

הוועדה המחוזית החליטה ביום:

15/08/2021

להפקיד את התכנית

06/02/2022

**נספח בינוי : פרשה טכנית**

**מס' תכנית : 651-0916593**

**מאגר בשור דרומי**



**מקורות חברת המים בע"מ**

**מרחב דרום**



**נערך ע"י: לביא-נטיף מהנדסים יועצים בע"מ**

**רח' דרך השלום 17 - נשר**

**טל: 04-8325647**

**מהדורה 1**





# לביא-נטוף מהנדסים יועצים בע"מ

הנדסת מים, ביוב,ניקוז. תכנון, ייעוץ ופיקוח הנדסי

2

נספח בינוי : פרשה טכנית

מאגר בשור דרומי

מס' תכנית 651-0916593



עמ'	תוכן העניינים
3	1. כללי
4	2. נתוני המאגר
6	3. הקרקע
7	4. סקירה של הסיכונים הסיסמיים
8	5. חלופות לשיקום המאגר :
	6. עודפי עפר

רח' השקמה 3 א"ת אזור-58001 ≡ טלפון : 5584505/6/7-03 ≡ 5584524-03 ≡ Fax: ת"ד 48266, ת"א- 61480

רח' דרך השלום 17 נשר - 3665118 ≡ טלפון : 8325647-04 ≡ 8227101-04 ≡ Fax:

E-mail: [haifa@lavi-natif.co.il](mailto:haifa@lavi-natif.co.il)

## מאגר בשור דרומי

### פרשה טכנית

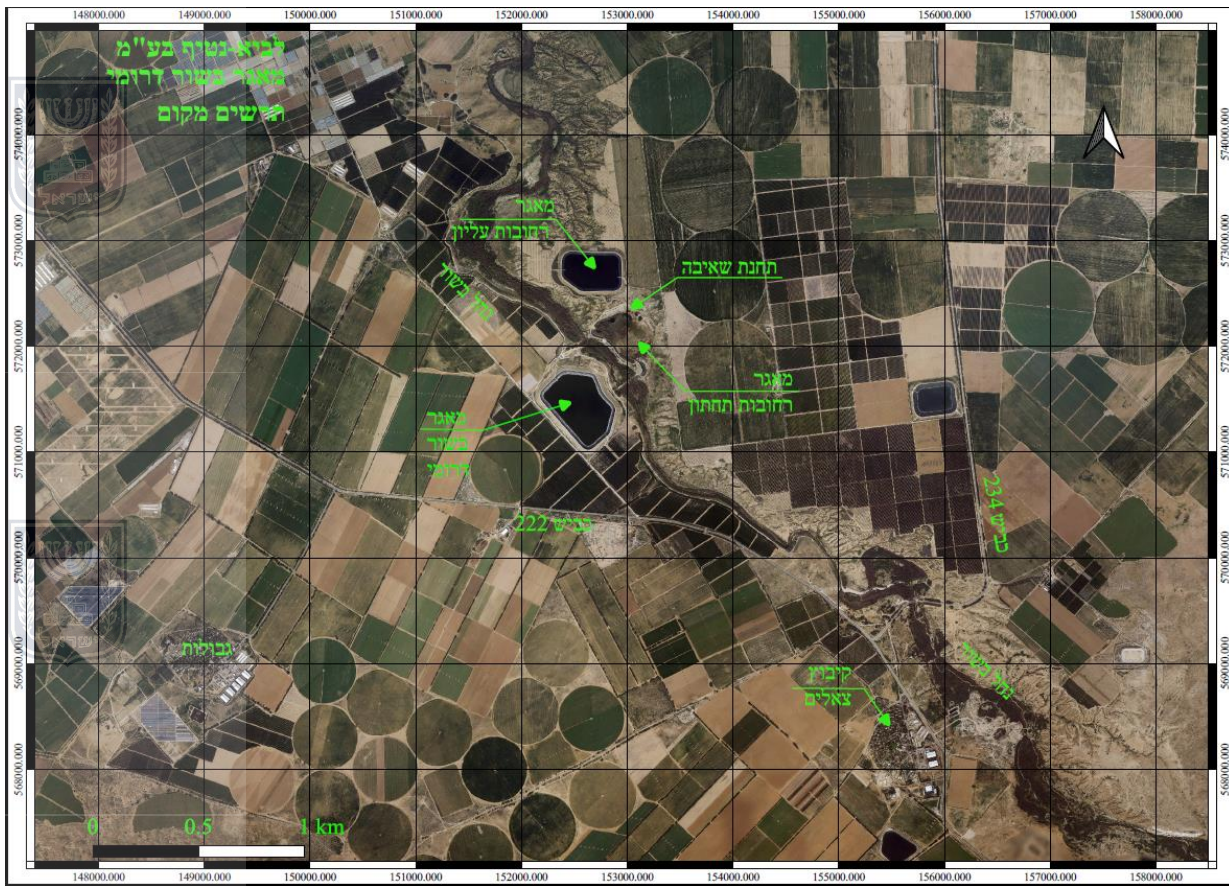
#### 1. כללי.

