

תכנית מס' 651-0786350

מסמך לניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז

הרחבת מתקן פוטו וולטאי שוקדה



אוגוסט, 2020

עדכון- יולי 2021

עורכי המסמך:

הידרולוגיה- אורי סגל, יעקב פרויס

מיפוי- אדר רוזנפלד

גיאו טבע ייעוץ סביבתי בע"מ





תוכן עניינים

3	1	מבוא
4	2	רקע
4	2.1	תיאור מתקן פוטו וולטאי
4	2.2	תיאור סביבה (טופוגרפיה, שיפועים, קרקעות)
5	2.3	שימושי וייעודי קרקע
5	2.3.1	שימושי קרקע
6	2.3.2	ייעודי הקרקע
7	2.4	מערכת הנחלים
7	2.4.1	נחלים לפי תמ"א 1
7	2.4.2	תחנות הידרומטרית בסמוך לשטח התכנית
8	3	הידרולוגיה
8	3.1	גשם
8	3.2	שיטות לחישוב ספיקות באגנים קטנים
9	3.3	מערכת ניקוז בקרבת התכנית
11	3.4	חישוב ספיקת התכן
12	3.5	חישוב נפח הנגר
13	4	תכנית ניקוז למתקן פוטו וולטאי
13	4.1	מערכת ניקוז מוצעת בתחום המתקן
15	4.2	השפעת התכנית על ספיקה ונפח הנגר
15	4.2.1	ספיקת שיא
15	4.2.2	נפח נגר
16	4.3	אמצעים להשהיית נגר ופוטנציאל השהייה
16	4.4	פרטים עקרוניים להשהיית נגר
19	4.5	השפעת כיסוי קרקע צמחי על נגר וסחף קרקע
20	5	אמצעים למניעת נזקים
20	5.1	תיאור האמצעים להגברת חלחול
20	5.2	פירוט השינויים
21	6	סיכום
21	7	הוראות התכנית
22	8	מקורות מידע
23	9	נספחים



1 מבוא

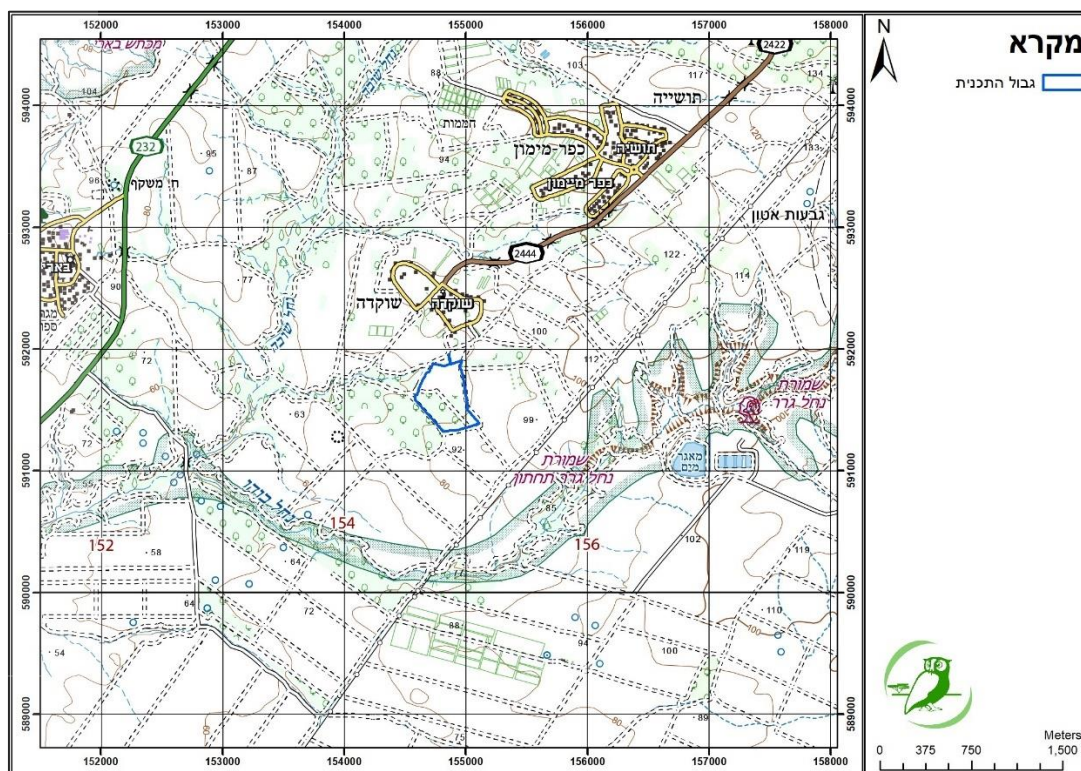
מתקן פוטו וולטאי שוקדה מתוכנן לשטח של כ-158 דונם. שטח זה הינו חלק משטחי המשבצת החקלאית של מושב שוקדה (איור 1). התכנית ממוקמת בסמוך ליובל ללא שם של נחל שובה הנשפך לנחל הבשור כ-8 ק"מ דרום מערבית לשטח התכנית. שטח התכנית נמצא בתחום רשות ניקוז שקמה-בשור.

מסמך זה מהווה נספח ניקוז לתכנית זו וכולל התייחסות לנושאים הבאים :

- מיקום התכנית ביחס לעורקי ניקוז כפי שמוגדרים בתמ"א 1 וניתוח תפקוד מערך הניקוז הקיים.
- טיפול במי נגר, שמקורו בתחום התכנית, וכולל פתרונות השהייה, ריסון וחלחול נגר.
- התייחסות לנושאים של שימור נגר.
- ניתוח השפעה אפשרית של התכנית על המערכת ההידרולוגית הקרובה ולהיפך- השפעת הסביבה על אזור התוכנית.

מטרת תכנית הניקוז הינה לצמצם נזקים, מטרדים והצפות לא מבוקרות בשטח התכנית ובשטחים הסמוכים לה. כמו כן, השהיית הנגר על מנת לעודד חלחול ובכך נזקים של סחיפת קרקעות.

איור 1: מפת התמצאות



2 רקע

2.1 תיאור מתקן פוטו וולטאי

חברת "א.י. די. אף. אנרגיות מתחדשות ישראל בע"מ" יוזמת פרויקט להפקת אנרגיה פוטו וולטאית בהספק מירבי של עד 16 מגה וואט AC והוא יורכב מפאנלים פוטו וולטאים קרקעיים מקובעים (Fixed) או ממערכת טראקרים (Tracker) חד- צרית העוקבת אחרי השמש במהלך שעות היום. כל פאנל פוטו וולטאי מורכב ממודולים בגודל של כ-2 מ"ר ובהספק של כ-360W כל אחד. הפאנלים הפוטו וולטאים יורכבו על קונסטרוקציית מתכת מגולוונת בזווית של כ-12° ובאזימוט של 180 מעלות לכיוון דרום. הפאנלים יונחו בשורות בכיוון מזרח-מערב. קונסטרוקציית המתכת תעוגן בקרקע באמצעות נעיצת יתדות לעומק של כ-2 מ', בהתאם למסקנות סקר הקרקע. נעיצת מוטות פלדה בקרקע תאפשר התאמה לטופוגרפיה המקומית, ככל שניתן במימום עבודות חישוב קרקע. בין השורות ישמר מרווח למניעת הצללה הדדית בין הפאנלים.

