

25/02/2019

להפקיד את התכנית

N270-4/6900

י"ר הוועדה המחוזית

30/12/2019



באר יעקב - שכונת תלמים מזרח

נספח ניקוז וניהול מי נגר עילי



גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ

טירת כרמל, ת.ד. 85 30200 רח' היוזמה 2 ,

טל. 04-8559111 פקס. 04-8559100

grdel.co.il haifa: E-mail@

אוקטובר 2019
מהדורה 4



סוג המסמך: נספח ניקוז	Gronner D.e.I Engineers Ltd.  גרונר ד.א.ל מהנדסים בע"מ טירת הכרמל 30200 רח' היוזמה 3 טל. 04-8559111 פקס. 04-8559100 E-mail haifa@grdel.co.il : mailto:delhaifa@netvision.net.il
מהדורה : 4	מסמך מס': N270-4
מחברים: אביב שפירא	שם העבודה: באר יעקב. שכונת תלמים מזרח. מס' העבודה: 6900
מאשר: שם: גל גרונר חתימה: תאריך:	שם המסמך: נספח ניקוז וניהול מי נגר עילי שם המזמין: רשות מקרקעי ישראל
תמצית העבודה: רשות מקרקעי ישראל מקדמת את תכנון שכונת תלמים מזרח בבאר יעקב. השכונה תכלול מגרשים לבניה ושטחים פתוחים. מטרות הדו"ח הנן: - לימוד מערכת הניקוז הקיימת. - קביעת עקרונות לתכנון ניקוז - קביעת ספיקות תכן - תכנון עקרוני של מערכת ניקוז ובדיקת השפעה על הסביבה	
מס' עמודים: 32	תאריך: אוקטובר 2019
הערות: לאישור	תפוצה: ועדה מחוזית רשות ניקוז ירקון



תוכן עניינים

1. מבוא
 - 1.1. רקע
 - 1.2. מטרות העבודה
 - 1.3. נתוני בסיס
2. ניתוח אגני של הקרקע
3. קרקעות
4. סקירה הידרולוגית
 - 4.1. נתוני גשם באזור
 - 4.2. הידרוגיאולוגיה
5. תיאור אגני היקוות וסכמת ניקוז
 - 5.1. סכמת ניקוז קיימת
 - 5.2. סקירת הצפות קודמות בשטח התוכנית ובשטחים גובלים
 - 5.3. תיאור אגני היקוות
6. הידרולוגיה
 - 6.1. קריטריונים לחישוב ספיקות תכן
 - 6.2. חישוב ספיקות תכן לפי מודל CIA
 - 6.3. סיכום, מסקנות וקביעת ספיקות תכן
7. תיאור עקרוני של סכמת הניקוז המוצעת
 - 7.1. כללי
 - 7.2. ממשק עם מערכת הניקוז של הרכבת
 - 7.3. פרטים אופייניים
8. הנחיות לתכנון מוקדם
 - 8.1. מעבירי מים
 - 8.2. הנחת מתקני ניקוז מסעה
 - 8.3. תעלות צד ומובלים תת"ק
 - 8.4. הנחיות לתכנון מוצאי ניקוז מתחום התוכנית
 - 8.5. עקרונות תכנון שימור נגר
 - 8.5.1. כללי
 - 8.5.2. אמצעים למניעת נזקים, ויסות ושימור נגר מהמגרשים
 - 8.5.3. שימור הנגר
9. השפעות צפויות על הסביבה
 - 9.1. שינוי הנגר כתוצאה מביצוע התוכנית
 - 9.2. השפעה סביבתית של פתרונות הניקוז המוצעים
10. המלצות להוראות התוכנית

רשימת נספחים:

נספח מס' 1 - מודל CIA

רשימת מפות, תרשימים ותכניות:

תוכנית מס' 1 – נספח ניקוז הכולל תרשים סביבה בקנ"מ 1:10,000

קנ"מ 1:1000





1. מבוא

1.1 רקע (ראה תוכנית כללית – תוכנית מס' 1)

שכונת תלמים מזרח הינה שכונת מגורים מתוכננת בעיר באר יעקב וממוקמת דרומית לכביש 4313, מערבית לכביש 44, ממזרח לשכונת תלמים א' המתוכננת וצפונית למסילת רכבת קיימת. השכונה תכלול מגרשים לבניה ושטחים פתוחים, מתוכננים לאורך רחובות ושדרות המתחברים למרקם העירוני של באר יעקב.



שטח השיפוט מבחינת ניקוז שייך לרשות ניקוז ירקון.

שטח התוכנית כ- 129 דונם.

1.2 מטרות העבודה.

מטרות הדו"ח הנן:

- לימוד מערכת הניקוז הקיימת.
- קביעת ספיקות התכן עבור מערכת הניקוז המתוכננת.
- תכנון מוקדם של מערכת הניקוז.



1.3 נתוני בסיס

נתוני הרקע אשר שימשו אותנו לצורך כתיבת דו"ח זה הנם:

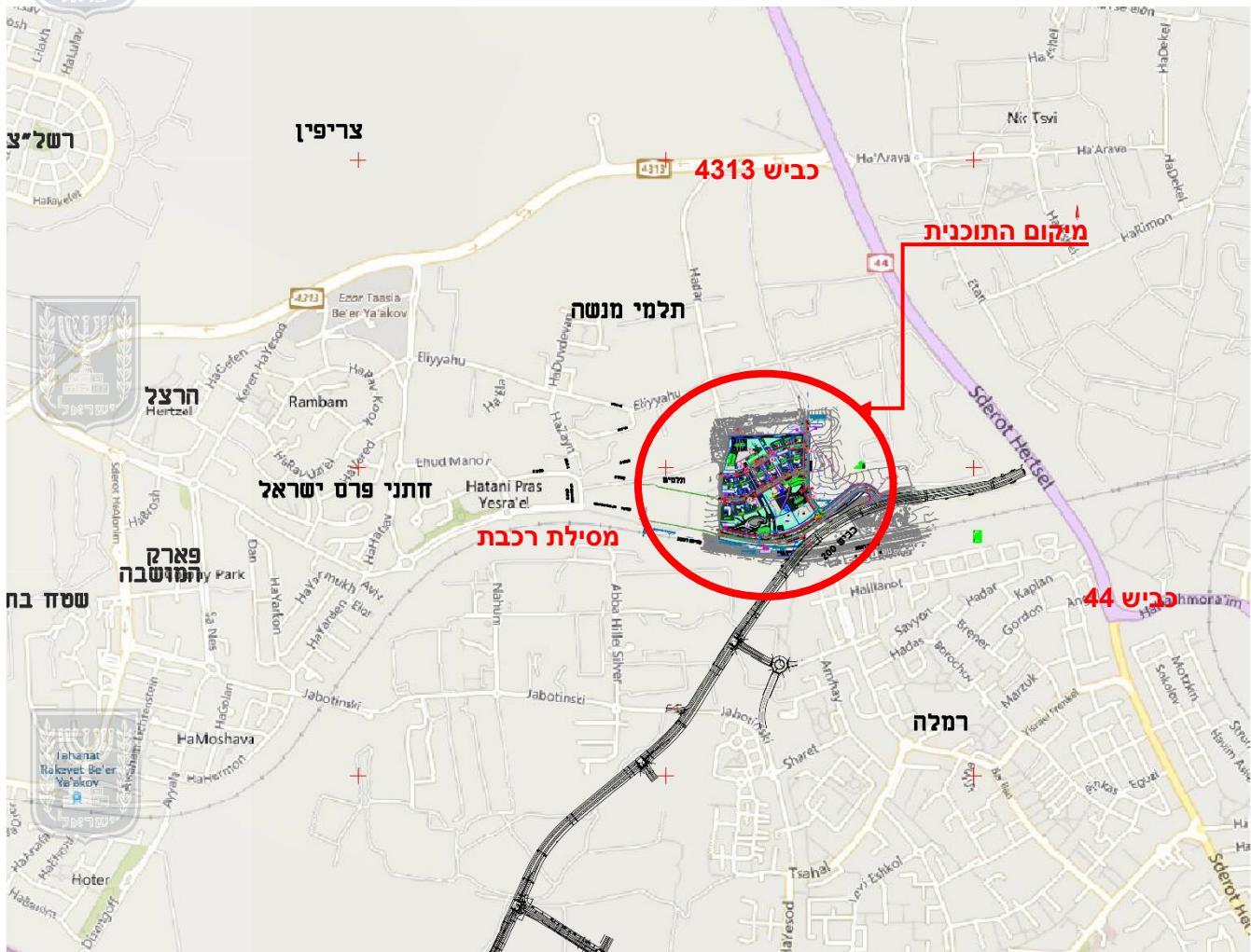


- מפות טופוגרפיות בקנה"מ 1:50,000, 1:10,000.
- קונטרס מס' 1 - ניקוז עילי - בן ציון כינורי.
- תוכנית מתאר מקומית באר יעקב 2030 - נספח מס' 5-ניקוז שהוכנה ע"י קשת-מ.כ. ניהול פרויקטים בע"מ
- ניתוח עוצמות גשם מתוך המחקר "עדכון בסיס נתוני עוצמות הגשם בישראל"/ הלוי וארבל, מרץ 2016
- "המלצות לתכנון ניקוז עירוני"/ משרד השיכון, מרץ 2007
- סיור באתר.