מאגר בשור דרומי הוקם בשנת 1999, בשיתוף בין אגודת הדר מעון (אגודה שיתופית בע"מ של חבל מעון) וחברת מקורות. המאגר מתופעל ומתוחזק ע"י חב' מקורות. מקורות המים של המאגר הם מי גאויות נחל הבשור ומי השפד"ן. המאגר פועל על סמך רישיון של רשות המים להפקת 4,000,000 מ"ק בשנה. המאגר מהווה חלק ממערכת המאגרים של השפד"ן שנבנו לצורך אגירת מי קולחין להשקיה בתחילת שנות ה-2000.



חתך הקרקע הכללי של אזור המאגר הינו לס המאופיין בפוטנציאל קריסה גבוהה ופתאומי עם הגדלת תכולת הרטיבות בקרקע, תופעה שיכולה לגרום לכשל במאגר. בשנת 2013 נערך תכנון כללי לשיקום המאגר ע"י חברת אקולוג, דו"ח הסתמך על דו"ח חקירות הקרקע אשר בוצע בשנת 2009 ע"י חברת אקולוג שכלל ביצוע חקירת שתית מקיפה במאגר לרבות קידוחי ניסיון בקדקוד המאגר, התקנת פיזומטרים, חפירות ניסיון בשתיית בהיקף בוחן הסוללה, בדיקות שדה ומעבדה לאפיון חומרי המילוי והשתית הטבעית.

#### איור 1 – מאגר בשור דרומי- תרשים מקום על רקע תצ"א





## 2. נתוני המאגר הקיים.

### 2.1 נתונים כלליים

מאגר בשור דרומי ממוקם כ-4 ק"מ צפונית מזרחית לקיבוץ גבולות, כ-1 ק"מ מצפון לכביש מס' 222, צמוד לגדה הדרום מערבית של נחל הבשור, המאגר נמצא כ-20 מ' מעל תחתית נחל הבשור רום תחתית המאגר בנקודה הנמוכה ביותר (+112) נמצאת כ-8 מטר מעל תחתית נחל הבשור. נ"צ מרכז של האתר 152600/571450 (איור 1).

להלן פרוט נתונים כלליים של המאגר המבוססים על תכניות שנערכו ע"י משרד לביא-נטוף בשנים 1995-6.



- נפח המאגר : 4,000,000 מ"ק
- שטח פני מים מרבי : 324 דונם
- אורך הסוללה : 2,214 מ'
- רום קדקוד הסוללה : +132.70 מ' (+133.00 מ' דרך מצעים)
- רום פני מים מרבי : +131.30 מ' (בלט : 1.4 מ')
- אוגר מת : 22,500 מ"ק.
- בלט : 1.4 מ'.
- רום פני מים מזערי : +114.75 מ'
- רוחב קדקוד הסוללה : 5 מ' (רוחב דרך 4.3 מ')
- גובה הסוללה (כלפי חוץ) : 7.5 מ' בצד דרומי, 12 מטר בצד מזרח והצפוני
- שיפוע סוללה פנימי : 1: 3.5 / 1: 5 (חלק עליון/בסיס הסוללה)
- שיפוע סוללה חיצוני : 1: 3 / 1: 4.5 (חלק עליון/בסיס הסוללה)
- מרחק רגל הסוללה מגדת נחל בשור : כ- 60 מטר.
- נפח סוללה : 940,000 מ"ק מעפר מקומי שנחפר.
- איטום ביריעת HDPE בעובי 1.5 מ"מ.