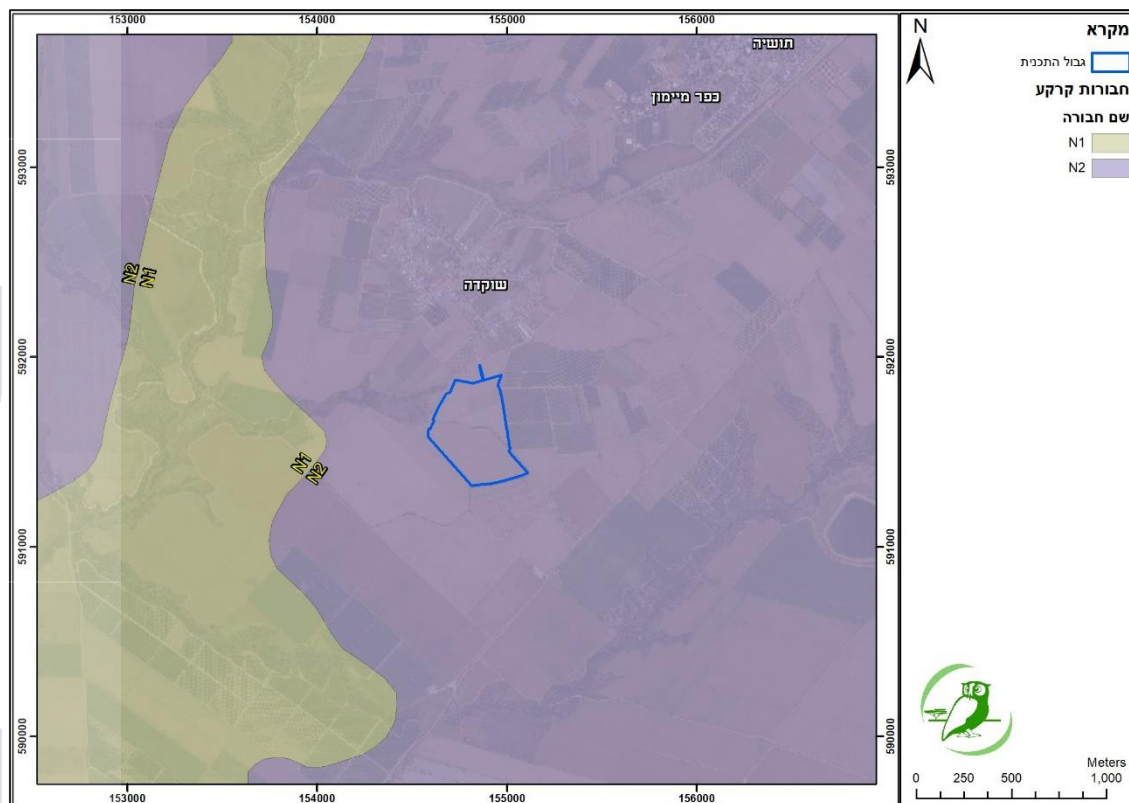
עומק הטמנת תשתית חשמל הוא לפחות 80 ס"מ, על פי חוק החשמל. בעת התכנון המפורט תיבחן אפשרות לניקוי הפאנלים באמצעות טכנולוגיה יבשה באמצעות רובוטים המותקנים על גבי הקונסטרוקציה של הפאנלים. במידה ולבסוף תיבחר שיטה של שטיפה, זו תבוצע ע"פ הצורך, 4-5 פעמים בשנה. כל עבודות תחזוקה תבוצענה ע"י רכבים קלים.

2.2 תיאור סביבה (טופוגרפיה, שיפועים, קרקעות)

שטח התכנית נמצא בתחום מועצה אזורית שדות נגב, וממוקמת בין מושב שוקדה ודרך חקלאית ממזרח בגובה של כ-75 מטר מעל פני הים. אזור זה מתאפיין בשילוב של לס ממקור אאולי דרומי עם הקרקעות החומות האופייניות לאקלים של אזור מישור החוף. לס מגביר את אטימות השכבה העליונה ומעלה משמעותית את מקדם הנגר. הקרקע מסווגת N2 (טבלה 1) לפי מפת חבורות הקרקע של יואל דן (איור 2). השטח מתנקז דרום מערבה לעבר נחל שובה באמצעות שני ערוצים בשיפוע ממוצע של 1.5%.



איור 2: חבורות קרקע. כל הסביבה מוגדרת כ-N2, ניתן לראות נוכחות של N1, קרקע לסית יותר, בקרבת ערוצי הנחלים.



טבלה 1: חבורות קרקע בשטח התכנית ומקדמי נגר לספיקת שיא

סימול	תיאור	מקדם נגר	אחוז מהשטח
N2	קרקעות חומות בהירות לסיות וקרקעות לס	0.9	100%

2.3 שימושי ויעודי קרקע

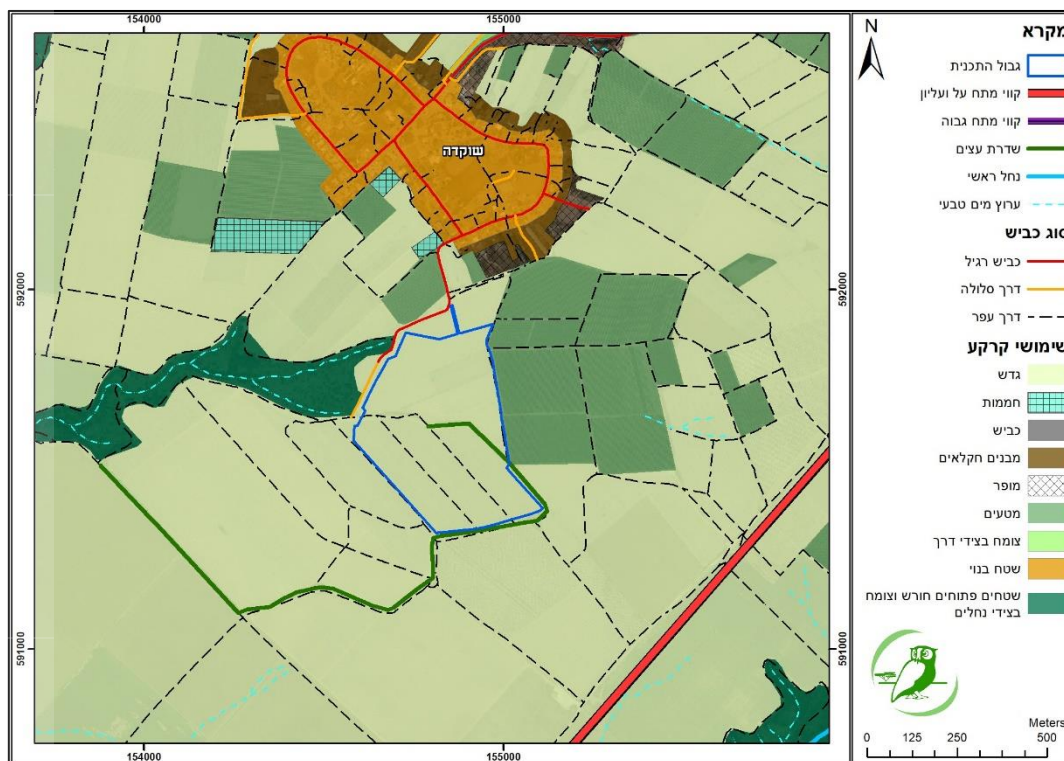
2.3.1 שימושי קרקע

שימוש הקרקע בשטח התכנית הוא לגידולי שדה (איור 3).





איור 3: גבול התכנית על רקע מפת שימושי קרקע



2.3.2 ייעודי הקרקע

2.3.2.1 תכנית מתאר ארצית

תמ"א 1

דרכים: אין בקרבת התכנית כבישים המופיעים בתמ"א.

שמורות טבע וגנים: שטח התכנית אינו נמצא בתחום או בקרבת גנים לאומיים ושמורות טבע.

יערות: יער נטע אדם קיים צמוד לתכנית ממערב.

נחלים: יובל של נחל שובה צמוד לגבול התכנית, נחל שובה עצמו – המוגדר נחל משני – נמצא במרחק 1200 מ' משטח התכנית.

תשתיות: קו מים עובר 400 מ' מזרחית לשטח התכנית

גז טבעי: אין צינורות גז בשטח או בקרבת התכנית.

תמ"א 14 – כרייה וחציבה: התכנית אינה סמוכה לשטחי כרייה וחציבה.

תמ"א 35/1:

- מרקמים: התוכנית ממוקמת בתחום מרקם כפרי.
- סביבה: התוכנית לא חופפת לתחום המוגדר כרגישות נופית סביבתית גבוהה.
- שטחי אש: התכנית אינה מצויה בשטח אש.



- מסדרונות אקולוגיים: התוכנית אינה סמוכה למסדרון אקולוגי על פי תמ"א 1/35.
- מכלולי נוף: אין חפיפה בין שטח התכנית לבין תחומי מכלול נופי.

2.3.2.2 תכנית מתאר מחוזית 14/4 מחוז דרום - ייעודי קרקע

התכנית ממוקמת בתחום "קרקע חקלאית", ע"פ תמ"מ 14/4.

2.3.2.3 תכנית מתאר מקומית ומפורטות

התכנית ממוקמת על קרקע חקלאית לפי תכנית 328/02/7, תכנית מתאר אזורית של שדות נגב.