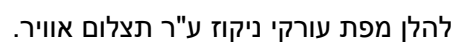
להלן תרשים סביבה המציג את מיקום תחום התוכנית:

תרשים 1 – תרשים סביבה עם סימון מיקום התוכנית

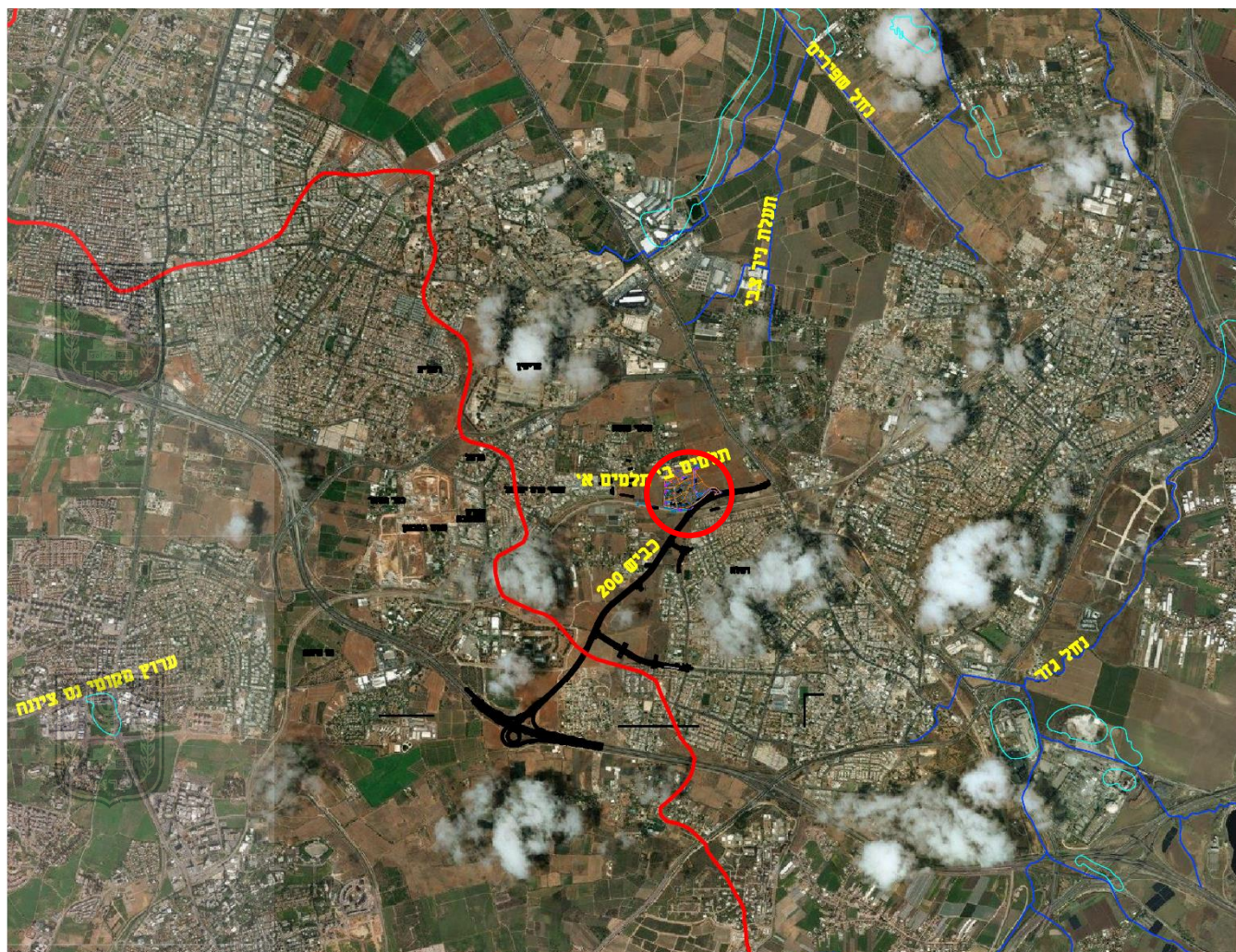




כתוצאה מכך, נגר מאגנים סמוכים כמעט ואינו זורם לתחום התוכנית. תחום התוכנית גבוה מסביבתו מלבד בצד הדרומי, אך שם תעלות הרכבת הקיימות מהוות חיצ' ניקוזי' ונגר אינו זורם לתוכנית גם מדרום.



תרשים 2 – מפת עורקי ניקוז וגבול התוכנית ע"ר תצלום אוויר:



3. קרקעות

חבורת הקרקע שמהן מורכבות הקרקעות בשטחי אגני ההיקוות הטבעיים הינה קרקעות מסוג קרקעות חמרה (E1,E3).

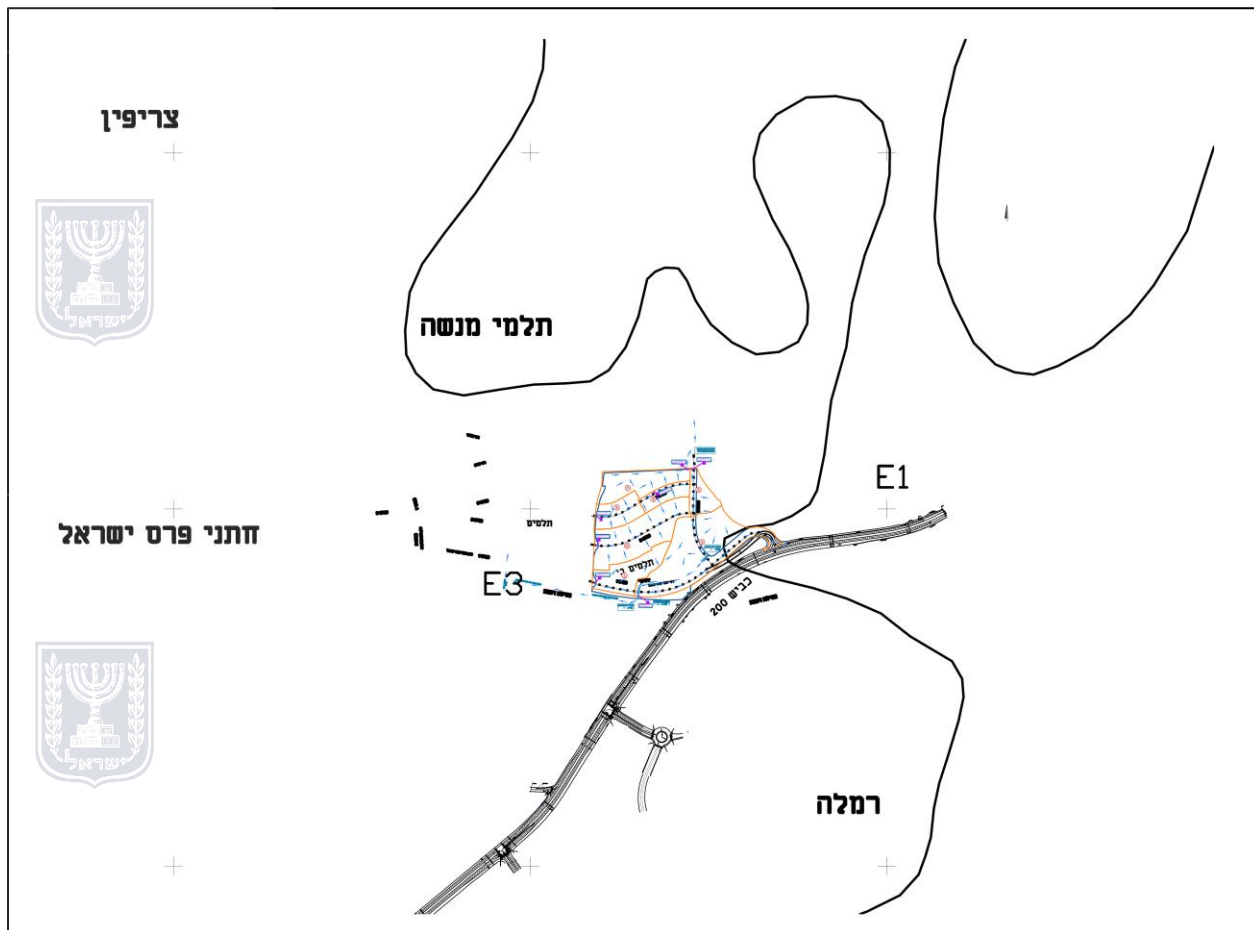
טבלה 1 – תיאור חבורות הקרקע בתחום הפרויקט:

קבוצת חבורות הקרקע	גורמים יוצרי קרקע	טיפוסי קרקע עיקריים ותכונותיהם
E1 קרקעות אלוביות חמריות וגלי. E2 פרהרנדזינה. E3 קרקעות חמרה. E4 קרקעות חמרה חולית. E5 ליתוסולים חוליים, קרקעות חמרה ורנדזינות - שטח קטן בחרמון.	האקלים לח למחצה. חומר האב חול ואבן חול גירית. בעמקים מצוי גם סחף אלובי דק גרגר. התבליט שטחים גלוניים עד גבנוניים שביניהם מפרידים עמקים ופשטי הצפה רחבים. ניתן להבחין ברכסי כורכר וחול ישנים, בשטחים חוליים ואף בביצות.	קרקעות אלוביות חמריות קרקעות שנוצרו מסחף אלובי צעיר השוקע בעמקים ובפשטי הצפה, בצפון הארץ ובמרכז. קרקעות אלו הן חומות, בדרך כלל, ובעלות מרקם בינוני עד בינוני דק, אם כי מצויות גם קרקעות גסות גרגר. הקרקעות חסרות גיר. קרקעות אלו מוגבלות לשטחים שבהם שקע סחף בשנים האחרונות. גלי קרקעות הסובלות מניקוז לקוי. בעומק הן מכילות בדרך כלל שכבת גלי. הקרקעות הן לרוב דקות גרגר ומכילות גיר או גיריות. הן נוצרו בדרך כלל מאלוביום דק - גרגר ששקע בשקעים שבהם מצויים מי תהום בלתי מלוחים בקרבת פני השטח. קרקעות אלו מוגבלות לביצות ולביצות מנוקזות באזור. פרהרנדזינות קרקעות חוליות או סייניות, חומות עד חומות בהירות, רדודות, מכילות גיר או גיריות, עם חתך AC. הן מכסות אבן חול גירית (כורכר), או נארי המצפה אבן חול זו. קרקעות אלו מוגבלות לרכסי כורכר חשופים. חמרה וחמרה חולית קרקעות בעלות חתך ABC. צבע אופק A הוא חום, מרקמו חולי ומבנהו גושי עד שפך. אופק B צבעו אדום, מרקמו חולי סייני עד סייני חרסיתי חולי ומבנהו פריסמאטי (בחמרה חולית - גושי). חומר האב שבעומק הוא חולי. הקרקעות חסרות גיר ובעלות מתכונת נמוכה של חומר אורגני. קרקעות אלו הן מהנפוצות בתחומי קבוצת חבורות הקרקע. חמרה חומה קרקעות בעלות חתך ABC או ABBb. צבעו של אופק A הוא חום, מרקמו חולי עד סייני ומבנהו גושי עד אגוזי. צבעו של אופק B הוא חום אדום - כהה או חום - כהה, מרקמו סייני עד חרסיתי-חולי ומבנהו פריזמאטי. חומר האב מורכב מסחף אלובי בעל מרקם חולי - חרסיתי מעורב. הקרקעות חסרות גיר. קרקעות אלה נפוצות במרזבות בין רכסי החמרה והכורכר.

בעמוד הבא נתון תרשים חבורות הקרקע באזור הפרויקט ובתכולתו.



תרשים 3 – מפת חבורות הקרקע באזור הפרויקט:





4. סקירה הידרולוגית

4.1 נתוני הגשם באזור

האקלים באזור הוא ים תיכוני לח, הקיץ חם ויבש והחורף קר וגשום. כמות המשקעים הינה כ-550 מ"מ בשנה.

הניתוח ההידרולוגי בפרויקט זה מתבסס על עוצמות גשם במודל מעטפת אזורית כפי שהתקבלו ממחקר קביעת גבולות אזורי גשם בישראל (הלוי וארבל, 2016). המודל מחלק את הארץ לאזורים שווי עוצמות גשם כאשר לכל אזור קיימת נוסחה לחישוב עוצמת הגשם בהסתברויות שונות כתלות במשך הסופה.

אזור הפרויקט משתייך לאזור גשם מס' 6 "מישור החוף והכרמל".



עוצמות הגשם [מ"מ/שעה] הצפויות בהסתברויות השונות עבור משכי גשם שונים מופיעים בטבלה להלן.

טבלה 2 – נתוני עוצמות גשם [מ"מ/שעה] עבור משכי גשם והסתברויות שונות, עבור מעטפת אזורית לאזור מישור החוף והכרמל:

עוצמות גשם [מ"מ/שעה] עבור משכי גשם שונים [דקות]							הסתברות אירוע [%]
90	60	45	30	20	15	10	
64.0	81.0	94.0	118.0	147.0	173.0	216.0	1.0%
53.8	69.0	80.8	102.7	129.5	153.8	194.4	2.0%
41.6	54.3	64.4	83.4	107.2	129.0	166.1	5.0%
33.2	44.3	53.3	70.5	92.6	113.1	148.8	10.0%
27.2	36.3	43.7	57.8	75.9	92.7	122.0	20.0%



4.2 הידרוגיאולוגיה

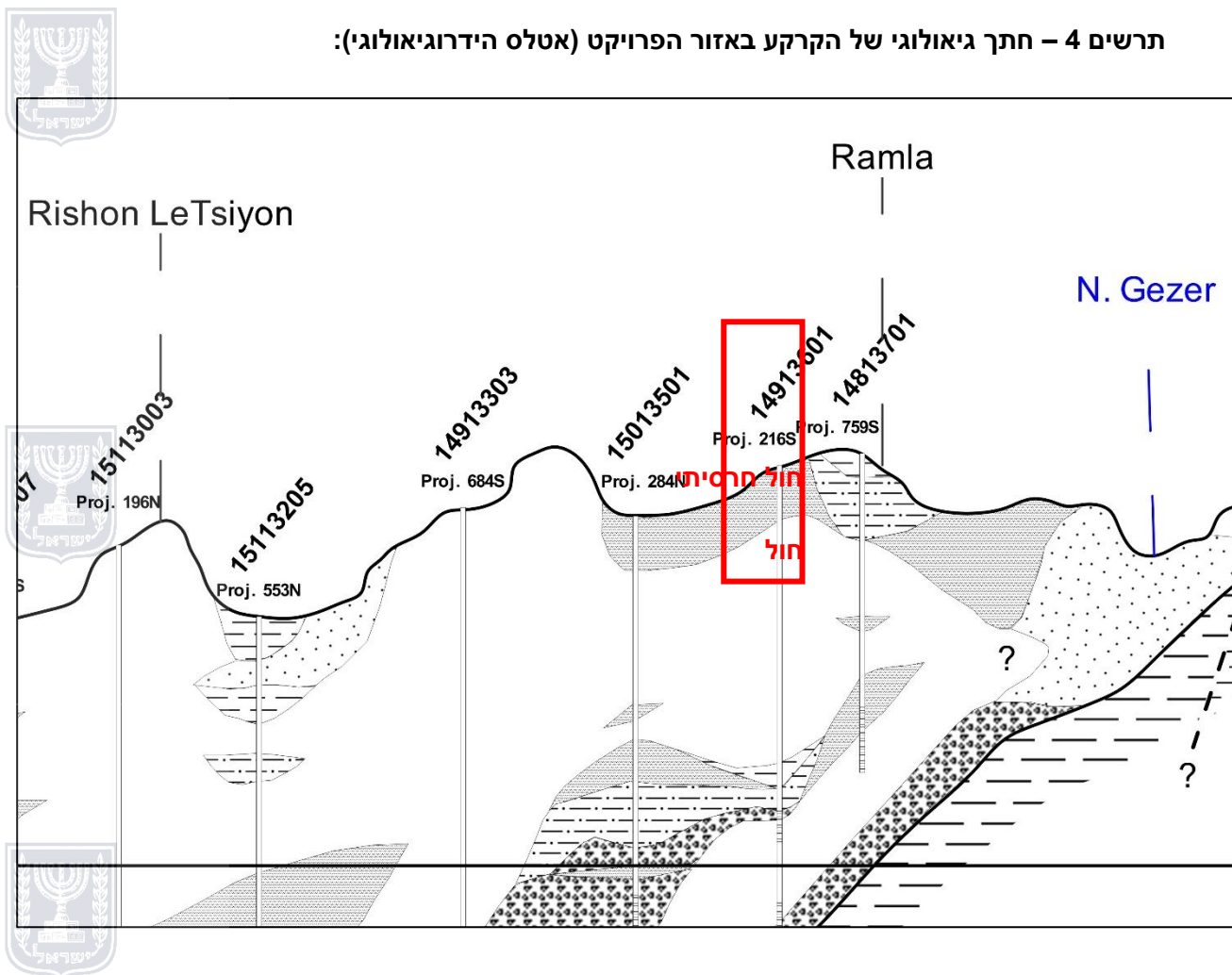
נתונים הידרוגיאולוגיים נקלחו מתוך האטלס ההידרוגיאולוגי.

