תכנית ניהול סיכוני שטפונות לאגן פולג ברשות ניקוז שרון

דו"ח מסכם לשלב סקר הסיכונים

מספר גרסה: 1.2

תאריך עדכון: מרץ 2026

נכתב ע"י:

חגית וינר

נועה הילל

תומר בן יאיר

נועה בלון נחליאלי

ורד קסטנבאום

צוות העבודה

צוות התכנון

שם	תפקיד | שלב העבודה	חברה
חגית וינר	ניהול הפרויקט	אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה
תומר בן יאיר	הידרולוגיה | שלב 3	
ד"ר יוליה אלכסנדרוב	הידרולוגיה | שלב 3	
נועה בלון נחליאלי	מיפוי הסטטוטוריקה, ממ"ג, חישובי נזקים | שלבים 1-10	נועה בלון נחליאלי מיפוי וניתוח גיאומרחבי
ורד קסטנבאום		
גיל פינקלשטיין	ייעוץ כלכלי, חישובי עלות/תועלת | שלבים 5-8, פרק המענה	
עתליה נמיר	ייעוץ סטטוטורי, מיפוי אסטרטגיות, הנחיות להתאמה ומניעה | פרק המענה	לרמן בן-שושן
שקד כהן		
יובל בר נחמיה		

צוות מלווה

שם	גוף	שם	גוף
ניסים אלמון	מנכ"ל (פורש) רשות ניקוז ונחלים שרון	מלכה שניאור	ס. אדריכלית ראשית, משרד הבינוי והשיכון
רן פרחי	מנכ"ל (נכנס) רשות ניקוז ונחלים שרון	שרית כספי אורון	ממונה שיקום נחלים, המשרד להגנת הסביבה
דרור אפשטין	מהנדס רשות ניקוז ונחלים שרון	ורד אדרי	נציגת מחוז מרכז, המשרד להגנת הסביבה
ריקי קטנר	נציגת החטיבה למשאבי סביבה, משרד החקלאות	עדי נוי	תכנון, קק"ל
אלון רונן	רפרנט לנושאי הידרולוגיה, החטיבה למשאבי סביבה, משרד החקלאות	יחיאל כהן	נציג המחוז, קק"ל
דיאנה פאנוס	רפרנטית לנושאי כלכלה, החטיבה למשאבי סביבה, משרד החקלאות	אהובה פלג	קק"ל
אלכס פיינגריש	נציג מחוז מרכז, משרד החקלאות	אור עומיסי	קק"ל
מור שחר	נציגת מחוז מרכז, משרד החקלאות	יותם פרלמן	קק"ל
עשהאל גלעד	נציג לשכת תכנון מחוזית	איל זיגל	רשות המים
שמרית טבת	נציגת מחוז מרכז רמ"י	יניב סויבלמן	רשות המים
ניר בן סימון	נציג מחוז מרכז רמ"י	שרה גזית	מנהלת אגף תכנון עיריית נתניה
מיכאל גרמידר	נציג משרד הבינוי והשיכון	דימה בודניצקי	מנהל מחלקת ניקוז עיריית נתניה
ליאורה סטולר	נציגת משרד הבינוי והשיכון	אורטל סיום	עיריית נתניה

תודות

צוות התכנון מבקש להודות לכל צוות רשות ניקוז ונחלים שרון על עזרתם והירתמותם לקידום ודיוק העבודה ובפרט לדרור אפשטין ולרן פרחי, לצוות החטיבה לניהול ומשאבי סביבה על הליווי וההדרכה, ובפרט לריקי קטנר הרפרנטית לפרק סקר הסיכונים, ולאלון רונן מהתחנה לחקר הסחף על תרומתו הרבה לפרק ההידרולוגי בסקר הסיכונים.

תודה גם לכל חברי וחברות הצוות המלווה וועדת ההיגוי על הליווי והדיוק של סקר הסיכונים.



תוכן עניינים

צוות העבודה 1
תודות 2
תוכן עניינים 3
מבוא 6
לוח הזמנים של הפרויקט 7
1 אגן הפולג - רקע 8
1.1 נחל פולג – תיאור פיזיוגרפי והידרולוגי של האגן 9
1.2 הצפות עבר 12
1.3 מפעלי ניקוז 13
2 מפת פתוח - פיתוח 14
2.1 הכנת מפתח פתוח-פיתוח 14
2.2 ניתוח המצב העתידי באגן הפולג 15
3 מפות הצפה צופות פני עתיד 16
3.1 איסוף מידע הידרולוגי 16
3.2 שיטות לחישוב ספיקות באגן הפולג 20
3.2.1 ספיקה סגולית 20
3.2.2 השיטה הרציונאלית 21
3.2.3 מעבר מהסתברות 1% להסתברויות אחרות 22
3.3 חישוב הידרוגרף 22
3.3.1 הידרוגרף לאגנים גדולים (מעל 50 קמ"ר) 22
3.3.2 הידרוגרף לאגנים קטנים 24
3.4 ספיקות שיא ונפח הידרוגרפים מחושבים לאגן הפולג 25
3.5 בניית המודל ההידראולי 28
3.5.1 סוג המודל ותוצרים 28
3.5.2 בניית המודל 28
3.5.3 מקטעי נחלים להרצה 30
3.5.4 בחינת תוצאות המודל 31
3.6 עיבוד תוצרים גולמיים לשכבות מידע 32

4 תכניות מפורטות בפשט ההצפה 34
4.1 שלבי העבודה 34
5 חישוב פוטנציאל הנזק בתכניות מפורטות 36
5.1 שינויים מהמתודולוגיה 36
5.2 חישוב הנזק במתקנים הנדסיים 38
6 חישוב פוטנציאל הנזק בתכניות כוללניות 39
7 חישוב פוטנציאל הנזק בתמ"מ ובאסטרטגית 39
8 חישוב פוטנציאל הנזק בשטחי חקלאות 40
סיכום חישובי הנזק 41
9 הצגה גרפית של פוטנציאל הנזק 41
10 מיפוי שימושים רגישים 43
11 מיפוי תשתיות תחבורה 45
12 אזורים בסיכון באגן הפולג 46
13 מקורות 48
14 נספחים 49
14.1 נספח 1 – תוכניות באגן פולג 49
14.2 נספח 2 – חישובי ספיקות מתכניות קודמות 50
תכנית האב 2009 50
סקר סיכונים 2015 53
14.3 נספח 3 – סיכום סיור 55
14.4 נספח 4 – שיטה לחישוב פוטנציאל נזק במתקנים הנדסיים 65
14.5 נספח 5 – סיכומי ישיבות צוות מלווה וועדת היגוי 68

רשימת טבלאות

טבלה 1 - שכבות שהתקבלו ממשרד החקלאות ומרשות הניקוז 8
טבלה 2 - רשימת שכבות הממ"ג משלב 1 של העבודה 9
טבלה 3 - תחנות הידרומטריות ומדידות אקראיות באגן הפולג 17
טבלה 4 – ספיקות ונפחים בנקודות ריכוז (צמתים) באגן הפולג 25
טבלה 5 – שימושי קרקע וערכי מקדם מנינג עבורם 30
טבלה 6 – סיכום שכבות למאגר המידע בסיום שלב 3 33
טבלה 7 - תכסית בשימושי קרקע משניים בתמ"מ ובאסטרטגית 39

טבלה 8 – החלק היחסי של השטח המוצף ושל פוטנציאל הנזק בשלוש הסתברויות 41
טבלה 9 - עלויות הקמה (F) 67

רשימת מפות

מפה 1 - נחלים עיקריים וישובים באגן הפולג 10
מפה 2 - קרקעות באגן הפולג 11
מפה 3 - מפת הצפות עבר 12
מפה 4 - פתוח-פיתוח 15
מפה 5 – תחנות הידרומטריות באגן הפולג 19
מפה 6 – צמתים לאורך נחל הפולג 26
מפה 7 – צמתים לאורך יובלים של נחל הפולג 27
מפה 8 - דוגמה למקטעי נחל 31
מפה 9 – מפת פוטנציאל הנזק 42
מפה 10 – שימושי קרקע רגישים בפשט ההצפה 44
מפה 11 – תשתיות תחבורה קיימות ומתוכננות האגן הפולג 45
מפה 12 – אזורים בסכנת הצפה מנחלים 47

רשימת איורים וגרפים

איור 1 – דוגמה להידרוגרף כתנאי כניסה (upper boundary condition) 29

גרף 1 - עקום מעטפת של ספיקות סגוליות לאגן הפולג 21
גרף 2 - הידרוגרף 4% לשער הרומי, לביא נטיף 2016 23
גרף 3 - הידרוגרף להסתברות 1% בשער הרומי 23
גרף 4 - הידרוגרף בעל גל אחד לאגנים קטנים 24

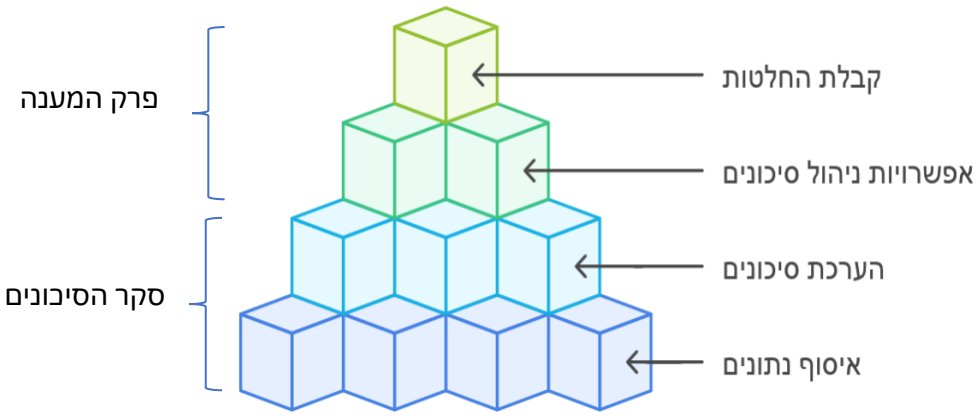
מבוא

תכנית ניהול סיכוני השטפונות ברשות ניקוז ונחלים שרון מבוססת על עקרונות שהוגדרו במתודולוגיה לניהול סיכוני שטפונות[1]. התכנית מסתכלת הן על המצב הנוכחי והן קדימה – לשינויים שצפויים להתרחש במשטר הזרימה כתוצאה מפיתוח עתידי ושינויי אקלים – במטרה להבטיח קיימות ארוכת טווח של מערכת הניקוז בשטחי הרשות.

באמצעות שני חלקיה – סקר הסיכונים ופרק המענה – התכנית באה לייצר ברמה האגנית:

1) מנגנון להערכת סיכונים משטפונות
2) חלופות לניהול השטפונות באזורים בהם קיים סיכון
3) מפת פתרונות מסוגים שונים – הנדסיים (הגנה), תכנוניים (מניעה) וסטטוטוריים (התאמה) – שיאפשרו למקבלי ההחלטות (רשות הניקוז, משרד החקלאות, גופי התכנון, רשויות מקומיות) לנהל את הסיכון בצורה מושכלת.

תרשים 1 - תכנית ניהול סיכוני שטפונות – מבט כללי



חלקה הראשון של התכנית הינו סקר הסיכונים, שכולל 12 שלבים, המתמקדים בזיהוי והבנת הסיכונים, והערכת הנזק הכלכלי כתוצאה משיטפונות באזורי הפיתוח והחקלאות (תרשים 2).

החלק השני של תכנית ניהול סיכוני השטפונות הינו בחינת, הערכת ובחירת חלופות לניהול הסיכונים.

בסיומה של התכנית תתקבל תמונה אגנית שתסייע בקבלת החלטות תכנוניות ותאפשר תכנון נכון יותר של תשתיות, תוך שמירה על המערכת הנחלית מצד אחד ושמירה על הפיתוח הקיים והעתידי מצד שני.

הדו"ח המובא להלן מסכם את חלק א' של העבודה - סקר הסיכונים.

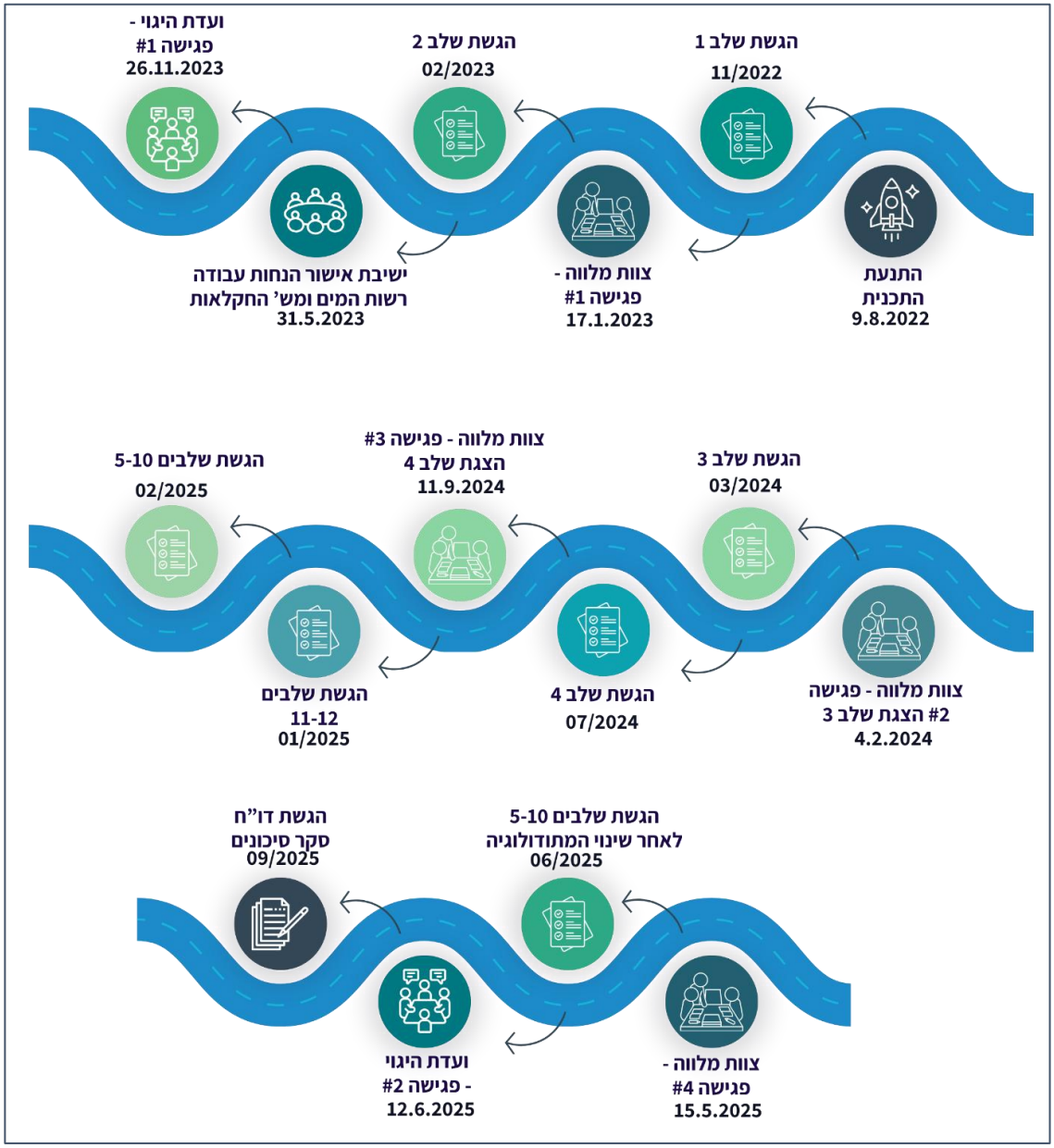
[1] פרטים נוספים על המתודולוגיה ניתן למצוא באתר https://www.gov.il/he/pages/flood_risk_management

תרשים 2 – שלבי העבודה של סקר הסיכונים



לוח הזמנים של הפרויקט

תרשים 3 – תאריכי ישיבות והגשות שלבי העבודה



סיכום ישיבות ועדת ההיגוי והצוות המלווה מוצג בנספח 5.

1 אגן הפולג - רקע

השלב הראשון בסקר הסיכונים התמקד באיסוף נתונים ומידע על אגן הפולג, והוא חיוני להנחת הבסיס להערכת הסיכונים באגן. מטרת שלב זה היא לאסוף ולהבין את כל הנתונים הקיימים ברמה האגנית ובהם מידע היסטורי על אירועי שיטפונות, נתונים הידרולוגיים, מצב תשתיות הניקוז, תוואי הנחלים וייעודי הקרקע באזור. המידע התקבל מרשות הניקוז ומבוסס על עדכון מידע מתכנית האב של אגן הפולג (לביא נטיף, 2009) וכן מידע ממשרד החקלאות, כמפורט בטבלה 1.

טבלה 1 - שכבות שהתקבלו ממשרד החקלאות ומרשות הניקוז

מקור המידע	מקור השכבה	שם השכבה	תאריך עדכון
משרד החקלאות	מנהל התכנון	X-Plan	דצמבר 2022
		תכנית אסטרטגית 2040	נובמבר 2022
		ותמ"לים מתחמים מוכרזים	יולי 2022
		שכבות בנט"ל	2022
		קומפילציית תמ"מים	
	רמ"י	רצף תכניות	
	משרד החקלאות	פשטי הצפה	
		גידולים חקלאיים, מבנים חקלאיים, מבני משק ולולים	
רשות ניקוז ונחלים שרון	תכנית האב של רשות הניקוז	שכבת נחלים, שכבת תתי אגנים ושכבת גבול אגן ראשי.	2009
	שכבת נחלי תמ"א 1 כולל עדכון על ידי רשות הניקוז.	שכבת נחלים	
	רשות הניקוז	מפעלי ניקוז	
	סקר רגישות אקולוגית	רגישות אקולוגית	2011
	רשות הניקוז - תיעוד מאירועי ההצפות בינואר 2013.	שכבת הצפות עבר	2013

התוצרים של שלב זה כוללים מפת נחלים ואגנים, מיפוי הצפות עבר, מיפוי מעבירי מים ומיפוי תכניות מפעלי ניקוז מאושרים (טבלה 2).

טבלה 2 - רשימת שכבות הממ"ג משלב 1 של העבודה

נושא השכבה	שם השכבה	סוג המידע	מקור
נחלים	Streams	שכבה קווית הכוללת נתוני: מיספור פלג רז, שמות, שטח אגן, אחוז שטח בנוי	רשות הניקוז (שכבות מתכנית האב, 2009) וטיוב המידע ע"י צוות התכנון
תתי אגנים	SubBasins	שכבה פוליגונלית הכוללת נתוני: מיספור פלג רז, שמות, שטח אגן, היקף אגן, אחוז שטח בנוי	
הצפות עבר	pastflooding polygon	שכבה פוליגונלית של היקף ההצפות	משרד החקלאות (שכבה ארצית) רשות הניקוז (מיפוי הצפות ינואר 2013)
מפעלי ניקוז	mifaley nikuz 2022	שכבה פוליגונלית הכוללת את פרטי מפעלי הניקוז המאושרים וכן מפעלי ניקוז בעבודה	משרד החקלאות (מפעלי ניקוז מאושרים) רשות הניקוז (מפעלי ניקוז בעבודה ומאושרים)
רגישות אקולוגית	poleg_eco	שכבה קווית של סקר רגישות האקולוגית שנערך בשנת 2011 בשטחי הרשות	רשות הניקוז

1.1 נחל פולג – תיאור פיזיוגרפי והידרולוגי של האגן

נחל פולג הוא נחל אכזב, אורכו 19 ק"מ והוא מנקז אגן היקוות בגודל של כ - 120 קמ"ר. בניגוד לשאר נחלי החוף הוא אינו כולל שטח הררי וכל שטחו בגבולות רשות ניקוז שרון (מפה 1). במורד הנחל, מכביש 2 לים, יש מים שמקורם במי תהום גבוהים ומי ים החודרים לשפך הנחל. לפעמים מוזרמים קולחים לנחל אך מרבית הזיהומים שהוזרמו בעבר הופסקו. היובלים העיקריים הם אודים (9.5 ק"מ), רשפון (7 ק"מ), דרור (4 ק"מ), ורעננה (5.8 ק"מ).

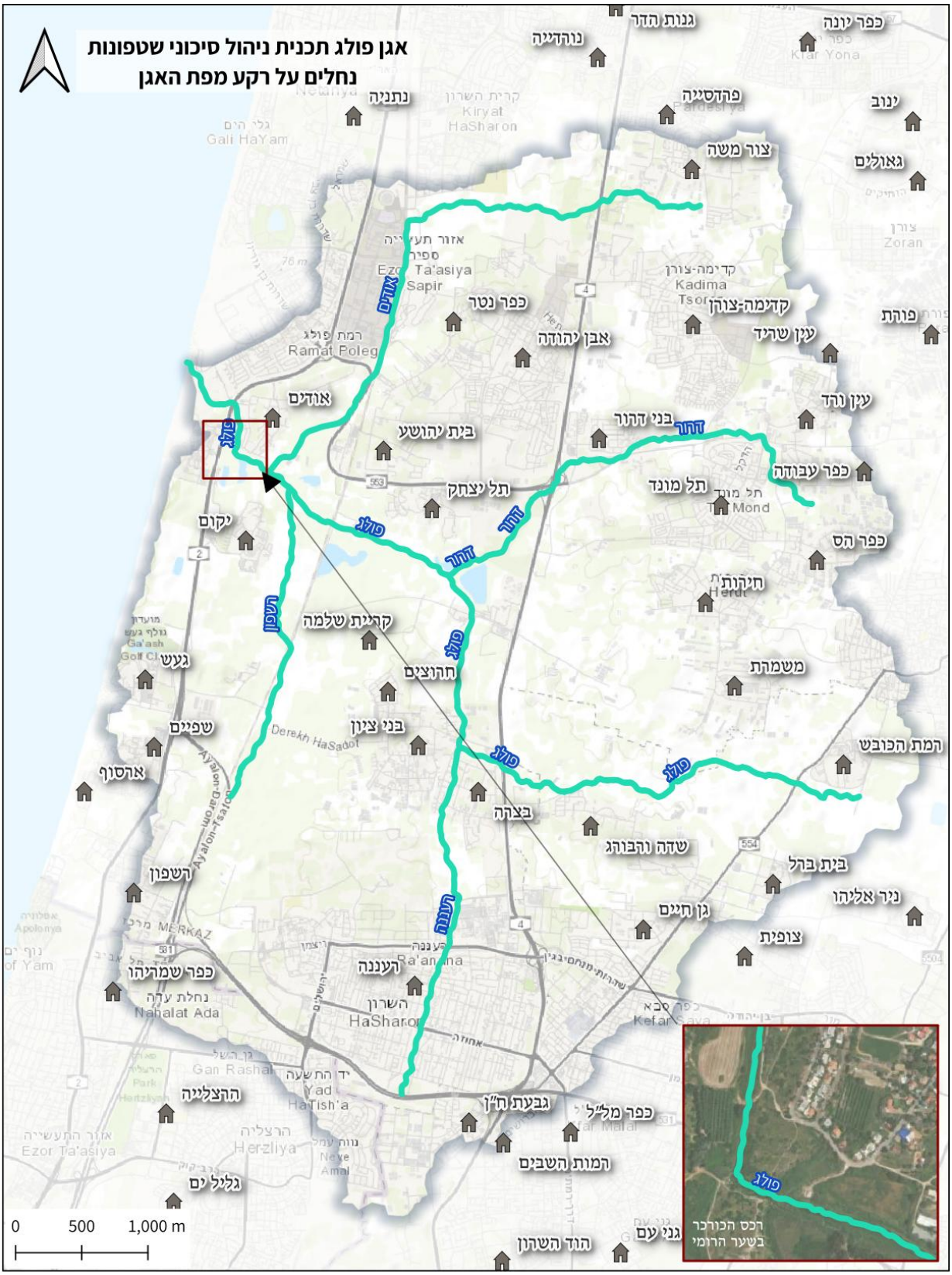
מאזור טירה מערבה הוא חוצה את רכסי הכורכר בדרכו אל הים ויוצר עמק רחב, שהיה בעבר ביצתי. מוצא הנחל לים נוצר על ידי חציבה ברכס הכורכר שבוצעה בהדרגה לאורך ההיסטוריה. עד היום נוצרות הצפות בסופות גשם חזקות עקב רוחבה המוגבל של הפרצה, המכונה גם "השער הרומי". לאחר חציית רכס הכורכר המערבי הנחל נשפך לים, בין נתניה למכון וינגייט. השפך הוא באזור חולי רחב.