שטח הנחל הצמוד לתכנית מדרום מוגדר כיער נטע אדם לפי תכנית 28/328/02/51.

2.4 מערכת הנחלים

2.4.1 נחלים לפי תמ"א 1

שטח התכנית נמצא בתחומו של נחל שובה, המוגדר כנחל משני. יובל שלו, שאינו מוגדר כעורק ניקוז בתמ"א, סמוך לשטח התכנית והוא מיוצב בעצי אקליפטוס וצמחייה עשבונית והוא נוטה מערבה ונשפך לנחל שובה לאחר כ-1 ק"מ. תחום ההשפעה של נחל משני במחוז דרום הוא 50 מ' מגדת הנחל, אין חפיפה בין תחום זה לשטח התכנית.

2.4.2 תחנות הידרומטרית בסמוך לשטח התכנית

תחנת גרר-רעים נמצאת כ-8 ק"מ משטח התכנית, בנחל גרר. התחנה מנקזת אגן ניקוז רחב בהיקף של כ-700 קמ"ר במורכב ממגוון רחב של קרקעות. בטבלה 2 מוצגות הספיקות המחושבות עבור תחנה זו מתוך נתוני השירות ההידרולוגי:

טבלה 2: ספיקת תכן של אגן ניקוז גרר בהסתברויות שונות.

שם התחנה	שטח אגן הניקוז	הסתברות	ספיקת שיא (מ"ק/שנייה)			
	קמ"ר		1%	2%	5%	10%
נחל גרר-רעים	698	מ"ק/שנייה	351	187	104	46





3 הידרולוגיה

3.1 גשם

עובי הגשם בתחנות המטאורולוגיות ברדיוס של 10 ק"מ מתחום התכנית מוצג ב
טבלה 3 להלן. עבור שתי התחנות כשני שלישים מכמות הגשם השנתית מתקבלת בחודשי
החורף, כ-20% בסתיו, והיתר באביב.

טבלה 3: ממוצע חודשי וממוצע רב שנתי של עובי הגשם, השירות המטאורולוגי (-1980
2010).

ממוצע חודשי של כמות גשם (מ"מ)										
שם תחנה	מרחק מהתכנית (ק"מ)	9	10	11	12	1	2	3	4	5
בארי	3	0.4	20	55	77	91	69	38	9	0.9
סעד	6	1.3	19	57	82	110	81	41	9	1.6
שנתי										

3.2 שיטות לחישוב ספיקות באגנים קטנים

ספיקות השיא חושבו באמצעות שימוש בנוסחה הרציונלית לפי השיטה המוצגת בדו"ח המסכם
של פרויקט "עדכון בסיס נתוני עוצמות הגשם בישראל וקביעת עוצמת גשם תכן כפרמטר בסיסי
לתכנון ניקוז מערכות תחבורה" שהוכן על ידי רפי הלוי ושמאל ארבל עבור חברת נתיבי ישראל
במרץ 2016. ספיקות שיא (Q) באגנים קטנים (עד 2.0 קמ"ר) חושבו בעזרת הנוסחה הרציונלית:

$$Q = CIA/3.6$$

A – שטח אגן הניקוז, קמ"ר

I – עוצמת גשם, מ"מ/שעה, מחושב לפי זמן ריכוז

C – מקדם ספיקה.

עוצמת הגשם המוצבות בנוסחה היא לספיקת תכן בהסתברות של 1%, על מנת לחשב ספיקת
שיא בהסתברויות אחרות, נעשה שימוש במקדמי מעבר מספיקה בהסתברות 1% להסתברויות
אחרות (נספח 2). מקדם הספיקה חושב ע"פ מאפייני הקרקע (סוג קרקע ושיפועים) מקדמי
המעבר מתאימים לקרקעות חקלאיות בשיפועים גבוהים.

עוצמת הגשם חושבה בהתאם למפת אזורי עוצמות הגשם של נתיבי ישראל המחלקת את הארץ
לאזורים אקלימיים. על פי מפה זו, אזור התכנית נמצא באזור 9, הנגב המערבי. באזור זה עוצמת
גשם בהסתברות 1% ניתן לחשב לפי הנוסחה הבאה:

$$I_{1\%} = 458 \cdot T^{-0.48}$$

כאשר – I – עוצמת הגשם בהסתברות 1% ו- T – משך זמן ריכוז (דקות).

זמן ריכוז ניתן לחשב לפי נוסחה הבא:

$$T_c = 5.4 * L^{0.75} * S^{-0.375}$$

כאשר L - אורך האפיק, ק"מ, S - שיפוע ממוצע של האפיק המחושב בין שתי נקודות 0.1 ו-0.85 בחתך אורך של האפיק.

זמן הריכוז המינימלי לחישוב של עוצמת הגשם הוא 10 דקות.

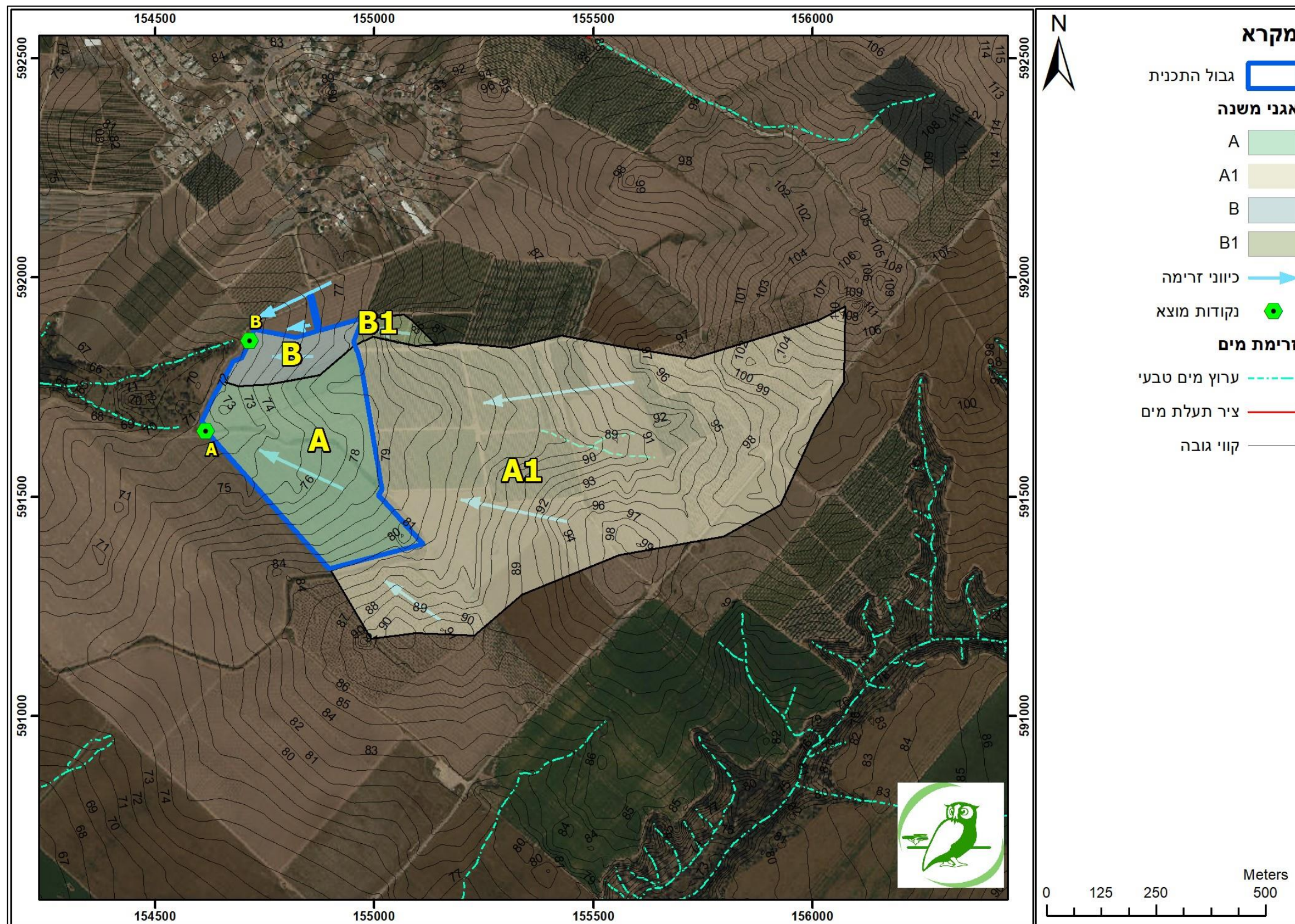
3.3 מערכת ניקוז בקרבת התכנית

שטח התכנית נמצא בסביבה גבעית באגן הניקוז של נחל שובה, בסמוך ליובל של הנחל. יובל זה מיוצב בצמחייה, בעיקר עצי אקליפטוס, ואורכו 1.7 ק"מ עד שנשפך לנחל שובה. כל השטחים סביב הנחל מנוצלים לחקלאות, בעיקרה גידולי שדה, ומספר פרדסי הדר, ללא מערכת ניקוז מוסדרת. השטח מנוקז על ידי שני ערוצונים, אך נתיבי הזרימה הטבעיים חרושים וכך מתקיימת זרימה יותר משטחית.