### ✓ מקורות המים למאגר :



- א. נחל הבשור :  
מי השיטפונות מוטים למאגר תפעולי "רחובות תחתון" באמצעות סכר הטייה באפיק נחל בשור.  
בדופן מאגר רחובות תחתון קיימת תחנת שאיבה הסונקת את המים למאגר בשור דרומי ו/או למאגר רחובות עליון.
- ספיקת כניסה למאגר הינה 7,500 מ"ק/שעה.
- ב. מי השפד"ן : המאגר מתמלא ע"י חברת מקורות ממי השפד"ן .  
ספיקת כניסה מקסימלית למאגר הינה 30,000 מ"ק/שעה בשלב הסופי.







# לביא - נטיף מהנדסים יועצים בע"מ

הנדסת מים, ביוב, ניקוז. תכנון, ייעוץ ופיקוח הנדסי

5

## ✓ צינור כניסה/יציאה :

כניסה/יציאה אל/מן המאגר מבוצעת דרך נזיר צף מחובר לקו הכניסה יציאה בקרקעית המאגר בצד הצפון מערבי של המאגר. קו הכניסה מצינורות פלדה בקטרים "60 ו-36", כאשר מתחת לסוללה מונח קו בקוטר "60 עובי דופן "5/16, בעומק כיסוי של כ-18 מ' (קדקוד סוללה-קדקוד הצינור). בשולי המאגר מונח בכיסוי של כ-7 מ'. הצינור תוכנן עם עטיפת בטון יצוק באתר. לפי תכניות מאוחרות יותר שנערכו ע"י תה"ל (2005), נערך תיקון ליריעות בצד הצפוני באזור צינור הכניסה ותוכננה הטייה לצינור הכניסה. לא ברור האם אכן בוצעה הטייה בצנרת הכניסה טרם התקבלה תשובה בנושא זה.

ברגל הסוללה הדרומית בצמוד לדרך עליה למאגר קיים גמל עם צינורות פלדה (כפול), צינור זה ממשיך ומזין את המאגר ע"י צינור פלדה ששופך מים על דרך הירידה (מבטון) הדרומית.

## ✓ עיצוב תחתית המאגר :

בור ההרקה נקבע בסוללה המערבית משקולי קרבה לתחנת השאיבה הממוקמת במאגר רחובות תחתון. בכדי להקל על ניקוי המאגר במידת הצורך, תוכנן שקע לכל אורכו ובו תעלת ניקוי מבטון עם שיפועים בתחתית של 1.5% אל תעלת הניקוי, ושיפוע 0.5% לאורכה. באזור צינור ההרקה קיים בור (אוגר מת) של כ-22,500 מ"ק, צינור ההרקה יכול לרוקן את כל תחתית המאגר מלבד בור אוגר המת, אשר ניתן לרוקנו רק בשאיבה.

## ✓ צנרת ניקוי/כיבוי אש

בסוללת המאגר מונח קו מצינורות פלדה בקוטר "6 ע"ד "5/32 המספק מי שפד"ן לשיטפה של המאגר לצרכי כיבוי אש. הקו טמון בעומק של כ-60 ס"מ מתחת לקדקוד הסוללה (90 ס"מ כולל מצעי הדרך). מן הקו יוצאות שלוחות בקוטר "3 עד קרוב לשפת הסוללה ומהן יוצאים זקפים עליהם מותקנים הידרנטים. סה"כ תוכננו 11 הידרנטים, כל כ-200 מ' בהיקף הסוללה. השלוחות המזינות את הזקפים חוצות מתחת לרצועת הבטון אשר משמשת לעיגון יריעת האיטום. הזקפים מעוגנים בבטון בברך, ומאוגנים ליריעת האיטום בנקודת היציאה מן הסוללה.

## ✓ מערכת גלישת עודפים :

במאגר קיים מתקן גלישה עבור 15,000 מ"ק/שעה המתאים לספיקת המילוי מתחנת השאיבה. אולם.