ריכוזי אוכלוסיה גדולים באגן נחל פולג נמצאים בעיקר בשולי האגן וכוללים את חלקה הדרומי של נתניה, אבן יהודה, קדימה-צורן, הקצה המערבי של טירה, ורעננה. אזור מרכז האגן מאופיין בשטחים חקלאיים רבים וישובים קטנים.

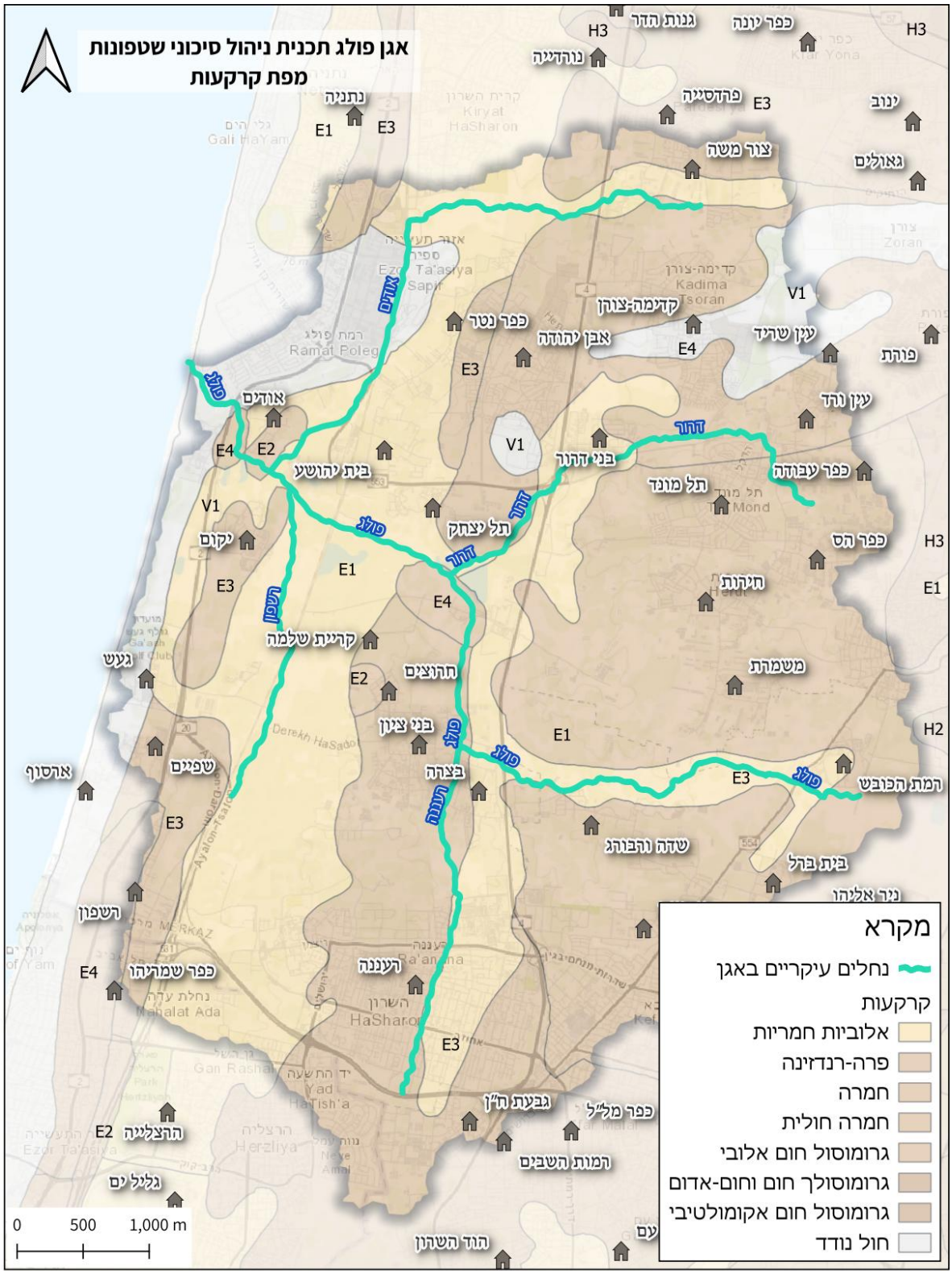
אגן נחל פולג כולל את מרביבי הנוף האופייניים למישור החוף: אזור המרזבה בו אדמות סחף, גבעות חמרה, שלושה רכסי כורכר וביניהם מרזבות ואזור חולות החוף. הקרקעות הנפוצות באגן הן קרקעות חמרה המסווגות כחול חרסיתי, וקרקעות חרסיתיות אלוביאליות הנפוצות לאורך הנחלים בקטע המישורי של האגן ובפשטי ההצפה של הנחלים. באזורים המוצפים יש קרקעות חרסיתיות עשירות בחומר אורגני (מפה 2). ממוצע הגשם הרב שנתי

באגן הוא 550 מ"מ, לפי תחנת געש. בנקודות אחדות בשטח נותרו גבעות בורכר קטנות בהן השתמר צומח טבעי אופייני.

מפה 1 - נחלים עיקריים וישובים באגן הפולג



מפה 2 - קרקעות באגן הפולג



02.01.2024
11230_DA_Sharon\GIS\01-Projects\Afik-HD-11230-4001.qgz
Layout: מפה פיסית

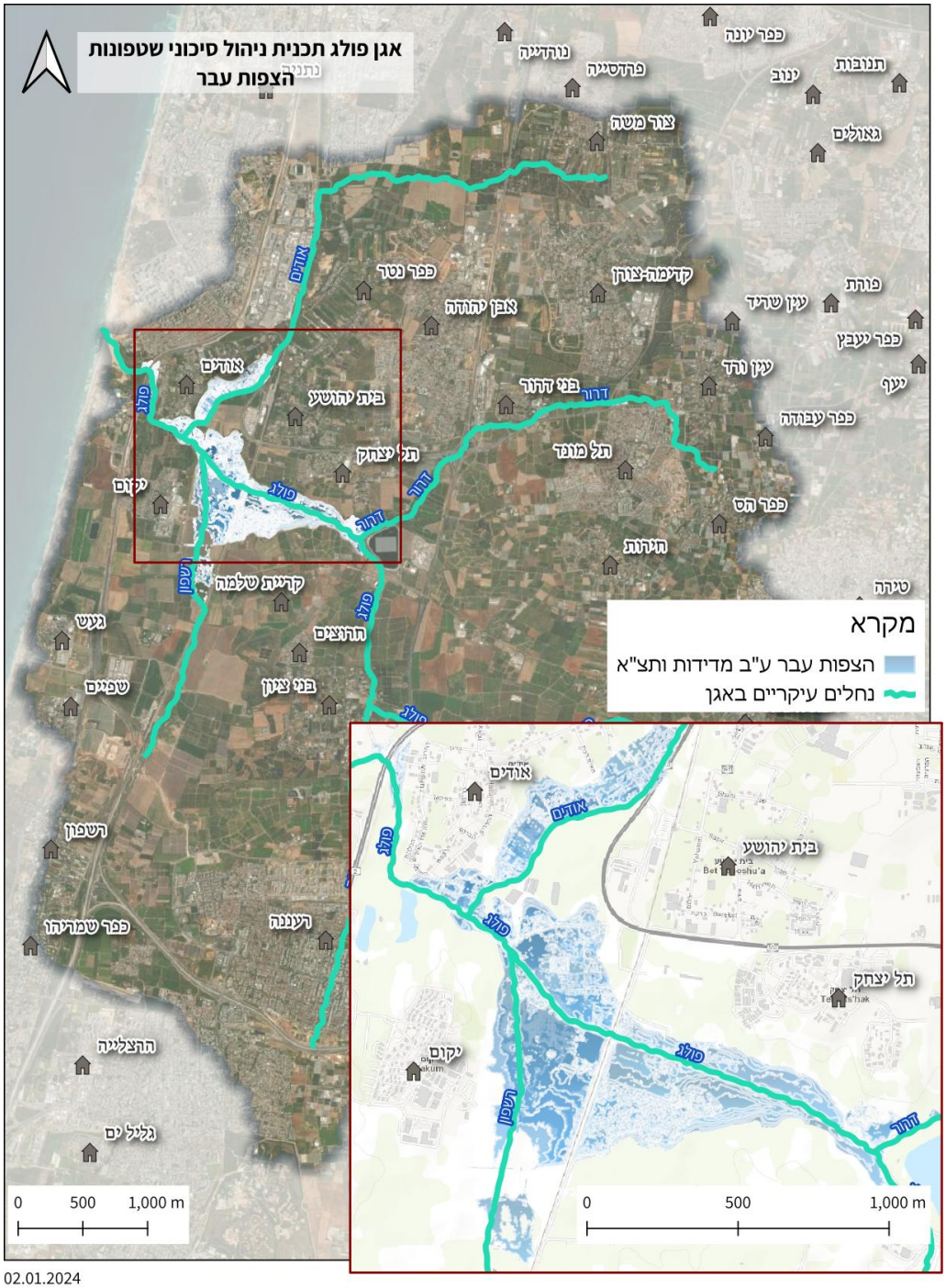
1.2 הצפות עבר

מידע על הצפות עבר התקבל מרשות הניקוז ומשכבת הצפות עבר של משרד החקלאות.

חלקים נרחבים מאגן הפולג נמצאים תחת סכנת הצפות ולכן העבודה הנוכחית כוללת את כל נחלי האגן.

עיקר ההצפות באגן מתרחשות ב"ליבת הפולג" – בין השער הרומי במערב (המהווה בפועל מעין סכר) ולאורך נחל רשפון ונחל פולג עד המפגש עם נחל דרור (מפה 3).

מפה 3 - מפת הצפות עבר



02.01.2024
11230_DA_Sharon\GIS\01-Projects\Afik-HD-11230-4001.qgz
Layout: פולג - הצפות

תמונה 1 – הצפה בנחל פולג, אוקטובר 2015 מבט מהשער הרומי לכיוון מעלה הנחל



צילום: ר"נ שרון

1.3 מפעלי ניקוז

רשות הניקוז פועלת להגנה מפני שטפונות באמצעות מפעלי ניקוז. תכניות אלה כוללות הסדרת נחלים ויצירת אתרי השהייה וויסות. מפעלי ניקוז בולטים מהשנים האחרונות כוללים את מפעל הניקוז במקטע של נחל רשפון שבוצע בשיתוף עם רכבת ישראל ואושר לאחרונה; ומפעל הניקוז בנחל קדימה שאושר בספטמבר 2025.

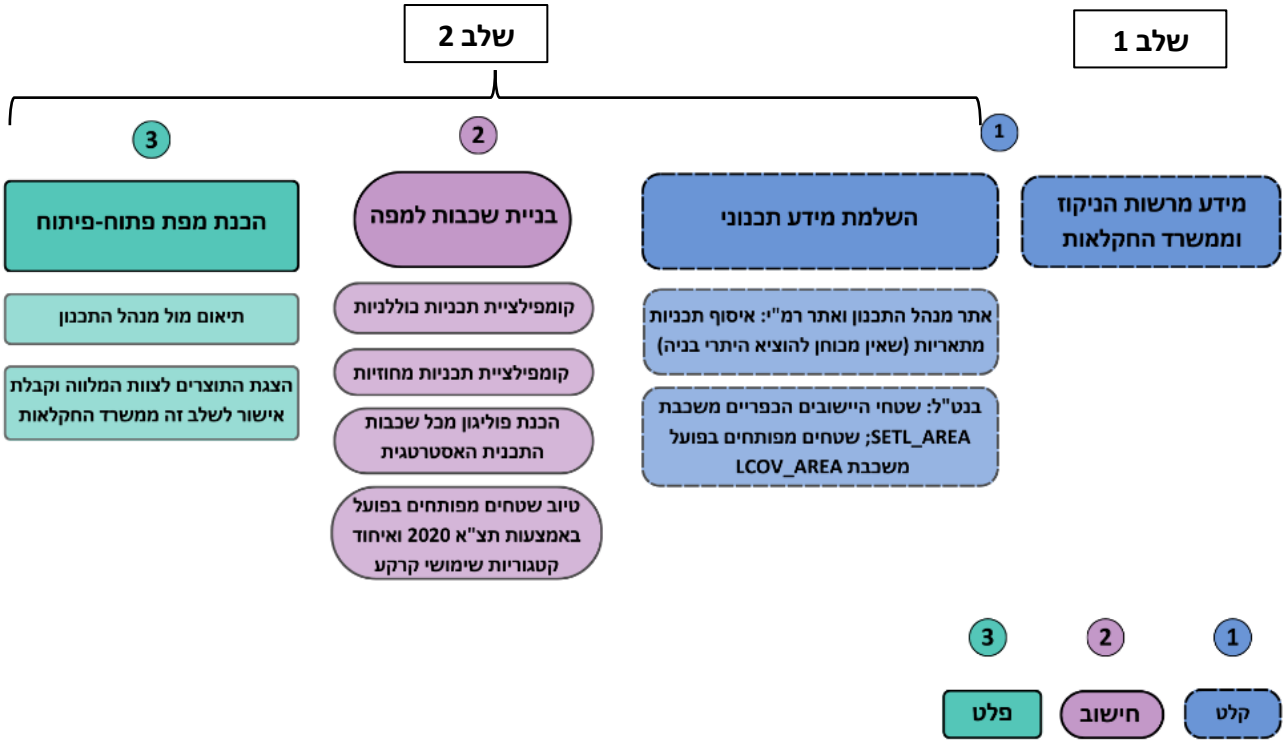
מפעלי הניקוז שמקדמת הרשות בשנים האחרונות מבוססים על תפיסת הנחל כמכלול – השאיפה היא ליצור מפעל לאורך כל הנחל ולא לטפל רק בבעיות נקודתיות.

2 מפת פתוח - פיתוח

מטרתו של שלב זה היא איסוף וריכוז מידע קיים - שכבות מידע, תכניות קיימות לפי ישובים וברשויות השונות באגן, תכניות עתידיות - ושילובן לקבלת תמונה מלאה על יעודי קרקע עכשויים ועתידיים.

שלבי הכנת המפה מוצגים בתרשים 3 ומפורטים בסעיף 2.1.

תרשים 3 – דרך העבודה לשלב 2 – הכנת מפת פתוח-פיתוח



2.1 הכנת מפתח פתוח-פיתוח

למידע שנקלט ממשרד החקלאות בשלב 1 של העבודה נוספו שכבות מידע מאתר מנהל התכנון ומאתר רמ"י.

קומפילציית תכניות כוללניות: הורדו מאתר מנהל התכנון ואתר של רמ"י, תכניות כוללניות ותכניות מתאר כוללניות - רק תכניות שאין מכוחן להוציא היתרי בנייה (נספח 1). נעשה תיאום מול מנהל התכנון מחוז מרכז ותל אביב. נבנתה שכבה של קומפילציית תכניות כוללניות.

כהשלמה לשטחי הפיתוח העירוניים ושטחי התעסוקה בתמ"מ הוספו שטחי היישובים הכפריים משכבת SETL_AREA בבנט"ל לקומפילציה התכניות המחוזיות.

תכנית אסטרטגית לדיור ולתעסוקה 2040: נלקחו כל השכבות מהתכנית האסטרטגית בפרקים הדיור והתעסוקה.

שטחים מפותחים בפועל: נלקחה שכבת LCOV_AREA משכבות הבנט"ל. השכבה עברה טיוב אל מול תצ"א עדכני משנת 2020 של רשות הניקוז. קטגוריית שימושי הקרקע אוחדו:

- תכסית שטח מבונה כולל את הקטגוריות: גינה/מדשאה ותכסית שטח מבונה.
- חציבה/חול כולל את הקטגוריות: חציבה/כרייה פעילה ושטח חולי, דיונות.

- חקלאות כולל את הקטגוריות: כרם/גפנים, מטע עצי זית/כרם זיתים, מטע עצי פרי - בננות, מטע עצי פרי - כללי, מטע תמרים/דקלים, שטח מעובד.
- עשבים/בתה כולל את הקטגוריות: עשבים/בתה, קרקע חשופה, שטח בור, שטח מופר, שיחים/גריגה.
- שטח סלעי כולל את הקטגוריות: שטח סלעי.
- אחר כולל את הקטגוריות: יער וחורש בגובה 2-6 מטר - בינוני, יער וחורש בגובה 2-6 מטר - דליל, יער וחורש בגובה 2-6 מטר - צפוף, יער וחורש גבוה מ-6 מטר - בינוני, יער וחורש גבוה מ-6 מטר - דליל, יער וחורש גבוה מ-6 מטר - צפוף וסחף נחלים פעיל.

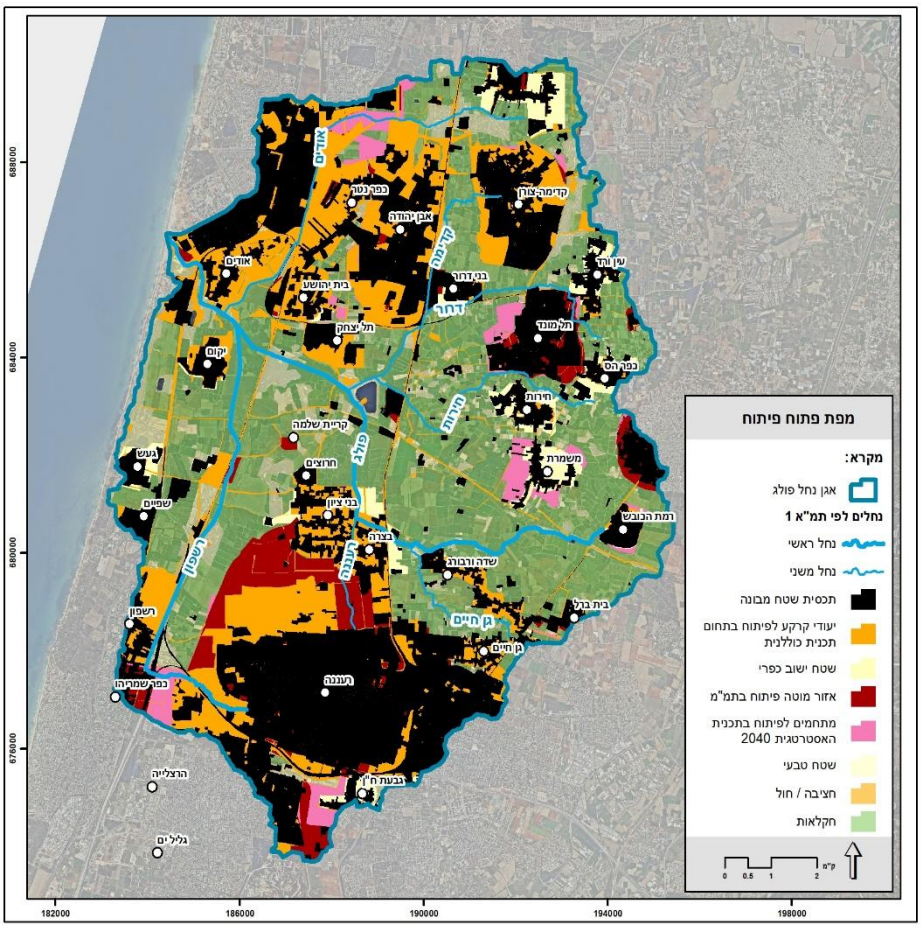
2.2 ניתוח המצב העתידי באגן הפולג

כפי שניתן לראות במפה 4, מזרח וצפון אגן פולג מאופיינים בהתיישבות חקלאית. גם במבט קדימה נראה כי תישמר רצועה חקלאית לאורך נחל הפולג בין רמת הכובש ובית ברל במזרח ועד השער הרומי.

אגן נחל רשפון בדרום ודרום מזרח אגן הפולג מאופיין כבר כיום בהתיישבות עירונית – הרצליה ורעננה – שצפויות לגדול בעתיד הקרוב, בעיקר במערב רעננה על חשבון שטחים חקלאיים באגן רשפון.

תכנית המתאר של מועצה אזורית חוף השרון חש/2/10 הינה משנות ה – 70' וכיום עובדים על תכנית כוללנית חדשה למועצה. לפי התכנית המאושרת, שטחי החקלאות במשולש אודים-בית יהושע-כפר נטר וכן אזור רשפון מוגדרים כ"אזור יישוב חקלאי" ולכן – בהתאם להנחיות המתודולוגיה - סומנו בשלב זה כפיתוח.

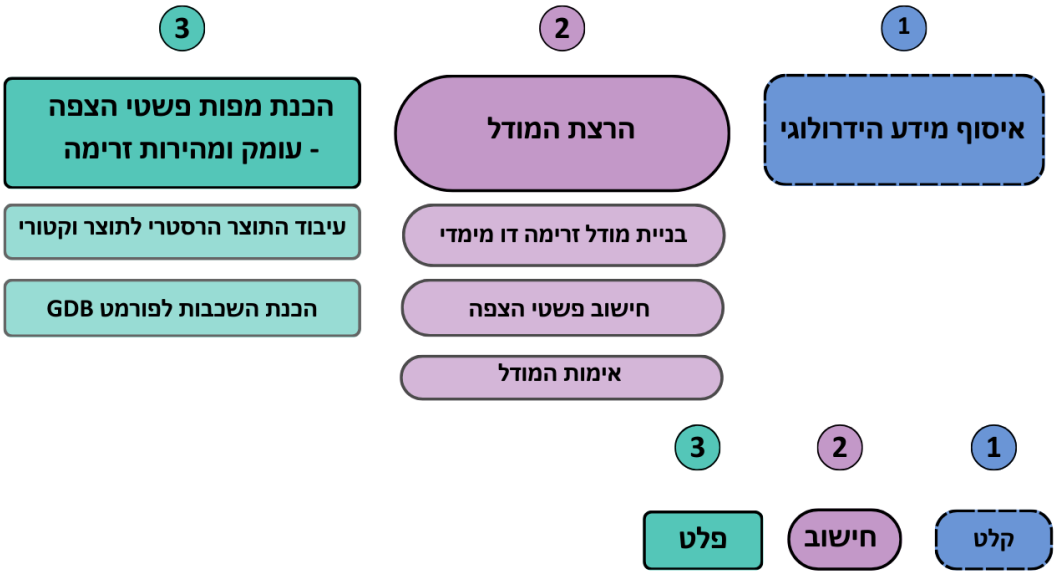
מפה 4 - פתוח-פיתוח



3 מפות הצפה צופות פני עתיד

מטרת שלב 3 של העבודה הינה יצירת מודל מעודכן של פשטי הצפה, שישמשו כבסיס להגדרת אזורי הסכנה ולהערכת הנזק. בתרשים 4 מסוכמת דרך העבודה של שלב זה.

