

## 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 התכנ.
- 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 המתכנ 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.