מתקן העודפים הקיים נמצא בפינה הדרום מערבית של המאגר, תעלת הניקוז שהזרימה את המים מהמגלש לנחל הבשור הטשטשה ויש לשקמה. מתקן העודפים הקיים בנוי מצינור חתוך בקוטר 200 ס"מ וצינור מוצא של "46, המתאים לחצי מהספיקה המקסימלית. על כן, במסגר שיקום המאגר ייבנה מתקן עודפים נוסף בסוללה הצפונית אשר מתנקזת אל נחל הבשור.

## ✓ זרמים

קדקוד הסוללה יוסדר מחדש דרך עם מצע סוג א' ברוחב 4.0 מ' בשיפוע 2%-3% יורד כלפי פנים המאגר. לא מומלץ לבצע אספלט בקדקוד המאגר עקב שקיעות ותזוזות הצפויות בסוללה אשר ישתקפו באספלט.

## ✓ מיגון

המיגון הינו גדר מתועשת (קיימת), אין צורך במיגון נוסף.





## ✓ מערכת ניטור

על סוללת המאגר קיימים צינורות תצפית (פיזומטרים) אשר התקנו בשני שלבים עם הקמת המאגר, ובמסגרת חקירות השתית בשנת 2008. במסגרת פעולות השיקום יבטלו/יפורקו הפיזומטרים הקיימים ובמקומם תתוכנן מערכת ניטור שתאפשר מעקב רצוף אחר שינויים בתנאי הזרימה והיציבות של המאגר. המערכת תכלול ככל הנראה פיזומטרים מסוג vibro-wire ונקודת קבע לבקרה ומעקב (לפחות 4 נקודות). אמצעי הניטור יחוברו ביניהם וישולבו במסגרת המערכת הממוחשבת ליציבות מאגרים שבפיתוח במקורות (DAS).

## 3. הקרע :

### 3.1 רקע גיאולוגי :

המאגר ממקום על גבי משטחי לס וחול. נחשפות יחידות גיאולוגיות השייכות לחבורת כורכר הצעירה, שהורבדו בתקופת הקוורטר (פחות מ-2 מ"ש). הליתולוגיה המופיעה ביחידות אלו כוללת אבן חול גירית (כורכר).

### 3.2 חקירת שתית :

חקירת השתית בוצעה בשני שלבים, שלב ראשון בשנת 2009 ע"י חברת אקולוג לצורך תכנון כללי של שיקום המאגר, חקירת השתית מרוכזת בדו"ח חקירת שתית - מאגר בשור דרומי מרץ 2009.

### 3.1 חתך הסוללה :

החתך הליתולוגי של הסוללה מאופיין בעיקר מטין וחרסית רזה עם מעט חול דק עם ליכוד חלש. מבדיקות הדירוג עולה כי כמות הדקים נעה בין 49% ל- 90% - מבדיקות הפלסטיות שבוצעו עולה כי סיווג המילוי על פי השיטה האחידה ההינה CL - ML עד CLT.

## 3.2 אפיון שכבות השתית

על פי תוצאות בדיקות המעבדה האינדיקטיביות, החתך הליתולוגי של שכבות השתית מאופיינות בעיקר מחול עם תרכיזים קרבונאטיים וטין חרסיתי. מבדיקות הדירוג עולה כי כמות הדקים נעה בין 29% ל- 90%. מבדיקות הפלסטיות שבוצעו עולה כי סיווג המילוי על פי השיטה האחידה ההינה SM - CL. בדיקות החדרה תקנית (SPT) בוצעו בשכבות השתית הצביעו על תוצאות N הנעות מ 12 ועד 22 נקישות עבור 30 ס"מ החדרה.



## 4. סקירה של הסיכונים הסיסמיים

### 4.1 סיכון להתנזלות קרקע

מאגר בשור דרומי ממוקם באזור בעל רגישות זניחה להתנזלות. הסיבה לכך היא שעל אף שניתן לזהות חול בתת הקרקע, רום מי התהום נמוך ואינו קרוב לפני השטח ולכן לא נצפה לתופעת ההתנזלות.