תרשים 4 - דרך העבודה לשלב 3 הכנת מפות הצפה



3.1 איסוף מידע הידרולוגי

איסוף המידע כלל:

- איסוף וניתוח מידע מתחנות הידרומטריות (טבלה 3).
- איסוף וניתוח נתונים חישובי ספיקות מתכניות קודמות (נספח 2).
- סיור באגן עם צוות רשות הניקוז (נספח 3).

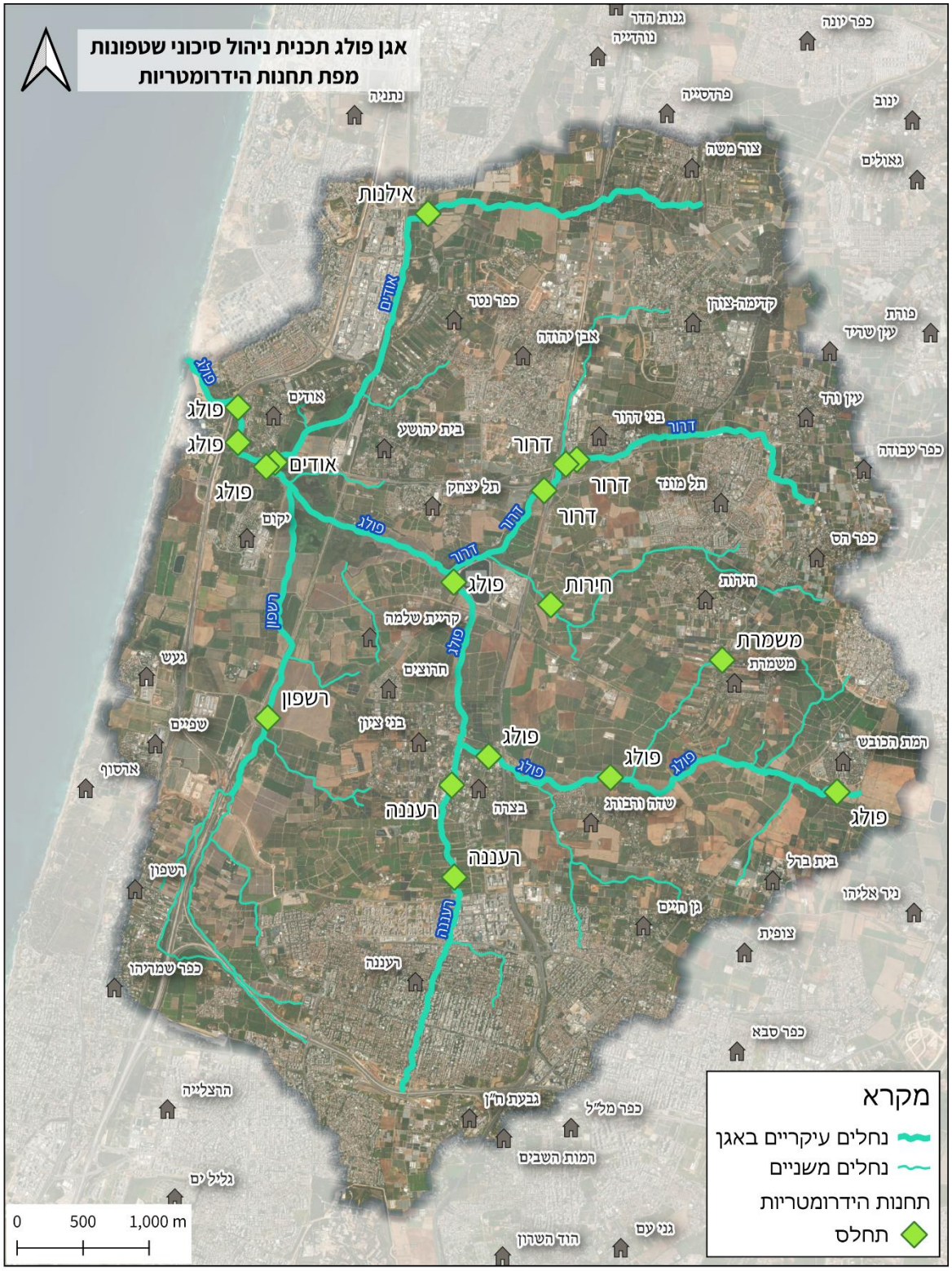
מידע על תחנות הידרומטריות של רשות המים התקבל מיניב סויבלמן מאגף מים עיליים ברשות המים ומאתר המידע הממשלתי. מידע מתחנות של התחנה לחקר הסחף התקבל מאלון רונן מהתחל"ס. צוות התכנון מודה לשניהם על העזרה הרבה.

טבלה 3 - תחנות הידרומטריות ומדידות אקראיות באגן הפולג

שם הנחל	פלג רז	סוג המדידה	ספיקת שיא מדודה (מ"ק/שניה)	תאריך אירוע השיא	שם התחנה/ האגן	מס' תחנה	שנות מדידה	שטח (קמ"ר)	אורך האפיק (קמ"ר)	שיפוע
אילנות	0201	תחנות מדידה	16	6-9/1/2013	אילנות	15/02-16	1986-2013	7.5	7.7	0.007
משמרת			0.7	2-4/1/1981	משמרת	16/0509	1980-1987	0.3		
פולג	05		65	4-8/1/2013	חאבל	16/05	1979-	24	7.1	0.007
רעננה	0501		41.5	25-30/10/2015	רעננה מעלה	16/0402	1982-	10.1	3.5	0.009
רעננה	0501		52	4-10/1/2013	רעננה בצרה	16/0401	1979-	15.7	4.8	0.008
חירות	04021		15		חרות	16/03021	1979-1990	7.2	4.9	0.007
דרור	0402		25	29/11-5/12/1994	דרור	16/0303	1979-1996	21	5.6	0.012
דרור	0403		25		דרור-1	16/0303a	1995-2013	8.9	4.9	
דרור	0403		9	5/1/2018	דרור מחלף	16/0304	2014-	9.9	5	0.007
פולג	04		100	2013	פולג 40	16/03	2014-2021	46.1	9.8	0.004
רשפון	0301		56.5	3/12/1991	רשפון	16/0201	1979-	17.1	7	0.005
אודים	0201		5.3		אודים	16/019	1979-1987	5.1	4.2	
פולג	01		48		פולג מורד	16/02	2005-2012	110	12.8	0.005
פולג	01		50.7	26-29/1/2000	פולג	16/01	1979-2005	114.2	12.8	0.005

שם הנחל	פלג רז	סוג המדידה	ספיקת שיא מדודה (מ"ק/שניה)	תאריך אירוע השיא	שם התחנה/ האגן	מס' תחנה	שנות מדידה	שטח (קמ"ר)	אורך האפיק (קמ"ר)	שיפוע
פולג	01		38.8	5/12/2018	פולג קינט	16/011	2013-	129	12.7	0.003
פולג	06		36	2013/01/04	חאבל 14	16/051	2010-	14.2	4.2	0.006
פולג	06		3	3-7/12/2001	רמת הכובש	16/0501	2001-2005	0.8	1.2	0.012
פולג	06	מדידה אקראית, אירועי קיצון	52	15/3/1997						
פולג	06		17.5	30/10/2009	חאבל 7			7.3		
פולג	06		18	30/10/2009	חאבל 10			10		
פולג	06		37	30/10/2009	חאבל 15			15		
דרור	0402		16	30/10/2009	מורד כביש 4			11		
קדימה	04031		6	30/10/2009	תעלת אבן יהודה			3		
חירות	04021		12	30/10/2009	חרות			9		

מפה 5 – תחנות הידרומטריות באגן הפולג



05.02.2025
11230_DA_Sharon\GIS\01-Projects\Afik-HD-11230-4001.qgz
Layout: מפה פיסית

3.2 שיטות לחישוב ספיקות באגן הפולג

חישוב ספיקות באגן הפולג בוצע באמצעות שתי שיטות, בהתאם לשטח האגן ולאופי שימושי הקרקע העיקריים שבו (בנוי / פתוח). השיטה העיקרית הינה קו מעטפת של ספיקות סגוליות.

3.2.1 ספיקה סגולית

שיטה לחישוב ספיקה שמבוססת על ספיקות שיא מדודות או מחושבות באגנים בגדלים שונים. הספיקה הסגולית הינה התוצאה המתקבלת מחלוקת הספיקה (מדודה או מחושבת) בגודל האגן והיא ביחידות של מ"ק/שניה/קמ"ר. את הנתונים של ספיקה סגולית וגודל האגנים ניתן לייצג באופן גרפי ולהתאים משוואה כך שאיתה ניתן לחשב ספיקה סגולית עבור כל גודל אגן. הכפלה של התוצאה הזו שוב בגודל האגן תיתן את הספיקה עבור אותו אגן.

שיטה זו מומלצת במיוחד באזורים בהם הספיקה הסגולית משתנה באופן משמעותי כפונקציה של גודל אגן הניקוז בגלל תנאים משתנים להיווצרות הנגר - גם תנאים מטאורולוגיים וגם מאפיינים של אגן הניקוז. מקובל להשתמש בערך של ספיקה סגולית להשוואה בין משטר זרימה באגני ניקוז בגודל שונה.

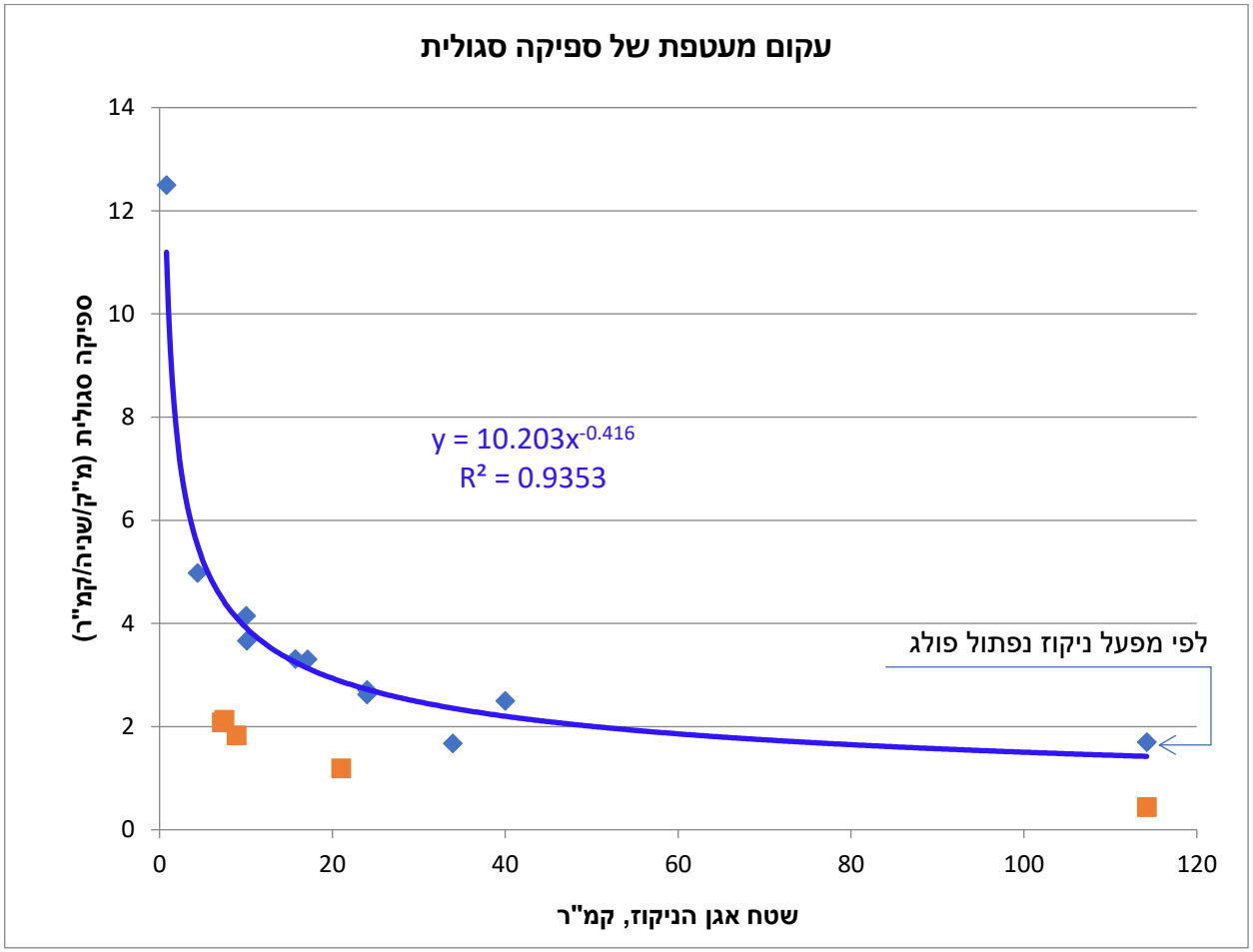
באופן כללי, אגני הניקוז בישראל מאופיינים בירידה בספיקה הסגולית עם עליה בשטח אגן הניקוז, לכן לא ניתן להשתמש בערך אחיד של ספיקה סגולית עבור כל האגנים ולא אפילו אגנים בטווח מסוים.

על מנת ליישם את השיטה לאגן פולג, בנינו קו מעטפת של הספיקה הסגולית על סמך מדידות של ספיקות ברחבי אגן הפולג (טבלה 3 לעיל). עקום מעטפת מתאר את הספיקה הסגולית הגבוהה ביותר (מעויינים כחולים בגרף 1). נקודות שנופלות מתחת לעקום (ריבועים כתומים בגרף 1) לא נכנסו לעקום, מאחר ומטרתו לייצר ספיקות סגוליות מירביות. האגנים הקטנים בגרף 1 להלן הינם ברובם אגנים עירוניים, בעלי ספיקה סגולית גבוהה; האגן בעל השטח הגדול ביותר בגרף הוא בפולג סמוך לשער הרומי ליד מושב אודים, כאשר הספיקה הסגולית בנקודה זו - 1.7 מ"ק/שניה/קמ"ר - מבוססת על חישובים שנעשו במסגרת תכנית מפעל הניקוז של מעקף השער הרומי (לביא נטיף, 2016). משטח של כ 110 קמ"ר ומעלה, הוחלט לבחור בערך זה כערך קבוע ללא תלות בגודל האגן. הנחת העבודה הינה כי העקום מייצג ספיקות סגוליות בהסתברות 1% וכך באמצעות הקשר בין שטח האגן ובין הספיקה הסגולית, ניתן לחשב את הספיקה בהסתברות זו עבור כל תת אגן באזור העבודה:

$$Q_{1\%} = A \times 10.203 \times A^{-0.416}$$

כאשר A הינו שטח תת האגן. ההכפלה בשטח האגן נעשית פעמיים על מנת לקבל את הספיקה (מ"ק/שניה) ולא רק את הספיקה הסגולית.

גרף 1 - עקום מעטפת של ספיקות סגוליות לאגן הפולג



דרך עבודה זו מתאימה לחישוב ספיקות במרבית שטח הפולג. עם זאת, עבור אגנים קטנים מאד (פחות מ 5 קמ"ר) שמאופיינים בבינוי רב או בחקלאות של חממות, חושבו הספיקות באמצעות הנוסחה הרציונלית, שכן זו לוקחת בחשבון מקדמי נגר – שעבור אגנים מבונים הם משמעותיים ביצירת ספיקות גבוהות. בשיטה הרציונלית השתמשנו לחישוב ספיקות בתתי אגנים בשטח של עד 2.5 קמ"ר באגן מקומי רשפון.

3.2.2 השיטה הרציונאלית

מניחה עוצמת גשם אחידה במרחב ולכן מתאימה לאגנים קטנים. הנוסחה מבוססת על הקשר שטח האגן, עוצמת הגשם והמאפיינים הפיזיוגרפיים של השטח:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Q = ספיקה (מ"ק\שנייה).

C = מקדם הנגר העילי שהוא היחס בין הנגר לעובי הגשם באגן.

I = עוצמת הגשם (מ"מ\שנייה), מחושבת לפי זמן הריכוז ואיזור גיאוגרפי.

A = שטח האגן (קמ"ר).

זמן הריכוז מחושב לפי:

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

T= משך זמן הריכוז (דקות).

L = אורך האפיק (ק"מ).

S = שיפוע ממוצע של האפיק המחושב בין שתי נקודות – נקודה ראשונה במרחק של 10% מראשית האפיק ונקודה שניה במרחק של 85% מראשית האפיק.

זמן הריכוז המינימלי לחישוב עוצמת הגשם הוא 10 דקות.

דרך העבודה שתוארה לעיל אושרה מול משרד החקלאות ורשות המים בישיבה מתאריך 31.5.23. בישיבה השתתפו:

בני יעקבי, ריקי קטנר – אגף שימור קרקע וניקוז במשרד החקלאות

איל זיגל, יניב סויבלמן - אגף מים עיליים והידרומטאורולוגיה, השירות ההידרולוגי, רשות המים

ניסים אלמון, רן פרחי, דרור אפשטיין, פיליפ רובינזפט – רשות ניקוז ונחלים שרון,

יוליה אלכסנדרוב, חגית וינר – אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה

3.2.3 מעבר מהסתברות 1% להסתברויות אחרות

חישוב ספיקות בהסתברויות אחרות (2%, 5%, 10% ו – 20%) נעשה באמצעות הכפלה במקדם מעבר מהסתברות 1% להסתברות הרצויה. מקדמי המעבר נקבעו בהתאם ליחס ההסתברויות שהתקבל ממודל פולגט. המודל משתמש בסטטיסטיקה של נתוני ספיקה מדודים בנחלים על פי איזורים ומאפייני קרקע שונים בארץ. המודל מתאים לאגנים הגדולים מ-1 קמ"ר.

3.3 חישוב הידרוגרף

הידרוגרף הינו הקשר בין זמן לבין ספיקה והוא משמש כקלט של המודל ההידראולי HEC RAS לחישוב פשטי ההצפה. הידרוגרפים לנחלי אגן הפולג נבנו עבור אגנים גדולים (מעל 40 קמ"ר) ואגנים קטנים, ראשית להסתברות 1%. הידרוגרף לאגן גדול הינו דו גלי ומשך אירוע 30 שעות והידרוגרף לאגן קטן הינו עם גל אחד ומשכו 24 שעות. על בסיס ההידרוגרפים להסתברות 1% נבנו הידרוגרפים להסתברויות האחרות.

3.3.1 הידרוגרף לאגנים גדולים (מעל 50 קמ"ר)

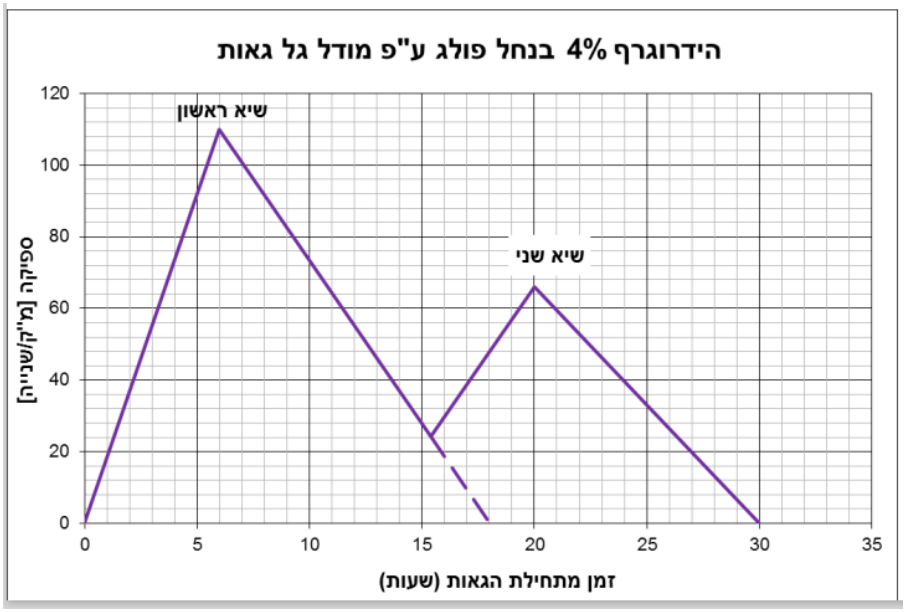
ההידרוגרף בהסתברות 1% באירוע סופתי באגן נחל פולג נבנה בהתבסס על החישובים במפעל הניקוז "נפתול נחל הפולג – מעקף דרומי לשער הרומאי" של לביא-נטיף מתאריך 02/2016. עבודה זו אושרה ע"י אגף שימור קרקע וניקוז.

בעבודה של לביא-נטיף נבנה הידרוגרף להסתברות 4% בעל 2 שיאים ע"פ מודל גל-גאות של התחנה לחקר הסחף (גרף 2).

ההידרוגרף המוצג בגרף 2 משמש עבור אגנים הגדולים מ-50 קמ"ר. השיא הראשון הוא ספיקת התכן בהסתברות הרצויה (1% עבור הרצות לתקופת חזרה של 1:100 שנה; 5% עבור הרצות לתקופת חזרה של 1:20 שנה וכו'); השיא השני נקבע לפי יחס של 1.69 שהוא היחס בין השיא הראשון לשיא השני בהידרוגרף תכנית מפעל הניקוז של מעקף השער הרומי (לביא נטיף, 2016).

נפח ההידרוגרף שהתקבל להסתברות 1% הינו כ – 10.7 מלמ"ק ומתאים לאירוע סופתי של 1% באגן פולג על סמך נתוני מפעל הניקוז "נפתול נחל הפולג – מעקף דרומי לשער הרומי".

גרף 2 - הידרוגרף 4% לשער הרומי, לביא נטיף 2016



בהתבסס על צורת הידרוגרף 4% וספיקות מאושרות ממפעל הניקוז ,יצרנו הידרוגרף לאגן גדול להסתברות 1%

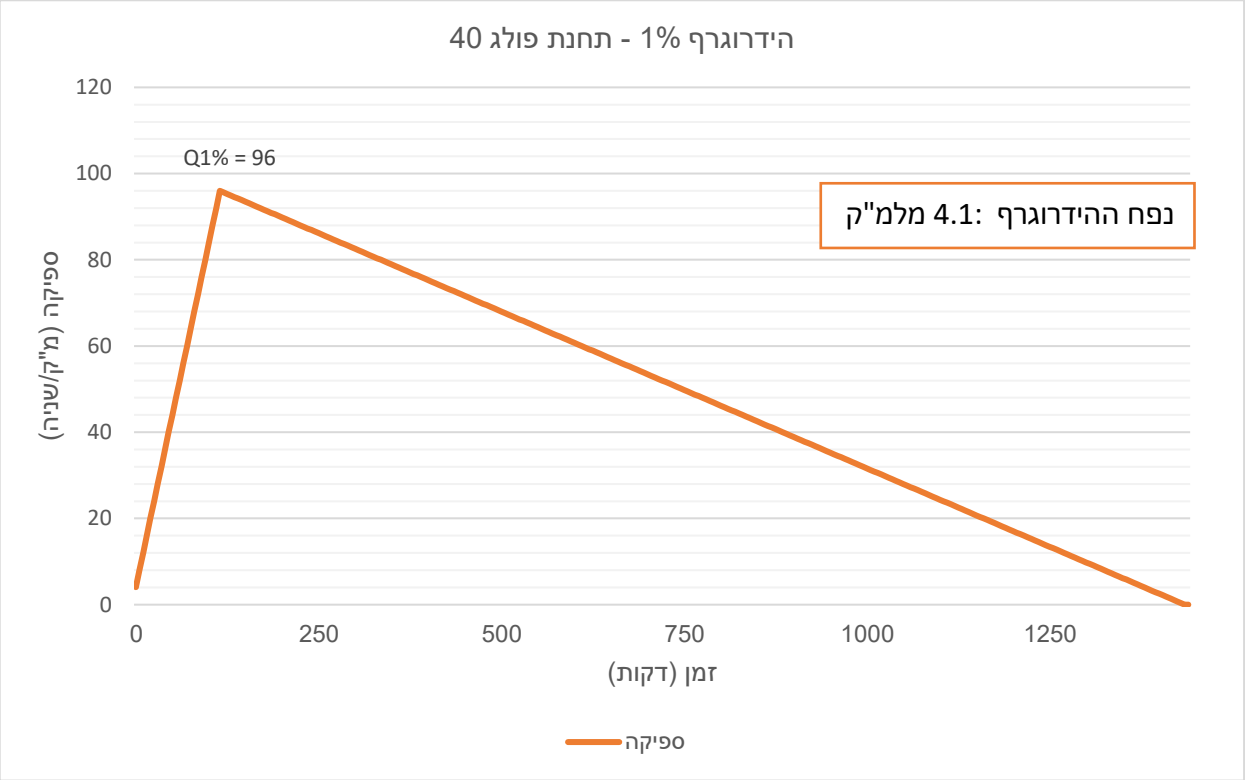
גרף 3 - הידרוגרף להסתברות 1% בשער הרומי



3.3.2 הידרוגרף לאגנים קטנים

עבור אגנים הקטנים מ-50 קמ"ר הוכן הידרוגרף בעל שיא אחד, אורכו כ-24 שעות. בגרף 4 מוצג הידרוגרף עבור תחנת פולג 40.