לפי חתך הקרקע הטיפוסי באזור הפרויקט, קרקע השתית של השטח כוללת חול חרסיתי בעומק משתנה של 10-15 מ'. קרקע זו הינה בעלת מוליכות הידראולית בינונית כאשר קצב החלחול בקרקע הינו נמוך. מתחת לשכבה זו קיימת קרקע חולית בעלת מוליכות הידראולית גבוהה.

בתרשים הבא ניתן לראות את החתך הגיאולוגי של הקרקע באזור הפרויקט.



תרשים 4 – חתך גיאולוגי של הקרקע באזור הפרויקט (אטלס הידרוגיאולוגי):



5. תיאור אגני היקוות וסכימת ניקוז קיימת

5.1 סכימת ניקוז קיימת

השכונה המתוכננת נמצאת בצד המזרחי של המושבה באר יעקב. כל הנגר מהשכונה מתנקז במערכת ניקוז עירונית בכבישים ובערוצים טבעיים. מוצאי הניקוז תואמים לתוכנית המתאר לניקוז של באר יעקב (ראה נתוני הבסיס בפרק 1.3 לעיל). מצפון לשכונה המתוכננת קיים ערוץ טבעי המוליך נגר צפונה אל איגום מוצע בתוכנית המתאר. ממערב לשכונת תלמים מזרח, מתוכננת מערכת ניקוז עירונית של שכונת תלמים א'. מדרום קיימת מסילת רכבת בעלת תעלות ניקוז המוליכות נגר מערבה ובהמשך מתחברות אל הערוצים הטבעיים. תעלת הרכבת הצפונית מקבלת כיום נגר מהשטח הפתוח המיוער המהווה את רוב שטח התוכנית, ומעבירה אותו בהמשך אל מוצאו של מעביר מים קיים. בהמשך הנגר זורם צפונה בערוץ טבעי קיים. בצד המזרחי קיים רכס המהווה קו פרשת מים.



5.2 סקירת הצפות קודמות בתחום התוכנית או בשטחים גובלים

לא ידוע על בעיות של הצפות בתחום הפרויקט או בשטחים הגובלים בו.

5.3 תיאור אגני היקוות

חלוקת אגני היקוות בוצעה לפי רחובות ומגרשים מתוכננים וקיימים. מוצאי ניקוז ממגרשי מגורים מתוכננת לכבישים הראשיים בשכונה.

בטבלה הבאה מתוארות נקודות היקוות ואגני ההיקוות הנכללים בכל נקודה.

טבלה 3 – נקודות חישוב וחלוקת אגני היקוות

נקודת היקוות	אגני היקוות נכללים
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7+6+5

בטבלה הבאה ניתנים המאפיינים המורפומטריים של אגני ההיקוות:

טבלה 4 – מאפיינים מורפומטריים של אגני ההיקוות

נקודת היקוות	שטח אגן היקוות [דונם]	הפרש רומים [מ']	אורך אפיק ראשי [מ']	שיפוע אורכי [%]
	A	ΔH	L	S
1	12	1.6	213	0.8
2	30	9.0	228	3.9
3	10	5.2	117	4.4
4	43	7.6	390	1.9
5	7	5.1	145	3.5
6	6	3.3	102	3.2
7	29	3.1	272	1.1

6. הידרולוגיה

6.1 קריטריונים לחישוב ספיקות תכן ומודלים הידרולוגיים

ספיקות התכן נקבעו ע"פ קריטריונים של תמ"א 34-ב-3 נספח מנחה א - הנחיות להכנת נספח ניהול הטיפול במי נגר עילי וניקוז לתוכנית. את הסתברויות התכן שנלקחו ניתן לראות בטבלה להלן.

טבלה 5 קריטריונים של תמ"א 34-ב-3

השימוש בשטח	תקופת חזרה בשנים	הסתברות מירבית 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 מבונים - כמפורט בטבלת שטחים מבונים	-	
שטחים מבונים (רחובות, מגרשי חניה חצרות בתים וכיו"ב)	5 עד 50	20% עד 2%
הצפה פנימית של בתים מכל מערכת ניקוז.	100	1%

* הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני מוע"צ ורכבת ישראל

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

תקופות חזרה לחישוב מערכות ניקוז פנימיות (שטחים בנויים) נקבעו ע"פ בהתאם להוראות תמ"א 34-ב-3 והן מפורטות בטבלה להלן.

טבלה 6 תקופות חזרה (תמ"א 34):

מספר	מאפייני השטח העירוני	גודל אגן ההתנקזות, דונם	תקופות חזרה בשנים
1	ניקוז מקומי בשכונות מגורים וכבישים משניים	עד 1,000	5
2	ניקוז מקומי (בינוני) באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	עד 500	10
3	ניקוז ראשי (בינוני) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מל 500 עד 2,000	10
4	ניקוז ראשי באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	מל 500	20
5	ניקוז ראשי (נרחב) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מל 2,000	20
6	ניקוז עירוני ראשי ומעברי כבישים בין עירוניים ארציים	מל 5,000	50



תקופת החזרה שנבחרה לתכנון מערכת הניקוז התת-קרקעית בשטח העירוני הינה 1:5 שנים או הסתברות אירוע 20%, המתאימה למאפיין השטח "ניקוז מקומי בשכונות מגורים וכבישים משניים" המופיע בטבלה 5 לעיל. גודל אגן ההיקוות בפריקט הינו כ-130 דונם (כלומר, קטן מ-1000 דונם), ומתאים לבחירה בתקופת חזרה לתכנון של 5 שנים.

תקופת החזרה שנבחרה למוצא למסילת הרכבת הינה 1:100 שנה או הסתברות אירוע 1%, כמפורט בטבלה 4 לעיל.

6.2 חישוב ספיקות תכן לפי מודל CIA (הנוסחה הרציונאלית)



מודל CIA פותח בארה"ב לאגנים קטנים ובינוניים. עקרונות החישוב של המודל מופיעים בנספח מס' 1. עוצמות גשם נלקחו מתחנת נ"ת בן גוריון (ראה נספח 2). מקדמי הנגר נלקחו ע"פ המפורט במדריך בנספח 1. השטח הבנוי נלקח לפי הרכב של אספלט, רחבות בטון ושטחים עם פיתוח חלקי בשיפוע בינוני (2-7%) מהטבלה בנספח מס' 1. פילוג של השטחים האטומים באגני ההיקוות מופיע בטבלה שלהלן. מקדמי הנגר באגנים חושבו ע"פ שקלול שטחים בנויים ושטחים מעובדים.

חישוב מקדמי הנגר בוצע בהתאם לסוגי פני השטח אגנים לפי מקדמי בסיס אותם ניתן לראות בטבלה להלן.