טבלה 4: אגני ניקוז בקרבת התכנית ובתחום התכנית.

אגן	שטח דונם	אורך אפיק הניקוז (מ')	זמן ריכוז (דק')	תיאור האגן
A	130	430	13	שטח חקלאי של גידולי שדה המתנקז מערבה
A1	539	1200	26	חלקות גידולי שדה ופרדסי הדר המתנקזים מערבה לתוך אגן A
B	28	450	13	שטח חקלאי של גידולי שדה המתנקז דרום מערבה
B1	8	150	10	חלקות גידולי שדה ופרדסי הדר המתנקזים מערבה לתוך אגן B

איור 4: חלוקה לתתי אגנים המשפיעים על שטח התכנית. האגן הדרומי בעל שטח של 670 דונם, מתנקז לנקודת מוצא A. האגן הצפוני בעל שטח של 42 דונם, ומתנקז לנקודת מוצא B.





איור 5: א: שדרת העצים במרכז אגן A. ב: יובל נחל מיוצב צמחייה במורד התכנית. ג: אגן B2, מבט לצפון. ד: אגן A1, פאלחה ומטע צעיר.



3.4 חישוב ספיקת התכן



במצב המתוכנן שטח הפאנלים יכסה כ-50% מהשטח, לשטח זה מחושב מקדם נגר של 1 ולשאר השטח בהתאם לסוג הקרקע הקיימת. מטרת תכנית הניקוז היא לרסן את הספיקות המתקבלות מהשטח וכן לצמצם את כמות הנגר המתקבלת משטח זה ועל כן יש להניח שהספיקה שתתקבל תהיה נמוכה יותר, במידה ויישמו אמצעים אלו.

עבור נקודות המוצא חושבה ספיקת התכן בהסתברויות שונות במצב הקיים ובמצב המתוכנן. מתקני הניקוז בשטח המתקן, יתוכננו לספיקה בהסתברות 5% וזאת מכיוון שמדובר במתקן הנדסי ללא נוכחות קבועה של אנשים. ספיקות השיא עבור תתי האגנים בשטח התכנית מוצגים בטבלה 5:





טבלה 5: ספיקות שיא בתחום התכנית

מס' אגן	שטח אגן הניקוז	זמן ריכוז	עוצמת גשם	מקדם ספיקה משקולל	ספיקת שיא			
	קמ"ר	דקות			מ"ק/שנייה			
			1%		1%	2%	5%	10%
מצב קיים								
A	0.130	13.2	133	0.9	4.31	3.23	2.37	1.58
A1	0.539	26.3	95	0.9	12.85	9.64	5.89	3.93
B	0.028	13.4	132	0.9	0.91	0.69	0.41	0.27
B1	0.008	10.0	152	0.9	0.32	0.24	0.25	0.16
מצב מתוכנן								
A	0.130	13.2	133	0.95	4.55	3.41	2.50	1.67
A1	0.539	26.3	95	0.90	12.85	9.64	5.89	3.93
B	0.028	13.4	132	0.95	0.97	0.72	0.43	0.29
B1	0.008	10.0	152	0.90	0.32	0.24	0.25	0.16



3.5 חישוב נפח הנגר

נפח הנגר חושב עבור השטחים המתנקזים אל נקודת היציאה משטח התכנית באירוע בהסתברות של 5% (טבלה 6).

שיטה מקובלת להערכת נפח הספיקה של שיטפון היא הערכה של היחס של נפח הנגר ביחס לספיקת השיא באירוע על פי הנוסחה הבאה:

$$V = \frac{3T * Q * 60}{2}$$



בבסיס נוסחה זו הנחה כי האגף העולה של הידרוגרף הספיקה שווה לזמן הריכוז וזמן הדעיכה כפול מזמן הריכוז (סה"כ 3 פעמים זמן הריכוז).

הצורה של ההידרוגרף דומה בקירוב למשולש ועל כן לחישוב השטח שלו (נפח הזרימה), יש לחלק ב-2 ולהכפיל ב-60 (המרת יחידות).





טבלה 6: חישוב תוספת הנגר שתתקבל כתוצאה מהצבת פאנלים סולאריים

16623אגן	זמן ריכוז (דק')	ספיקת שיא	נפח הנגר
מצב קיים			
A	13.2	1.94	2303
A1	26.3	5.78	13695
B	13.4	0.41	498
B1	10.0	0.14	128
סה"כ נפח הנגר במצב הקיים			
16623			
מצב מתוכנן			
A	13.2	2.05	2430
A1	26.3	5.78	13695
B	13.4	0.43	526
B1	10.0	0.14	128
סה"כ נפח הנגר במצב המתוכנן			
16779			
סך כל תוספת הנגר עקב יישום התכנית			
156			

תוספת הנגר הצפויה להתקבל כתוצאה מיישום התכנית היא כ-156 קוב באירוע בעל הסתברות חזרה של 5%.



4 תכנית ניקוז למתקן פוטו וולטאי

תכנית ניקוז למתקן פוטו וולטאי שוקדה מורכבת מהחלקים הבאים:

- בחינת השפעה של התכנית המוצעת לספיקה היוצאת ונפח הנגר היוצא מהתכנית.
- הצעה למערכת ניהול נגר בתחום התכנית.
- הצעה לניהול הנגר הנכנס לתכנית אל מערכת הניקוז.

4.1 מערכת ניקוז מוצעת בתחום המתקן

תכנון מערכת הניקוז מתחשב בריסון נפחי המים היוצאים משטח התכנית ומניעת נזקי סחף קרקע כתוצאה מיישום התכנית. בהתחשב בשיפועי השטח והיקף אגן הניקוז מומלץ ליישם מספר שיטות, המאפשרות השהייה ושימור נגר. שטח התכנית מתנקז באופן טבעי ישירות לערוצי ניקוז קיימים ולכן אין מפגע סחף קרקע בשימושי קרקע במורד התכנית. עם זאת, ישנם ערוצי ניקוז העשויים להתפתח כאשר תופסק חרישת השטח ותגדל זרימת הנגר לאחר מימוש התכנית. מומלץ לפעול להסדרת נתיבי ניקוז על בסיס הערוצונים הקיימים, לבלום את עצמת הנגר ולעודד כיסוי צמחי להקטנת עוצמת הנגר.





הצעות כלליות:

1. **תכנון שיחים לקיטוע זרימה במדרונות.** קיטוע הזרימה במדרונות מקטין את עצמת הנגר ואת הסיכוי להתחתרויות וסחיפת קרקע. השיחים יתוכננו לשיפוע מינימלי, ויובילו את מי הנגר שנקלטו לנקודות המוצא המוסדרות.
2. **אמצעי פיזור נגר בנקודות המוצא של התכנית.** אמצעי זה מונע התחתרות לאחר ופגיעה בקרקעות ודרכים כתוצאה מכמות הנגר הגדולה המתקבלת במוצא התכנית על ידי התעלות.
3. **כיסוי צמחי בכל שטח המתקן.** כיסוי צמחי מעלה את חספוס הקרקע ובכך מגביר את חלחול מי הנגר והקטנת עוצמתו. צומח ייזרע בכל שטח המתקן ויתבסס בכ-50% משטחו (הרחבה בסעיף 4.5).
4. **מעבירים אירים במעלה ומורד של כל ערוץ ניקוז (A+B), 4 סה"כ.** בכל מעביר אירי משולב אלמנט של ריכוך נגר (איור 8) המאט את הנגר החוצה את הדרך ההיקפית מחד, ומקטין את עצמת הנגר היוצא במוצאי התכנית מאידך.