גרף 4 - הידרוגרף בעל גל אחד לאגנים קטנים



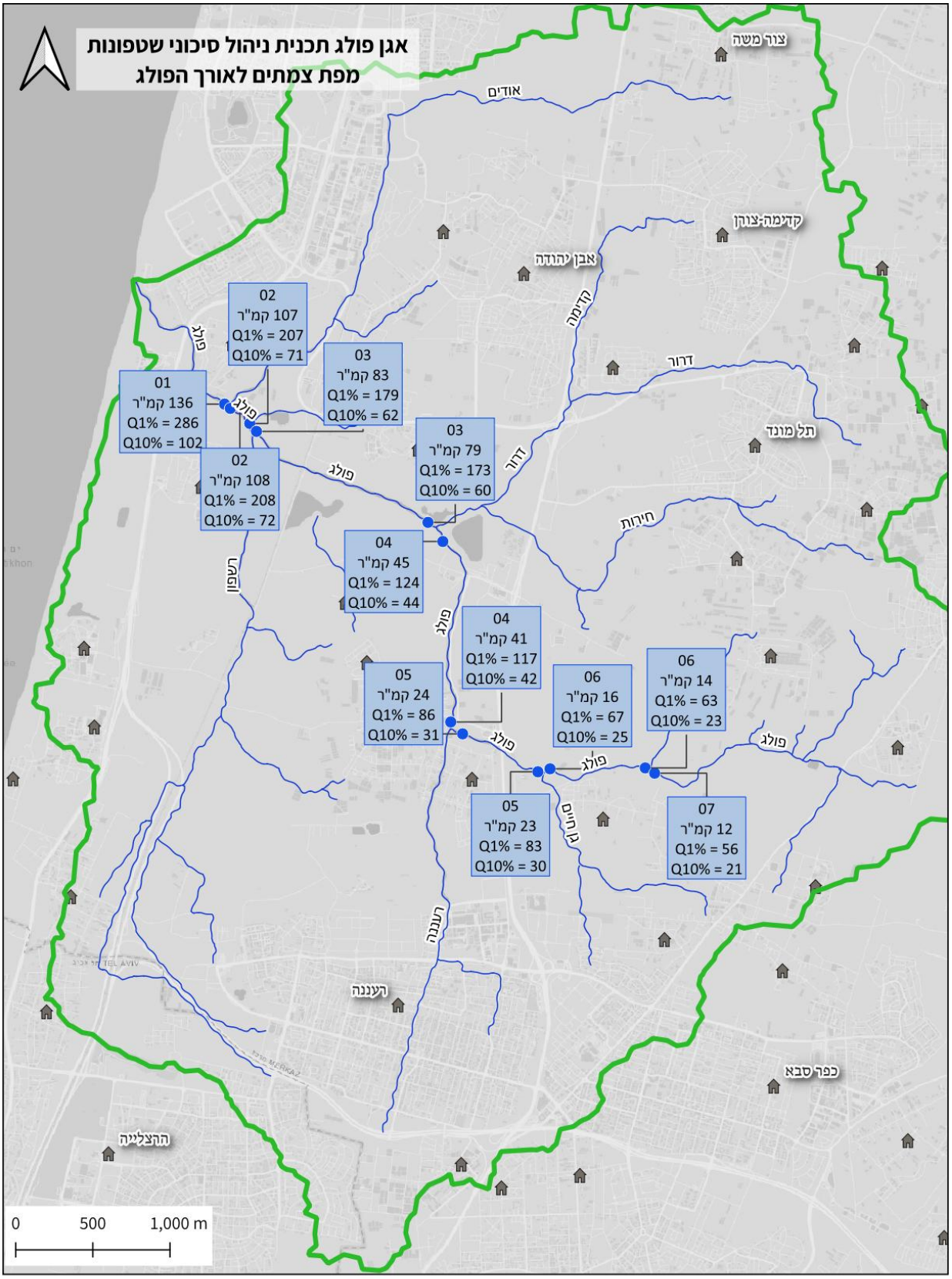
כל ההידרוגרפים שנבנו במסגרת העבודה מצורפים כקבצי אקסל.

3.4 ספיקות שיא ונפח הידרוגרפים מחושבים לאגן הפולג

טבלה 4 – ספיקות ונפחים בנקודות ריכוז (צמתים) באגן הפולג

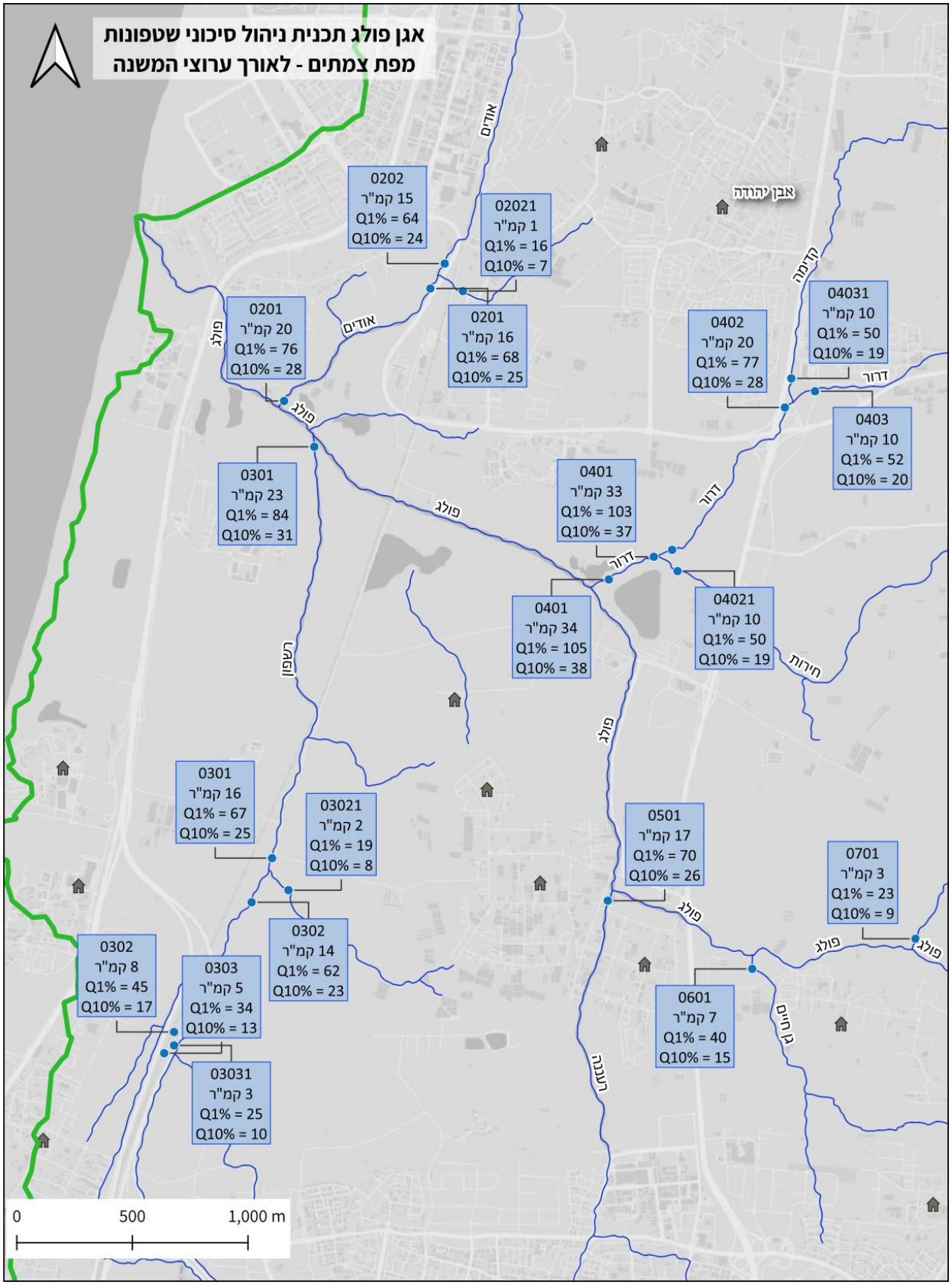
ספיקות ונפחים באגן הפולג											
נחל	פלג רז	שטח (קמ"ר)	ספיקת שיא (מ"ק/שנייה)				נפח היידרוגרף (מלמ"ק)				
			1%	2%	5%	10%	20%	1%	2%	5%	10%	20%
פולג	01	136	286	178	79	117	47	14.0	11.3	7.4	5.0	2.9
אודים	0201	20	76	60	41	28	17	3.3	2.6	1.7	1.2	0.8
פולג	02	108	208	161	107	72	43	10.8	8.3	5.5	3.7	2.2
פולג	03	83	179	139	92	62	37	9.2	7.1	4.7	3.2	1.9
רשפון	0301	23	84	66	45	31	19	3.6	2.8	1.9	1.3	0.8
דרור	0401	34	105	82	55	38	23	4.5	3.5	2.4	1.6	1.0
פולג	04	45	124	97	65	44	27	5.4	4.2	2.8	1.9	1.1
דרור	0402	23	84	66	45	31	19	3.6	2.8	1.9	1.3	0.8
חירות	04021	10	50	40	27	19	12	2.1	1.7	1.1	0.8	0.5
דרור	0403	10	52	41	28	20	12	2.2	1.8	1.2	0.8	0.5
קדימה	04031	10	50	40	27	19	12	2.1	1.7	1.1	0.8	0.5
רעננה	0501	17	70	55	37	26	16	3.0	2.4	1.6	1.1	0.7
פולג	05	24	86	67	45	31	19	3.7	2.9	1.9	1.3	0.8
פולג	06	16	67	53	36	25	15	2.9	2.9	1.5	1.1	0.6
גן חיים	0601	7	40	32	22	15	10	1.7	1.4	1.0	0.7	0.4
פולג	07	12	56	44	30	21	13	2.4	1.9	1.3	0.9	0.6
יובל משמרת	0701	3	23	18	13	9	6	1.0	0.8	0.5	0.4	0.3
מטעי שפיים געש	03021	2	19	16	11	8	5	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2
רשפון	0302	14	62	49	34	23	14	2.7	2.1	1.4	1.0	0.6
רשפון	0303	5	34	27	19	13	8	1.5	1.1	0.8	0.6	0.4
תעלה B רשפון	03031	3	25	20	14	10	6	1.0	0.9	0.6	0.4	0.3
יובל אודים	02021	1	16	13	9	7	4	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2
אודים	0202	15	64	51	35	24	15	2.8	2.3	1.5	1.0	0.6

מפה 6 – צמתים לאורך נחל הפולג



23.10.2025
11230_DA_Sharon\GIS\01-Projects\Afik-HD-11230-4001.qgz
Layout: פולג - צמתים

מפה 7 – צמתים לאורך יובלים של נחל הפולג



23.10.2025
11230_DA_Sharon\GIS\01-Projects\Afik-HD-11230-4001.qgz
Layout: פולג - צמתים

3.5 בניית המודל ההידראולי

חישוב פשטי ההצפה באגן נעשה בתוכנת HEC-RAS (Hydrology Engineering Center - River Analysis System) גרסה 6.

3.5.1 סוג המודל ותוצרים

סוג המודל הינו מודל דו-מימדי. החישוב של פשטי ההצפה בהסתברויות השונות התבצע בנפרד עבור כל מקטע נחל. תוצרי המודל כוללים:

- ראסטר עומק הצפה מקסימלי
- ראסטר מהירות זרימה מקסימלית

3.5.2 בניית המודל

בניית מודל ב HEC-RAS כוללת מספר שלבים מרכזיים שנועדו להבטיח סימולציה אמינה ויציבה של הזרימה. תחילה, יש להגדיר את הגאומטריה של המודל באמצעות אזורי זרימה דו-ממדיים (2D Flow Areas), הכנסת נתונים אודות גשרים ומעבירי מים, והגדרת תשתית הנתונים הטופוגרפיים (terrain) באמצעות מודל דיגיטלי של השטח.

לכל אזור זרימה דו-ממדי קובעים סף הכניסה (הידרוגרף) ואת מיקום התחלת נקודת הזרימה ואת תנאי הסף לגבול היציאה של המודל.

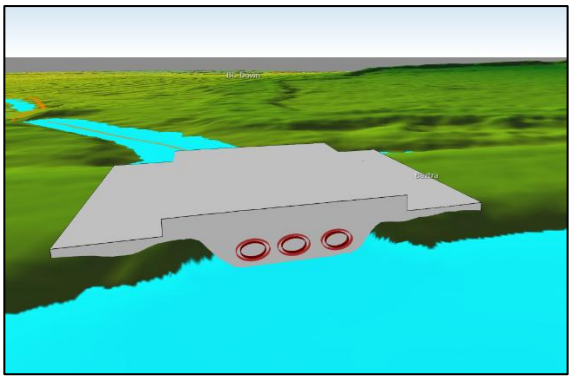
באגן הפולג הגיאומטריה הוגדרה כדלהלן:

- הנתונים הטופוגרפיים נלקחו ממדידת Lidar של רשות הניקוז משנת 2019ברזולוציית 0.5X0.5 מ'.
- אזור זרימה דו מימדי הוא למעשה תחום המודל הכולל את כל השטח שצפוי להיות מוצף. במידת הצורך אחרי הרצה ראשונית, משנים (מגדילים או מקטינים) את האזור. גודל הרווחים הרשתיים (mesh) נקבע ל - 6 מטר. אזורים רגישים במודל, שלאורכם הרווח הרשתי הינו של 2 מטר, הוגדרו באמצעות כלי Breakline וכוללים את גדות הנחל, סוללות הגנה, שטחים רגישים וכד'.
- מידול מעבירי מים נעשה בהתאם למידע שנאסף מהמקורות הבאים:
  - דיגיטציה ומיפוי ויזואלי על בסיס תצלומי אוויר
  - איסוף מידע מתוכניות בתחום האגן
  - שכבות מידע קודמות של רשות ניקוז
  - השלמת מדידות במהלך העבודה

  ההנחה לגבי מעבירי מים גדולים היא שהם לא יהוו מכשול או מגבלה בזרימה ולכן מעבירים אלו נפתחו בצורה מלאכותית באמצעות כלי Stamp Geometry בתוך התוכנה. שאר המעבירים הוכנסו למודל בהתאם למידע שהתקבל ובניסיון לדמות את המצב בשטח ככל האפשר, כפי שניתן לראות בתמונה 2.

תמונה 2 – מעביר מים במודל ובמציאות

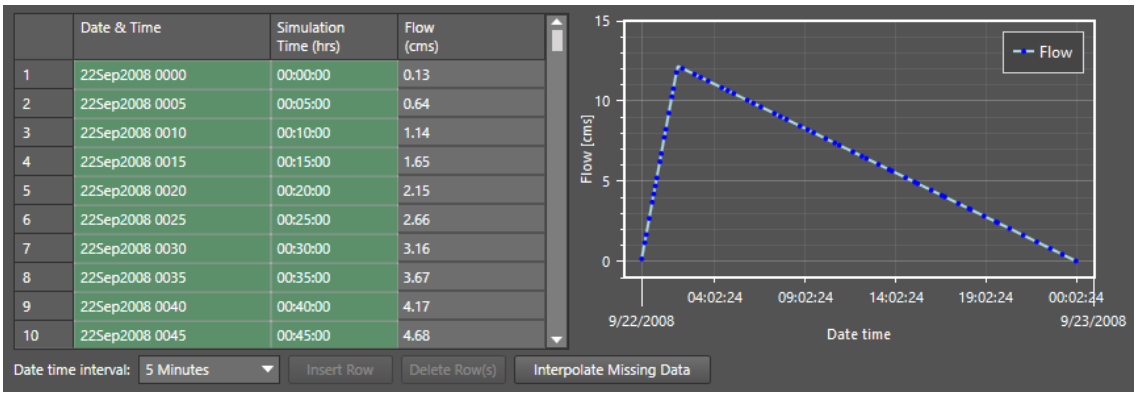




מעביר מים עם שלושה פתחים עגולים מודל בתוכנה בהתאם לפרמטרים שהועברו מרשות הניקוז.

לאחר קביעת הגיאומטריה, יש להזין את תנאי הזרימה, הכוללים תנאי שפה (Boundary Conditions) בכניסה וביציאה מאזור הזרימה. תנאי הכניסה של כל מודל הוא הידרוגרף, כאשר הספיקה מחושבת לפי שטח האגן המתנקז עד מורד כל מקטע.

איור 1 – דוגמה להידרוגרף בתנאי כניסה (*upper boundary condition*)



	Date & Time	Simulation Time (hrs)	Flow (cms)
1	22Sep2008 0000	00:00:00	0.13
2	22Sep2008 0005	00:05:00	0.64
3	22Sep2008 0010	00:10:00	1.14
4	22Sep2008 0015	00:15:00	1.65
5	22Sep2008 0020	00:20:00	2.15
6	22Sep2008 0025	00:25:00	2.66
7	22Sep2008 0030	00:30:00	3.16
8	22Sep2008 0035	00:35:00	3.67
9	22Sep2008 0040	00:40:00	4.17
10	22Sep2008 0045	00:45:00	4.68

תנאי היציאה של המודל הוא במורד הנחל בהנחה שהמשך המקטע יבש לחלוטין.

במפגשי נחלים ובמקומות רגישים בהם יש סמיכות וחפיפה בין פשטי ההצפה, המודל מכיל את כל הנחלים המשפיעים על פשט ההצפה. כך לדוגמה באזור מחלף דרור ההרצה כוללת את מפגש הנחלים דרור וקדימה ובאזור השער הרומי שם ההרצה כוללת את מפגש הנחלים פולג-רשפון-אודים.

במודל השפך לים, תנאי היציאה בים היה ערך קבוע של +1.00 מטר כך שיילקח בחשבון גובה פני הים הצפוי במצב עתידי. הערך הזה (+1 מטר) חושב על בסיס נתוני מפ"י מתוך "מפלס ממוצע מירבי ומיזערי של הים התיכון בישראל 1996-2023". בעת העבודה על אגן הפולג, לא ניתנה הנחיה לערך כלשהו ולכן הוחלט לבחור בערך המקסימלי מתוך הערך המרבי של מפלס הים כפי שמופיע בגרף.

בשלב הבא, מוגדרים ערכי מנינג (מקדמי חספוס), שהינם פרמטר המשמש לחישוב התנגדות זרימה של נוזל בתעלות פתוחות, כמו נהרות, נחלים ותעלות מלאכותיות. המקדם חשוב במיוחד בחישוב פשטי הצפה מכיוון שהוא משפיע על מהירות הזרימה של מים על פני השטח. מקדם זה לוקח בחשבון את החספוס של התחתית

והדפנות של תעלות או שטחים מוצפים, כולל גורמים כמו צמחייה, אבנים או מכשולים אחרים. הערכים של מקדם מאנינג נקבעים על פי סוג החומר והמצב של השטח, ומסייעים להעריך כיצד המים יתפשטו וישפיעו על אזורים שונים במהלך הצפות.

על מנת ליצור שכבת מקדם מאנינג אחידה לכל האגן, נעזרנו בשכבת LCOV מהבנט"ל, שהינה שכבת תכסית המתארת את שימושי הקרקע בשטח. לשימושים אלו נקבעו ערכי מנינג כמפורט בטבלה להלן.

טבלה 5 – שימושי קרקע וערכי מקדם מנינג עבורם

שימוש קרקע	ערך מקדם מנינג
תכסית שטח מבונה	0.02
חציבה / חול	0.03
חקלאות	0.04
עשבים / בתה	0.03
שטח סלעי	0.04
אחר	0.04

במקומות פרטניים שהצריכו שינוי של הנתונים (דוגמת תעלות בטון), בוצעה עריכה לשכבה בהתאם לגודל הפוליגון הנדרש לאזור השינוי.

ההגדרה האחרונה לפני החישוב הינה של משך הסימולציה (בהתאם לאורך ההידרוגרף) ושל צעדי הזמן (time steps). באגן הפולג משך זמן ההרצה הינו 24 שעות לאגנים קטנים מ 40 קמ"ר, 30 שעות לאגנים גדולים מ 40 קמ"ר. צעדי הזמן הינם מסוג adaptive time step מה שמאפשר לתוכנה להקטין או להגדיל את צעדי הזמן תוך שמירה על יציבות המודל.

לאחר ביצוע ההרצה הראשונית, מתבצעת בדיקה של המודל באמצעות השוואת התוצאות לצילומי אוויר (אורתופוטו משנת 2020 ושנת 2023) ובחינת גבולות אזור הזרימה לוודא שהם רחבים מספיק כדי לכלול את כל פשט ההצפה (לא מהווים "קיר").

3.5.3 מקטעי נחלים להרצה

הנחלים שנקבעו להרצה במודל חולקו למקטעים. עבור כל מקטע נחל נבנה מודל זרימה נפרד. כל מודל קיבל מיספור בהתאם למספר פלג רז של קטע הנחל (מפה 6).

מפה 8 - דוגמה למקטעי נחל



מיספור הנחלים הוא מהשפך לכיוון המעלה. מקטע 01 של הפולג נמצא בשפך הנחל בנתניה; למקטע 06 חובר יובל משמרת והמקטע מעל החיבור מקבל את המספר 07 ויובל משמרת 0701.

מפגשי נחלים

במפגשי נחלים בהם היקף ההצפה נרחב וזרימה בנחל אחד משפיעה על פשט ההצפה של הנחל השכן, נעשה מידול לא רק של הערוץ הראשי אלא גם של הנחלים הסמוכים. לדוגמה, כדי למדל את מורד אגן הפולג (אזור השער הרומי) המודל כלל את כניסות הנחלים רשפון ואודים המתחברים אל הפולג במורד ומשפיעים על היקף ההצפה באזור.

במצבים אלו, ההחלטה איזו ספיקה להריץ בכל אחד מהנחלים נגזרה מתוך הנפח הצפוי במורד הנחל הראשי על מנת לא לייצר אירוע חריג יותר מהסתברות התכן.