טבלה 7 - מקדמי נגר לפי שימושי קרקע:

שימוש קרקע	C
אספלט	0.80
בינוי	0.55
שטח פתוח	0.25

לאחר מכן הוכפלו ערכי המקדמים שבטבלה על פי הסתברות האירוע. מקדמי ההכפלה מופיעים להלן*:



טבלה 8 - מקדמי הכפלה למקדמי הספיקה:

הסתברות אירוע (%)	10% ומעלה	5%	2%	1%
מקדם הכפלה למקדמי הספיקה	1.0	1.1	1.2	1.25

זמן הריכוז חושב לפי נוסחת Kirpich. בחישוב ספיקות להסתברות השונות חושבו זמני ריכוז מתוקנים של כל אגן ע"י הכפלת זמן הריכוז במקדם הכפלה בהתאם לטבלה שלהלן**:

* הנתונים נלקחו מתוך המסמך Highway Design Manual של ה-FHWA

** הנתונים נלקחו מתוך המסמך Debo, T. N. & Reese, A. J., "Municipal Storm Water Management", Lewis Publishers, USA, 1995





טבלה 9 - מקדמי הכפלה לזמן הריכוז:

מקדם תיקון לזמן הריכוז	מאפיין מסלול הזרימה
2.0	זרימה על פני שטח מחוספס עם צמחיה, בתעלות מדושאות וכו'
1.0	זרימה על פני קרקע חשופה חלקה יחסית, בתעלות עפר נקיות מצמחיה וכו'
0.4	זרימה על פני משטחים חלקים (בטון, אספלט וכו')
0.2	זרימה במובלים בעלי דופן חלקה כגון צנרת תיעול, תעלות מרוצפות בטון וכו'



מקדם ההכפלה חושב בנפרד עבור כל אגן משנה כמקדם משוקלל לפי אחוזי שימושי הקרקע השונים.

בכל מקרה זמן הריכוז לאחר הכפלה במקדם לא יפחת מ-10 דקות.

להלן טבלת הרכב שימושי הקרקע באגנים השונים:

טבלה 10 – הרכב שימושי הקרקע באחוזים באגני היקוות השונים:

נק' היקוות	אספלט	שטח בנוי	שטח פתוח
1	22%	6%	72%
2	29%	39%	32%
3	33%	42%	25%
4	42%	13%	45%
5	37%	12%	51%
6	40%	35%	25%
7	35%	26%	39%



להלן טבלת תוצאות חישוב מקדמי הנגר המשוקללים בכל אגן היקוות לפי הסתברויות אירוע שונות.

טבלה 11 – מקדמי הנגר באגנים השונים לפי הסתברויות אירוע שונות:

נק' היקוות	הסתברות אירוע [%]				
	1%	2%	5%	10%	20%
1	0.49	0.47	0.43	0.39	0.39
2	0.66	0.63	0.58	0.53	0.53
3	0.70	0.67	0.61	0.56	0.56
4	0.65	0.62	0.57	0.52	0.52
5	0.61	0.59	0.54	0.49	0.49
6	0.72	0.69	0.63	0.58	0.58
7	0.64	0.61	0.56	0.51	0.51





להלן תוצאות חישוב זמני הריכוז של אגני ההיקוות.

טבלה 12 - זמני ריכוז:

זמן ריכוז מתוקן [דקות]	מקדם תיקון	זמן ריכוז [דקות]	מהירות זרימה ממוצעת [מ'/'שנ']	שיפוע אורכי [%]	שטח אגן היקוות [דונם]	נקודת היקוות
tc m	k	tc	V	S	A	
12	1.55	8	0.43	0.8%	12	1
10	0.91	4	0.98	3.9%	30	2
10	0.80	3	1.03	4.4%	10	3
10	1.12	9	0.68	1.9%	43	4
10	1.22	3	0.92	3.5%	7	5
10	0.79	3	0.88	3.2%	6	6
10	1.02	8	0.53	1.1%	29	7

*הערה: זמן ריכוז מינימאלי הוא 10 דק'.

בטבלאות הבאות מופיעות תוצאות חישוב ספיקות השיא בהסתברויות אירוע שונות:

טבלה 13 - ספיקות ועוצמות גשם בהסתברויות של 1%, 2% ו-5%:

נקודת היקוות	1%			2%			5%		
	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]	מקדם נגר	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]	מקדם נגר	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]	מקדם נגר	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']
	I	C	Q	I	C	Q	I	C	Q
1	195.8	0.49	0.32	175.3	0.47	0.27	148.7	0.43	0.21
2	216.0	0.66	1.18	194.4	0.63	1.02	166.1	0.58	0.80
3	216.0	0.70	0.40	194.4	0.67	0.35	166.1	0.61	0.27
4	216.0	0.65	1.68	194.4	0.62	1.45	166.1	0.57	1.13
5	216.0	0.61	0.26	194.4	0.59	0.22	166.1	0.54	0.17
6	216.0	0.72	0.26	194.4	0.69	0.22	166.1	0.63	0.18
7	216.0	0.64	1.11	194.4	0.61	0.96	166.1	0.56	0.75



טבלה 14 - ספיקות ועוצמות גשם בהסתברויות של 10% ו-20%:

נקודת היקוות	20%			10%		
	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']	מקדם נגר	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']	מקדם נגר	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]
	Q	C	I	Q	C	I
1	0.14	0.39	108.2	0.17	0.39	132.0
2	0.54	0.53	122.0	0.65	0.53	148.8
3	0.18	0.56	122.0	0.22	0.56	148.8
4	0.76	0.52	122.0	0.92	0.52	148.8
5	0.12	0.49	122.0	0.14	0.49	148.8
6	0.12	0.58	122.0	0.14	0.58	148.8
7	0.50	0.51	122.0	0.61	0.51	148.8

6.3 סיכום, מסקנות וקביעת ספיקות תכן

טבלה 15 - סיכום ספיקות תכן בהסתברות של 1% באגן מס' 4 (מוצא למסילת הרכבת) ובהסתברות 20% עבור שאר האגנים:

נק' היקוות	שטח אגן [דונם]	ספיקת תכן (מ"ק/שניה)
1	12	0.14
2	30	0.54
3	10	0.18
4	43	1.68
5	7	0.12
6	6	0.12
7	29	0.50



7. תאור עקרוני של סכמת הניקוז המוצעת

7.1 כללי

סכמת הניקוז המוצעת שומרת על תוואי הערוצים הקיימים ועל כיווני הזרימה הכלליים. ניקוז האגנים הפנימיים של השכונה מתוכנן ע"י מערכת תיעול תת"ק.

נגר שיצטבר באגנים מס' 1-3 יזרום דרך הכבישים המתוכננים ויתחבר אל מערכת הניקוז התת"ק של שכונת תלמים א' ממערב.

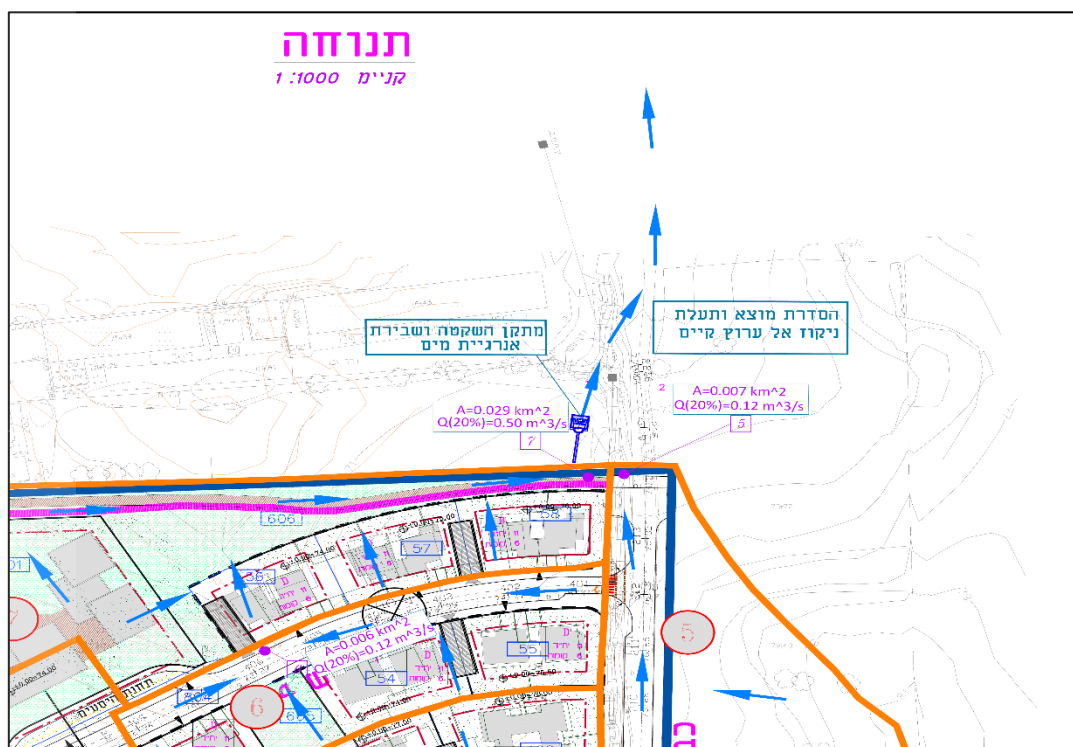
אגנים 5-7 מצטרפים אחד לשני עד למוצא משותף לשטח בפניה הצפון-מזרחית של התוכנית. הנגר יאסף במגרשים ובכבישים הפנימיים ויזרום דרך השצ"פ המתוכנן בצד הצפוני של המתחם המוצע לעבר ערוץ זרימה קיים. מסלול הזרימה צפונה אל ערוץ קיים תואם לתוכנית המתאר לניקוז של באר יעקב, ומצריך הסדרה של ערוץ זרימה בצמוד לדרך הקיימת. לצורך הערכה ראשונית, להלן חתך זרימה נדרש לתעלת ניקוז כנ"ל: תעלה עפר טרפזית בייצוב צמחי עם רוחב תחתית 1.3 מ', שיפועי צד 1:1.5, שיפוע אורכי 0.3% ועומק תעלה 0.6 מ'.