אגן A:

5. **תעלת ניקוז באפיק הניקוז הטבעי.** התעלה תהיה רדודה ומיוצבת בצמחייה. התוואי המוצע מתבסס על תוואי הניקוז הטבעי, בצמוד לשדרת עצים מקוטעת מיועדת לשימור הקיימת בשטח. ותשמש לקליטת נגר מן האגנים התורמים ושטח התכנית באופן מבוקר במטרה למנוע את התפתחותם של חריצים בקרקע. אורך התעלה 450 מ', מתחילתה עד נקודת מוצא A.
6. **שיחים לקיטוע מדרון.** שני שיחים במרחק של כ-200 מ' זה מזה יקטעו את הזרימה המשטחית באגן ויטו את הנגר אל תעלה הניקוז שבמרכז האגן. שימוש בשיחים מגביר את יכולת השהיית הנגר של השטח ומונע נזקי סחף בחלק המערבי של האגן.

אגן B:

7. **שיח לקיטוע מדרון.** השיח יקטע את הזרימה המשטחית באגן ויטה את הנגר אל נקודת מוצא B, ולאחר מכן לחיבור עם ערוץ נחל טבעי. שימוש בשיחים מגביר את יכולת השהיית הנגר של השטח ומונע נזקי סחף באגן.





איור 6: א- התחתרויות עמוקות במקביל לרווחים שבין הפאנלים. ב- הערמות סחף במעברים אירים בגובה 30 ס"מ. ג- התפתחות של ערוצונים עמוקים ד- דוגמה ליישום צמחייה בשטח מתקן פוטו- וולטאי.



4.2 השפעת התכנית על ספיקה ונפח הנגר

4.2.1 ספיקת שיא

הפאנלים הסולאריים הינם אטומים לגשם, הצבתם מקטינה את השטח הפנוי לחלחול מי נגר, ועל כן מקדם הנגר והספיקה של השטח גדלים. שטח התכנית מקבל נגר משטחים חיצוניים בהיקף של כ-550 דונם. עם זאת, הקרקעות בתכנית זו בעלות מקדם נגר גבוה מלכתחילה, כך שהשפעת הצבת הפאנלים קטנה יחסית. בטבלה 5, ניתן לראות את השפעת התכנית על ספיקות התכן במצב המתוכנן. באגן A, המהווה את רב שטח התכנית, ספיקת השיא המתקבלת צפויה לגדול מ-8.28 מ"ק/שנייה ל-8.41 מ"ק/שנייה (בהסתברות של 5%).

4.2.2 נפח נגר

עודף הנגר המתקבל בשטח עקב שינוי שימושי הקרקע הוא כ-156 מ"ק, כ-1 מ"ק לדונם בקירוב. 80% מכמות זו יתקבלו באגן A, ועל כן אמצעי הניקוז צריכים להתאים לכמות זו.





4.3 אמצעים להשהיית נגר ופוטנציאל השהייה

בשטח התכנית מתוכננים אמצעים מגוונים להפחתת נפח הנגר וריסון ספיקות השיא ועידוד חלחול:

- שיחים:** שיח הוא סוללה הנפרסת במאונך לנטיית המדרון ותעלה חפורה בצמוד לו. השילוב בין שניהם יוצר עומק איגום של 0.5 מ', וחתך השהייה של 0.5 מ' גם כן. באגן A מתוכננים שיחים באורך כולל של 400 מ'. נפח ההשהייה של השיחים הוא 200 מ"ק. באגן B אורך השיחים הכולל הוא 256 מ', ונפח ההשהייה – 128 מ"ק, סה"כ – 328 מ"ק.
- כיסוי צמחי:** כיסוי צמחי הוא שיטה יעילה להפחית את השפעת מימוש התכנית על סביבתה (ראה פרק 4.6). הכיסוי מייצב את הקרקע, מעודד חלחול, משמר את מבנה התעלות ובולם את עצמת הנגר. צמחייה יכולה להתבסס בכמחצית משטח המתקן, ולספק השהייה של 12 מ"ק לדונם. הנחה שצמחייה תתבסס במחצית משטח המתקן נפח ההשהייה הכולל נאמד ב-948 מ"ק.
- במידה וימומשו שני האמצעים המוצעים תתקבל השהייה של 1276 מ"ק.



ניתן לראות כי נפח ההשהייה לפי האמצעים המוצעים עולה משמעותית על תוספת נפח הנגר המחושבת, השהייה מספקת טיפול מתאים לניקוז השטח.

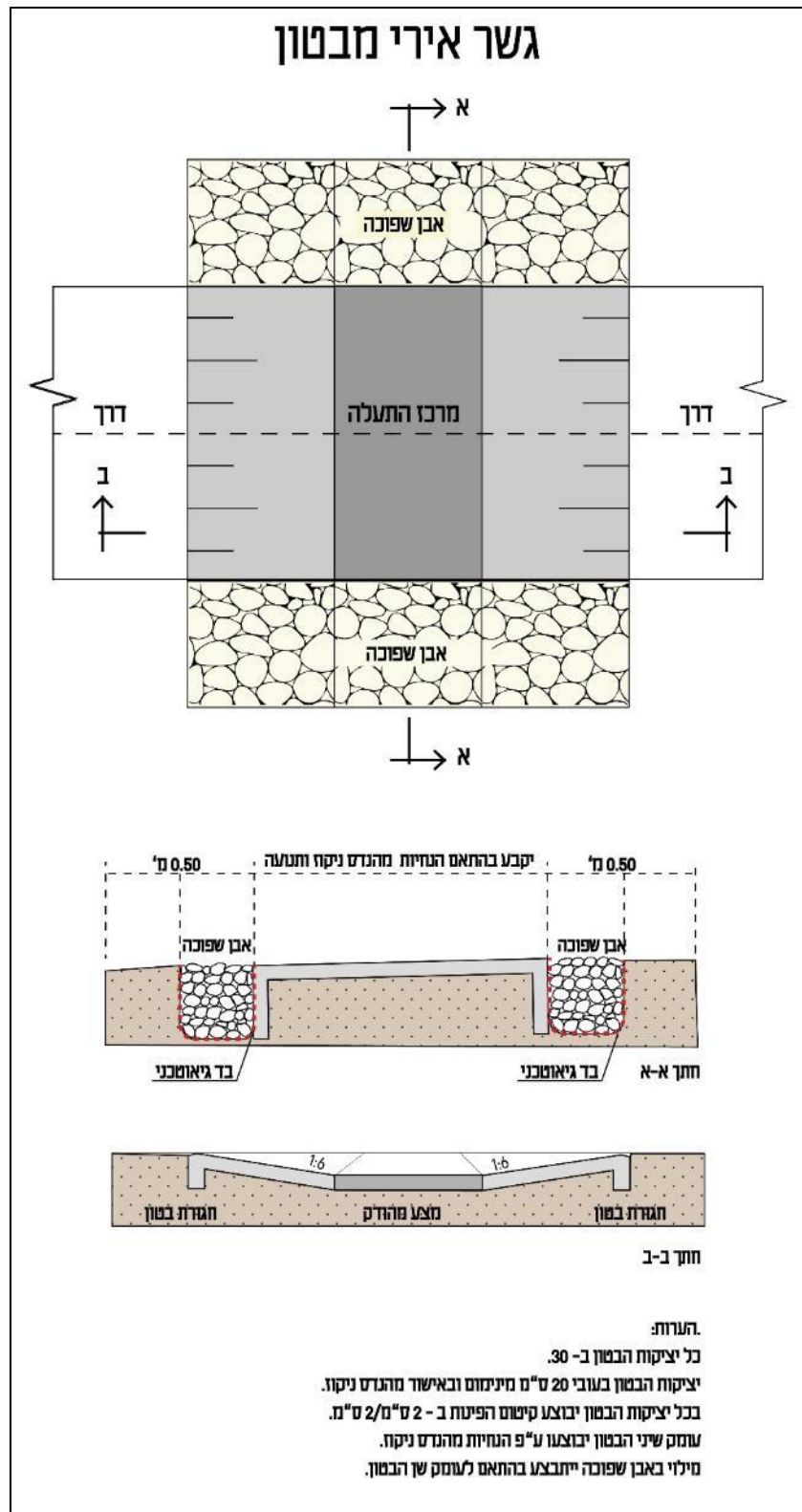


4.4 פרטים עקרוניים להשהיית נגר

קרקעות לסיות הן קרקעות שבהן חלחול המים הוא נמוך. מהירות התפתחות הנגר היא גבוהה. זרימת הנגר על פני השטח יכולה לגרום להתפתחות של חריצים ולסחיפת קרקע בתוואי השטח ולחשיפה של תשתיות קבורות. אמצעים לפיזור נגר במורד התכנית יסייעו להקטנת עצמת הנגר ולהקטין את היתכנות להתחתרות לאחר לקרקעות התכנית. תעלות הניקוז יהיו מיוצבות בצמחייה. מי הנגר ינוקזו בנתיב הטבעי ולא יסחפו את הקרקע בתחום השטח הבנוי. מעבירים אירים יספקו הגנה על דרכי עפר במפגש עם עורק ניקוז (איור 8). אבן שפוכה מלפניו מקטינה את עוצמת הנגר ומונעת חישוף של המעביר. המעביר מגן על הדרך מפני סחף והתחתרות.