### 4.2 סיכון לגלישת מדרונות

מתוך מפת האזורים בהם קיימת סכנה לגלישת מדרונות עולה כי מאגר בשור דרומי ממוקם באזור בו אין סכנה לכשל מדרונות. בנוסף, אנו יודעים כי המאגר ממוקם באזור בעל טופוגרפיה מתונה ולכן לא צפוי להתפתח כשל טבעי.

### 4.3 סיכון להגברת קרקע חריגה

מיקום מאגר בשור דרומי על רקע מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות. ניתן לראות כי האתר מצוי באזור בו אין חשד להגברה חריגה.

עפ"י ת"י 413, התאוצה ב"ג" הסלע בהסתברות של 10% בחמישים שנה הנה 0.042g, וב-2% בחמישים שנה הנה 0.065.g

### 4.4 סיכון לקריעת פני שטח בעקבות העתקה פעילה

מיקום מאגר בשור דרומי על רקע מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בישראל לפי העדכון בשנת 2017. ניתן לראות כי באזור האתר לא קיימת העתקה פעילה, לפיכך הסיכון לקריעת פני השטח באתר זניח.

### 4.5 סיכון לפגיעה ע"י צונאמי

מאגר בשור דרומי ממוקם בריחוק רב במרחק של כ-30 ק"מ מחוף הים וברום של כ-100 מטר מעל פניו. לפיכך לא קיים סיכון לפגיעה ע"י צונאמי באתר.



## 5. חלופות לשיקום המאגר :

### 5.1 רקע כללי :

הקרקעות העליונות באזור הנגב מקורן בד"כ בהצטברות גרגירי אבק וחול הנישאים ברוח מאזור מצרים. בעקבות המשקעים הנמוכים באזור הנגב, הצטברות האבק והחול על פני הקרקע יוצר תוך נקבובי המתאפיין במנת חללים גבוהה. קריסת הלס הינה תופעה בה הגדלה בתכולת הרטיבות גורמת להפחתה פתאומית במנת החללים, כלומר בנפח הקרקע. לצורך זיהוי פוטנציאל הקריסה של הלס, בוצעו שני ניתוחים במאגר

א. בדיקות מייט במעבדה :



בדיקות מייט (collapse) בוצעו על מדגמים בלתי מופרים מחפירות הניסיון. תוצאות הבדיקות הראו פוטנציאל קריסה (collapse index) של 3.9%, 0.4% ו-4.6%, בהתאמה. ערכים אלו מצביעים על פוטנציאל קריסה נמוך עד בינוני (slight to moderate)

ב. שימוש בקורלציות לצפיפות והרטיבות באתר :

זיהוי פוטנציאל הקריסה של קרקעות לס הוצע ע"י כסיף וחנקין (1967) עפ"י המשקל המרחבי ורמת הרטיבות הקיימת. התוצאות מראות כי ברוב המדגמים השילוב של המשקל המרחבי ורמת הרטיבות הנמוכה מצביעים על חשש שלשכבות השתית פוטנציאל לקריסה. המשמעות להימצאות שכבות לס בעלות פוטנציאל קריסה בשתית היא סיכון לכשל במאגר, במקרה של חדירת מים לשכבות אלו כתוצאה מפגיעה בריעת האיטום. הרטבת השכבות תגרום להקטנה בנפח שכבת הלס אשר תביא לשקיעה של הסוללה. כפי האמור לעיל, בדיקות הצפיפות שבוצעו בסוללה והשוואתן לדרישות ההידוק מצביעות על כך שמסת המילוי בסוללה פריכה. לפיכך, שקיעה דיפרנציאלית של השתית תגרום לסדיקה במסת המילוי בסוללה. במקרה כזה, זרימת מים דרך הסדקים עלולים להרחיבם ולהוביל לכשל במאגר. חשוב לציין כי כשל זה עלול להיווצר כמעט מיידי וזאת בשל תופעת הקריסה המיידית של הלס.

לסיכום הסוללה במצב יבש יציבה, אך חדירת מים לסוללה עלולה לערער את היציבות ולכן, הפתרונות המוצעים חייבים לעמוד בדרישות העיקריות להלן :

- א. מתן מענה למצב בו תתרחש זרימה אל תוך שתית הלס ע"י מניעת זרימה והרוויה של שכבת הלס או מניעת מצב של התרחבות סדקים במקרה של שקיעה דיפרנציאלית בשתיית.
- ב. מניעת מצב בו יתרחש בצבוץ מים במדרון החיצוני על מנת למנוע תופעות של מיחתור.