3.5.4 בחינת תוצאות המודל

נהוג להעריך את טיב המודל באמצעות קריטריונים כגון הבאים:

- דיוק המודל (accuracy) - עד כמה המודל מצליח לתאר נכון את התופעה שהוא אמור לחזות?
- מהימנות (reliability) - עד כמה אפשר לסמוך על תוצאות המודל?
- כיול וולידציה – עד כמה הפרמטרים במודל מתאימים לתצפיות / לנתונים?

דיוק המודל נבדק באמצעות השוואה מול אירועי עבר – מיפוי הצפות שבוצע אחרי אירועים גדולים ברשות הניקוז ותיעוד הצפות של רשות הניקוז ושל אחרים ברחפן ובתמונות מהקרקע.

מהימנות המודל נעשתה בבדיקת נתוני תוצאות ההרצה של המודל. בדיקות אלה כוללות:

1. בדיקה של נפח המים הנכנס ונפח המים היוצא מאפשרת לזהות אזורים עם מים "בלואים" בגלל תקלות טכניות כמו גבול מודל חתוך או תקלה בשכבה הטופוגרפית.
2. סקירת תפקוד מעבירי המים כדי לוודא שהם אכן מודלו כמו שצריך ולהימנע מתקלות טכניות.
3. השוואה לשכבות פשטי הצפה מתוכניות קודמות בתחומי האגן.

כל מודל שעבר את הבדיקות הנ"ל, הוצג גם בפני דרור אפשטיין, מהנדס רשות הניקוז, שתרם מנסיונו הרב והיכרות עם השטח.

3.6 עיבוד תוצרים גולמיים לשכבות מידע

עם סיום ההרצות בכל ההסתברויות ואישור תוצאות המודל, הועברו הרסטרים של עומק הצפה ושל מהירות הזרימה לעיבוד והתאמה לפורמט של בסיס הנתונים של הפרויקט (GDB).

ההמרה מרסטר לווקטור כללה גם טיוב של התוצרים, כדי לקבל שכבה וקטורית רציפה ככל הניתן ללא פוליגונים קטנים מאד הנובעים מפיקסלים בודדים ומנותקים.

שלבי ההמרה והטיוב:

1) חלוקה לקבוצות שוות ערך (בהתאם לדרישות ה TOR):
   - עומק הצפה: 0-0.5 מטר; מעל 0.5 מטר
   - מהירות זרימה: 0-1.5 מטר; מעל 1.5 מטר
2) "החלקת" פוליגונים:
   - איחוד פוליגונים הקטנים מ-500 מ"ר עם הפוליגון הגדול שסמוך אליהן.
   - עיגול פינות לקבלת פוליגונים עם פחות "רעש" ב- Toleranceשל 20 מטר.
3) איחוד כל מקטעי הנחל שהומרו לווקטורים לכדי שכבה אחת (שכבה אחת לכל הסתברות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%), ללא overlaps, כאשר הכלל המנחה במידה ויש חפיפה בין פוליגונים: העומק/מהירות הזרימה הגבוהים נלקחים.

עם השלמת המעבר מרסטר לווקטור ניתן להשלים את יצירת שאר השכבות של ה GDB:

- שכבת "תחום פשט הצפה" מקווי המתאר של הווקטורים שהומרו מרסטרים.
- שכבת "מתקנים מגבילי ספיקות" - מעבירי מים עם נתוני ספיקות מרביות אפשריות, סוג המתקן ומידותיו (בוקס, אירי, מובל, גשר וכד'), ישות אחראית והערות לגבי תקינות המתקן.
- עדכון נתונים בשכבת "נחלים" שיכללו גם נתוני ספיקות תכן בהסתברויות שונות 1%, 2%, 5%, 10%, 20%, ספיקת תכן קיימת ואופי מקטע הנחל. וכן עדכון ערוצים נוספים שהוכנסו למודל.
- שכבת "ספיקות שיא" ובה ריכוז הנתונים ההידרומטריים באגן, מתוך נתוני מדידות של התחנה לחקר הסחף (לרשות המים אין תחנות באגן הפולג).

סה"כ תוצרים לשלב 3 מוצגים בטבלה 6.

טבלה 6 – סיכום שכבות למאגר המידע בסיום שלב 3

שם השכבה	תיאור
Floodplain1 **Floodplain2** **Floodplain5** **Floodplain10** **Floodplain20**	5 שכבות "תחום פשט הצפה" "Floodplain" (לפי הסתברויות שונות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%)
FlowVelocityClassified1 **FlowVelocityClassified2** **FlowVelocityClassified5** **FlowVelocityClassified10** **FlowVelocityClassified20**	5 שכבות "מהירות זרימה מסווגת" "FlowVelocityClassified" (לפי הסתברויות שונות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%)
InundationDepthClassified1 **InundationDepthClassified2** **InundationDepthClassified5** **InundationDepthClassified10** **InundationDepthClassified20**	5 שכבות "עומק הצפה מסווג" "InundationDepthClassified" (לפי הסתברויות שונות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%)
HydraulicStructures	שכבת "מתקנים מגבילי ספיקה" כגון מעבירי מים עם פרטים על כושר ההולכה, בהתאם לתוצאות המודל
PeakDischarge	מידע על ספיקות שיא מדודות
Streams	שכבת "נחלים" מעודכנת

4 תכניות מפורטות בפשט ההצפה

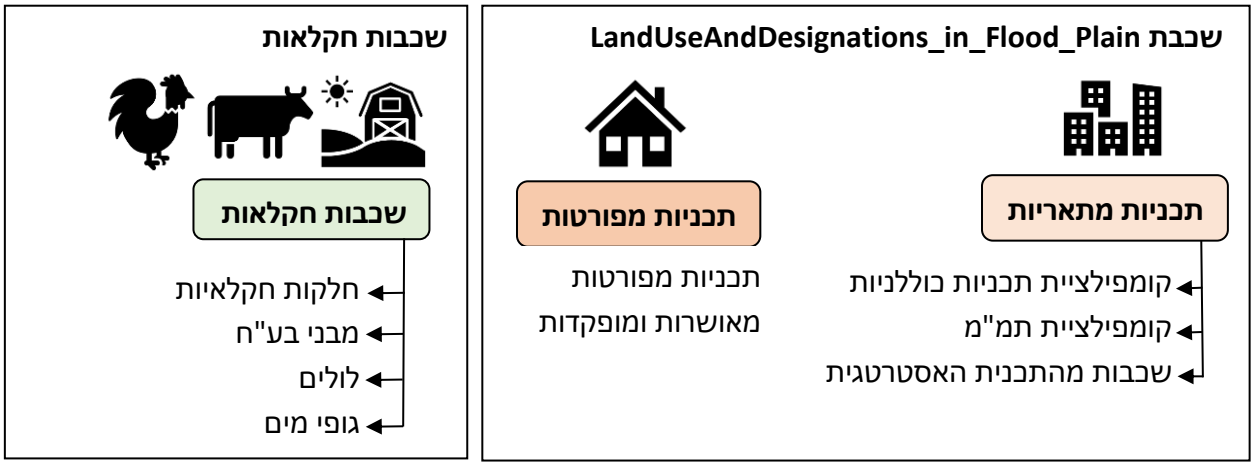
מטרת שלב 4 של העבודה הינה להשלים את המידע התכנוני (תכניות מתאריות ושימושי קרקע קיימים) שנאסף בשלב 2 בכל שטח האגן עם מידע על תכניות מפורטות ושימושי חקלאות בפשטי ההצפה.

התוצרים של שלב 4 הם שתי שכבות החתוכות לפי פשט ההצפה הרחב ביותר (פשט של הסתברות 1%):

(1) שכבה וקטורית הכוללת תכניות בכל רמות התכנון – ממפורטת ועד אסטרטגית.

(2) שכבת השטחים החקלאיים (שכבה של משרד החקלאות).

תרשים 5 – מרכיבי התוצרים של שכבות יעודי ושימושי קרקע בפשט הצפה



4.1 שלבי העבודה

1. חיתוך שכבת הקומפילציה "פתוח פיתוח" משלב 2 לפי פשט הצפה 1%.
2. בניית שכבת קומפילציה נכונה טופולוגית של תכניות מפורטות שמורכבת מקומפילציות שהתקבלו מרשויות מקומיות, רשות מקרקעי ישראל ומנהל התכנון בתחום פשט ההצפה 1%.
3. הוספת תת"לים ותמ"אות, שמכוחן ניתן להוציא היתרי בניה ולכן לא הופיעו בשכבת פתוח-פיתוח, בתחום פשט הצפה 1%.

עדכניות סטטוס התכניות הינה לפי עדכניות שכבת הx-plan שקיבלנו ממנהל התכנון - דצמבר 2024.

שלבים 1-3 חזרו על עצמם גם עבור שאר ההסתברויות – 2%, 5%, 10%, 20%.

4. חיתוך שכבות שטחים חקלאיים (בריכות, לולים, חלקות חקלאיות ומבני בע"ח (ללא לולים) עם פשט הצפה 1% הכולל עומק הצפה.

לאחר שלב 4 וכהכנה לשלב חישובי הנזק (שלבים 5-8), הוכנו חמש קומפילציות לתכניות בפשטי ההצפה – אחת עבור כל הסתברות תכן, כאשר התכנית הקובעת את יעוד הקרקע הינה תכנית מפורטת; במקומות שבהם אין תכנית מפורטת נשארו יעודים מתוך תכנית כוללנית; במקומות שבהם לא חלה תכנית מפורטת או כוללנית

נשארו יעודים מתוך התמ"מ והתכנית האסטרטגית. במקומות שבהן לא חלה אף תכנית נלקחו שכבות השטחים החקלאיים של משרד החקלאות.

על פי מידע שהתקבל מדרור אפשטין, מהנדס רשות הניקוז, מקומות שבהם יעוד הקרקע הינו חקלאי לפי תכנית מפורטת אך בפועל השימוש הוא של מתקנים הנדסיים או אזורים מבונים (בניה לא חוקית) שונתה קטגוריית הנזק בהתאם.

כעת בכל תא שטח יש רק תכנית אחת (קרי יעוד קרקע אחד) וניתן לחשב את פוטנציאל הנזק בהתאם לקבוצת שוות נזק של יעודי הקרקע ולעומק ההצפה.

5 חישוב פוטנציאל הנזק בתכניות מפורטות

"שלבים 5-8 מאפשרים לחשב את פוטנציאל הנזק הכלכלי באירועי הצפה בחלופת 'המשך מצב קיים', כלומר מבלי שנעשית כל פעולה כדי להגן מפני הסיכון או להפחיתו. החישוב נעשה בנפרד עבור כל הסתברות – מהתדירה ביותר שעשויה להתרחש אחת לחמש שנים, ועד לאירוע נדיר מאוד, שעשוי להתרחש אחת ל-100 שנים.

הבנת היקף הנזק, לרבות פריסתו המרחבית וסוג התכנית החלה על השטח, מסייעת לתכנן אופני פעולה אפקטיביים – לתכנן אחרת, ולהוציא מחוץ לפשט ההצפה שימושים בעלי פוטנציאל נזק גבוה או כאלו שבהם הצפה עלולה לגרום לסכנה לחיי אדם, או לבצע פרויקטי הגנה במקרים בהם יש פיתוח קיים בשטח, או תכנון שלא ניתן להשפיע עליו במידה מספקת."

(מתוך אתר המתודולוגיה)

5.1 שינויים מהמתודולוגיה

באופן כללי, חישוב פוטנציאל הנזק – בכל רמות התכנון, קרי בשלבים 5 עד 8 – מבוסס על טבלאות הנזק ושכבת הנזק שנבנו לצורך הפרויקט ע"י משרד החקלאות. עם זאת, המתודולוגיה קבעה כי בידי צוות התכנון האפשרות לשנות ערכי ברירת מחדל או להציע חישוב אחר.

השינויים שבוצעו קשורים לשלושה היבטים:

1. שיעור שטח בנוי לא מוגן – שינוי מערך ברירת המחדל (100% לא מוגן).

במידה וידוע או ניתן להעריך על פי היכרות עם השטח שהתכנית מוגנת מסכנות הצפה (לדוגמה מתוכננת הגבהה של אזור התכנית, הסטה של הנחל או הסדרותו) ניתן לשנות את ערך ברירת המחדל שמניח כי כל השטח אינו מוגן. שינוי בפרמטר זה ישפיע רק על שטחים שבהם גובה ההצפה הצפוי הינו מתחת ל – 0.5 מטר וזאת מתוך הנחה שבמקרה של הצפה גבוהה יותר ההגנה הקיימת לא תספיק כדי למנוע את הנזק.

2. בקרה על שטחים חקלאיים.

בחינה של יעודי קרקע לחקלאות בתכניות מפורטות וקביעה אם לשמור על היעוד או לקחת יעוד של פיתוח מתכנית ברמה גבוהה יותר, בהתאם לשיקול הדעת של מהנדס הרשות ושל צוות התכנון.

בשיתוף עם דרור אפשטין, מהנדס רשות הניקוז, שונה שיעור שטח בנוי לא מוגן בחלק מהתכניות ובוצעה בקרה על השטחים החקלאיים. עבור 3 תכניות באגן התקבלו ההחלטות הבאות:

- תכנית נת/2035 נחל אילנות (תכנית כוללנית) - בשטח תכנית זו נקבע ערך השטח הלא-מוגן ל - 50%; יעודי הקרקע בשטח התכנית גוברים על יעודי קרקע של חקלאות מתכניות מפורטות.
- תכנית רע/2030 רעננה מערב (תכנית מפורטת) – בשטח תכנית זו נקבע ערך השטח הלא-מוגן ל - 50%. יעודי הקרקע מהתכנית המפורטת לא נקלטו ובמקומם יש את יעודי הקרקע של התכנית הכוללנית.
- תכנית חש/2/10 (תכנית כוללנית) - בכל שטחה משאירים את יעודי החקלאות מהתכניות המפורטות למעט ברשפון, שם יש להוריד יעודי חקלאות מהמפורטת ולחשב לפי יעודים של הכוללנית.

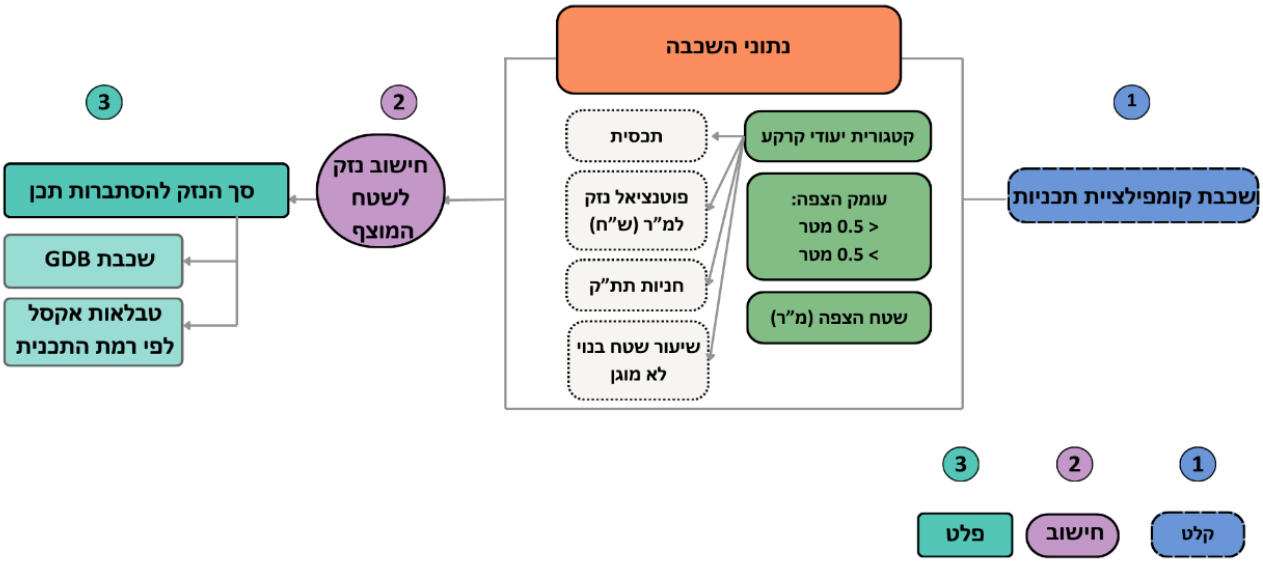
3. פוטנציאל הנזק במתקנים הנדסיים.

צוות התכנון הציע מתודה לחישוב הנזק הלוקחת בחשבון את עלות ההקמה, משך הקיום ומידת הנזק (לפי תוצאות מודל פשטי ההצפה). פירוט על מתודת העבודה הזו שפותחה על ידי גיל פינקלשטין מחברת קלירסטרקצ'ר ניתן למצוא בנספח 4 ובסעיף 5.2 להלן.

חישוב פוטנציאל הנזק מתבצע ראשית בתוך ה GDB ולאחר מכן בקובץ אקסל ייעודי שנבנה ע"י משרד החקלאות וביטחון המזון.

באופן כללי חישוב הנזק מתבסס על קריטריונים דומים עבור כל אחת מסוגי התכניות (תרשים 6) – קבוצת יעודי הקרקע; עומק ההצפה (מעל או מתחת לעומק של 0.5 מטר); השטח המוצף (במ"ר); תכסית; ושיעור שטח בנוי לא מוגן. ההבדל בין סוגי התכניות בא לידי ביטוי ברמת הפירוט של טבלת החישוב ובפוטנציאל הנזק בש"ח למ"ר ("תג המחיר"), לכן בטבלת חישוב הנזק עבור תכניות מפורטות ישנן 17 קבוצות יעודי קרקע (תמונה 3) בעוד שבטבלת החישוב של תמ"מ ואסטרטגית ישנן רק 7 קבוצות של יעודי קרקע (תמונה 4).

תרשים 6 – שלבי חישוב הנזק



כפי שניתן לראות בתרשים 6, ישנם ארבעה שדות "קבועים" – עומק ההצפה ושטח ההצפה הינם תוצאות שהתקבלו ממודל פשטי ההצפה והחיתוך עם קומפילציית התכניות, ופוטנציאל נזק למ"ר ותכסית הינם ערכים שנקבע ע"י משרד החקלאות עבור כל קבוצת יעודי קרקע. בנוסף ישנם עוד שני שדות שניתן לשנות מערכי ברירת המחדל – שיעור שטח בנוי לא מוגן כפי שפורט בסעיף 5.1 לעיל וחניות תת קרקעיות (רלוונטי רק בקבוצות יעודי קרקע מסוימות). מידע על חניות נאסף מהתקנונים של התכניות המפורטות.

בסיום העבודה על השכבות ב GDB הוכנסו השטחים הכוללים לפי הקטגוריה והעומק למקומות המתאימים בטבלת האקסל של חישוב הנזק בתכניות מפורטות והתקבל סך כל הנזק בכל אחת מחמש הסתברויות תכן (תמונה 5).

תמונה 3 – טבלת חישוב פוטנציאל הנזק לתכניות מפורטות, הסתברות 1%

	קבוצת שוות נזק	תכסית	פוטנציאל נזק - ₪ למ"ר בנוי		שטח קרקעי בסכנת הצפה - מתחת 0.5 מ'			שימוש הקרקע העיקרי		מס' קומות - אפשרויות	חניה תת קרקעית	נזק פר מ"ר קרקע בסכנת הצפה (₪)	סה"כ נזק - שימוש הקרקע העיקרי + חניה תת"ק (₪)	סה"כ		פוטנציאל נזק משוקלל לדונם - להזנה בטבלת ה-GIS (₪)	
			עד 0.5 מ'	מעל 0.5 מ'	שטח (מ"ר)	שיעור שטח בנוי לא מוגן	סה"כ נזק (₪)	שטח (מ"ר)	סה"כ נזק (₪)					שטח קרקעי בסכנת הצפה (מ"ר)	סה"כ נזק (₪)	מעל 0.5 מ'	מתחת ל-0.5 מ'
1	מגורים שאינם צמודי קרקע - עירוני	35%	1,600	3,300	11,881	100%	6,653,414	0	0	0 / 1 / 2	0	0	0	11,881	6,653,414	560,000	0
	מגורים שאינם צמודי קרקע - עירוני	35%	1,600	3,300	0	100%	0	0	0	0 / 1 / 2	1	429	0	0	0	0	0
2	מגורים צמודי קרקע - עירוני	35%	1,600	3,300	20,903	100%	11,705,859	618	713,379	0 / 1 / 2	2	857	1,242,788	21,521	12,948,647	560,000	2,012,143
3	מגורים כפרי	15%	2,000	3,300	101,568	100%	30,470,470	51,053	25,271,109	0	0	0	25,271,109	152,621	55,741,579	300,000	495,000
4	עירוני שאינו מגורים	27%	1,600	3,300	0	100%	0	0	0	0 / 2	0	0	0	0	0	0	0
	עירוני שאינו מגורים	27%	1,600	3,300	17,409	100%	7,520,571	11,044	0	0 / 2	2	857	9,466,385	28,453	16,986,955	432,000	857,143
5	מבני ציבור	40%	1,600	3,300	12,713	100%	8,136,203	1,049	1,384,913	0 / 1	0	0	1,384,913	29,934	9,521,117	640,000	1,320,000
	מבני ציבור	40%	1,600	3,300	29,934	100%	19,157,900	0	0	0 / 1	1	429	0	29,934	19,157,900	640,000	0
6	תעשייה קלה, אחסנה ומלאכה	45%	1,000	1,000	30,131	100%	13,558,816	17,954	8,079,324	0	0	0	8,079,324	48,085	21,638,140	450,000	
	תעשייה כבדה	40%	2,000	2,000	0	100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	משרדים	7%	1,500	1,500	0	100%	0	0	0	2	2	857	0	0	0	0	
	תעשייה ותעסוקה - כללי	31%	1,500	1,500	69,552	100%	31,994,051	1,587	730,048	0 / 2	0	0	730,048	71,139	32,724,099	460,000	
	תעשייה ותעסוקה - כללי	31%	1,500	1,500	17,031	100%	7,834,248	0	0	0 / 2	2	857	0	17,031	7,834,248	460,000	
7	מתקנים הנדסיים				11,568	100%	0	0	0	0	0	0	0	11,568	43,423,310	0	0
8	דרכים		95	95	489,639	100%	46,515,675	482,153	45,804,510	0	0	0	45,804,510	971,791	92,320,185	95,000	
9	שטח ציבורי פתוח	100%	58	58	99,630	100%	5,778,533	64,176	3,722,201	0	0	0	3,722,201	163,806	9,500,734	58,000	
10	שטחים חקלאיים בתכניות מפורטות													5,482,371	62,552,934		
	סה"כ				919,701		193,660,990	648,428	107,413,776				117,409,570	7,066,672	417,046,804		

תמונה 4 - טבלת חישוב פוטנציאל הנזק לתמ"מ ואסטרטגית, הסתברות 1%

ייעוד הקרקע	שטח קרקעי (מעל+מתחת-מ"ר)	שטח הייעוד בחלוקה לפי עומק הצפה (מ"ר)		תכסית	פוטנציאל נזק - ₪ למ"ר בנוי	מס' קומות חניה תת"ק בסכנת הצפה	סה"כ נזק (ש"ח)	פוטנציאל נזק משוקלל לדונם - להזנה בטבלת ה-GIS (₪)
מגורים	0	מתחת ל-0.5 מ'	52,828	100%	239	0	12,625,808	239,000
		מעל 0.5 מ'	4,797	100%	534	0	2,561,830	534,000
תעשיה ותעסוקה	0	מתחת ל-0.5 מ'	0	100%	299	0	80	299,000
		מעל 0.5 מ'	0	100%	312	0	0	0
דרכים	0	לא רלוונטי	0	100%	128	0	0	0
שצ"פ	0	לא רלוונטי	0	100%	58	0	0	0
מבני ציבור	40,756	מתחת ל-0.5 מ'	11,061	100%	640	0	7,078,858	640,000
		מעל 0.5 מ'	29,695	100%	1,320	0	39,197,183	1,320,000
עירוני שאינו מגורים	15,334	מתחת ל-0.5 מ'	14,341	100%	306	0	4,388,223	306,000
		מעל 0.5 מ'	993	100%	554	0	550,196	554,000
מסחר	0	מתחת ל-0.5 מ'	0	100%	307	0	0	0
		מעל 0.5 מ'	0	100%	1,411	0	0	0
						סה"כ פוטנציאל נזק (₪)	66,402,177	

5.2 חישוב הנזק במתקנים הנדסיים

עבור מתקנים הנדסיים הצענו דרך חישוב שונה מהמתודולוגיה של משרד החקלאות. שיטת העבודה המוצגת בנספח 4 אושרה ע"י דיאנה פאנוס ממשרד החקלאות (דוא"ל מ 29.4.25). בקצרה השיטה מבוססת על התפיסה כי לכל מתקן הנדסי יש אורך חיים סופי (בדרך כלל 25 שנה), וכי בתום התקופה הזו תדרש השקעה מהותית של "הקמה מחדש" של המתקן. נזק מלא (total loss) שייגרם כתוצאה מהצפה יביא להקמה מחדש של המתקן לפני תום אורך חייו, כלומר להקדים את ההשקעה, ועלות הנזק תבטא את ההקדמה הזו. מלבד נזק מלא, יכולות להיות עוד שתי רמות נזק אפשריות, שמחושבות באופן דומה:

נזק מזערי – חלק קטן משטח המתקן מוצף ועומק הצפה < 0.5 מטר, עלות הנזק מוערכת ב 10% מעלות נזק מלא.