איור 8: פרט עקרוני למעביר אירי





4.5 השפעת כיסוי קרקע צמחי על נגר וסחף קרקע

תהליך של סחף קרקע מתרחש לעתים קרובות בקרקעות חשופות מצמחייה או חיפוי קרקע אחר (Lieskovský and Kenderessy, 2014). טיפות המים בזמן פגיעתן בקרקע מפרות את תלידי הקרקע ומסיעות אותו בכיוון השיפוע. בצורה זו, נערכות החרסיות בקרקע בשכבת הקרקע העליונה ומייצרות קרום קרקע בעל מוליכות הידראולית נמוכה (Assouline, 2004). תהליך

טיפות המים מפרות את תלידי הקרקע

ויוצרות קרום קרקע



איטום הקרקע מורכב מגורמים שונים התלויים בעצמת הגשם ומשכו, פיסיקה של הקרקע, הכימיה של הקרקע, טופוגרפיה ועוד. היווצרות קרום קרקע והפחתת החידור של מי גשמים לתת הקרקע מגדילים משמעותית התפתחות של נגר עילי (Assouline, 2004). תופעה זו צפויה להתגבר במתקנים סולאריים בשל ריכוז טיפות הגשם בחלקו התחתון של הפאנל. כתוצאה מכך, עוצמת הגשם גדלה ויחס חלחול/נגר פוחת. תופעת סחף קרקע בולטת גם בגידולי שדה שבקרקעות חקלאיות החשופות בתחילת עונת הגשם. אשל ואגוזי (2013), מדדו איבוד קרקע בקצב של 4-7 מ"מ בשנה בגידולים חקלאיים קונבנציונאליים ובאקלים ים-תיכוני

בישראל. נתונים אלו נתמכים במחקרים עולמיים המראים כי קצב איבוד הקרקע בשטחים חקלאיים גדול בהרבה מקצב היווצרותה (Montgomery, 2007; Eshel and Egozi, 2013). אחד הפתרונות להתמודדות עם בעיות של סחף קרקע הינו חיפוי קרקע ו/או כיסוי צמחי לצורך הפחתת אפקט האנרגיה הקינטית של טיפות הגשם. בצורה כזו, פוחתת ההפרה של תלידי הקרקע והיווצרות הקרום הבלתי חדיר למים. במחקר שנערך בשדה תפוחי אדמה באזור השרון, נעשה שימוש בכיסוי צמחי ונמדדו כמויות הסחף והנגר (איור 9). מתוצאות המחקר עולה כי סחף הקרקע פחת ב- 95% וסך הנגר העילי פחת ביותר מ- 60% (Eshel et al, 2015).

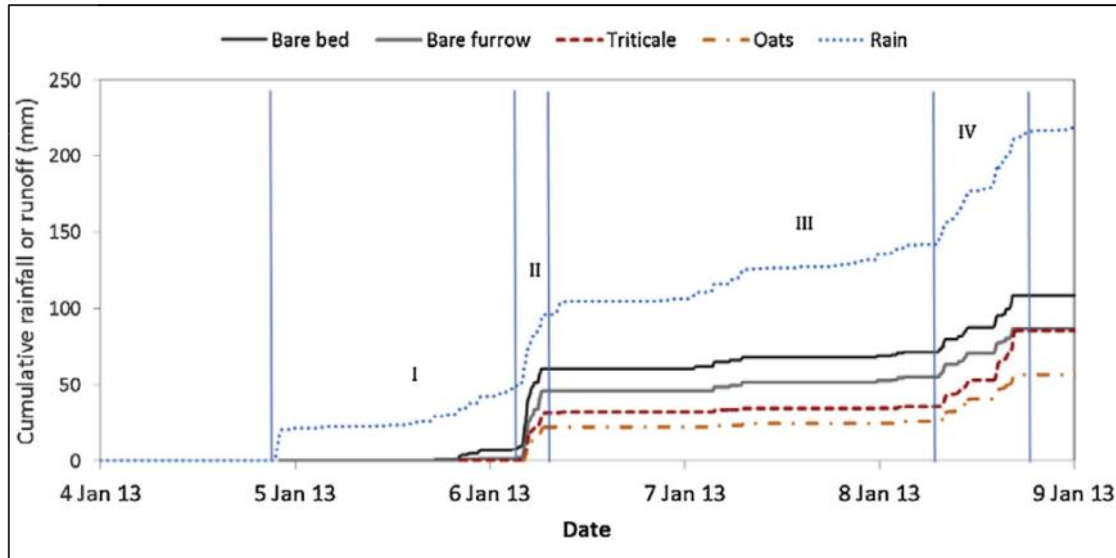
מחקר באקלים ים תיכוני בספרד הראה תוצאות דומות של הפחתתה של עד 82% בכמות הסחף ו (Garcia et al, 2010) ובכ- 77% בכמות הנגר. כמו כן, זמן ההופעה של הנגר במוצא הניקוז לאחר שימוש בצמחייה היה ארוך פי 7 מאשר על קרקע חשופה.

להתפתחות של נגר וסחף השפעות נרחבות על הסביבה. משטחים תורמי נגר וסחף גורמים לסתימות של מערכות ניקוז, הצפות ופחיתה בהעשרה של מי התהום. מיתון אפקט הנגר והסחף אפשרי באמצעות כיסוי קרקע צמחי והינו אינטרס כלכלי וסביבתי מובהק המעוגן גם במדיניות התכנון בישראל (מדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עילי, משרד השיכון, המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר 2004).





איור 9: עובי הנגר והגשם (בכחול מקווקו) בטיפול כיסוי צומח שונים במהלך סופת גשם
(Eshel et al, 2015) בינואר 2013



על פי האמור לעיל, לכיסוי הצמחי יכולת גבוהה בהפחתת הנגר והסחף ולכן במקרה שפתרון זה מיושם יש לו השפעה גבוהה על תוספת הנגר וכן בהיבט של שימור קרקע.



5 אמצעים למניעת נזקים

5.1 תיאור האמצעים להגברת חלחול

שימוש בצמחייה מקומית בשטח התכנית בין הפאנלים צפוי להוריד משמעותית את כמויות הנגר הצפויות להתקבל משטח זה. הצמחייה מונעת את איטום הקרקע, מגבירה את החלחול ובכך מעשירה את מי התהום, מגדילה את חספוס הקרקע וכתוצאה מכך מגדילה את זמן הריכוז של הנגר ומורידה את ספיקות המים. השיחים מגדילים את חלחול הנגר בשטח, והסטת הנגר למערכת הניקוז המרכזית מסייעת למנוע התפתחות בקיעים בשטח האגן הנוצרים מריכוז נגר.



5.2 פירוט השינויים

1. תעלת ניקוז פנימי במרכז אגן A.
2. תעלת ניקוז באגן B.
3. מעבירים אירים במפגשי ערוצי הניקוז של אגנים A ו-B והדרך ההיקפית.
4. מתקן פיזור נגר בכל אחד ממוצאי התכנית.
5. תכנון מערכת שיחים להשהיית נגר.



6 סיכום

מתקן פוטו וולטאי מזרחי שוקדה, מתוכנן בשטח של 158 דונם, בשטחי במשבצת החקלאית של מושב שוקדה. המתקן נמצא באגן הניקוז של הנחלים שובה, נחל משני לפי תמ"א 1. בעקבות שינוי יעוד הקרקע למתקן הנדסי מקדם הנגר צפוי לעלות מ-0.90–0.95. התוספת בנפח הנגר שחושבה להתקבל בנקודות המוצא של התכנית היא 184 מ"ק. עבור המצב המתוכנן מוצעת תכנית ניקוז אשר תתרום לשימור הקרקע באגן הניקוז, ותמנע נזקי סחיפה בשטח התכנית. התכנית כוללת אמצעי פיזור נגר, תעלת ניקוז מרכזית ותעלת מגן בצד הצפוני של המתקן.