## 5.2 סקירת חלופות לשיקום הסוללה

התכנון המפורט להלן, בדק מחדש את החלופות לשיקום שהוצעו בעבר בצורה מעמיקה יותר שכללה חישובי יציבות מפורטים לכל מצבי העמיסה השונים, בדיקת עלויות מחודשת,

**סיכום חלופות לשיקום במאגר :**

**חלופה 1 : התקנת נקז בדופן החיצונית של הסוללה.**

**חלופה 2 : התקנת חציץ סלארי עם לוחות HDPE קשיחים.**







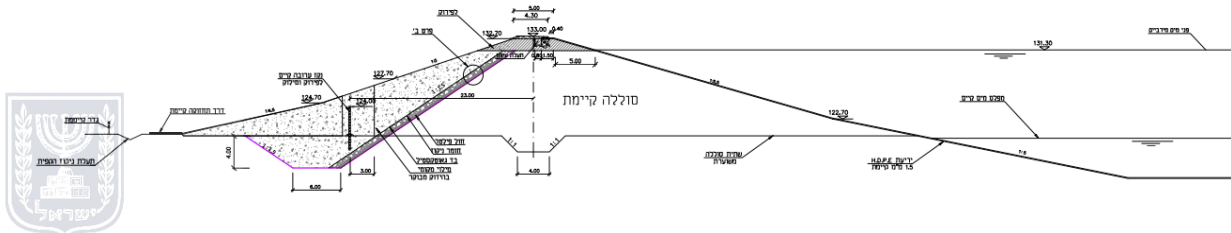
## 5.3 חלופה 1 : התקנת נקז בדופן החיצונית של הסוללה.

5.3.1 רקע כללי :

בחלופה זו ייחפר המדרון החיצוני של המאגר בשיפוע של 1:1.5. עיג המדרון החפור, תיבנה ארובת ניקוז שתכלול שכבות חול פילטר ומילוי גרנולרי לניקוז. מימדי הארובה מינימאליים בהתאם לתקן USBR. ארובת הניקוז תנקז מים מזדמנים דרך שטיח ניקוז אל מערכת איסוף היקפית. איור 1 מציג את חתך הסוללה הטיפוסי בחלופה זו.

בחלופה זו ישנה אפשרות של חדירת מים אל שכבת הלס בשתי בעקבות כשל ביריעת האיטום. אולם, גם אם קיימים סדקים בסוללת הלס הפריכה ו/או אופקים חדירים, זרימת מים מרוכזת דרך אזורים אלו תיקלט במערכת הניקוז ותוביל את המים באופן מסודר אל מחוץ לסוללה דרך מערכת האיסוף ההיקפית.

היתרון בחלופת שיקום זו הנו בשימור של מערכת האיטום הקיימת (למעט חלקה העליון). החיסרון טמון בכך שזרימת מים אל השתית עלולה לגרום לדפורמציות שיצריכו בעתיד תחזוקה של תיקון ריעות איטום שיפגעו בעקבות שקיעות דיפרנציאליות, שיקום הקודקוד וכו'.



איור 2- חלופה 1 – התקנת מערכת ניקוז בדופן החיצונית של הסוללה



## 5.4 חלופה 2 - התקנת חציץ סלארי עם לוחות HDPE קשיחים

### 5.4.1 רקע כללי :

עיקר השיטה הינה התקנת קיר סלארי עם יריעות H.D.P.E בקדקוד הסוללה עם מילוי בטון או CLSM בעל חוזק נמוך עד בינוני, היריעות מחוברות ביחד ע"י מנעול H.D.P.E (זכר-נקבה) המרותך ליריעות. שיטה זו תמנע זרימת מים בגוף הסוללה מצד לצד ובכך תבטיח שלא יתרחש כשל כתוצאה ממעבר מים.

