

v. כללי

המפקח יוודא כי כל הנחיות התכנון ופרטי הביצוע מבוצעים כנדרש על פי המפרט הכללי ומפרט מיוחד זה. באם לא יסופקו הנחיות תכנון מספקות או פרטי ביצוע תבוצע העבודה על פי הנחיות המיוחדות למבצע שבסעיף 4.2 לעיל.

vi. בקרת עבודות ההכנה

המפקח יוודא כי עבודות ההכנה בוצעו בהתאם לדרישות המפרט הכללי ומפרט זה, כדי שהביצוע לא יתקל בקשיים בגין עבודות הכנה לוקות בחסר.

vii. בקרת עיבוד

המפקח יהיה נוכח בשלב המעבר משפיכת האפר לשכבות האפר המהודקות. המפקח יאשר את השכבות המהודקות בבחינה חזותית של מעבר המשאית. המפקח יוודא כי עבודות הפיזור, ההרטבה וההידוק יעשו ברציפות, למניעת התייבשות והתעופפות אבק אפר פחם.

viii. פרטי ביצוע

שלביות הביצוע באפר פחם הנה מפתח להצלחת היישום. אי לכך יאשר המפקח כל אחד משלבי הביצוע. אישור המפקח מהווה שטר לביצוע העבודה לפי הדרישות.

מפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם

פרק 5 : עטיפות למתקנים תת-קרקעיים

היבטים סביבתיים

מתקנים תת קרקעיים הינם מתקנים הטמונים מתחת לפני השטח בעומקים שונים. בהגדרת מתקנים תת-קרקעיים נכללים כל אלמנטי התשתית אשר עונים להגדרה הנ"ל ובכללם: מתקני צנרת, מבנים שונים לגז, דלק ומים, שוחות בקרה ואיסוף, ביוב, מבני בטון ומרתפים, בסיסי קירות תומכים הנמצאים מתחת לפני השטח וכד'. פרק זה מפרט את ההנחיות המיוחדות למתכנן, למבצע (הקבלן) ולמפקח. הנחיות אלו הינן בנוסף לאלו המפורטות בפרק 1.

5.1 הנחיות מיוחדות למתכנן

5.1.1 תכנון עטיפת אפר פחם למתקנים תת-קרקעיים

פרטי תכנון לעטיפת מתקנים תת-קרקעיים מסוגים שונים יכללו את הפרטים הבאים:

- סוג האפר הנדרש.
- העובי הכולל של שכבות העטיפה, כולל עוביי שכבות לצורך עיבודן. עובי השכבות יקבע על פי סוגי המכבשים המבצעים את ההידוק.
- מפלס רום עליון של העטיפה ביחס לפני המתקן התת – קרקעי, הקרקע הטבעית או הקו האדום.
- רוחב שכבות העטיפה (רוחב העטיפה מוגדר כמרחק המינימלי בין התשתית התת-קרקעית כמצוין בפרט הטיפוסי לדופן החפירה). רוחב זה יקבע בהסתמך על ייעוד השטח שמעל התשתית התת-קרקעית.

5.1.2 קרקעות ליישום אפר פחם לעטיפת מתקנים תת - קרקעיים

עטיפת מתקנים תת – קרקעיים באפר פחם תבוצע בקרקעות מנקזות בלבד. בקרקעות לא מנקזות (קרקעות חרסיתיות) יותר השימוש באפר פחם לעטיפות תת-קרקעיות רק אם יתוכנן פתרון ניקוז לשכבות אפר הפחם כגון: שכבות מנקזות, פילטר מנוקז, נקזים

באלמנטים הנעטפים וכד'. במקרים של עבודות פיתוח בהן אין אפשרות לנקז את תחתית השוחה, אין להשתמש באפר פחם למטרות מילוי.
יש להימנע מ"כליאת מים" בתוך שכבת אפר הפחם.

5.1.3 עקרונות ופרטי תכן

המתכנן יכין פרט מיוחד המתאר את כל פרטי הכיסוי כפי שהוגדרו בסעיף 5.1.1. תרשימים 4 עד 6 יכולים לשמש כהמלצה לתכנן פרטי הכיסוי של מתקנים תת - קרקעיים מסוגים שונים כדלקמן:

- א. תרשים מס' 4(a) – מתייחס למבנה תת – קרקעי (מרתפים, מבנים ותשתיות לגז, מים, דלק וכד',) הנמצא במפלס פני קרקע טבעית.
- ב. תרשים מס' 4(b) – מתייחס למבנה תת-קרקעי הנמצא מתחת לפני קרקע טבעיים בשטח פתוח.
- ג. תרשים מס' 4(c) – מתייחס למבנה תת-קרקעי הנמצא מתחת למסעה או מדרכה.
- ד. תרשים מס' 5(a) – מתייחס לצנרת תת- קרקעית מתחת לפני קרקע טבעיים בשטח פתוח.
- ה. תרשים מס' 5(b) – מתייחס לצנרת תת- קרקעית מתחת למסעה.
- ו. תרשים מס' 6 – מתייחס לשוחות מסוגים שונים באזורי מיסעת כביש.

5.1.4 רוחב ומפלס שכבות העטיפה

- (א) רוחב שכבות העטיפה של המתקן התת – קרקעי למעט שוחות יהיה מינימום 1.0 מ' כדי לאפשר הידוק באמצעות מכבשים ידניים. שכבות עטיפה ברוחב עטיפה של 2.5 מ' ומעלה יהודקו במכבשים רגילים.
- (ב) מפלס פני שכבות המילוי באפר פחם מוגדר בכל אחד מפרטי הכיסוי כפי שמוצג בתרשימים 4 עד 6 שבנספח א'.

5.1.5 איכות חומרי הכיסוי

- א. החומר לכיסוי פני שטח אפר הפחם כשהמתקן התת – קרקעי נמצא מתחת לשטח המיועד לעומסים סטטיים ודינמיים (כביש , מדרכה וכד') יעמוד בדרישות הבאות :
- (i) יסווג לפי שיטת המיון של AASHTO כ- A-6 , A-4 או A-2 (לא יותר שימוש ב – A-1 , A-3 , A-5 , A-7-6).
 - (ii) גודל גרגיר מקסימלי – 10 ס"מ.
 - (iii) אחוז עובר נפה #200 - 40% - 20%.
 - (iv) גבול נזילות (LL) – מקסימום 35%.
 - (v) אינדקס פלסטיות (PL) – מקסימום 15%.
- ב. החומר לכיסוי פני שטח אפר הפחם כשהמתקן התת קרקעי נמצא בשטח פתוח יעמוד בדרישות הבאות :
- (i) יסווג לפי שיטת המיון של AASHTO כ- A-6 , A-7-6 , A-4 , או A-2 עם אחוז עובר נפה #200 של 20% מינימום.
 - (ii) גודל גרגיר מקסימלי – 10 ס"מ.

5.1.6 הנחיות לאפיון ובקרה הנדסית של אפר הפחם

- בקרת האיכות של אפר הפחם תתבצע בשני שלבים :
- בדיקות מקדימות לאפיון ואישור אפר הפחם.
 - בדיקות שוטפות במהלך האספקה והביצוע.

5.1.6.1 בדיקות מקדימות לאפיון ואישור אפר הפחם

- אפר הפחם יתאים לתכונות האיכות האינדיקטיביות המפורטות בסעיף 1.6.2 שבפרק 1 במפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם.
- עבור תשתיות תת – קרקעיות הנמצאות מתחת לשטח המיועד לשאת עומסים סטטיים או דינמיים (כגון כביש) יש לדרוש כי לאפר הפחם יהיה מת"ק מינימלי של 10% בתחום רטיבות העיבוד והצפיפות הנדרשת.

5.1.6.2 בדיקות שוטפות במהלך האספקה והביצוע.