נזק בינוני – כמחצית משטח המתקן מוצף או שעומק ההצפה > 0.5 מטר, עלות הנזק מוערכת ב 40% נזק מלא.

6 חישוב פוטנציאל הנזק בתכניות כוללניות

חישוב פוטנציאל הנזק באזור שבו חלה תכנית כוללנית, ואין תכנית מפורטת תקפה, מסתמך על אותם עקרונות שמנחים את החישוב לגבי אזור שבו חלה תכנית מפורטת. עם זאת, החישוב כולל הנחות יסוד נוספות, שלא נדרשות בתכניות מפורטות, וזאת בשל מידת חוסר הוודאות הגדולה יותר בתכניות מסוג זה:

- שטחים שבהם סומן ייעוד קרקע של דרכים, שצ"פ, מבני ציבור, מסחר, תיירות ומתקן הנדסי בתכנית כוללנית - ישמשו אך ורק לשימוש של ייעוד הקרקע (למרות שמדובר בתכנית כוללנית, וייעודי הקרקע בה הינם כוללניים.
- שטחים שבהם סומנו ייעודי קרקע של מגורים ותעסוקה יתממשו כייעודים כוללניים, כלומר יכללו מעבר לייעוד הקרקע העיקרי גם שימושים נוספים.

(מתוך גרסה 2 של המדריך לתכניות ניהול סיכונים)

חישוב הנזק בתכניות מתאריות נערך ב GDB במקביל לחישוב של התכניות המפורטות ובאותו אופן. ההבדל הוא בערכים של פוטנציאל נזק למ"ר ובאחוז התכסית, שהינם ערכים שנקבעו ע"י משרד החקלאות, בהתאם להנחות היסוד לעיל.

7 חישוב פוטנציאל הנזק בתמ"מ ובאסטרטגית

חישוב פוטנציאל הנזק באזור שבו חלות תמ"מ או אסטרטגית נערך באופן דומה לחישובים באזורים של תכניות מפורטות או כוללניות. ההבדל העיקרי הינו ברמת חוסר הוודאות הגבוהה לגבי יעודי הקרקע בתכניות אלה. על כן הנחת היסוד של החישוב הינה שהשטח, בין אם מיועד לשימוש עיקרי של מגורים או לאזור תעסוקה, יכלול גם שימושים נוספים כגון דרכים, שצ"פ ועוד. הנחה זו באה לידי ביטוי בטבלת עזר (טבלה 7) לטבלת חישוב הנזק (תמונה 4 לעיל).

טבלה 7 - תכסית בשימושי קרקע משניים בתמ"מ ובאסטרטגית

יעוד ראשי: מגורים		יעוד ראשי: תעסוקה	
חלוקה לשימושי קרקע משניים	**אחוז שטח שימושי קרקע מפורטים (לפי מפתח שהוגדר)**	**חלוקה לשימושי קרקע משניים**	**אחוז שטח שימושי קרקע מפורטים (לפי מפתח שהוגדר)**
דרכים	25%	דרכים	20%
שצ"פ	20%	שצ"פ	15%
מגורים	30%	תעשיה ותעסוקה	60%
מבני ציבור	15%	עירוני שאינו מגורים	5%
מסחר	2.5%		
תעשיה ותעסוקה	2.5%		
ללא פוטנציאל נזק	5%		

8 חישוב פוטנציאל הנזק בשטחי חקלאות

בדומה לחישוב יעודי הקרקע האחרים, גם חישוב הנזק בשטחי החקלאות נערך בתוך ה- GDB.

שכבת החלקות החקלאיות שימשה כמקבילה לקבוצת יעודי הקרקע ובכך איפשרה להתאים לכל סוג גידול את עלות הנזק למ"ר, לפי הטבלה של משרד החקלאות (תמונה 5).

תמונה 5 – פוטנציאל הנזק בשטחי חקלאות בפשט הצפה בהסתברות 10%

	קבוצת שוות נזק	פוטנציאל נזק - ₪ למ"ר קרקע	שטח קרקע (מ"ר)	סה"כ נזק (₪)	פוטנציאל נזק משוקלל לדונם (₪)	
1	לולים	925	0	0	925,000	
2	מבני חקלאיים, למעט לולים	30	0	0	30,000	
3	ירקות בכיסוי	50	15,843	792,158	50,000	
4	בריכות דגים	40	0	0	40,000	
5	פרחים	15	828	12,427	15,000	
6	מטעים בכיסוי	15	668	10,017	15,000	
7	מטעים	12	32,679	392,148	12,000	
8	גד"ש וירקות בשטח פתוח	10	130,021	1,300,206	10,000	
9	הדרים	6	56,481	338,889	6,000	
10	שונות \ לא מעובד	0	20,507	0	0	במידה וקיימת חלקה מסומנת בשכבת החלקות החקלאיות של משרד החקלאות - העלות תהיה כשל גד"ש, כולל שטחי שוליים של חלקות בפשט הצפה.
	סה"כ		236,520	2,845,844		

סיכום חישובי הנזק

טבלאות מלאות של חישובי הנזק מצורפות בקבצי אקסל לדו"ח (קובץ נספחים 2025-6-5- הסתברות P).

מסיכום הטבלאות עולה כי בכל ההסתברויות עיקר השטחים המוצפים הינם שטחי חקלאות, אך מבחינת עלויות הנזק – עיקר הנזק נגרם בייעודי קרקע של פיתוח בתכניות מפורטות (טבלה 8).

טבלה 8 – החלק היחסי של השטח המוצף ושל פוטנציאל הנזק בשלוש הסתברויות

	הסתברות 1%		הסתברות 5%		הסתברות 20%	
	חלק יחסי מתוך סך השטח	חלק יחסי מסך פוטנציאל הנזק	חלק יחסי מתוך סך השטח	חלק יחסי מסך פוטנציאל הנזק	חלק יחסי מתוך סך השטח	חלק יחסי מסך פוטנציאל הנזק
שטחים חקלאיים	17.1%	1.1%	12.7%	0.9%	11.8%	0.9%
תכניות מפורטות	55.0%	66.3%	54.8%	63.0%	49.9%	56.4%
תכניות כוללניות	25.9%	20.2%	30.0%	22.6%	35.8%	29.8%
תכניות מחוזיות + אסטרטגית	1.9%	12.4%	2.5%	13.5%	2.5%	12.9%
סה"כ	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

<u>סה"כ תוצרים לשלבים 8-5:</u>

5 שכבות "LandUseAndDesignation" (לפי הסתברויות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%).

5 טבלאות אקסל (לפי הסתברויות - 1%, 2%, 5%, 10%, 20%), בכל טבלה גליונות חישוב נזק לפי רמת תכנית.

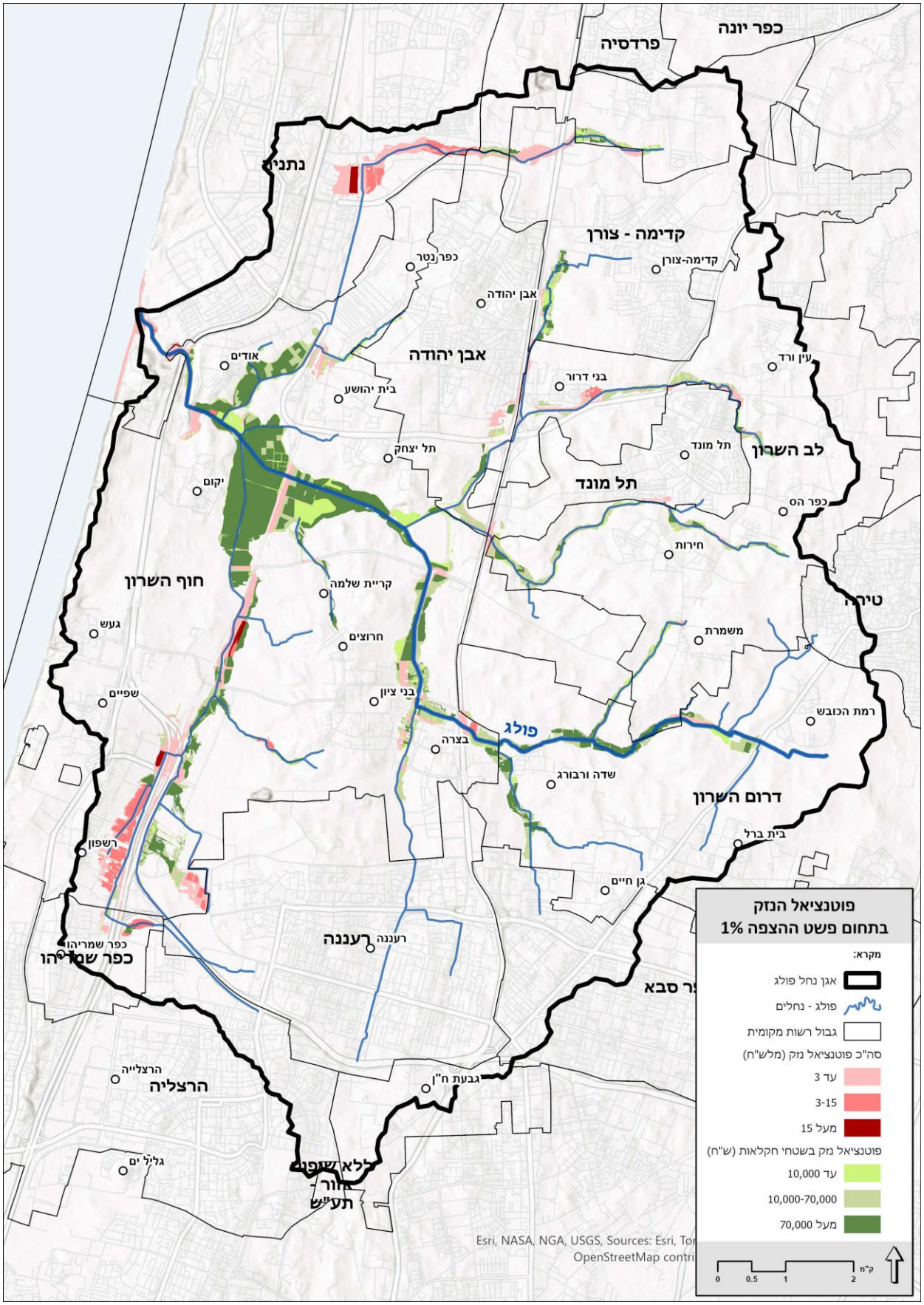
9 הצגה גרפית של פוטנציאל הנזק

"בחינה ויזואלית של השטח מאפשרת להבין היכן נמצאים אותם הייעודים והשימושים הרגישים במיוחד לנזקי הצפה ומה ניתן לעשות כדי לצמצם את הסיכון. מפת סך פוטנציאל הנזק באגן היא למעשה תוצר של שילוב כל השכבות של שימושי הקרקע עפ"י התכניות השונות (מפורטות, כוללניות, ותמ"מ/אסטרטגית, מתחת ומעל עומק הצפה של 0.5 מטר) ושכבת השימושים החקלאיים שבהם לא חלה אף תכנית."

(מתוך אתר המתודולוגיה)

פוטנציאל הנזק המוצג במפה 9 חולק – מטעמי נוחות גרפית – לנזק בשטחים מבונים (נזק במליוני ש"ח) ונזק בשטחי חקלאות (נזק בעשרות אלפי ש"ח).

מפה 9 – מפת פוטנציאל הנזק



10 מיפוי שימושים רגישים

מיפוי שימושים רגישים נועד "להתריע לגבי שימושים רגישים הנמצאים בפועל בתחום פשט ההצפה של 1:100 שנה, וזאת על מנת לאפשר למקבלי ההחלטות אפשרות לשקול העברה שלהם או הגנה עליהם כך שלא יהיו חשופים לנזק גם באירוע הצפה נדיר."

"מיפוי תשתיות תחבורה ישמש לצורך:

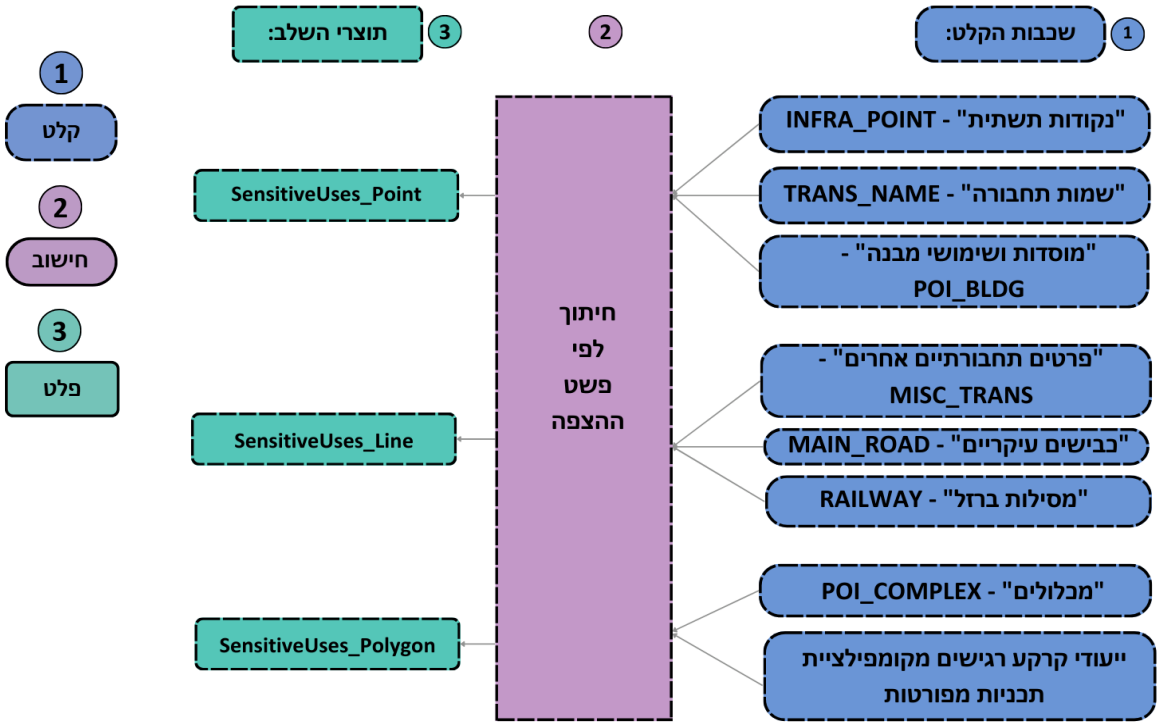
1. התייחסות לתכניות המקודמות לתשתיות תחבורה במסגרת תכנית ניהול סיכוני שטפונות, וביצוע תאומים במהלך הכנתה במידת הצורך, כדי להשפיע ולטייב את התכנון של תשתיות אלו בהיבט של ניהול נגר.
2. היכרות של רשויות הניקוז עם תשתיות אורכיות מתוכננות שניתן יהיה להשתמש בהקמתן לצורך יצירת אתרי ויסות בעתיד."

(מתוך אתר המתודולוגיה)

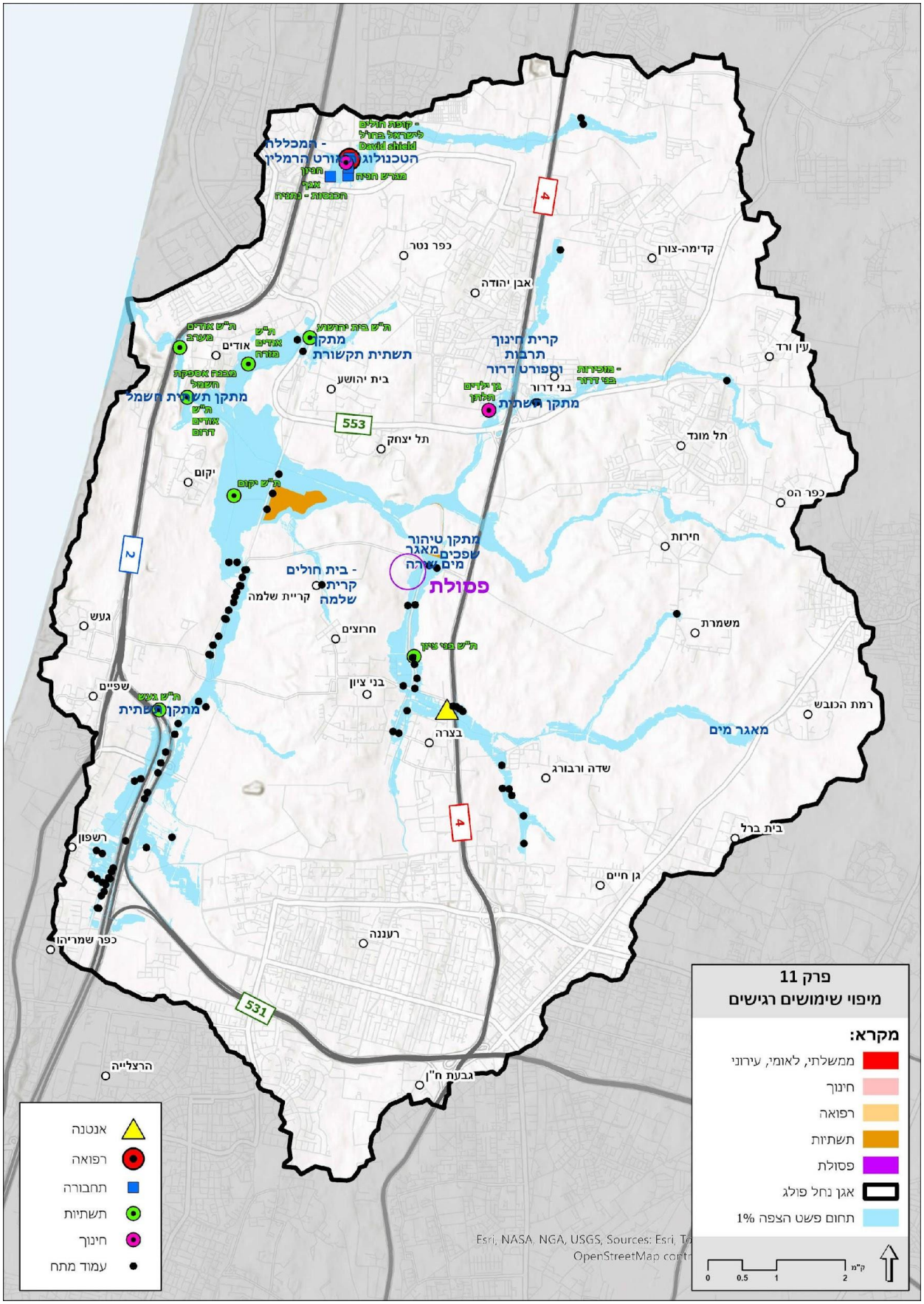
מיפוי שימושים רגישים הינו חיתוך של שכבת פשט הצפה בהסתברות 1% עם שכבות שימושים רגישים משני מקורות מידע (תרשים 7):

1. שכבות רגישות מהבנט"ל
2. יעודי קרקע רגישים מקומפילציית תכניות מפורטות, אשר סומנו כיעודים רגישים בהתאם לשורה האחרונה של לשונית 1 בטבלת העזר "קבוצות שוות נזק".

תרשים 7 – שלבי הכנת מיפוי שימושים רגישים בפשט הצפה



מפה 10 – שימושי קרקע רגישים בפשט ההצפה

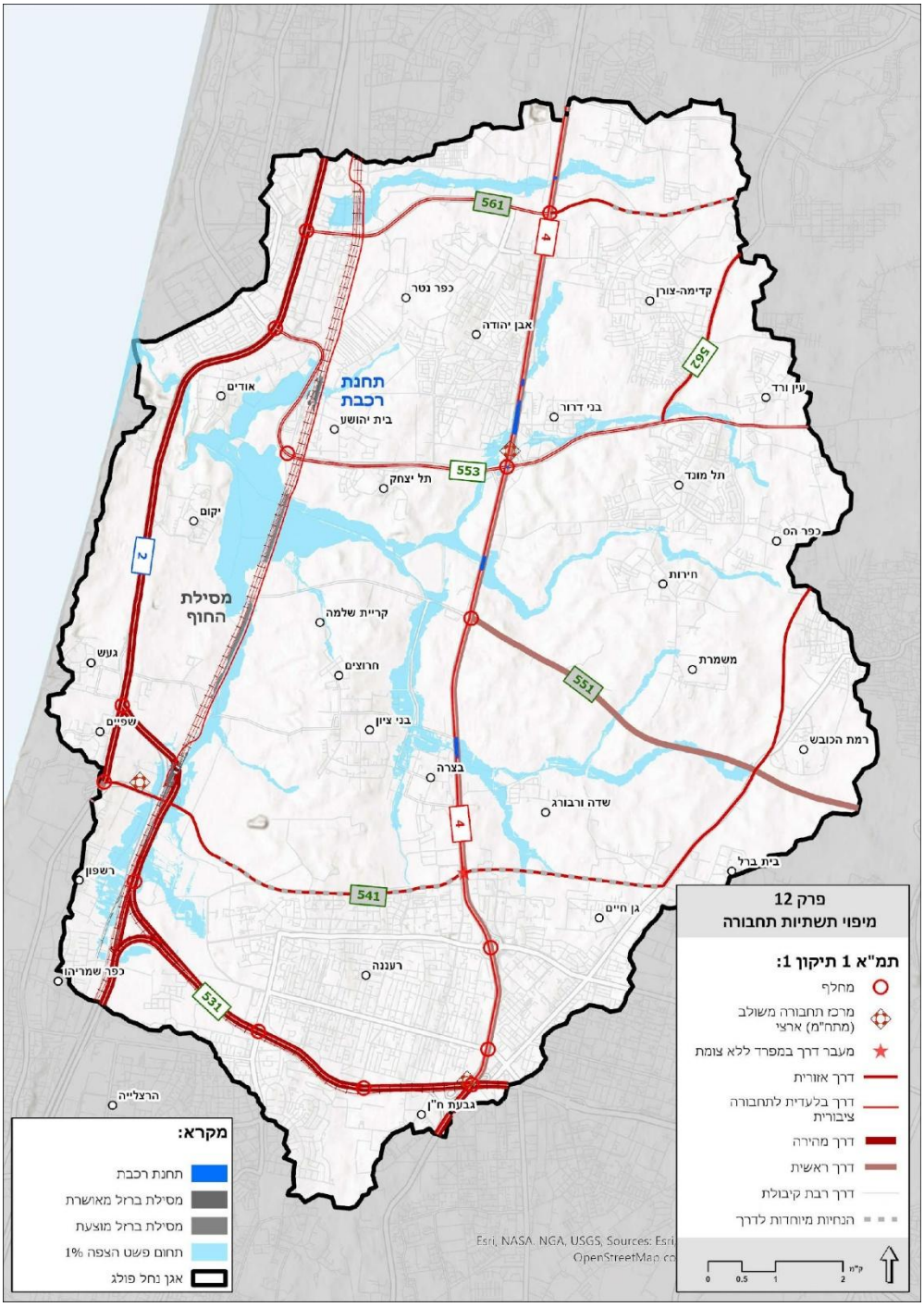


11 מיפוי תשתיות תחבורה

השלב האחרון בסקר הסיכונים הינו מיפוי תשתיות תחבורה. למפה זו (מפה 11) נלקחו שכבות מתמ"א 1 תיקון 1, בהתאם להנחיות ה TOR.