### איור 3 : שרטוט כללי של החלופה

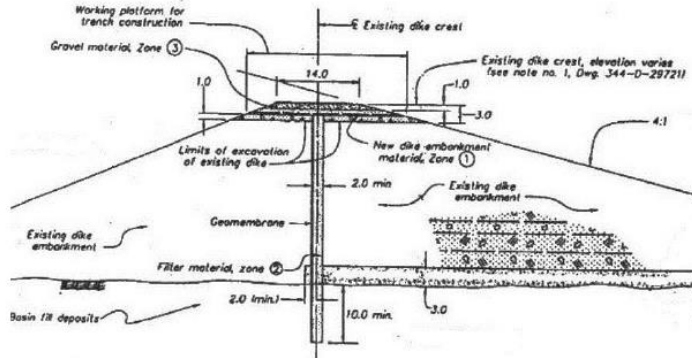


Figure 20.3.4.1-1. Reach 11 Dikes geomembrane cutoff wall design.

חפירה עבור קיר הסלארי עם בנטונייט תוך שימוש בשיגום מפלדה בקצה כל קטע בשיגום הנ"ל מחובר מנעול מפואיתלין ראה תמונה 1 .



### 5.4.2 תיאור מפורט החלופה :

בחלופה זו יותקן חציץ בצד המעלי של ציר הסוללה שייחל מרום המים במאגר ועד כ-4 מ' מתחת לבסיס הסוללה. מטרת החציץ היא למנוע זרימת מים אל בטן הסוללה ו/או לאורך שתית הלס העליונה במקרה של כשל ביריעת האיטום.

החציץ עצמו יורכב מפאנלים ייעודיים של HDPE שיותקנו בתוך קיר סלארי שייחפר קודם לכן (תוך שימוש בתמיסת בנטונייט להבטחת יציבות הדפנות). המרווח בין דופן החפירה לדופן הפאנלים ימולא ב-CLSM.

היתרון של חלופה זו היא חסימה מוחלטת של זרימות מים דרך אופקים חדירים בסוללה ובשתית אל הצד המרכזי והמורדי של הסוללה. עם זאת חשוב לציין כי במקרה של כשל ביריעות, מים עדיין יגיעו אל הדופן המעלית של הסוללה ועשויים לגרום לדפורמציות מסוימות (אלו כמובן לא מסכנות את יציבות המאגר).





# לביא - נטיף מהנדסים יועצים בע"מ

הנדסת מים, ביוב, ניקוז. תכנון, ייעוץ ופיקוח הנדסי

11

## 6. עודפי עפר בחלופות השיקום :

כתוצאה מתהליך השיקום יהיו עודפי עפר, חלק מעודפי העפר הנ"ל יונחו בדופן החיצונית של הסוללה תוך כדי יצירת ברמה (כתף/צידה), והעודף שנשאר יסולק מחוץ לתחום המאגר לאתרים מאושרים אשר חברת מקורות תמצא בסביבה .  
להלן סיכום עודפי עפר לפי החלופות השונות :  
טבלה 2 : סיכום עודפי עפר.

מס'	תיאור	עודפי עפר (מ"ק)	פיזור (מ"ק)	במאגר	סילוק מחוץ לתחום המאגר (מ"ק)
1	<u>חלופה 1 : התקנת נקז בדופן החיצונית של הסוללה.</u>	90,000	30,000		60,000
2	<u>חלופה 2 - התקנת חציץ סלארי עם לוחות HDPE קשיחים</u>	30,000	30,000		0

סילוק עודפי העפר מחוץ למאגר לאתר שיבחר ע"י חברת מקורות, או עירום זמני באתר המאגר בשטח המיועד לכך, שטח המינימאלי לעירום הינו 10 דונם . גובה הערימה הינו 8 מטר. יותר נמוך מרום קדקוד הסוללת המאגר.



חטאר וויסאם

פברואר 2021



רח' השקמה 3 א"ת אזור-58001 ≡ טלפון : 03-5584505/6/7-03 ≡ 03-5584524 Fax: ת"ד 48266, ת"א-61480

רח' דרך השלום 17 נשר - 3665118 ≡ טלפון : 04-8325647-04 ≡ 04-8227101 Fax:

E-mail: [haifa@lavi-natif.co.il](mailto:haifa@lavi-natif.co.il)