- בדיקות לבקרה שוטפת יבוצעו על פי סעיף 1.8 שבפרק 1 של המפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם.
- בדיקות שוטפות לבדיקת איכות החומר יבוצעו במקרים הבאים:
 - (i) כל 500 טון של אפר פחם.
 - (ii) כל פעם שמבחינה חזותית נראה שינוי באפר הפחם.
 - (iii) כל שינוי במקור האפר במהלך האספקה והפיזור.
 - (iv) בכל פעם שהמפקח מוצא לנכון.
- הבדיקות הנדרשות הן: דרוג, גבולות אטרברג, מערכת צפיפות רטיבות. מערכת צפיפות רטיבות – מת"ק תבוצע רק במקרים בהם התשתיות התת קרקעיות נמצאות מתחת לשטח המיועד לשאת עומסים סטטיים ודינמיים. במידת הצורך ולפי צרכי התכנון ניתן לבצע גם בדיקות הנדסיות נוספות.

5.1.7 הנחיות לעיבוד שכבות אפר הפחם

- א. עובי השכבה לעיבוד במכבשים ידניים – 10 ס"מ.
 - עובי השכבה לעיבוד במכבשים רגילים – 20 ס"מ.
 - ב. בשוחות תת קרקעיות אין להדק מעל מפלס רום הצינורות במכבשים כבדים. יש להנחות את הקבלן מהו קו הגובה המינימלי מעל רום הצינור המאפשר הידוק בעזרת מכבשים.
 - ג. דרישות העיבוד המומלצות של אפר הפחם הן כדלקמן:
 - באפר פחם תחתי
 - דרגת הידוק מומלצת: 95 % M.A
 - תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt} - 2\% < w < w_{opt} + 2\%$
 - באפר פחם מרחף
 - דרגת הידוק מומלצת: 89 % M.A
 - תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt} - 2\% < w < w_{opt} + 4\%$
- (w_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

5.1.8 הנחיות לבקרת איכות הביצוע של שכבות אפר הפחם

- א. בניגוד לאמור בסעיף 1.8.2 אין לבצע בדיקות צפיפות שדה בעזרת מכשיר גרעיני. הקרבה לתשתיות התת – קרקעיות עלולות לגרום לעיוות תוצאות המדידה.
- ב. בעבודה עם אפר פחם תחתי – 6 נקודות בדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת חרוט חול בלבד.
- ג. בעבודה עם אפר פחם מרחף – 6 נקודות בדיקת צפיפות רטיבות לכל מנת עיבוד בשיטת גליל מוחדר בלבד.

5.2 הנחיות מיוחדות למבצע (הקבלן)

5.2.1 בקרת איכות

- א. בתחילת העבודה יספק הקבלן למפקח את כל נתוני הבדיקות המוקדמות שבוצעו לפי הנחיות התכן.
- ב. בדיקות שוטפות לקביעת איכות אפר הפחם יבוצעו במקרים:
 - (i) כל 500 טון אפר פחם
 - (ii) כל שינוי חזותי שנראה באפר פחם
 - (iii) כל שינוי במקור אספקת אפר הפחם
 - (iv) כל פעם שהמפקח מוצא לנכון.

5.2.2 הכנת השטח

- א. במהלך העבודה להנחת התשתיות תת – קרקעיות, על הקבלן לוודא עמידה בדרישות המתכנן וחוקי הבטיחות על מנת למנוע מפולות עפר ודרדור חומרים לתוך החפירה.
- ב. לפני יישור, פיזור והידוק שכבות אפר הפחם יפלס ויהדק הקבלן את תחתית החפירה. ההידוק יבוצע לדרגת הידוק כמפורט בפרק 51 של המפרט הכללי.

5.2.3 פיזור אפר הפחם

- א. יש לפזר גושי אפר פחם המגיעים לאתר טרם עבודת ההידוק בכל אמצעי שיציע הקבלן.
- ב. לאחר הנחת התשתיות יפזר הקבלן את שכבות אפר הפחם באמצעים התואמים את רוחב החפירה. השכבות יפוזרו על פי ההנחיות המופיעות בסעיפי פרק 5.1 שלעיל.
- ג. כל שכבת אפר פחם תורטב בכמות הנדרשת על מנת לעבדה בתחום תכולת הרטיבות הנדרשת.
- ד. על הקבלן להקפיד לא להשאיר שכבות מהודקות וחשופות של אפר פחם. כיסוי האפר הכרחי כדי למנוע ארוזיה של מים ורוח. הכיסוי יתבצע בהתאם להנחיות המתכנן או המפקחים או בהתאם לתרשימים 4-6 שבנספח א'.

5.2.4 כלי עבודה

- א. הידוק שכבות אפר פחם בקרבת המתקן התת – קרקעי ברוחב קטן מ – 2.5 מ' יבוצע במכשירים ידניים כגון: Bomag BW 75 פלטה רוטטת או שווה ערך.
- ב. שכבות אפר פחם ברוחב של יותר מ – 2.5 מ' יבוצעו במכשירים רגילים חלקים עם או בלי ויברציה.

5.2.5 הידוק שכבות אפר הפחם

- א. אם לא נאמר אחרת עובי כל שכבה המהודקת במכשירים ידניים לא יעלה על 10 ס"מ לאחר הידוק. עובי שכבה מהודקת במכשירים רגילים לא יעלה על 20 ס"מ לאחר הידוק.
- ב. כאשר עטיפות אפר פחם מבוצעות משני צידי האלמנט התת – קרקעי, יש לפזר ולהדק את שכבות אפר הפחם לסירוגין, משני צידי האלמנט ללא יצירת הפרש גובה העולה על 30 ס"מ בין רום שכבות המעטפת.
- ג. יש לוודא כי כל השכבות המהודקות של אפר הפחם תהיינה "סגורות" ואחידות. לעיתים שינוי כיוון הכבישה יכול להועיל להשגת האחידות.
- ד. הקבלן ישמור את פני השכבה שעובדה ואושרה במצב רטוב עד לכיסויה למניעת פליטת אבק.
- ה. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם תחתי יהיו כדלקמן :-

דרגת הידוק תהיה : 95% M.A

תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+2\%$

ו. אם לא נאמר אחרת תנאי העיבוד באפר פחם מרחף יהיו כדלקמן :-

דרגת הידוק תהיה : 89% M.A

תכולת רטיבות לעיבוד (w) : $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}+4\%$

(w_{opt} – תכולת הרטיבות האופטימלית לצפיפות הנדרשת)

5.2.6 בקרת איכות הביצוע

- א. לאחר הידוק כל שכבה יבצע הקבלן בדיקות בקרה לצורך עמידה בקריטריונים התכנוניים.
- ב. רק לאחר קבלת תוצאות הבדיקות ימשיך הקבלן בביצוע שכבה נוספת.
- ג. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם תחתי יבדקו 6 נקודות בבדיקת צפיפות רטיבות בשיטת חרוט חול בלבד.
- ד. אם לא נאמר אחרת עבור כל מנת עיבוד של אפר פחם מרחף יבדקו 6 נקודות בבדיקות צפיפות רטיבות בשיטת גליל מוחדר (שלבי) בלבד.

5.3 הנחיות מיוחדות למפקח

5.3.1 כללי

המפקח יודא כי כל הנחיות התכנון ופרטי הביצוע מבוצעים כנדרש על פי פרק 51 במפרט הכללי ומפרט מיוחד זה.
באם לא יסופקו הנחיות תכנון מספקות או פרטי ביצוע תבוצע העבודה על פי הנחיות המיוחדות למבצע שבסעיף 5.2 לעיל.

5.3.2 בקרת עבודות ההכנה

המפקח יודא כי עבודות ההכנה בוצעו בהתאם לדרישות המפרט הכללי ומפרט זה, כדי שהביצוע לא יתקל בקשיים בגין עבודות הכנה לוקות בחסר.