להלן טבלת תוצאות חישוב הידראולי להסדרת תעלת ניקוז כנ"ל:

טבלה 16 – חישוב הידראולי לתעלת ניקוז צפונית להסדרה:

מקדם מאנינג	רוחב תחתית [מ']	עומק זרימה [מ']	ספיקה [מ"ק/שנ']	מהירות זרימה [מ' לשנ']	שיפועי דופן	שיפוע אורכי [%]	שטח זרימה [מ"ר]	הקף מורטב [מ']	רדיוס הידראולי [מ']
n	B	h	Q	V	m1	i	A	P	R
0.03	1.3	0.45	0.75	0.83	1.5	0.30%	0.9	3.0	0.31

להלן הגדלה של אזור התכנון עם סימון מיקום המוצא הצפוני וכיוון הזרימה הכללי של תעלת הניקוז להסדרה:





אגן מס' 4 מתנקז אל עבר מסילת הרכבת במצב הקיים דרך מעביר מים שמתחת לדרך העפר הצמודה למסילה אל תעלת הרכבת הצפונית. גם במצב המתוכנן נגר יזרום באותו אופן כמו במצב הקיים, ויתוכננו שני מעבירי מים מתחת לכבישים מתוכננים על מנת לאפשר רציפות של הזרימה.

עקב הפיתוח ספיקת השיא במוצא אגן מס' 4 צפויה לגדול, ולכן קיים צורך בבניית אמצעים להחזרת הספיקות למצב של טרום פיתוח במוצא אגן זה לפני כניסת הנגר לתעלת הרכבת. ספיקות התכן במוצא אגן מס' 4 במצב המתוכנן הינה 1.68 מ"ק/שנ' ובמצב הקיים (כפי שניתן לראות בפרק 7.5.3 להלן) הינה 0.89 מ"ק/שנ'.



הצעת התכנון להפחתת ספיקת השיא במוצא אגן 4 כוללת תכנון בריכת השהיה קטנה בעלת שטח תחתית של 372 מ"ר ובעומק ממוצע של 0.60 מ'. החישוב נערך ע"י גל גאות הנוצא בספיקה הנ"ל ובאמצעות **נוסחת קוצ'רין** להערכת נפחי השהיית נגר:

$$V_{st} = \frac{V_r}{K} * \left(1 - Q_{out}/Q_r\right)$$

כאשר:

V_{st} – נפח המאגר הנדרש (נפח השהיה)

V_r – נפח גל גאות

Q_{out} – ספיקה מקסימלית היוצאת מהמאגר

Q_r – ספיקה מקסימלית של הידרוגרף (ספיקה נכנסת)

K – מקדם תיקון של צורת המאגר. לצורך הדיון הראשוני נניח $K=1.5$ עבור מאגר "קומפקטי".

לצורך החישוב להלן הנתונים:

$$Q_r = 1.68 \text{ מ"ק/שנ'}$$

$$Q_{out} = 0.89 \text{ מ"ק/שנ'}$$

$$V_r = Q_r * 60 * 10 = 1.68 * 60 * 10 = 1008 \text{ m}^3$$

החישוב נותן את נפח המאגר הנדרש:

$$V_{st} = \frac{1008}{1.5} * \left(1 - 0.89/1.68\right) = 314 \text{ m}^3$$

תכנון בריכת השהיה בעלת נפח כנ"ל מוצעת כדלקמן:

שטח תחתית של 372 מ"ר, שטח עליון של 725 מ"ר, עומק של 0.60 מ'.

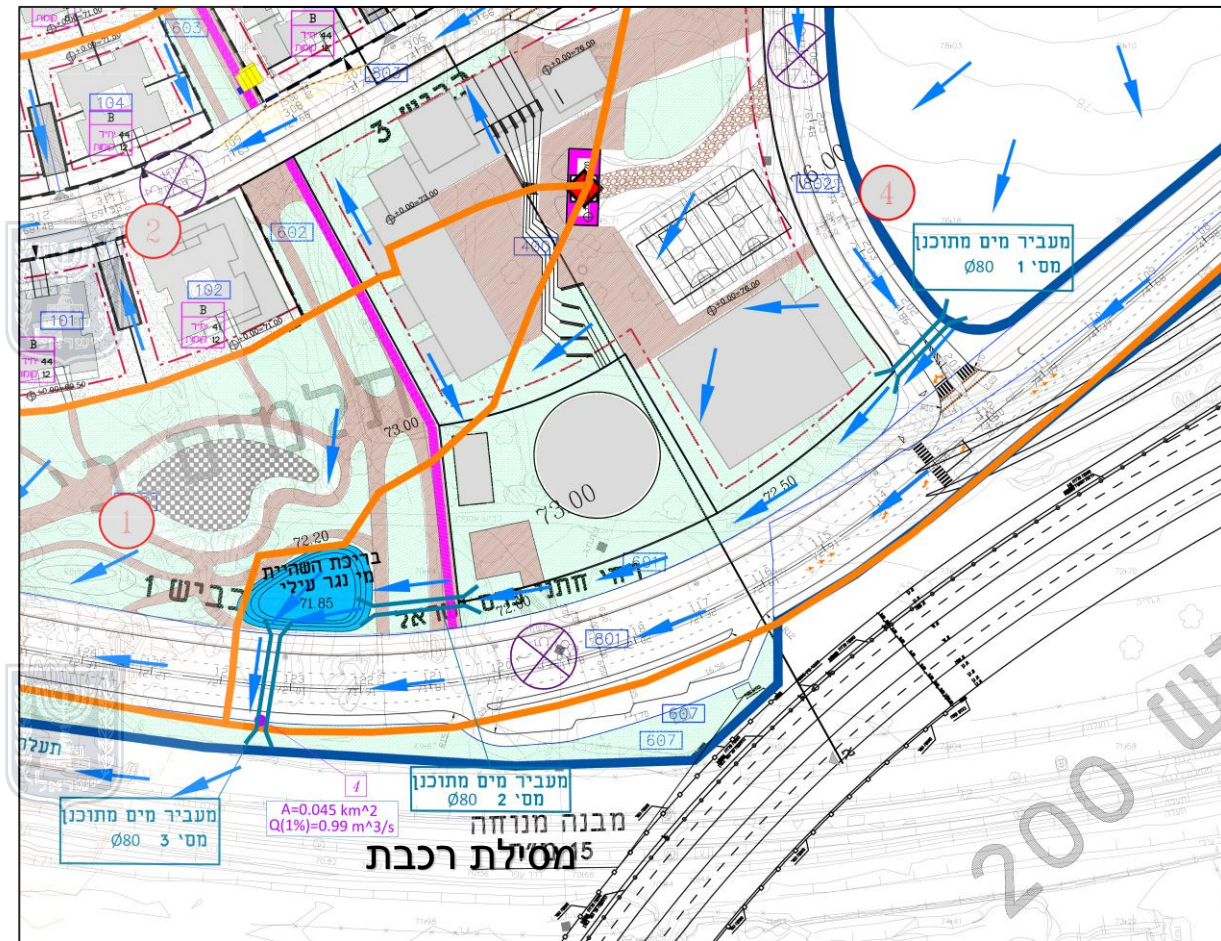
ניתן למקם את בריכת השהיה בשטח השצ"פ המוצע מצפון לכביש מס' 1 הפנימי בתא שטח מס' 600.