ממפת התשתיות ניתן לראות שמרבית הכבישים והמסילות כבר קיימים. כבישים חדשים שמתוכננים הם כבישי רוחב (מזרח-מערב) כלומר בכיוון הזרימה הכללי של מרבית הנחלים ולא בניצב להם ולכן פחות מתאימים לשימוש כתשתית לסכר באתר ויסות.

מפה 11 – תשתיות תחבורה קיימות ומתוכננות האגן הפולג



12 אזורים בסיכון באגן הפולג

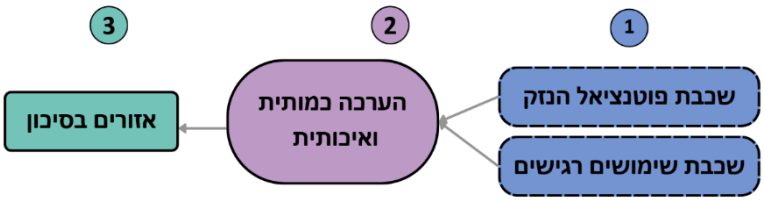
הסיכון להצפה הוא שילוב של שני גורמים (1) הסיכוי (הסתברות, סבירות) שהמקום יוצף ו-(2) ההשפעה (התוצאה) שתהיה להצפה של המקום. כלומר, לא כל אירוע הצפה הוא בהכרח אירוע בעל סיכון. הצפה של יעודי קרקע ברגישות נמוכה או של שטחים פתוחים לדוגמה תגרום לסיכון נמוך או כלל לא תיחשב כסיכון.

תוצאות שלב 3 הינן מפות סבנה (hazard) המציגות את הסיכוי להצפה בשטח.

בשלב 4 של העבודה מתווסף המידע אודות יעודי הקרקע שלפיהם ניתן לקבוע את ההשפעה של ההצפה ובכך מתאפשר ליצור מפות סיכון (שלב 9).

בהוספת מיפוי השימושים הרגישים ניתן לקבל את מפת האזורים בסיכון באגן הפולג במצב קיים וצופה פני עתיד.

תרשים 8 – הגדרת אזורים בסיכון



האזורים בסיכון באגן הפולג נחלקים לשלושה סוגים – הצפה של שטחי פיתוח (בעיקר קיים ומעט עתידי); הצפה של שטחי חקלאות, גם בהסתברויות שכיחות; והצפה של שימושים רגישים כהגדרתם במתודולוגיה.

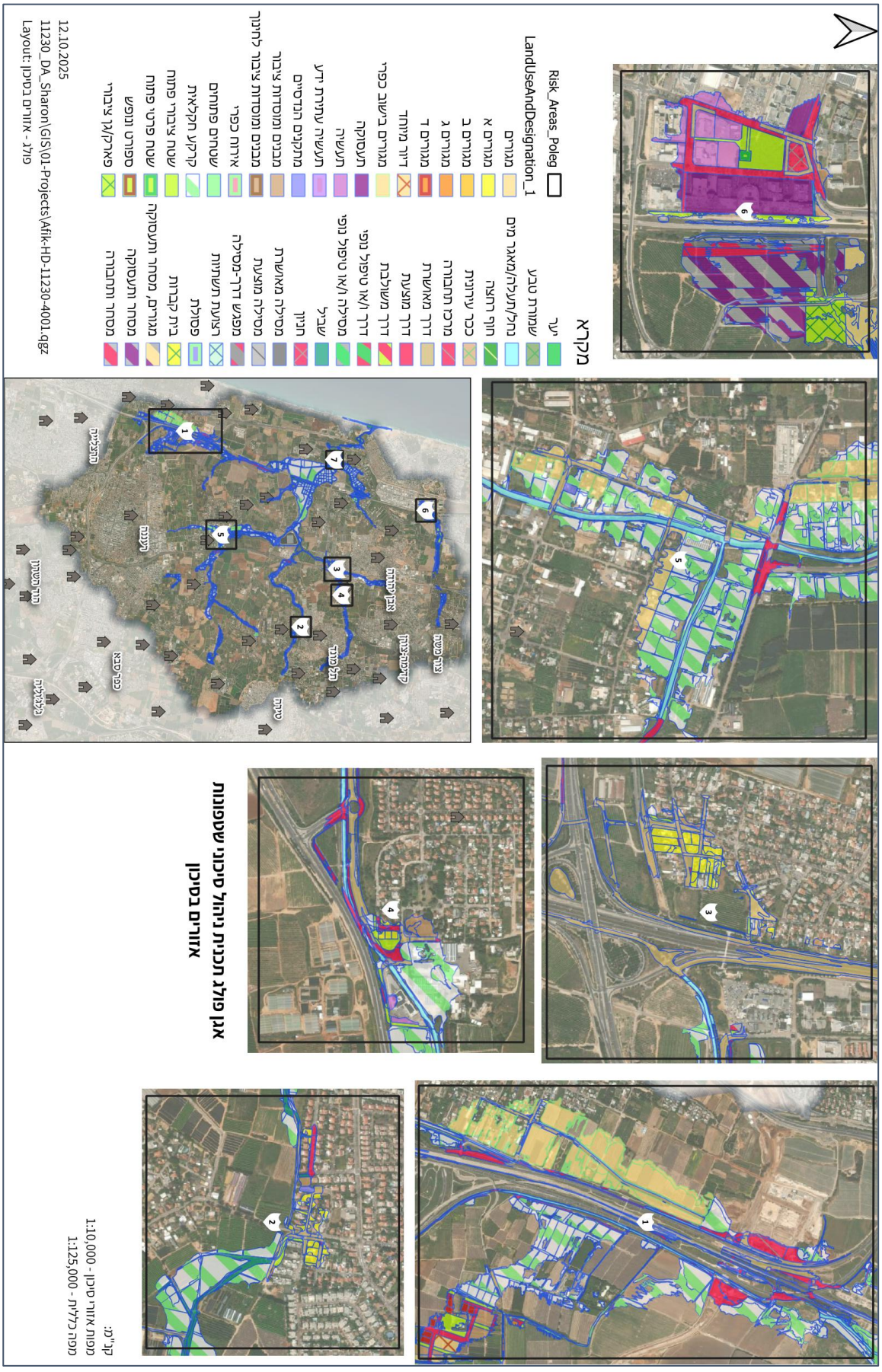
במפה 12 מסומנים האזורים:

1. נחל רשפון: קיים חשש להצפות גם בהסתברויות שכיחות בחלק המזרחי של מושב רשפון וכן לאורך תשתיות התחבורה מצפון למושב.
2. נחל חירות: בכל ההסתברויות קיים חשש להצפות בבתים הדרומיים של תל מונד בסמוך למעביר המים.
3. מפגש נחלים קדימה-דרור: חשש להצפה של מחלף דרור (כביש 4) ואבן יהודה, כולל מבנה של גן ילדים (גן תלתן).
4. נחל דרור: מוקד הצפה בחלק הדרום-מזרחי של בני דרור.
5. נחל פולג: חשש להצפות במושבים בצרה ובני ציון.
6. נחל אילנות: לפני כניסתו למובל התת-קרקעי כבל הנראה גורם להצפות גם באזור התעשייה של נתניה, שם נמצאים גם משרדי העירייה.
7. ליבת הפולג שם פשט ההצפה מציף שטח חקלאי נרחב גם בהסתברויות שכיחות.

שימושים רגישים, כהגדרתם ב TOR, כוללים מבני חינוך ובריאות כגון קריית חינוך וספורט דרור, אורט הרמלין ובית החולים קרית שלמה. ההצפות נמצאות רק בשולי השטחים האלה ולא סומנו במפה.

בפרק המענה ייבחן בפירוט כל סוג של אזור בסיכון ויוגדרו האסטרטגיות המתאימות למניעת / צמצום פוטנציאל הנזק.

מפה 12 – אזורים בסכנת הצפה מנחלים



13 מקורות

- אגוזי, ר., דבורי, נ.צ. התחנה לחקר הסחף, אתגר הנדסה. 2016. חקירת אירוע חריג – נגר עילי והצפות אגן פולג, 30-25 באוקטובר 2015.
- לביא-נטיף מהנדסים 2009. אגן היקוות נחל פולג, תכנית אב לניקוז. עבור רשות ניקוז שרון, משרד החקלאות – אגף שימור קרקע וניקוז.
- לביא-נטיף מהנדסים 2016. הסדרת ניקוז נחל פולג, מעקף השער הרומי, תכנית מספר 982-8.
- להב ח., רמון א. 2005. נחל פולג וסביבתו סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א.
- קולר, ז. 2012. נחל פולג ויובליו, ערכיות אקולוגית ורגישות להסדרה ולניקוז. עבור רשות ניקוז ונחלים שרון. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, האגף לשימור קרקע וניקוז, התחנה לחקר הסחף.
- מנדלסון, ע., כהן, ע., רמון א. 2009. גבעות מזרח פולג – סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א.

14 נספחים

14.1 נספח 1 – תוכניות באגן פולג

יישוב	שם התכנית	מספר התכנית	תאריך פרסום ברשומות
מ.א. חוף השרון	תכנית מתאר - מ.א. חוף השרון	חש/2/10	09/07/1970
מ.א. דרום השרון	תכנית מתאר כלל יישובית - מ.א. דרום השרון	שד/1000	05/07/1981
מ.א. לב השרון	תכנית מתאר כלל יישובית - מ.א. לב השרון	צש/0/2/0	27/05/1990
כפר שמריהו	מתאר כלל יישובית - כפר שמריהו	הר/410א	04/07/1968
תל מונד	מתאר כלל יישובית תל מונד	הצ5/1/0	17/10/1991
הרצליה	מתאר להרצליה הר /2530	504-0336685	בתהליך הפקדה
נתניה	נת/1000 - אזור תעשיה מטרופוליני משני נתניה	408-0176057	אחרי הפקדה
	נת/2035 - תכנית מתאר נתניה	408-0242412	בתהליך הפקדה
רעננה	רע/3000 - תכנית מתאר כוללנית לרעננה	רע/3000	17/04/2016
קדימה-צורן	תכנית מתאר כוללנית קדימה צורן	457-0112086	אחרי הפקדה
כפר סבא	תכנית מתאר מקומית כוללנית כפר סבא כס/2035	405-0412890	אחרי הפקדה
אבן יהודה	מתאר כוללנית אבן יהודה	457-0497610	לפני הפקדה

קומפילציית תכניות מחוזיות:

- תמ"מ / 5
- תמ"מ / 3 / 21
- תמ"מ 3/ 21 / 41
- תמ"מ / 3 / 32
- תמ"מ 3 / 68
- תמ"מ 3 / 21 / 8
- תמ"מ / 3 / 21/ 18
- תמ"מ / 3 / 21/ 27
- תמ"מ / 3 / 21/ 23

14.2 נספח 2 – חישובי ספיקות מתכניות קודמות

תכנית האב 2009

1) ספיקות הסתברותיות בתחנות המדידה השונות. הספיקות חושבו על פי לוג פירסון 3.

שם הנחל	שטח אגן	פרמטרים סטטיסטיים			ספיקות מחושבות על פי לוג פירסון 3 גרפואנליטי לתחנות				
	קמ"ר	Avg	STD	Cs	1%	2%	5%	10%	20%
פולג	114.2	1.17	0.37	-0.70	68	61	49	40	31
חבל	24	0.9	0.5	-0.15	97	75	50	35	22
רעננה(מעלה)	10.1*	1.2	0.2	-0.70	41	37	33	29	24
רעננה-בצרה	15.7*	1.2	0.3	-0.49	59	53	44	36	29
דרור	21	0.6	0.5	-0.43	42	34	24	17	11
דרור	8.9	0.5	0.5	-0.47	26	21	15	11	8
חרות	7.2	0.20	0.67	-0.50	32	24	16	10	6
רשפון	17.1	0.38	0.81	-0.42	106	73	41	24	12
אילנות	7.5	0.5	0.4	-0.70	17	15	12	10	7

* שטח אגן תורם בפועל רעננה (מעלה) – 8

* שטח אגן תורם בפועל רעננה-בצרה – 13.6

* בדוח יש טבלת ספיקות מדודות בתחנת רעננה מעלה לשנים 1979-2006.

2) ספיקות סגוליות והקרקעות העיקריות בתחנות הידרומטריות שונות

שם הנחל	ספיקות סגוליות		
	1%	10%	יחס 10%/1%
פולג	0.60	0.35	59%
פולג מזרחי	4.05	1.44	36%
רעננה(מעלה)	5.08	3.57	70%
רעננה-בצרה	4.35	2.67	61%
דרור	2.02	0.81	40%
דרור	2.92	1.28	44%
חרות	4.45	1.43	32%
רשפון	6.17	1.40	23%
אילנות	2.30	1.31	57%

מקרא:

חמרה
חמרה חולית
עירוני
קרקעות אלוביות חמריות וגליי

3) תוצאות החישובים בשיטות החישוב השונות – 1%.

מספר נקודת ספיקה	שם הנחל	תחום התנקזות [קמ"ר]	הסתברות 1%			
			מכ"מ גשם זכרון	אנלוגיה	שיטה רציונאלית	סטטיסטית מרחבית
1	פולג מזרחי (מעלה משמרת)	11.17	65.0	66.0	0.0	55.0
2	משמרת	2.48	26.6	13.7	27.0	22.6
3	ורבורג	6.86	50.9	32.6	45.7	54.0
4	פולג מזרחי (מעלה ורבורג)	15.54	0.0	70.0	0.0	65.8
5	רעננה (צומת פולג מזרחי)	14.40	76.5	60.9	0.0	58.7
6	פולג מזרחי (צומת רעננה)	23.56	0.0	97.3	0.0	85.4
7	יובל קדימה	6.40	27.0	20.0	22.2	4.1
8	יובל אבן-יהודה	2.53	14.1	9.5	14.5	1.6
9	דרור (מעלה קדימה)	11.34	78.8	29.3	0.0	35.7
10	חרות	8.88	56.5	35.6	30.3	47.7
11	דרור	32.94	119.3	50.0	0.0	81.5
12	פולג (מעלה דרור)	39.24	0.0	115.0	0.0	114.3
13	רשפון	22.37	0.0	120.7	0.0	82.7
14	פולג (מעלה רשפון)	78.28	0.0	154.6	0.0	163.6
15	פולג (מעלה אודים)	100.65	0.0	175.3	0.0	190.5
16	אודים	19.65	0.0	42.0	0.0	67.0
17	פולג	124.93	0.0	195.3	0.0	221.2

4) תוצאות החישובים בשיטות החישוב השונות – 2%.

מספר נקודת ספיקה	שם הנחל	תחום התנקזות [קמ"ר]	הסתברות 2%			
			מכ"מ גשם זכרון	אנלוגיה	שיטה רציונאלית	סטטיסטית מרחבית
1	פולג מזרחי (מעלה משמרת)	11.17	48.5	49.5	0.0	41.4
2	משמרת	2.48	19.9	10.4	20.1	16.5
3	ורבורג	6.86	38.0	27.0	34.7	43.8
4	פולג מזרחי (מעלה ורבורג)	15.54	0.0	54.0	0.0	50.2
5	רעננה (צומת פולג מזרחי)	14.40	57.1	54.2	0.0	50.4
6	פולג מזרחי (צומת רעננה)	23.56	0.0	62.0	0.0	65.2
7	יובל קדימה	6.40	20.2	16.4	17.0	3.5
8	יובל אבן-יהודה	2.53	10.5	7.8	10.8	1.4
9	דרור (מעלה קדימה)	11.34	58.8	24.1	0.0	27.0
10	חרות	8.88	42.2	27.1	24.4	35.8
11	דרור	32.94	89.0	41.0	0.0	63.2
12	פולג (מעלה דרור)	39.24	0.0	80.0	0.0	88.5
13	רשפון	22.37	0.0	83.9	0.0	63.1
14	פולג (מעלה רשפון)	78.28	0.0	120.0	0.0	127.6
15	פולג (מעלה אודים)	100.65	0.0	136.1	0.0	150.6
16	אודים	19.65	0.0	28.0	0.0	50.8
17	פולג	124.93	0.0	151.6	0.0	174.8

5) תוצאות החישובים בשיטות החישוב השונות – 5%.

מספר נקודת ספיקה	שם הנחל	תחום התנקזות [קמ"ר]	הסתברות 5%			
			מכ"מ גשם זכרון	אנלוגיה	שיטה רציונאלית	סטטיסטית מרחבית
1	פולג מזרחי (מעלה משמרת)	11.17	28.9	29.3	0.0	26.7
2	משמרת	2.48	11.8	6.7	10.9	10.3
3	ורבורג	6.86	22.6	20.2	6.7	32.3
4	פולג מזרחי (מעלה ורבורג)	15.54	0.0	35.0	0.0	32.9
5	רעננה (צומת פולג מזרחי)	14.40	34.0	44.9	0.0	40.4
6	פולג מזרחי (צומת רעננה)	23.56	0.0	38.9	0.0	42.7
7	יובל קדימה	6.40	12.0	11.9	3.5	2.8
8	יובל אבן-יהודה	2.53	6.2	5.7	5.7	1.1
9	דרור (מעלה קדימה)	11.34	35.0	17.5	0.0	17.8
10	חרות	8.88	25.1	17.5	3.4	23.1
11	דרור	32.94	53.0	29.8	0.0	42.6
12	פולג (מעלה דרור)	39.24	0.0	46.0	0.0	59.0
13	רשפון	22.37	0.0	47.1	0.0	41.4
14	פולג (מעלה רשפון)	78.28	0.0	81.4	0.0	86.3
15	פולג (מעלה אודים)	100.65	0.0	92.3	0.0	103.3
16	אודים	19.65	0.0	22.0	0.0	33.2
17	פולג	124.93	0.0	102.8	0.0	119.7

6) תוצאות החישובים בשיטות החישוב השונות – 10%.

מספר נקודת ספיקה	אגני ההיקוות המתרכזים אל הנקודה	תחום התנקזות [קמ"ר]	הסתברות 10%			
			מכ"מ גשם זכרון	אנלוגיה	שיטה רציונאלית	סטטיסטית מרחבית
1	פולג מזרחי (מעלה משמרת)	11.17	16.5	17.9	0.0	17.9
2	משמרת	2.48	6.8	4.4	4.8	6.8
3	ורבורג	6.86	12.9	15.5	8.7	25.0
4	פולג מזרחי (מעלה ורבורג)	15.54	0.0	22.4	0.0	22.3
5	רעננה (צומת פולג מזרחי)	14.40	19.4	37.4	0.0	33.3
6	פולג מזרחי (צומת רעננה)	23.56	0.0	24.5	0.0	28.9
7	יובל קדימה	6.40	6.9	8.8	4.4	2.3
8	יובל אבן-יהודה	2.53	3.6	4.2	2.6	0.9
9	דרור (מעלה קדימה)	11.34	20.0	12.9	0.0	12.3
10	חרות	8.88	14.4	11.5	7.0	15.5
11	דרור	32.94	30.3	21.9	0.0	29.7
12	פולג (מעלה דרור)	39.24	0.0	29.0	0.0	40.3
13	רשפון	22.37	0.0	27.4	0.0	28.0
14	פולג (מעלה רשפון)	78.28	0.0	57.1	0.0	59.8
15	פולג (מעלה אודים)	100.65	0.0	64.7	0.0	72.0
16	אודים	19.65	0.0	17.0	0.0	22.6
17	פולג	124.93	0.0	72.1	0.0	83.4

סקר סיכונים 2015

ספיקות מחושבות וספיקה נבחרת עבור הסתברות תכן 1%, 2%

	הסתברות 1%			תחום	
				התנקזות	מספר ערוץ
הערות	ספיקה נבחרת	מודל עמ"ר	אנלוגיה	[קמ"ר]	
מווסת על ידי השער הרומאי	131.7	131.7	74.53	135.93	1
מווסת על ידי השער הרומאי	125.0	113.5	65.67	108.71	2
כולל אזור תעשייה	62.7	54.1	71.28	19.70	201
כולל אזור תעשייה	60.2	52.8	67.59	17.71	202
לפי אילנות	24.3	50.9	24.28	14.91	203
לפי אילנות	7.0	0.0	7.01	2.44	203
	9.4	0.0	9.39	1.44	2021
	8.8	0.0	8.79	1.43	2031
	125.0	112.3	158.29	106.91	3
	10.3	0.0	10.27	1.61	301
	118.2	96.6	139.78	83.36	4
	79.4	56.5	79.36	23.29	401
	70.0	53.1	69.98	18.11	402
	58.2	50.4	58.24	14.09	403
	30.9	0.0	30.90	6.03	404
	30.9	0.0	30.90	6.03	404
	10.5	0.0	10.52	1.79	4021
	11.9	0.0	11.87	1.93	4031
	17.3	0.0	17.25	2.91	4041
	11.2	0.0	11.18	1.93	40321
	11.2	0.0	11.18	1.93	40321
	87.0	71.1	102.88	45.16	5
	63.5	63.5	88.97	33.77	501
	44.8	56.6	44.78	23.35	502
	28.0	47.9	27.96	10.31	503
	8.8	0.0	8.83	2.31	503
	37.2	0.0	37.16	9.68	5031
	13.6	0.0	13.61	2.29	5031
	37.1	0.0	37.14	9.67	5021
	20.4	0.0	20.42	4.72	5022
	13.8	0.0	13.79	2.51	50221
	75.0	57.0	75.02	24.01	6
	54.4	51.7	54.39	16.06	7
	33.9	0.0	33.90	6.77	701
	6.6	0.0	6.61	1.00	702
	24.7	0.0	24.67	4.29	7021
	50.0	48.8	50.02	11.65	8
	13.9	0.0	13.88	2.53	801
	50.0	48.8	50.02	11.65	9
	50.0	48.8	50.02	11.65	10
		0.0	18.41	3.34	1001
	24.5	0.0	24.51	5.15	11
	16.6	0.0	16.58	3.16	1101
	9.0	0.0	9.00	1.29	1102
	5.9	0.0	5.90	1.00	11021
	16.0	0.0	15.95	3.01	12
	11.7	0.0	11.68	2.04	1201
	64.8	51.9	64.84	16.30	601
	33.5	0.0	33.51	6.29	602
	24.6	0.0	24.63	4.28	6021