5.3.3 בקרת איכות אפר הפחם

המפקח יודא כי המבצע ערך את כל הבדיקות הנדרשות לאפר וכי תוצאות הבדיקות עומדות בדרישות התכנון והמפרט.

5.3.4 בקרת עיבוד

- א. המפקח יודא כי העבודה המבוצעת מלווה בבדיקות מעבדה. כמו כן יודא המפקח כי כמות הבדיקות עונה להיקפי העבודה המבוצעת ותוצאות הבדיקות מעידות כי הביצוע הינו בהתאם לדרישות התכנון והמפרט.
- ב. המפקח רשאי לפי שיקול דעתו ההנדסית להגדיל את שטח מנת העיבוד לצורך תדירות בקרת איכות הביצוע.
- ג. המפקח רשאי לפי שיקול דעתו לקבוע באמצעות קטע ניסוי, כי ניתן להסתפק בבקרת מספר מעברי מכבש לצורך בקרת העיבוד. החלטת המפקח חייבת להתבסס במקרה זה על בקרת הצפיפות והרטיבות בקטע הניסוי.
- ד. במקרה של הידוק ידני ידרוש המפקח שימוש במכבש **Bomag 217** פלטה רוטטת או שווה ערך.

ה. המפקח יודא כי עבודות הפיזור, ההרטבה, העיבוד וההידוק יעשו ברציפות, למניעת

התייבשות והתעופפות אבק אפר פחם.

5.3.5 פרטי ביצוע

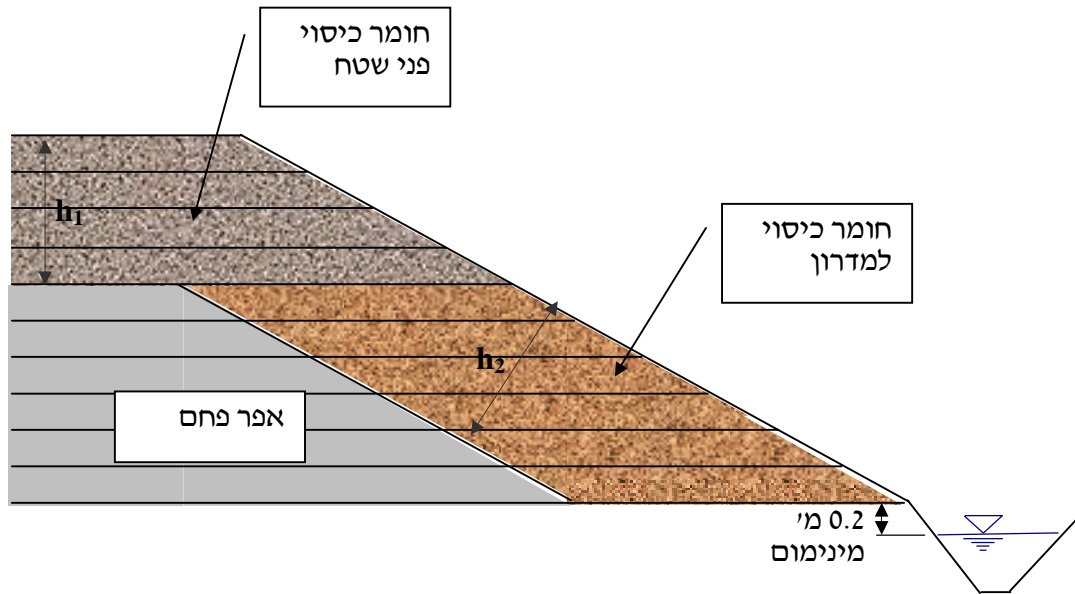
שלביות הביצוע באפר פחם הנה מפתח להצלחת היישום. אי לכך יאשר המפקח כל אחד משלבי הביצוע. אישור המפקח מהווה שטר לביצוע העבודה לפי הדרישות.

מפרט לעבודות תשתית עם אפר פחם

נספח א': תרשימים



תרשים מס' 1: תאור סכמתי של חתך לרוחב סוללה עם אפר פחם

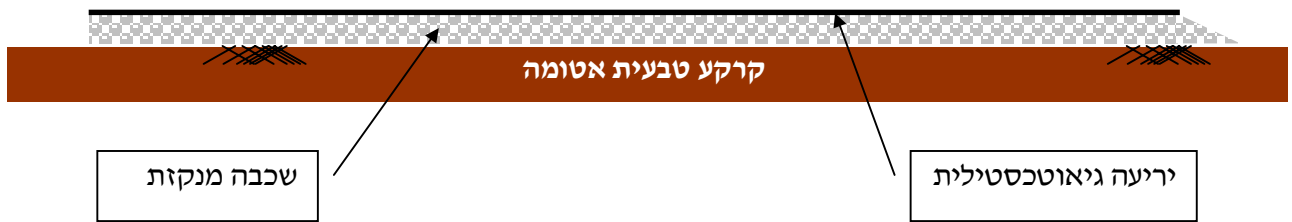


- א. בעבודות מילוי עם אפר פחם תבוצע שכבת כיסוי מדרון אפר הפחם במטרה להגן על סוללת אפר הפחם מארוזיה של מים ורוח.
- ב. שכבת כיסוי מדרון סוללות אפר הפחם תבוצע כהמשך רציף של כל אחת משכבות אפר הפחם. הידוק האפר והידוק חומר הכיסוי יבוצעו במקשה אחת. בכך תתאפשר אדהזיה טובה בין שכבות הכיסוי לשכבות אפר הפחם ותימנע תופעה של ארוזית שכבת הכיסוי.
- ג. פני השטח יכוסו בחומר מילוי מתאים. בשכבות של 20 ס"מ כל אחת.
- ד. במקרים בהם מתוכננת תעלת ניקוז יש להבטיח כי בסיס המילוי מאפר פחם יהיה ברום מינימלי של 20 ס"מ מעל למפלס המים המקסימלי המתוכנן בתעלה.

תרשים מס' 2: תאור סכמתי של חתך לרוחב סוללת מילוי עם אפר פחם מעל קרקע טבעית אטומה (חרסית)

סוללת מילוי של אפר פחם מעל קרקע טבעית אטומה (כגון חרסית) יבוצעו לפי מספר שלבים כדלקמן:-

שלב א' (*) – ביצוע שכבה מנקזת מעל קרקע טבעית



(*) מומלץ לבצע שכבה מנקזת מעל קרקע טבעית אטומה בבניית סוללות גבוהות מ-4 מ' וכשהקרקע הטבעית האטומה הינה רכה ורגישה לקונסולידציה.

(1) על הקרקע הטבעית האטומה, לאחר עיבודה כנידרש במפרט הכללי, תסלל שכבה מנקזת בעלת המאפיינים הבאים:-

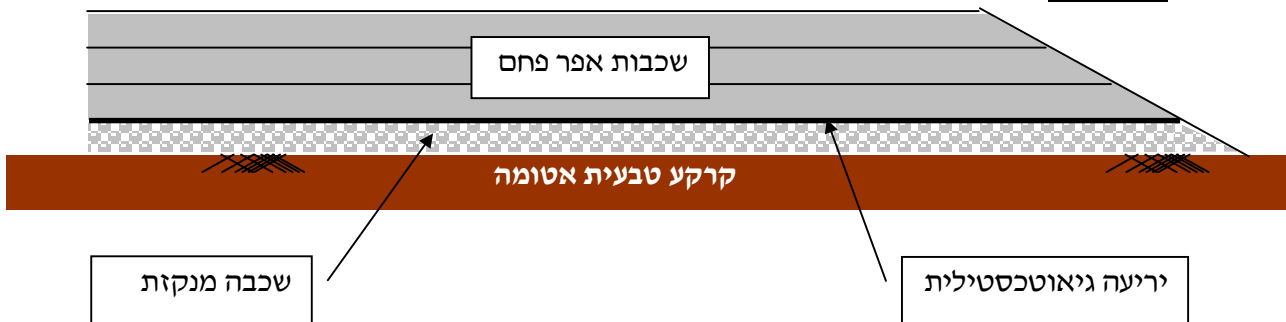
(2) דרוג השכבה המנקזת:

נפה	1.5"	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	100-95	80-25	10-0	5-0

(3) עובי השכבה המנקזת יהיה 20 ס"מ לאחר ההידוק.