7 הוראות התכנית

1. העקרונות המופיעים בנספח לניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז יהיו מחייבים.
2. על היזם לנקוט בכל אמצעי על מנת שכמות הנגר והסחף היוצאים משטח התכנית לא תהיה גדולה יותר מכמות הנגר והסחף שתורם השטח לפני יישום התכנית.
3. שימור קרקע בתחום התכנית ע"י זריעה/עידוד צמחייה מתאימה, בין הפאנלים להגדלת חספוס הקרקע וחדור המים.
4. ייצוב התעלות כנגד ארוזיה באמצעות צמחייה וחיבורן לעורק ניקוז קיים.
5. אחת לשנה, במשך 5 השנים הראשונות תתבצע בדיקה ע"י איש מקצוע לבדוק את יעילות האמצעים להקטנת כמות הנגר העילי והסחף. דו"ח יוגש לרשות ניקוז שקמה-בשור ומשרד החקלאות מחוז דרום.
6. במידה וימצא כי האמצעים אינם עומדים בדרישות יוסיף היזם אמצעים נוספים.
7. לאחר 5 השנים הראשונות תתבצע בדיקה מסוג זה אחת ל 3 שנים. דו"ח יוגש לרשות הניקוז ומשרד החקלאות מחוז דרום.

8 מקורות מידע

ממוצעי משקעים 1981-2010, השירות המטאורולוגי.

<http://www.ims.gov.il/IMS/CLIMATE/ClimaticAtlas/RainNormals.htm>

ספיקות תכן בהסתברויות שונות, רשות המים.

<http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Data->

Hidrologeime/DocLib6/sfikot-tehen.pdf

מדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עילי, משרד הבינוי והשיכון, משרד החקלאות והמשרד לאיכות הסביבה, אוקטובר 2004.

<http://www.sviva.gov.il/infoservices/reservoirinfo/doclib2/publications/p07>

[01-p0800/p0790.pdf](#)

עוצמות הגשם בישראל, הלוי, ר. ארבל, ש., דוח מסכם עבור נתיבי ישראל 2016.

<http://online.fliphtml5.com/kfky/xep/>

חישוב ספיקות תכן מאגנים קטנים, פולק שמואל ושמואל ארבל, דו" עבור מע"צ, ספטמבר 2012.

9 נספחים

נספח 1: קביעת מקדמים אמפיריים לשימוש בנוסחה הרציונלית

טבלה מס' 14: מאפייני אגני ההיקוות, מקדמי ספיקה ומקדמי תיקון לזמן הריכוז המומלצים לשימוש

בנוסחה הרציונלית

מס' קבוצה	שימושי קרקע	צפיפות רשת ניקוז ורמת הסדרה	שיפוע ממוצע של האפיק	חבורת קרקע שולטת (מיון לפי יואל דן)	מקדם הכפלה לזמן ריכוז לפי קירפין	מקדם ספיקה בהסתברות 1%
1	גידולי שדה, כרמים, מטעים ופרדסים צעירים, קרקעות חשופות ללא אמצעי שימור קרקע	מפותחת	גדול מ-1%	H _{9,11,D} , E, K, B	0.4	0.75
2	גידולי שדה, כרמים, מטעים ופרדסים צעירים, קרקעות חשופות ללא אמצעי שימור קרקע	לא מפותחת	קטן מ-1%	H _{1,5} , E, K	(0.6)	0.3
3	קרקעות מחופות היטב, מטעים מבוגרים עם חיפוי נוף נרחב, קרקעות עם אמצעי שימור קרקע	לא מפותחת כלל	גדול מ-1%	B, H, K, E	1.0	0.3
4	שדות בור וחורש ים תיכוני בקרקעות הרריות	מפותחת	גדול מ-1%	M, B, A, D	1.2	0.25
4א	שדות בור וחורש ים תיכוני בקרקעות הרריות	לא מפותחת	גדול מ-1%	M, B, A, D	(1.3)	(0.15)
5	יערות ותיקים וקצירי נגר	-	-	M, B, A	-	0
6	שטחים חקלאים במישורים	לא מפותחת	קטן מ-0.5% גדול מ-0.5%	H _{1,5}	1.1	0.15
7	עירוני	מע' ניקוז משופרת	גדול מ-0.5%	-	0.25	0.6
8	כפרי ועירוני	מע' ניקוז ישנה	קטן מ-0.5%	-	(0.4)	0.3
9	כפרי ועירוני	מע' ניקוז ישנה	גדול מ-0.5%	-	(0.5)	0.5
10	קרקעות מדבריות חשופות	מפותחת מאד טבעי	גדול מ-3%	R, X, Y ₃ , M, N, S	0.4	0.9
11	קרקעות מדבריות חשופות	לא מפותחת	קטן מ-3%	Y ₁₋₇	0.8	0.4
12	קרקעות חוליות	לא מפותחת	קטן מ-1%	E ₄ , V ₂	1	0.2



נספח 2: מקדמי מעבר לחישוב ספיקות שיא בהסתברויות השונות מ-1%.

טבלה מס' 15 : מקדמי מעבר לחישוב ספיקות בהסתברויות שונות

מס' קבוצה	שימושי קרקע	הסתברות 2%	הסתברות 5%	הסתברות 10%
1	גידולי שדה, כרמים, מטעים ופרדסים צעירים, קרקעות חשופות ללא אמצעי שימור קרקע	0.75	0.45	0.3
2	גידולי שדה, כרמים, מטעים ופרדסים צעירים, קרקעות חשופות ללא אמצעי שימור קרקע	0.7	0.4	0.25
3	קרקעות מחופות היטב, מטעים מבוגרים עם חיפוי נוף נרחב, קרקעות עם אמצעי שימור קרקע	0.8	0.6	0.45
4	שדות בור וחורשים תיכוניים בקרקעות הרריות	0.75	0.5	0.3
5	יערות ותיקים וקצירי נגר			
6	שטחים חקלאים במישורים	0.9	0.7	0.5
7	עירוני	0.9	0.8	0.7
8	כפרי ועירוני	0.9	0.6	0.5
9	כפרי ועירוני	0.9	0.7	0.6
10	קרקעות מדבריות חשופות	0.6	0.25	0.15





נספח 3: נספח מנחה להכנת נספח ניקוז

דצמבר 2006 / כסלו תשס"ז

נספח מנחה א' :

הנחיות להכנת נספח ניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז לתכנית

1. כללי

נספח ניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז לתכנית יערך בהתאם להנחיות הבאות :

- 1.1. המסמך יוגש באחריות עורך התכנית.
- 1.2. המסמך יכלול את שם האחראי לעריכתו, וכן את שמות נותני השירותים המקצועיים שהשתתפו בהכנתו.
- 1.3. המסמך יוכן בהתאם לתכניות אב לניקוז או תכניות אב אגניות, במידה שהוכנו.
- 1.4. המסמך יתייחס לכל המרכיבים בתכנית שיש להם השפעה על הניקוז.
- 1.5. המסמך יכלול רשימת מקורות המידע ונתונים ששימשו את מכיני המסמך.
- 1.6. המסמך יכלול התייחסות מלאה לכל סעיף בהנחיות. באם לסעיף מסוים לא תוגש התייחסות או שיוגש בצורה שונה מהמבוקש, יש לפרט ולנמק את השינוי לעומת ההנחיות.
- 1.7. המסמך יכלול בראשיתו תקציר ובו עיקר הממצאים.
- 1.8. הנחיות אלה להכנת המסמך יהוו חלק מהמסמך ויופיעו כנספח בסופו.
- 1.9. יש להגיש את המסמך למוסד התכנון בארבעה עותקים.