	תחום	הסתברות 2%		
	התנקזות			
מספר ערוץ	[קמ"ר]	אנלוגיה	מודל עמ"ר	ספיקה נבחרת
1	135.93	66.08	116.7	116.7
2	108.71	58.23	100.6	100.6
201	19.70	63.39	48.1	55.8
202	17.71	60.10	47.0	53.5
203	14.91	21.35	0.0	21.3
203	2.44	6.17	0.0	6.2
2021	1.44	6.77	0.0	6.8
2031	1.43	6.70	0.0	6.7
3	106.91	111.86	79.4	95.6
301	1.61	7.40	0.0	7.4
4	83.36	98.78	68.3	83.5
401	23.29	57.19	40.7	57.2
402	18.11	50.43	38.2	50.4
403	14.09	41.97	36.3	42.0
404	6.03	27.48	0.0	27.5
404	6.03	27.48	0.0	27.5
4021	1.79	8.01	0.0	8.0
4031	1.93	8.56	0.0	8.6
4041	2.91	15.34	0.0	15.3
40321	1.93	8.51	0.0	8.5
40321	1.93	8.51	0.0	8.5
5	45.16	72.70	50.3	61.5
501	33.77	62.87	44.9	44.9
502	23.35	35.73	45.1	35.7
503	10.31	22.94	39.3	22.9
503	2.31	7.24	0.0	7.2
5031	9.68	28.30	0.0	28.3
5031	2.29	9.81	0.0	9.8
5021	9.67	28.28	0.0	28.3
5022	4.72	14.43	0.0	14.4
50221	2.51	10.50	0.0	10.5
6	24.01	53.01	40.3	53.0
7	16.06	38.43	36.5	38.4
701	6.77	30.14	0.0	30.1
702	1.00	5.03	0.0	5.0
7021	4.29	22.76	0.0	22.8
8	11.65	36.05	35.1	36.0
801	2.53	10.57	0.0	10.6
9	11.65	36.05	35.1	36.0
10	11.65	36.05	35.1	36.0
1001	3.34	13.27	0.0	
11	5.15	18.67	0.0	18.7
1101	3.16	12.63	0.0	12.6
1102	1.29	8.00	0.0	8.0
11021	1.00	4.17	0.0	4.2
12	3.01	12.15	0.0	12.1
1201	2.04	8.90	0.0	8.9
601	16.30	57.66	46.1	57.7
602	6.29	30.91	0.0	30.9
6021	4.28	22.72	0.0	22.7

ספיקות מחושבות וספיקה נבחרת עבור הסתברות תכן 5%, 10%

הסתברות 5%			תחום התנקזות	מספר ערוץ
ספיקה נבחרת	מודל עמ"ר	אנלוגיה	[קמ"ר]	
95.4	95.4	54.00	135.93	1
82.2	82.2	47.58	108.71	2
46.2	39.8	52.46	19.70	201
44.3	38.9	49.74	17.71	202
17.2	0.0	17.20	14.91	203
5.0	0.0	4.97	2.44	203
5.2	0.0	5.25	1.44	2021
4.3	0.0	4.32	1.43	2031
81.2	67.4	94.98	106.91	3
5.7	0.0	5.74	1.61	301
70.9	58.0	83.87	83.36	4
44.3	31.6	44.35	23.29	401
39.1	29.7	39.11	18.11	402
32.5	28.2	32.55	14.09	403
22.7	0.0	22.74	6.03	404
22.7	0.0	22.74	6.03	404
5.2	0.0	5.17	1.79	4021
6.6	0.0	6.63	1.93	4031
12.7	0.0	12.70	2.91	4041
5.5	0.0	5.49	1.93	40321
5.5	0.0	5.49	1.93	40321
52.2	42.7	61.73	45.16	5
38.1	38.1	53.38	33.77	501
25.0	31.6	24.99	23.35	502
16.7	28.6	16.67	10.31	503
5.3	0.0	5.27	2.31	503
18.2	0.0	18.24	9.68	5031
7.6	0.0	7.61	2.29	5031
18.2	0.0	18.23	9.67	5021
12.3	0.0	12.25	4.72	5022
6.8	0.0	6.77	2.51	50221
45.0	34.2	45.01	24.01	6
32.6	31.0	32.63	16.06	7
24.9	0.0	24.95	6.77	701
3.2	0.0	3.24	1.00	702
19.9	0.0	19.88	4.29	7021
28.0	27.3	27.95	11.65	8
6.8	0.0	6.82	2.53	801
28.0	27.3	27.95	11.65	9
28.0	27.3	27.95	11.65	10
	0.0	10.29	3.34	1001
12.0	0.0	12.03	5.15	11
8.1	0.0	8.14	3.16	1101
6.6	0.0	6.62	1.29	1102
3.5	0.0	3.54	1.00	11021
7.8	0.0	7.83	3.01	12
5.7	0.0	5.74	2.04	1201
47.7	38.2	47.72	16.30	601
27.0	0.0	26.99	6.29	602
19.8	0.0	19.84	4.28	6021

הסתברות 10%			תחום התנקזות	מספר ערוץ
ספיקה נבחרת	מודל עמ"ר	אנלוגיה	[קמ"ר]	
77.9	77.9	44.12	135.93	1
67.2	67.2	38.88	108.71	2
38.5	33.2	43.75	19.70	201
36.9	32.4	41.48	17.71	202
13.9	0.0	13.86	14.91	203
4.0	0.0	4.00	2.44	203
3.5	0.0	3.45	1.44	2021
2.8	0.0	2.83	1.43	2031
57.7	47.9	67.54	106.91	3
3.8	0.0	3.78	1.61	301
50.4	41.2	59.64	83.36	4
29.2	20.8	29.18	23.29	401
25.7	19.5	25.73	18.11	402
21.4	18.5	21.41	14.09	403
19.0	0.0	18.96	6.03	404
19.0	0.0	18.96	6.03	404
3.4	0.0	3.39	1.79	4021
4.4	0.0	4.37	1.93	4031
10.6	0.0	10.59	2.91	4041
3.6	0.0	3.60	1.93	40321
3.6	0.0	3.60	1.93	40321
37.1	30.3	43.90	45.16	5
27.1	27.1	37.96	33.77	501
17.8	22.5	17.84	23.35	502
12.3	21.0	12.28	10.31	503
3.9	0.0	3.88	2.31	503
12.0	0.0	11.97	9.68	5031
5.0	0.0	5.01	2.29	5031
12.0	0.0	11.96	9.67	5021
8.7	0.0	8.71	4.72	5022
4.4	0.0	4.44	2.51	50221
32.0	24.3	32.01	24.01	6
23.2	22.1	23.20	16.06	7
20.8	0.0	20.80	6.77	701
2.1	0.0	2.13	1.00	702
17.4	0.0	17.36	4.29	7021
18.4	17.9	18.39	11.65	8
4.5	0.0	4.47	2.53	801
18.4	17.9	18.39	11.65	9
18.4	17.9	18.39	11.65	10
	0.0	6.77	3.34	1001
7.9	0.0	7.89	5.15	11
5.3	0.0	5.34	3.16	1101
5.5	0.0	5.52	1.29	1102
2.5	0.0	2.52	1.00	11021
5.1	0.0	5.14	3.01	12
3.8	0.0	3.76	2.04	1201
39.8	31.8	39.79	16.30	601
23.6	0.0	23.57	6.29	602
17.3	0.0	17.32	4.28	6021

14.3 נספח 3 – סיכום סיור

5 בדצמבר 2022

<u>הנדון: סיכום סיור 2 – אגן נחל פולג, תכנית ניהול סיכוני שטפונות ר"נ שרון, 21/11/2022</u>

הסיור התקיים באגן נחל פולג בהשתתפות:
ר"נ שרון – דרור אפשטיין, רן פרחי, פיליפ רובינזפט
אגף שימור קרקע וניקוז – ריקי קטנר, ג'ניה גוטמן, [עמיתת ממשק]
צוות התכנון:
נועה בלון נחליאלי - נועה בלון נחליאלי מיפוי וניתוח גיאומרחבי
חגית וינר, תומר בן יאיר, יוליה אלכסנדרוב, יוחנן שרף – אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה

תחנה 1 – שפך הפולג בנתניה

בניגוד לנחל חדרה ונחל אלכסנדר, בנחל פולג כמעט ואין אסטואר. המים בנחל הם ממי תהום גבוהים ואין זרימת בסיס ולכן יש נתק קבוע בין הנחל והים. לעתים מלווים בריח אורגני מסריח ויש תלונות של התושבים אך המים אינם מזוהמים. בכל שטפון היציאה לים משתנה, דינמית. אירועי שטפון בחוף (שיוצרים בעיות) מתרחשים 1-2 בשנה. כושר ההולכה מהשער הרומי ועד לשפך נמוך מידי.
חוף הים הוא שמורת טבע.







תחנה 2 – יציאת ניקוז מקומי

צינור המים עובר בגובה קרקעית הנחל.

מוצא ניקוז של צנרת עירונית. בעבר היה כאן מעבר אירי מבטון.

השטח מסביב לאזור זה מיועד **לבינוי ומלונות בתכנית המתאר של נתניה** עם רצועה של שמורת טבע סביב הנחל.





תחנה 3 – השער הרומי ומבט על ליבת הפולג

בחתך הקיים המפתח של השער הרומי לא מסוגל להעביר את ספיקת השיא של 250 מ"ק/שניה.

חלק מהשטחים החקלאיים הוגבהו על מנת שלא יוצפו. הם קרובים לרום הקרקעית ומוצפים בתדירות גבוהה ולכן נחותים מבחינת שימוש חקלאי.

יש תכנית תב"ע בהכנה על ידי משרד וקסמן גוברין (רינת תורג'מן) בהובלת רמ"י והמועצה לצורך פתרון לבעיית ההצפה בשער הרומי ובמרחב ליבת הפולג. החלופות העיקריות עוסקות ב:

- שיטה להגדלת יכולת ההולכה – מעקף\ מנהרה\ הרחבה של החלק הצר
- ניהול השטח - רט"ג מציעים להפוך את השטח לשמורה
- תוואי הנחל – שמירה על תוואי מקורי או הסטה של האפיק אל אזור ההצפה וביטול התוואי הראשי
- סוגי הכשרה של הקרקע החקלאית – שמירה על גובה מקורי\ הגבהה נמוכה\ הגבהה מלאה

שטחי לולים נמוכים הוסבו למגורים ותעשיה, ויש תביעה של הדיירים בגלל שטפונות.

זה המיקום המסוכן והבעייתי ביותר בכל אגן הפולג מבחינת סכנת שטפונות.

בעקבות בקשות חוזרות של רשות הניקוז, המועצה פתחה בהליך משפטי לפינוי המבנים בגלל שימוש חורג.



תחנה 4 – אגמון פולג

באירועי שטפון יש זרימה חוזרת מנחל פולג לכיוון נחל אודים שמתנקז אליו סמוך לאגמון.

הצפות של שטחים נמוכים, שאחר כך לא מצליחים להתנקז ונשארים מוצפים זמן רב אחרי סיום האירוע.
תל ג'זירה היה בעבר "אי" כורכר שהיה מוקף ביצות וכיום הוא בור ביצה בלב שדות שמקבל מים מהנחל בגלישה.

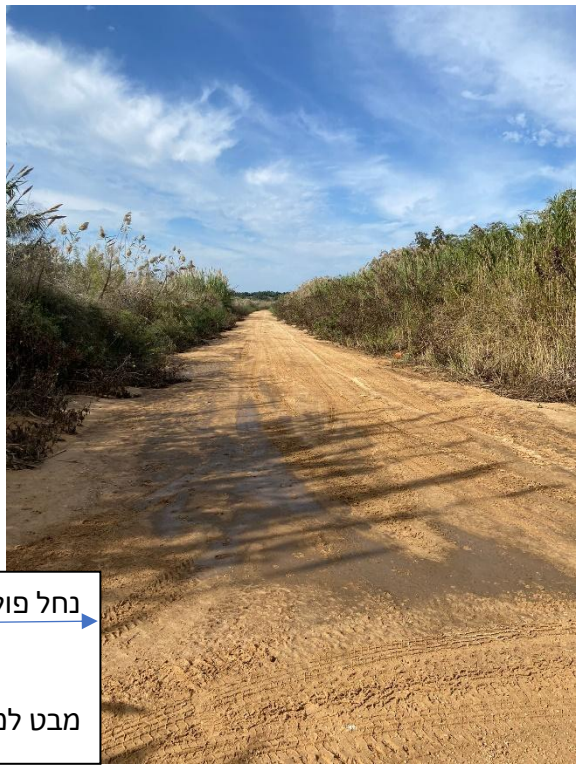




תחנות 5 + 6 – גשר רכבת בנחל פולג ויער פולג

שטח חקלאי שכל שנה מוצף. יכול להתאים לוויסות (לא מתאים להחדרה). יש המון סחף חול בנחל.







נחל פולג – מבט למורד

מבט למעלה



תחנה 7 – מפגש הנחלים דרור-פולג

ליד מפגש הנחלים קיימת מחצבה ישנה "נתיב". רשות הניקוז הסדירה מעביר אירי כדי שנחל דרור יוכל להתנקז למחצבה, המשמשת כאתר ויסות – יכול לתת מענה לאירועים שכיחים. ר"נ מתכננת לעשות במקום בריכת שיקוע לחול. סמוך למפגש הנחלים יש מאגר קולחים. בחורף משחררים מים לנחל באיכות גבוהה אבל עם ריח לא טוב.





נחל דרור – מבט למורד ומבט למעלה



תחנה 8 – בדרך למושב בצרה

אגן ההיקוות עד המושב הוא כ – 40 קמ"ר. ר"נ מתכננת לשנות את השיפוע האורכי (למתן) כדי להגן על השטחים החקלאיים.



תחנה 9 – מפגש נחלים רעננה-פולג מזרח

תעלת בטון שעושה את העבודה ואין הצפות, אבל לא ברור באיזו ההסתברות ואם עונה על הנדרש לאור הבינוי ברעננה. פולג מזרחי מנקז שטחים חקלאיים ברובו ורעננה שטחים עירוניים ברובו ורואים את ההבדלים במי השטפון.

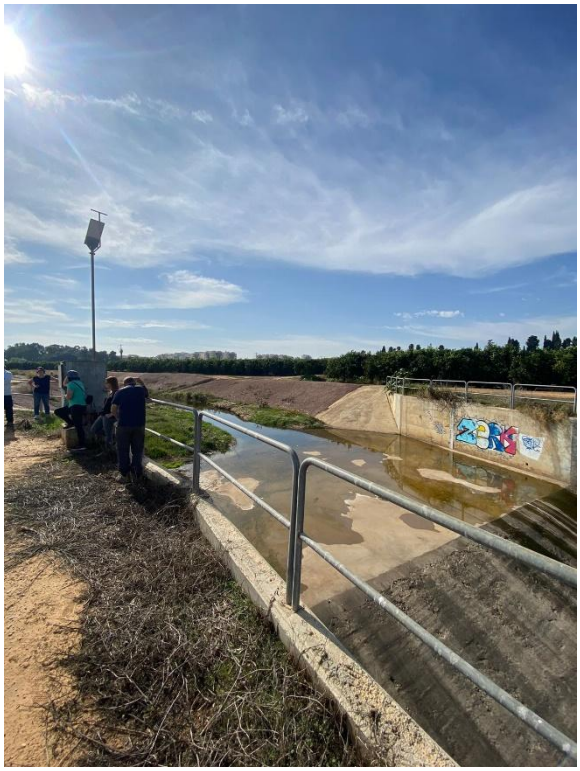
עם השנים ניתן לראות גם את השינוי באופי החקלאות מגד"ש למטעים, יש פחות סחף בשנים האחרונות במעלה פולג מזרח.





תחנה 10 – תחנה הידרומטרית נחל פולג

בקטע הזה, הנחל מבוטן וזה פתר את בעיית ההצפות. היה נסיון לשלב צמחייה עם הבטון אבל העלויות של זה מאד גבוהות.
תחנת המדידה מדויקת ומכוילת. פעילה מאז 2007/08 ומייצגת אגן עירוני ברובו (רעננה).



תחנה 11 – פולג מזרחי

גבעות החמרה רגישות להתחתרות וסחף. יש פרדסים משני צידי הנחל.





תחנה 12 – נחל רשפון

מפעל ניקוז מכביש 20 צפונה שמותנה בהתקדמות של תת"ל 15 (רכבת ישראל). רצועת הנחל תורחב. השיפוע האורכי מאד קטן ולכן נדרש נחל רחב. החתך מתוכנן להיות צמחי ובתחזוקה נמוכה.





תחנה 13 – גשר הולכי רגל מעל כביש 20

באזור הזה נחל רשפון זורם ב 3 אפיקים שמנקזים את הרצליה ורעננה. לאפיקים האלה חתך זרימה גדול יותר מאשר למורד הנחל. האפיק המנקז את מושב רשפון נמוך יותר מהנחל.

ר"נ מבקשת לקבל תמונת מצב ברורה של מערכת הניקוז באזור הזה, לאור פיתוח של תשתיות רבות (כבישים, מסילות).





בברכה,

חגית וינר

14.4 נספח 4 – שיטה לחישוב פוטנציאל נזק במתקנים הנדסיים

במהלך העבודה על חישוב הנזק, התברר כי לא נקבע בקבצי העזר של משרד החקלאות פוטנציאל נזק לסוגים שונים של מתקנים הנדסיים. על מנת להתגבר על היעדר המידע וכדי לדייק ככל הניתן בהשפעת הצפות על מתקנים כאלה, הצענו שיטה אחרת לחישוב הנזק.

חשוב להדגיש שכל ההערכות הכספיות אינן מתייחסות למתקן ספציפי, אלא המספרים מוצגים בערכים גנריים עקרוניים, ואין כאן נסיון – ברזולוציה של התכנית הזאת – להציג ערכי עלות אמיתיים של כל אחד מהמתקנים שנמצאים בפשט ההצפה.

ההצעה מבוססת על התפיסה כי לכל מתקן הנדסי יש אורך חיים סופי (בדרך כלל כ- 25 שנה), וכי בתום התקופה הזו תדרש השקעה מהותית של "הקמה מחדש" של המתקן. הנזק שייווצר מהצפה, בעצם מבטא את הקדמת ההשקעה ולא את מלוא ההשקעה.

הנחות העבודה:

1. אורך חיי מתקן הנדסי = 25 שנים; ההצפה מתרחשת באמצע חיי המתקן, קרי לאחר 13 שנה.
2. עלויות ההקמה של מרבית סוגי המתקנים ההנדסיים הקיימים באגן לא נקבעה במתודולוגיה ולכן הוערכה על פי הנסיון שלנו בהקמת מתקנים מסוג זה, כמפורט בטבלה להלן.
3. נזק מלא (total loss) נגרם כתוצאה ההצפה של כל שטח המתקן או של מרבית השטחים הבנויים בו.

במקרה כזה נניח כי יש להקים מחדש את המתקן. חישוב הנזק לטוטאל לוס הינו כדלקמן:

א. נניח שלמתקן יש אורך חיים ידוע - T, אבל הצורך בו הוא לאופק אינסופי, כך שבכל T שנים, צריך לבצע השקעה מלאה במתקן, שנסמן אותה ב- F.

ב. לצורך הניתוח נגדיר שני משתנים:

א) y הוא מחיר ההון התואם את הסיכון;

ב) ו- Y, שמוגדר כך: $Y \equiv (1+y)^T - 1 \rightarrow Y = (1+y)^T$

ג. תחת הנחות אלה, בכל מועד שבו נדרשת השקעה, $0, T, 2T, 3T \cdots \infty$, השווי ההוגן של כל ההשקעות הנדרשות הינו: $\mathrm{F} + \frac{F}{Y}$

ד. תחת ההנחות האלה, בכל נקודה בזמן $t \leq T$, השווי ההוגן של סך ההשקעות העתידיות שנדרש לבצע, הוא:

$$\frac{F + \frac{F}{Y}}{(1+y)^{(T-t)}}$$

ה. אם בזמן t, עקב הצפה, נדרש לבצע השקעה מלאה במתקן, אז נוצרת הקדמה של כל זרם ההשקעות העתידיות, והשווי ההוגן של סך ההשקעות העתידיות הופך להיות:

$$F + \frac{F}{Y} \geq \frac{F + \frac{F}{Y}}{(1+y)^{(T-t)}}$$

ו. הנזק הכלכלי שנוצר הוא ההפרש שבין הערך הנוכחי של זרם ההשקעות שמתחיל בזמן t, עקב ההצפה והערך הנוכחי של זרם ההשקעות לפי התכנון המקורי שצפוי להתחיל בזמן T:

$$d = F + \frac{F}{Y} - \frac{F + \frac{F}{Y}}{(1+y)^{(T-t)}}$$

ז. ניתן לראות שכאשר t=0 הנזק נאמד ב- F, וכאשר t=T, אז הנזק נאמד ב- 0. כלומר, אם הנזק קורה מיד לאחר ביצוע ההשקעה, אז הנזק נאמד בגובה ההשקעה שבוצעה ואילו אם הנזק נאמד שניה לפני שממילא צריך לבצע את ההשקעה, אז הנזק אפסי.

4. מלבד נזק מלא, יכולות להיות עוד שתי רמות נזק אפשריות, שמחושבות באופן דומה:

- נזק מזערי - חלק קטן משטח המתקן מוצף ועומק הצפה < 0.5 מטר, עלות הנזק מוערך ב 10% מהעלות d.
- נזק בינוני – כמחצית משטח המתקן מוצף או שעומק ההצפה > 0.5 מטר, עלות הנזק מוערך ב 40% מהעלות d.

עלות ההקמה (F) לסוגי מתקנים שונים מובאת בטבלה בעמוד הבא.

דרך עבודה זו אושרה לשימוש ע"י משרד החקלאות באפריל 2025.

טבלה 9 - עלויות הקמה (F)

סוג המתקן	עלויות הקמה – הערכת צוות התכנון	מתודולוגיה (אם יש ערך)
מתקני מים באר	מאות אלפי עד מליוני ₪ למערכת החשמל	
מתקני ביוב	נזק לעבודות פיתוח - 200 אש"ח; חדר חשמל - חצי מליון ₪	
בריכת חימצון	1 מלש"ח	
תברואה- ניקוז ביוב חימצון	1 מלש"ח	
מאגר	מאגר קולחין עד 100 דונם - 15 מלש"ח; עד 200 דונם - 25 מלש"ח; 200-400 דונם 50 מלש"ח	מעל 500 דונם = 25 מלש"ח; עד 500 דונם = 7 מלש"ח
מט"ש	לפי רמת שירות - קטן (40 מלש"ח), בינוני (120 מלש"ח), גדול (400-500 מלש"ח).	12-40 מלש"ח
מכון שאיבה	20 מלש"ח	
תחנת שאיבה וקידוחים	3 מלש"ח	
תחנת שאיבה לביוב	5 מלש"ח	
תחנת שאיבה לניקוז	5 מלש"ח	
מתקן פוטוולטאי	מחושב לפי יחס שטח:קילו-ואט:₪ של 10 מ"ר:1 קילו-ואט: 4000 ₪	
תחמ"ג		
חדר טרנספורמציה	3 מלש"ח	2 מלש"ח
מתקן תשתיות גז	15 מלש"ח	
מתקני נפט	15 מלש"ח	
מרכז פינוי אשפה וחדרי טרנספורמציה	30-40 מלש"ח	2 מלש"ח
רצועת תשתיות	ללא פוטנציאל נזק	

14.5 נספח 5 – סיכומי ישיבות צוות מלווה וועדת היגוי

להכניס PDF בהדפסה