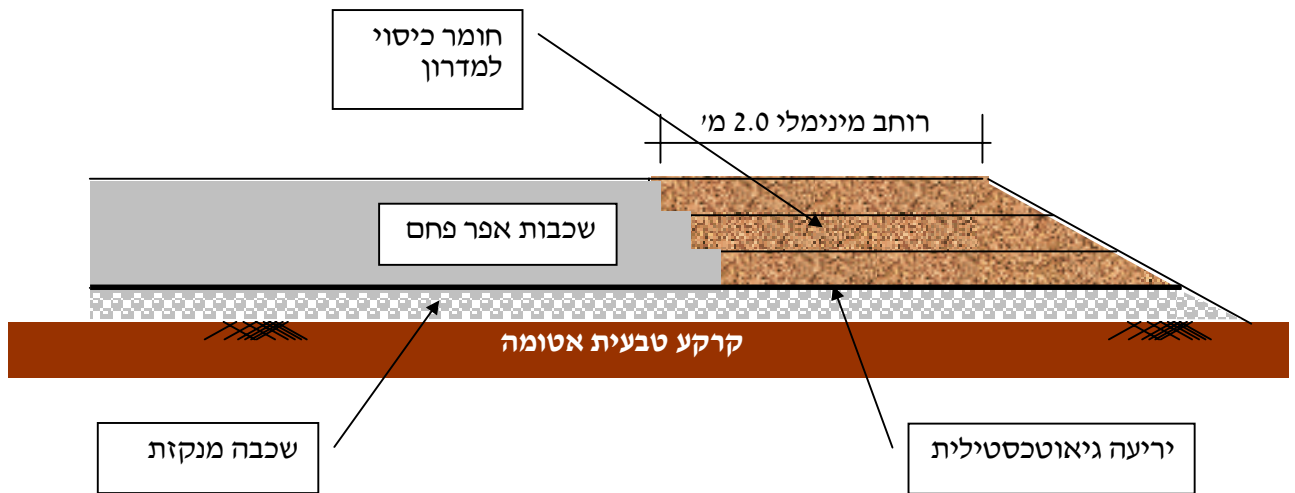
(4) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית, במטרה לשמור על יעילות הניקוז שלה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לחללי שכבה זו.

שלב ב' – ביצוע שלוש שכבות אפר פחם



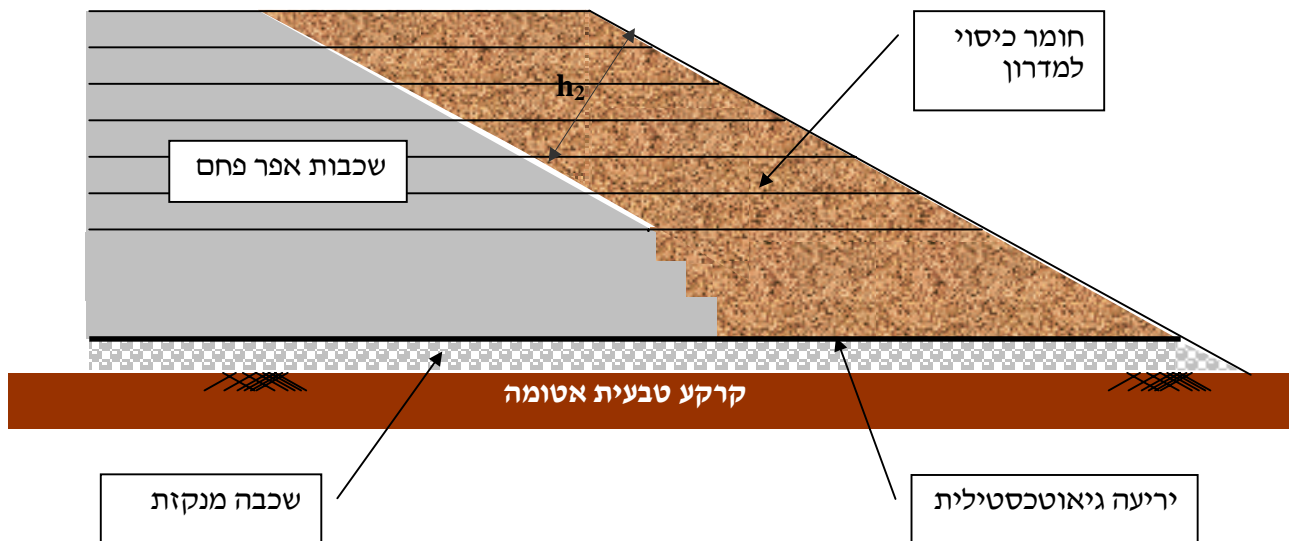
(5) על השכבה המנקזת יבוצעו 3 שכבות של אפר פחם בעובי של 20 ס"מ כל אחת.

שלב ג' – חיבור חומר כיסוי לשכבות האפר



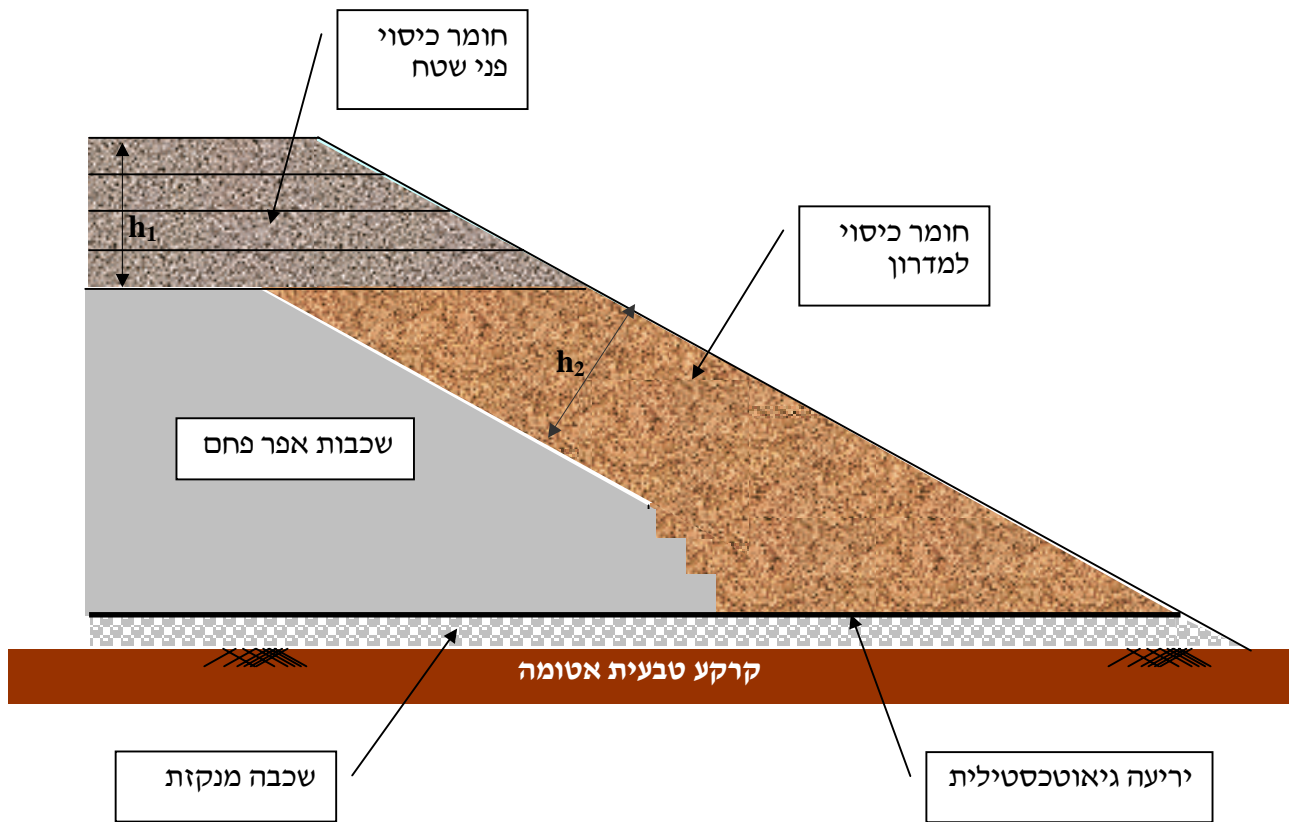
- (6) החומר לכיסוי מדרון סוללת אפר הפחם יחובר לסוללת האפר במדרגות.
- (7) החיבור יבוצע על ידי סילוק הרצועה הקיצונית של אפר הפחם ברוחב מינימלי של 2.0 מ' וסלילת חומר הכיסוי בשכבות בעובי של 20 ס"מ.
- (8) שכבות הכיסוי יהודקו בבקרה מלאה. לא יאושר המעבר לשכבת הכיסוי הבאה ללא אישור הפיקוח.