2. נתוני הרקע

נספח ניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז יכלול את המידע הממופה ותיאור מידע רלבנטי כדלקמן :

- 2.1. מפה טופוגרפית מעודכנת מאת המרכז למיפוי ישראל, בקנה מידה המתאים לרמת פירוט התכנית, המציגה את תחום התכנית על רקע אגני ההיקוות בהם היא ממוקמת, עם הדגשת העורקים ופשטי ההצפה הקיימים, מערכת הניקוז הקיימת ומיפוי קווי תשתיות קיימים, מסילות ברזל ודרכים.
- 2.2. מפת שימושי קרקע, מפת ייעודי קרקע לפי תכניות קיימות ומפת שיפועים בתחום התכנית וסביבתה בקנה המידה המתאים לרמת פירוט התכנית ובטווח הרלבנטי לנושא הניקוז.
- 2.3. תיאור הסביבה וציון נושאים אופייניים לאזור התכנית כגון שמירה על ערכי טבע ונוף, סחף קרקע, הצפות, ניקוז לקוי וכדומה.
- 2.4. סיווג הקרקע לפי מפות מדריך "חבורות הקרקע" בקני"מ 1: 50,000 (1975) או לפי מפות הסקר הארצי בקני"מ 1: 20,000 (1955).





דצמבר 2006 / כסלו תשס"ז

2.5. סקירה הידרולוגית שתכלול:

- 2.5.1. משטר הגשמים;
- 2.5.2. כושר החידור של הקרקע;
- 2.5.3. מיקום תחנות הידרומטריות בתחום ההתנקזות הנדון ובסביבתו;
- 2.5.4. נתונים מדודים של ספיקות מים ונפחי זרימה בתחום ההתנקזות הנדון ובסביבתו;
- 2.5.5. סקירת הצפות קודמות בתחום התכנית ובשטחים גובלים.

2.6. חישוב ספיקת התכן בעורקים שבתחום התכנית יתבסס על הטבלה הבאה או על פי עדכונים כפי שיעודכנו מעת לעת על-ידי נציב המים:

השימוש בשטח	תקופת חזרה בשנים	הסתברות מיירבית לאירוע בשנה מסוימת
חקלאות: גידולי שדה ומטעים, פארקים	10	10%
בתי צמיחה ומבנים בשטחים פתוחים	25	4%
כבישים ומסילות ברזל *	לפחות 50	2% לכל היותר
סוללות מאגרים וסכרים **	100	1%
שטחים מבוזנים מעורקי ניקוז ראשיים **	100	1%
שטחים מבוזנים (רחובות, מגרשי חניה חצרות בתים וכיו"ב)	5 עד 50	20% עד 2%
הצפה מנימית של בתים מכל מערכת ניקוז.	100	1%

* הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני מע"צ ורכבת ישראל

** בכל מקרה שיש סיכון של ממש לחיי אדם, הסתברות התכנון תהיה 1% ומטה בהתאם לדרגת הסיכון וחומרת הנזק

2.7. חישוב ספיקת התכן בעורקים שבתחום התכנית יבוצע לשני מצבים: למצב קיים בשטח לפני השינויים המתוכננים ולמצב מוצע, לאחר השינויים המוצעים.

2.8. לחישוב ספיקת התכן בעורקים שבתחום התכנית מומלץ להתבסס על מודלים הידרולוגיים מקובלים.



דצמבר 2006 / כסלו תשס"ז

2.9. תיאור מערכת הניקוז הקיימת בתחום התכנית יכלול את מידות העורקים, שיפועי אורך, חתכי רוחב, ציפוי קרקעית העורקים ומבנים בתוך העורקים (מפלים, ביצור דופן וכדומה), מוצא מערכת הניקוז הקיימת במורד, חישוב כושר ההולכה של העורקים הקיימים, ותיאור מנגנון תחזוקת הניקוז הקיים בתחום התכנית.

3. תיאור התכנית המוצעת

3.1. התכנית תוצג על גבי מפה טופוגרפית בקנה מידה המתאים לרמת פירוט התכנית ובטווח הרלבנטי לנושא הניקוז ותכלול:

3.1.1. גבולות אגני ניקוז ותת-אגני ניקוז בתחום התכנית, קווי ניקוז, תוואי תעלות ומובילי מים סגורים וחיבורם לעורקים.

3.1.2. חיבור מוצאי העורקים בתכנית לעורק המסוגל לקלוט את כל הנגר החזוי ע"פ ספיקות התכן המחושבות. התכנית תציין ותפרט את נתיבי זרימת הנגר בתחומה.

3.2. יוצגו חתכי אורך ורוחב של העורקים המתוכננים הכוללים את העורק ותחום של 20 מטר מכל צד של העורק.

3.3. יוצגו שרטוטים של מתקנים במידה ומוצעים, הקשורים בעורקים כגון מעברי מים, סוללות, תעלות, מתקני קליטת מים, מפלים ומבנים הידראוליים אחרים.

3.4. יצוינו המפרטים הטכניים המתייחסים לאמצעי ייצוב לעורקים והגנה על מתקנים במידה ומוצעים.

3.5. נתוני תכנון העורקים ירוכזו ויוצגו בשתי טבלאות:

3.5.1. טבלת סיכום שתכלול: מסי' תת-אגן ההיקוות, שטח האגן, שטח פתוח, שטח בנוי, ספיקת התכן בהסתברויות השונות, אורך קטע העורק ורוחב בין הגדות.

3.5.2. טבלה מפורטת לכל אגן וקטעי עורק (החלוקה לקטעים לפי שינויים בולטים בשיפוע האורכי או כניסת עורקים נוספים) שתכלול: זיהוי העורק והקטע, גודל אגן ההיקוות המתנקז לקטע, ספיקת התכן, הספיקה המרבית שיכולה לעבור בעורק (חתך זרימה שכולל את הבלט), שיפוע אורכי מתוכנן, צורת חתך העורק ושיפועי הדפנות, מהירות הזרימה המחושבת, גובה המים בספיקת התכן - בלט מינימלי, אמצעי ייצוב העורק בהתאם למהירות המותרת והערות.

3.6. התכנית תכלול חישובים הידראוליים של מערכת הניקוז המוצעת ותכנון מבנים כגון גשרים, מפלים וכדומה.

3.7. יצוינו דרישות לחישובי מרחקים בין הקולטנים, מרחק מקו הרכס עד הקולטן הראשון, בהתאם לקריטריונים המאושרים במסגרת תוכנית אב לניקוז.

3.8. יצוינו קריטריונים למקדמי נגר עילי וזמן ריכוז עד הקולטן הראשון ולחישוב ספיקות התכן, בהתאם לקריטריונים המאושרים במסגרת תוכנית אב לניקוז.



דצמבר 2006 / כסלו תשס"ז

4. השפעות צפויות על הסביבה

- 4.1 פירוט נפח האיוגום או ההצפה הצפוי, תדירות ההצפה ומשכה החוזי.
- 4.2 פירוט תוספת או הפחתת הנגר הצפוי כתוצאה מביצוע התכנית.
- 4.3 פירוט ההשפעות של פתרונות הניקוז המוצעים על שטחים גובלים ועל שטחים במורד אגן ההיקוות כתוצאה משינויים במשטר הנגר עקב ביצוע התכנית.
- 4.4 פירוט ההשפעות של פתרונות הניקוז המוצעים על ערוץ הנחל, גדותיו וסביבתו.
- 4.5 פירוט ההשפעות על תחום התכנית בשל נגר המגיע אליה ממעלה אגן ההיקוות.

5. אמצעים למניעת נזקים

- 5.1 תיאור האמצעים להגברת החלחול בשטח בנוי במטרה להקטין את כמויות המים המגיעות למערכות הניקוז האזוריות, להקטין עלויות פעולות הניקוז ולהעשיר את מי התהום.
- 5.2 פירוט השינויים הנדרשים במערכת הניקוז הקיימת כדי לקלוט את מי הנגר הנוספים, באם ישנם. השינויים יתואמו עם רשות הניקוז או הרשות המקומית הרלבנטית.
- 5.3 פירוט האמצעים לצמצום פגיעה בטבע ובנוף, באתרי עתיקות, בערוץ הנחל ובשטחים גובלים, לרבות שטחים חקלאיים ושטחים שאינם מבונים, כתוצאה מפתרונות הניקוז המוצעים בתכנית.
- 5.4 המלצות להוראות התכנית שיבטיחו צמצום נזקי הצפות, שיטפונות וסחף, וטיפול בנגר עילי שמקורו בתחום התכנית.
- 5.5 קביעת גובה מינימלי, מעל רום שיטפון החוזי בהסתברות מוגדרת, לרצפת מבנים, לדרכים ולמתקנים הנדסיים.