בנוסף לתכנון בריכת השהיה כנ"ל, נגר עילי יכול לחלחל בשטחים ירוקים בתוך המגרשים ובשטחי השצ"פ המוצעים בתוכנית.

להלן הגדלה של איזור התכנון עם סימון מיקום מעבירי המים לתכנון וסימון מיקום אפשרי לבריכת השהיה באגן מס' 4:



7.2 ממשק עם מערכת הניקוז של הרכבת

במצב הקיים היום נגר זורם על פני השטח המיוער המהווה את אגן מס' 4 אל הוואדי הקיים בגבול הצפוני של מסילות הרכבת, חוצה את דרך העפר המקבילה למסילות באמצעות מעביר מים קיים ומתנקז אל תעלת הרכב הצפונית.

במצב הקיים ספיקת התכן בהסתברות אירוע 1% באגן מס' 4 הינה 0.89 מ"ק/שנ' (ראה להלן טבלה מס' 18).

במצב המתוכנן ספיקת התכן בהסתברות אירוע 1% באגן זה הינה 1.68 מ"ק/שנ' (ראה להלן טבלה מס' 18).

בריכת ההשהיה בתוך מתחם התוכנית אשר מתוארת בסעיף 6.1 לעיל מחזירה את הספיקה במוצא הדרומי (אל תעלת הרכבת) לספיקה של המצב הקיים, כלומר ל-0.89 מ"ק/ש". מכיוון שתעלת הרכבת מסוגלת כיום לקבל את הספיקה הנ"ל, הפיתוח אינו מגדיל את הספיקות המגיעות כיום למערכת הניקוז של הרכבת ואינו משנה את משטר הזרימה הקיים.

במוצא בריכת ההשהיה מתוכנן מעביר מים במיקום דומה למיקום המעבר כיום החוצה כביש פנימי של השכונה החדשה ומוצא יהיה אל תעלת הרכבת.



7.3 פרטים אופייניים

• שבירת אנרגיה

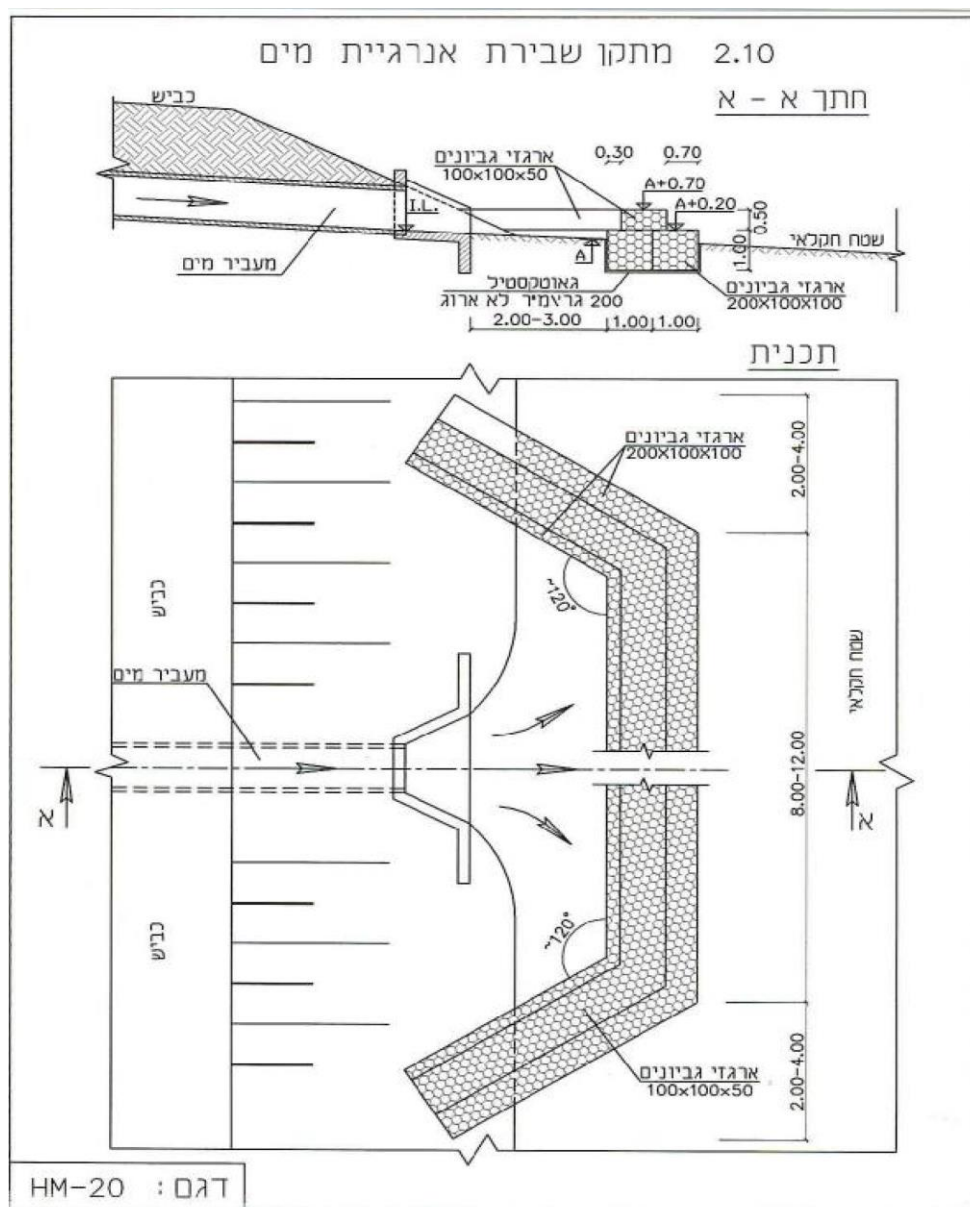
במוצא הצפוני של התוכנית לעבר הערוץ הקיים המוגדר לפי תוכנית המתאר של באר יעקב, מומלץ לבצע מתקן השקטה ושבירת אנרגיית מים.

מתקן זה נועד למניעת מחתור במוצא ולהקטנת מהירות הזרימה היוצאת משטח התוכנית.

בתרשים הבא מתואר פרט אופייני.



תרשים 5 – פרט עקרוני למתקן השקטה ושבירת אנרגיית מים במוצא. מתוך "המלצות לתכנון ניקוז עירוני"/
משרד השיכון, מרץ 2007



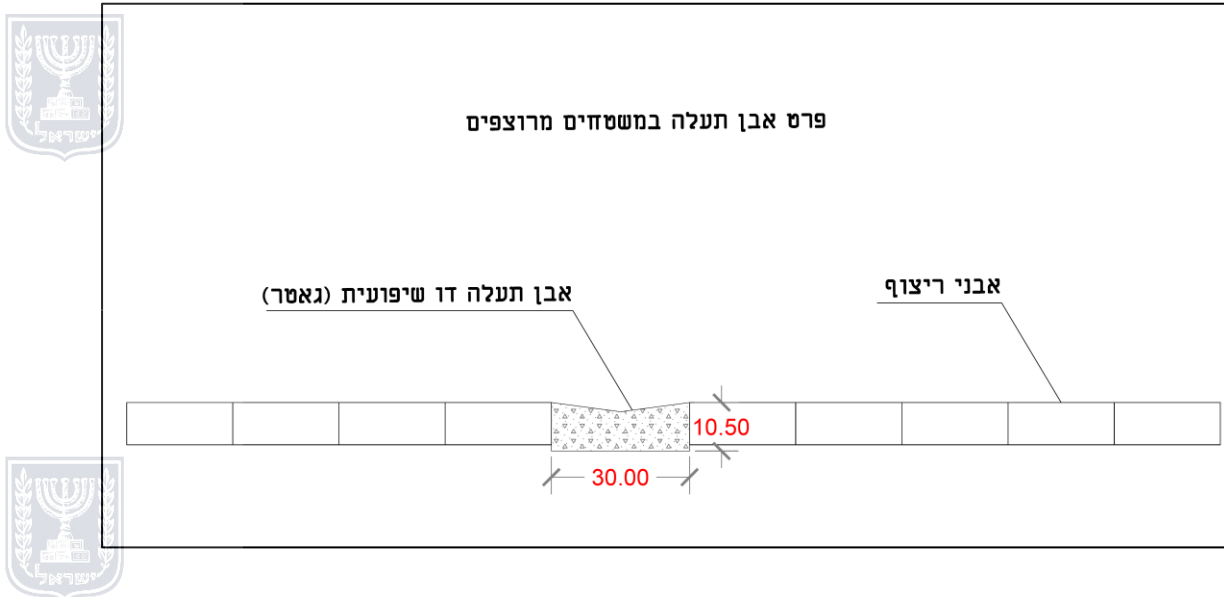


• אבן תעלה (גאטר)

ניקוז עילי של שטחי חנייה ומשטחים מרוצפים בשצ"פ יתבצע ע"י יצירת שיפוע של המשטחים המרוצפים כלפי המרכז וביצוע אבן תעלה (גאטר) הממוקמת במרכז השטח. הנגר שיצטבר בגאטר יגלוש אל שטחים מגוננים להשהיה וחלחול של הנגר.