שלב ד' – גמר סלילת סוללות אפר הפחם והכיסוי



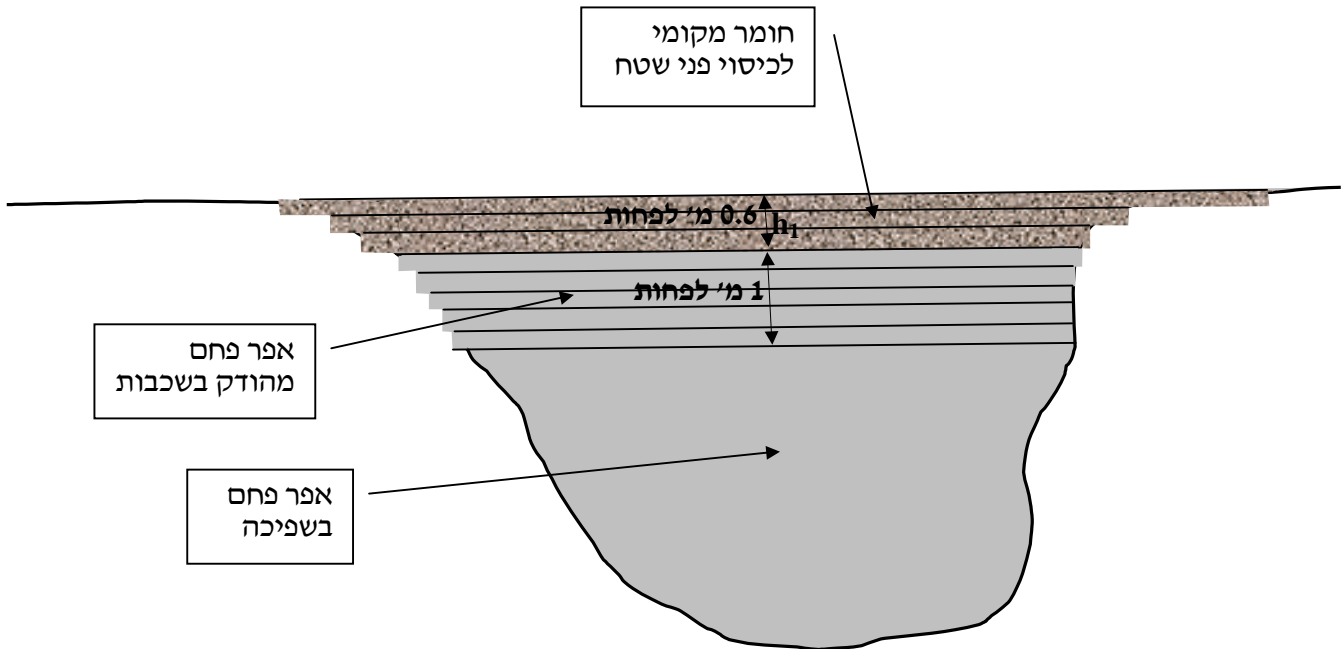
- (9) מהשכבה הרביעית תהליך הסלילה של אפר הפחם וחומר הכיסוי יהיה זהה לזה המוצג בתרשים מס' 1. שכבות אפר הפחם והמיילוי יבוצעו במקשה אחת בעובי של 20 ס"מ כל אחת, כדי לאפשר אדהיזה טובה ומניעת תופעת ארוזית שכבת הכיסוי.

שלב ה' - כיסוי פני הסוללה



(10) כיסוי פני הסוללה בחומר מילוי מתאים, בשכבות בעובי של 20 ס"מ.

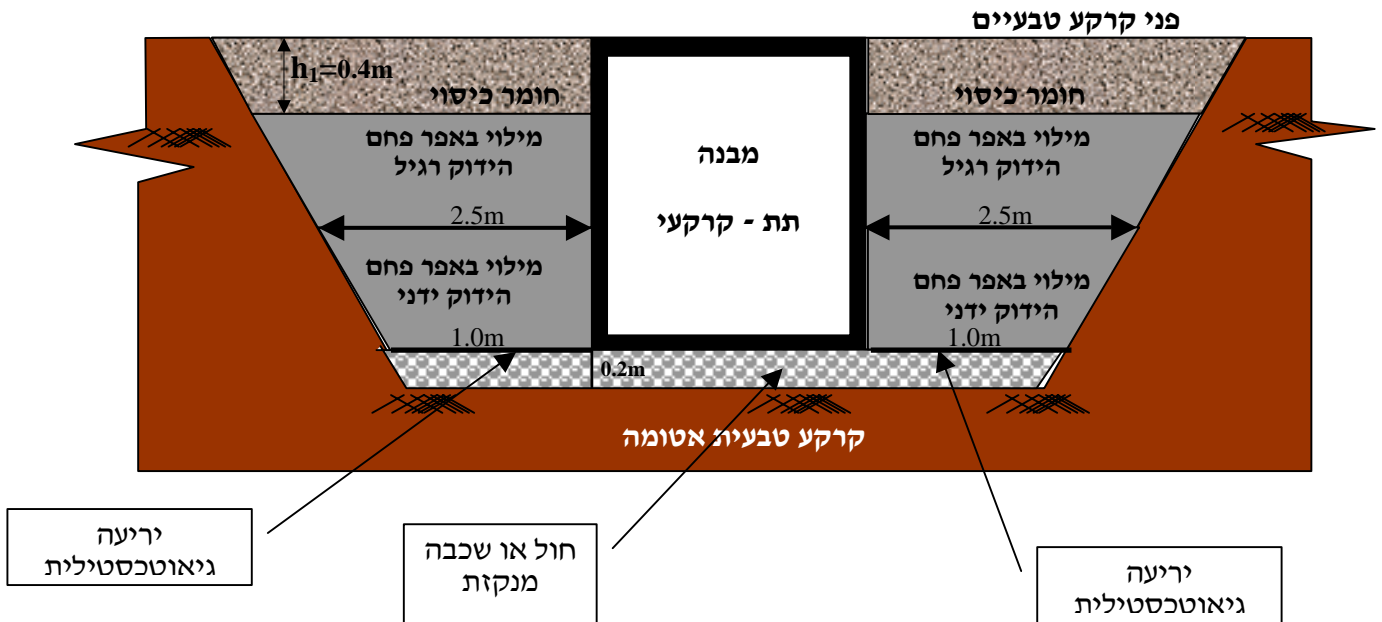
תרשים מס' 3: תאור סכמתי של מילוי בורות באפר פחם



- א. עד לעומק מינימלי של 1.6 מ' מתחת לפני השטח הגובלים בבור, ניתן לבצע מילוי באפר פחם בשפיכה חופשית.
- ב. מעל אפר הפחם השפוך, יש להבטיח כי לפחות 1.0 מ' של אפר פחם, יהודק בשכבות, ויחוברו לדפנות הבור במדרגות.
- ג. מעל המטר העליון המהודק תונח שכבת כיסוי של חומר מקומי בעובי מינימלי של 0.6 מ', שיהודקו בשכבות בעובי של 20 ס"מ כל אחת.

תרשים מס' 4: תאור סכמתי של עטיפת מבנים תת קרקעיים (מרתפים, מבנים לתשתיות גז, מים דלק וכד')

4(a) - המבנה במפלס פני קרקע טבעיים



(1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.

(2) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ לסלול שכבת חול או שכבה עם אגרגט מנקז בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.

(3) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.

(4) דרוג האגרגט המנקז :

נפה	1.5 "	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

(5) רוחב רצועת המילוי משני צידי המבנה יהיה לפחות 1.0 מ' כדי לאפשר הידוק במכשירים ידניים.

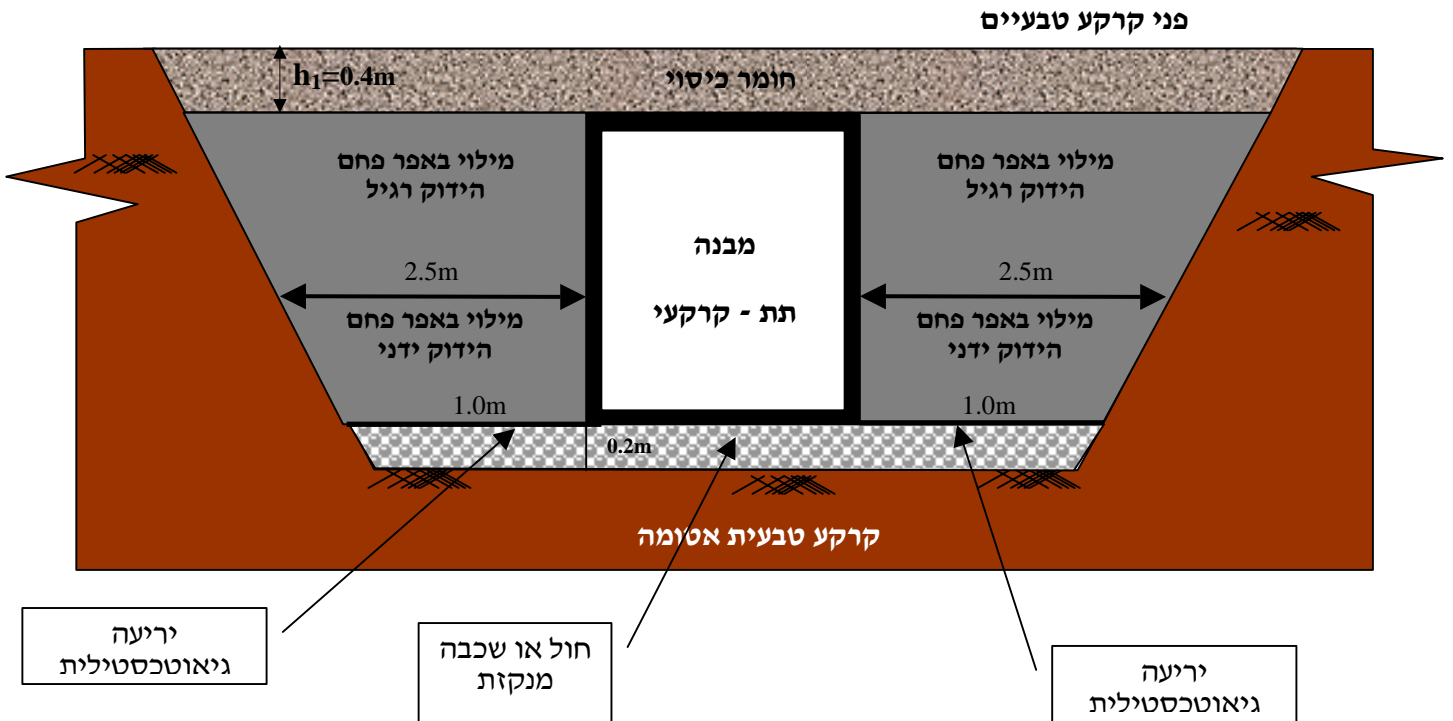
(6) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכשירים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.

(7) עובי השכבה המקסימלי להידוק במכשירים ידניים – 10 ס"מ.

עובי השכבה המקסימלי להידוק במכשירים רגילים – 20 ס"מ.

(8) שכבות הכיסוי יהודקו בבקרה מלאה.

4(b) - המבנה מתחת לפני קרקע טבעיים

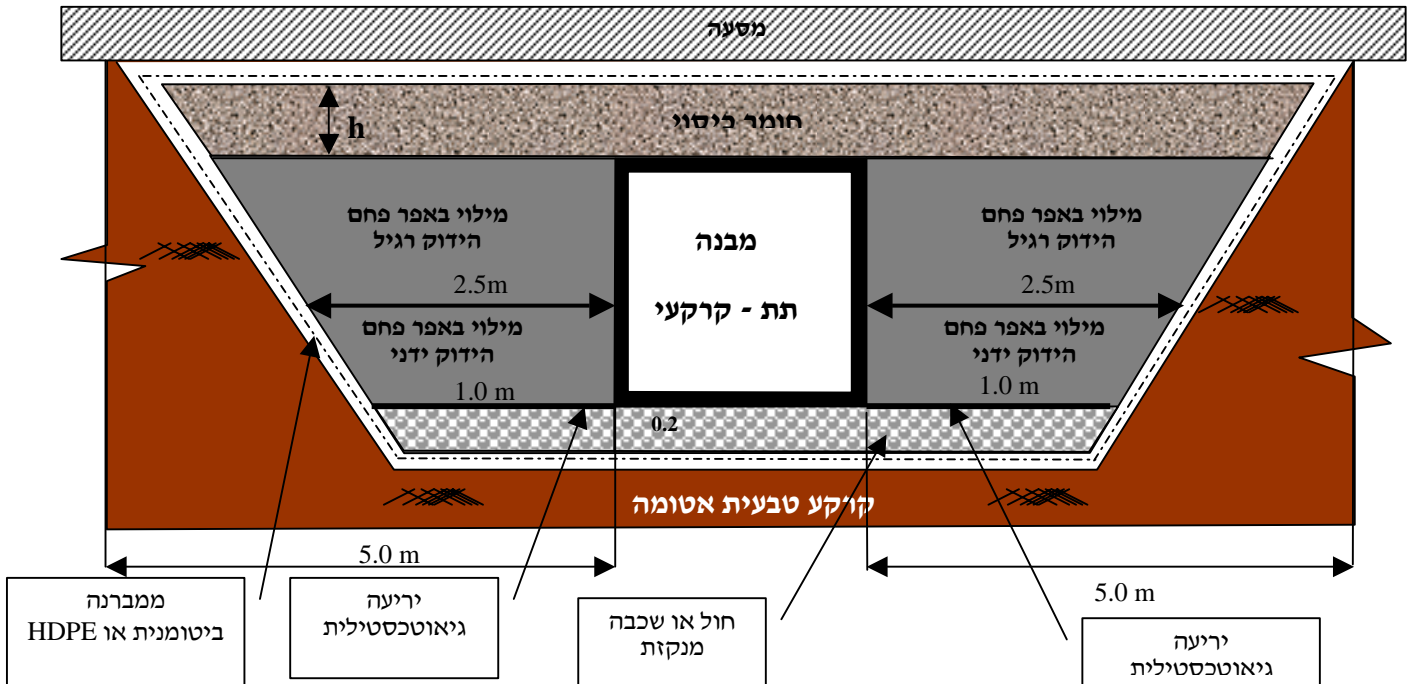


- (1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.
- (2) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ לסלול שכבת חול או שכבה עם אגרגט מנקז בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.
- (3) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.
- (4) דרוג האגרגט המנקז:

נפה	1.5 "	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

- (5) רוחב רצועת המילוי משני צידי המבנה יהיה לפחות 1.0 מ' כדי לאפשר הידוק במכבשים ידניים.
- (6) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכבשים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.
- (7) עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים ידניים – 10 ס"מ.
- (8) עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים רגילים – 20 ס"מ.
- (8) שכבות הכיסוי יהודקו בבקרה מלאה.

4(c) - המבנה מתחת למסעת כביש או מדרכה



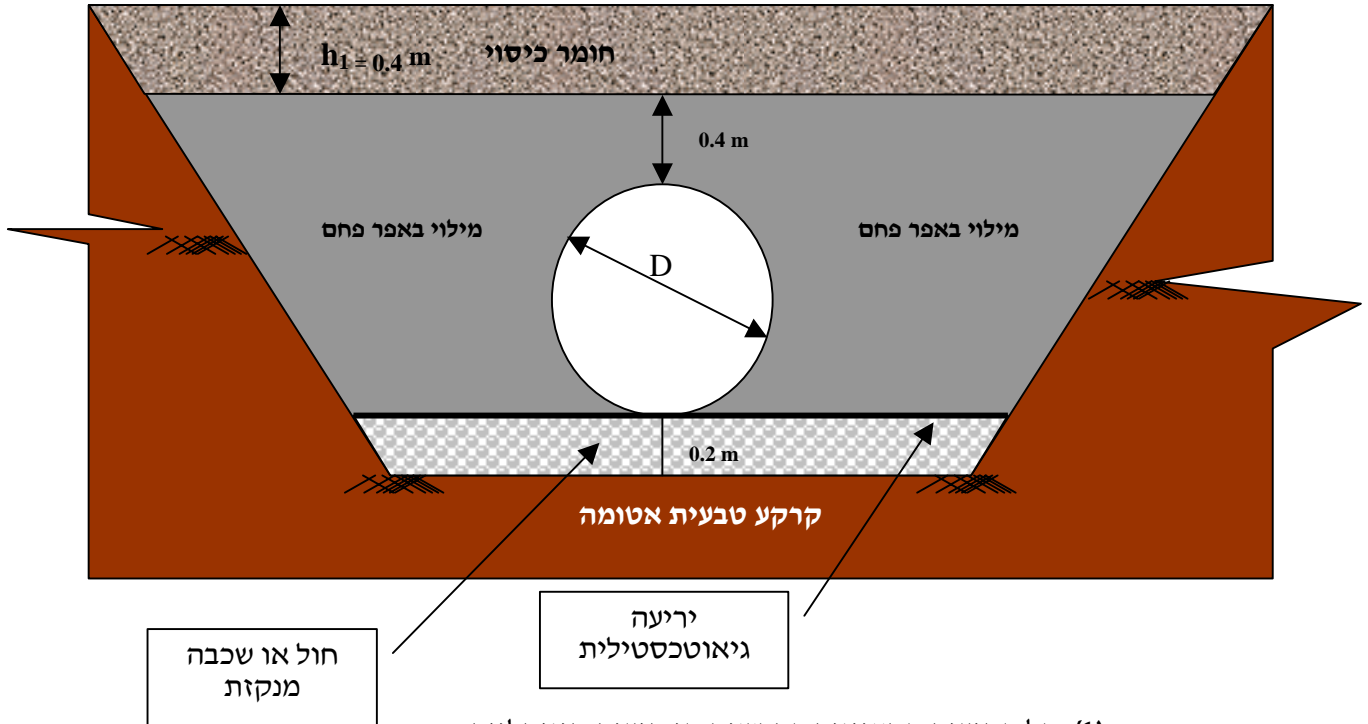
- (1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.
- (2) עובי שכבת חומר הכיסוי (h_1) מתחת למסעת כביש – 0.6 מ' ומתחת למדרכה – 0.4 מ'.
- (3) רצוי לאטום את הקרקע החרסיתית ביריעה ביטומנית או יריעה מסוג HDPE.
- (4) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ לסלול שכבת חול או שכבה מנקזת בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.
- (5) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.
- (6) דרוג האגרנט המנקז:

נפה	1.5 "	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

- (7) רוחב רצועת המילוי משני צידי המבנה יהיה לפחות 1.0 מ' כדי לאפשר הידוק במכבשים ידניים.
- (8) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכבשים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.
- (9) עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים ידניים – 10 ס"מ.
- עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים רגילים – 20 ס"מ.
- (10) שכבות הכיסוי יהודקו בבקרה מלאה.

תרשים מס' 5: עטיפת צורת תת – קרקעית בשוחות

5(a) - צורת תת – קרקעית בשוחה בשטח פתוח

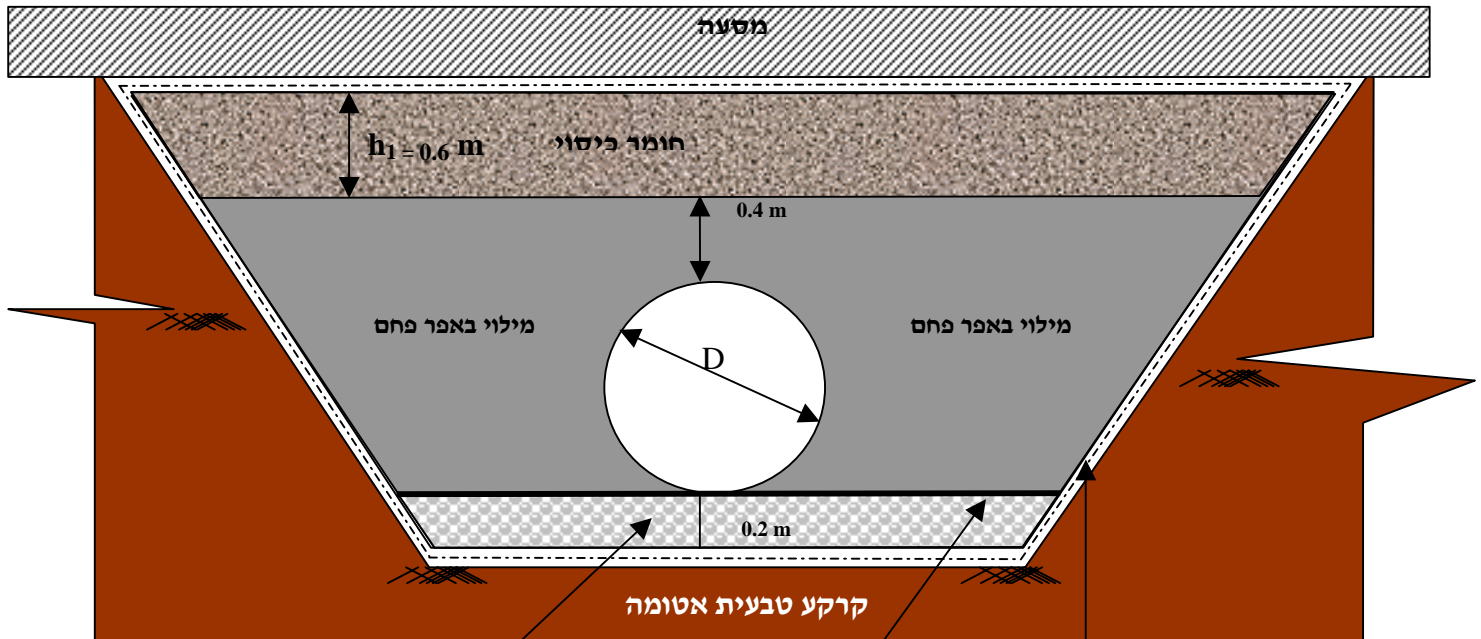


- (1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.
- (2) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ להניח שכבת חול או שכבה עם אגרגט מנקז בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.
- (3) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.
- (4) דרוג השכבה המנקזת:

נפה	1.5 "	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

- (5) רוחב רצועת המילוי יהיה גדול ככל האפשר כדי לאפשר הידוק במכבשים ידניים.
- (6) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכבשים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.
- (7) עובי שכבות אפר הפחם מעל מפלס הצינור יהיה 40 ס"מ לפחות.
- (8) עובי שכבות הכיסוי מעל שכבות אפר הפחם יהיה 40 ס"מ לפחות והן יהודקו בבקרה מלאה.
- (9) עובי השכבה המקסימלי להידוק בכלים ידניים – 10 ס"מ.
עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים – 20 ס"מ.

5(b) - צנרת תת – קרקעית בשוחה מתחת למסעה



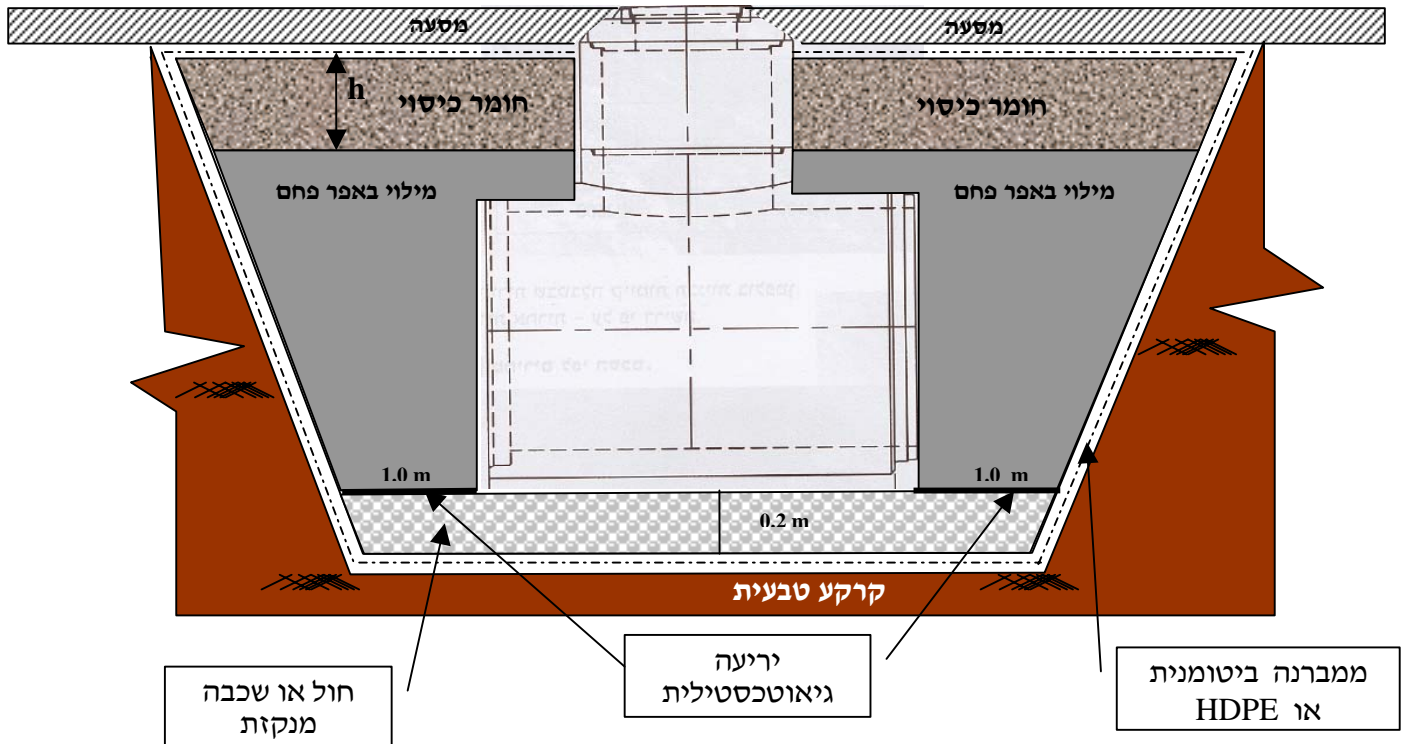
- מנקזת חול או שכבה
- יריעה גיאוטכסטילית
- ממברנה ביטומנית HDPE או

- (1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.
- (2) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ להניח שכבת חול או שכבה עם אגרגט מנקז בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.
- (3) רצוי לאטום את הקרקע החרסיתת ביריעה ביטומנית או יריעה מסוג HDPE.
- (4) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.
- (5) דרוג האגרגט המנקז :

נפה	1.5 "	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

- (6) רוחב רצועת המילוי יהיה גדול ככל האפשר כדי לאפשר הידוק במכבשים ידניים.
- (7) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכבשים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.
- (8) עובי שכבות אפר הפחם מעל מפלס הצינור יהיה 40 ס"מ לפחות.
- (9) עובי שכבות הכיסוי יהיה 60 ס"מ לפחות והן יהודקו בבקרה מלאה.
- (10) עובי השכבה המקסימלי להידוק בכלים ידניים – 10 ס"מ. עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים – 20 ס"מ.

תרשים מס' 6: עטיפת שוחת תשתית באזור כביש



- (1) כל המידות המצוינות בתרשים הן מידות מינימליות.
- (2) עבור קרקעות טבעיות אטומות (חרסית) מומלץ להניח שכבת חול או שכבה עם אגרגט מנקז בעובי מינימלי של 20 ס"מ לאחר הידוקה.
- (3) רצוי לאטום את הקרקע האטומה (חרסית) ביריעה ביטומנית או יריעת HDPE.
- (4) מעל השכבה המנקזת תונח יריעה גיאוטכסטילית לצורך שמירה על יעילות השכבה ולמנוע את "זיהומה" ע"י חדירת אפר פחם לשכבה זו.
- (5) דרוג האגרגט המנקז:

נפה	1.5"	1"	0.5"	#4	#8
[מ"מ]	38 מ"מ	25.4 מ"מ	12.7 מ"מ	4.75 מ"מ	2.36 מ"מ
אחוז עובר	100	95 - 100	25 - 80	0 - 10	0 - 5

- (6) רצוי שרוחב רצועת המילוי משני צידי תחתית השוחה יהיה לפחות 1.0 מ' כדי לאפשר הידוק במכבשים ידניים.
- (7) רוחב רצועת המילוי לצורך הידוק במכבשים רגילים יהיה לפחות 2.5 מ'.
- (8) עובי שכבת הכיסוי (h) מתחת למסעת כביש - 0.6 מ' ומתחת למדרכה - 0.4 מ'.
- (9) עובי השכבה המקסימלי להידוק בכלים ידניים - 10 ס"מ.
- עובי השכבה המקסימלי להידוק במכבשים - 20 ס"מ.
- (10) שכבות הכיסוי יהודקו בבקרה מלאה.