בתרשים הבא מתואר פרט אופייני.

תרשים 6 – פרט עקרוני לאבן תעלה (גאטר) במשטחים מרוצפים:



• תעלות ניקוז מגוננות בשצ"פ

בתוכנית המוצעת מתוכננות רצועות של שטחים פתוחים שרובם מגוננים בסמוך לשטחים הבנויים ולכבישים. ניתן לתכנן בתוך השטחים המגוננים תעלות ניקוז פתוחות ומגוננות שימשו לניקוז עודפי הנגר מהשטחים הסמוכים אל שטחי ההשהיה והחלחול.

כושר ההולכה של תעלות מגוננות גבוה משמעותית מכושר ההולכה של מערכת תיעול תת-קרקעית, והתחזוקה נוחה יותר.



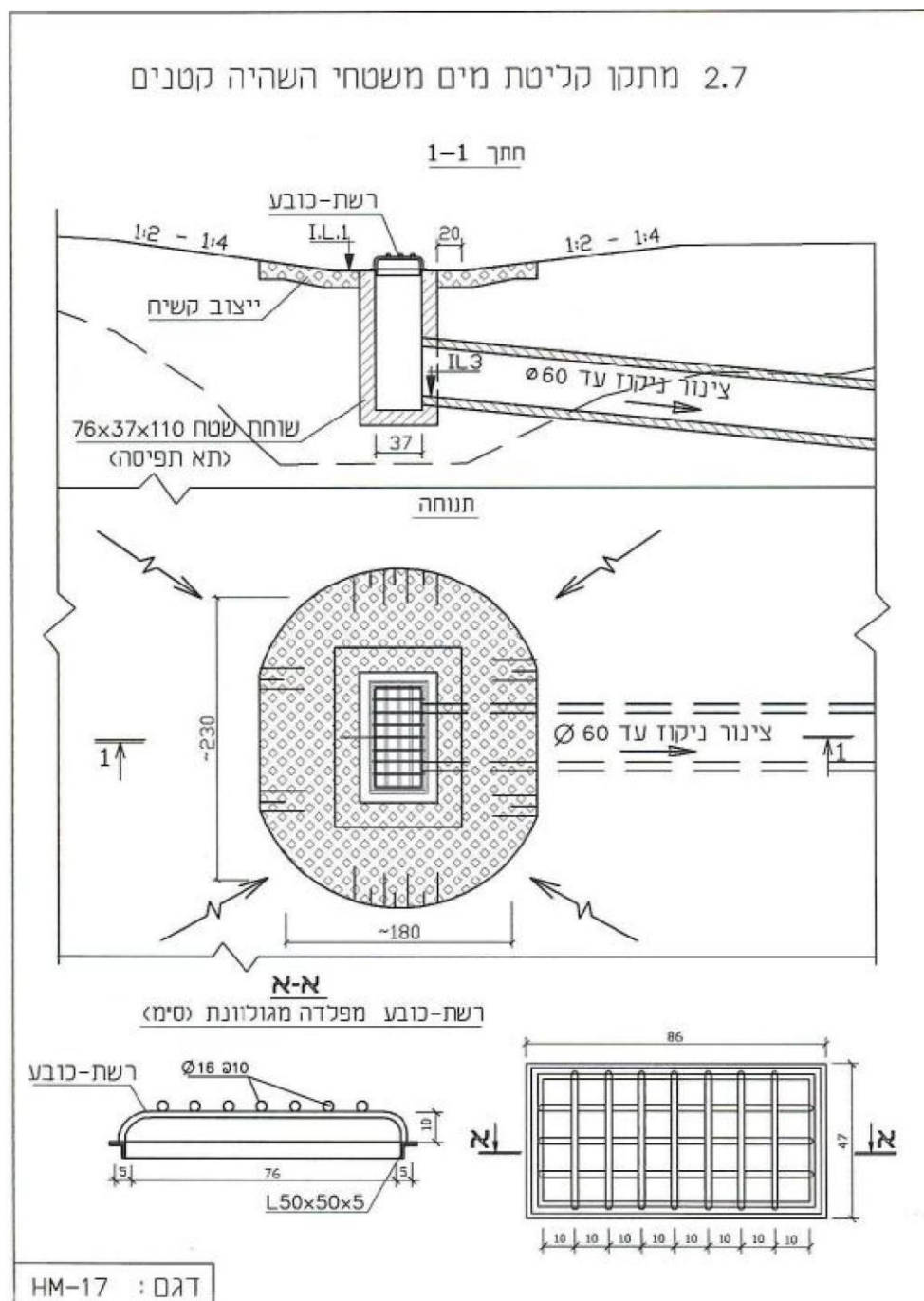
התעלות יחפרו בשיפועים מתוכנים אל נקודות נמוכות בשטח השצ"פ שבו מתוכננת שוחת שטח לניקוז עודפי הנגר. הנגר יזרום מהשוחה דרך צינור תת"ק אל שטח ההשהיה מרכזי או לתעלה מגוננת במורד.

בתרשים הבא ניתן לראות פרט אופייני.





תרשים 7 – פרט עקרוני למתקן קליטת מים (שוחת שטח) מתעלה מגוננת וחיבור דרך צינור תת"ק למורד.
מתוך "המלצות לתכנון ניקוז עירוני"/ משרד השיכון, מרץ 2007





8. הנחיות לתכנון מוקדם

8.1 מעבירי מים

החישוב ההידראולי של מעבירי המים נעשה עבור זרימה בעומק תקין ובלט חופשי של לפחות 20% כמקובל.

להלן טבלת תוצאות החישובים ההידראוליים של מעבירי המים המתוכננים:

טבלה 16 – חישובים הידראוליים של מעבירי המים המתוכננים:

מספר מ"מ	ספיקה [מ"ק/שנ']	קוטר נדרש [מ']	שיפוע אורכי [%]	HW Out [m]	HW Inlet [m]	Hw Outlet [m]	סוג זרימה במעביר מים	חישוב בוצע לפי:	Hw [m]	Hw/D
	Q	D	S	HW Out	Inlet	Outlet				
1	0.25	0.60	0.50%	0.33	0.46	0.38	unsubmerged	Inlet	0.46	0.77
2	0.51	0.80	0.50%	0.43	0.61	0.49	unsubmerged	Inlet	0.61	0.76
3	0.89	1.0	0.50%	0.54	0.76	0.62	unsubmerged	Inlet	0.76	0.76

*הערה: עקב בעיות תחזוקה, גודל מעבירי מים מס' 1 ו-2 נקבע לקוטר 80 ס"מ.

8.2 הנחת מתקני ניקוז מסעה

ניקוז מסעה כבישים פנימיים יתוכנן ע"י בניית תאי תפיסה (קולטנים) להורדת מי גשם משוליים בקטעים המוגדרים עם אבן שפה. מיקום המתקנים הנ"ל וממדי צנרת הניקוז התת"ק יקבעו במסגרת התכנון המוקדם.

8.3 תעלות צד ומובלים תת"ק

לצורך ריכוז נגר עילי משטחים הסמוכים למתחם ודרכים משניים וממסעה הכבישים לפי הצורך יתכננו תעלות צד.

הנחיות לתכנון תעלות צד הן כדלקמן:

- הגנה מהצפת שטחים בנויים - 1%
- הגנה בפני אירוזיה של סוללות הכביש – גובה המים יגיע להסתברות של 20%
- הגנה בפני אירוזיה של הדופן הנגדית – גובה המים יגיע להסתברות של 20%

8.4 הנחיות לתכנון מוצאי הניקוז מתחום התוכנית

- מוצאי הניקוז של המתחם יכללו מתקן עם אמצעי לויסות הנגר, העברה מסודרת לעורקי ניקוז ראשיים קיימים והפחתת אנרגיה במסגרת תכנון שיוון בתכנון המפורט.
- מתקני המוצא יתוכננו על בסיס עקרוני כמתקנים סטנדרטיים של משרד הבינוי או מתקנים המקובלים בתכנון ניקוז.

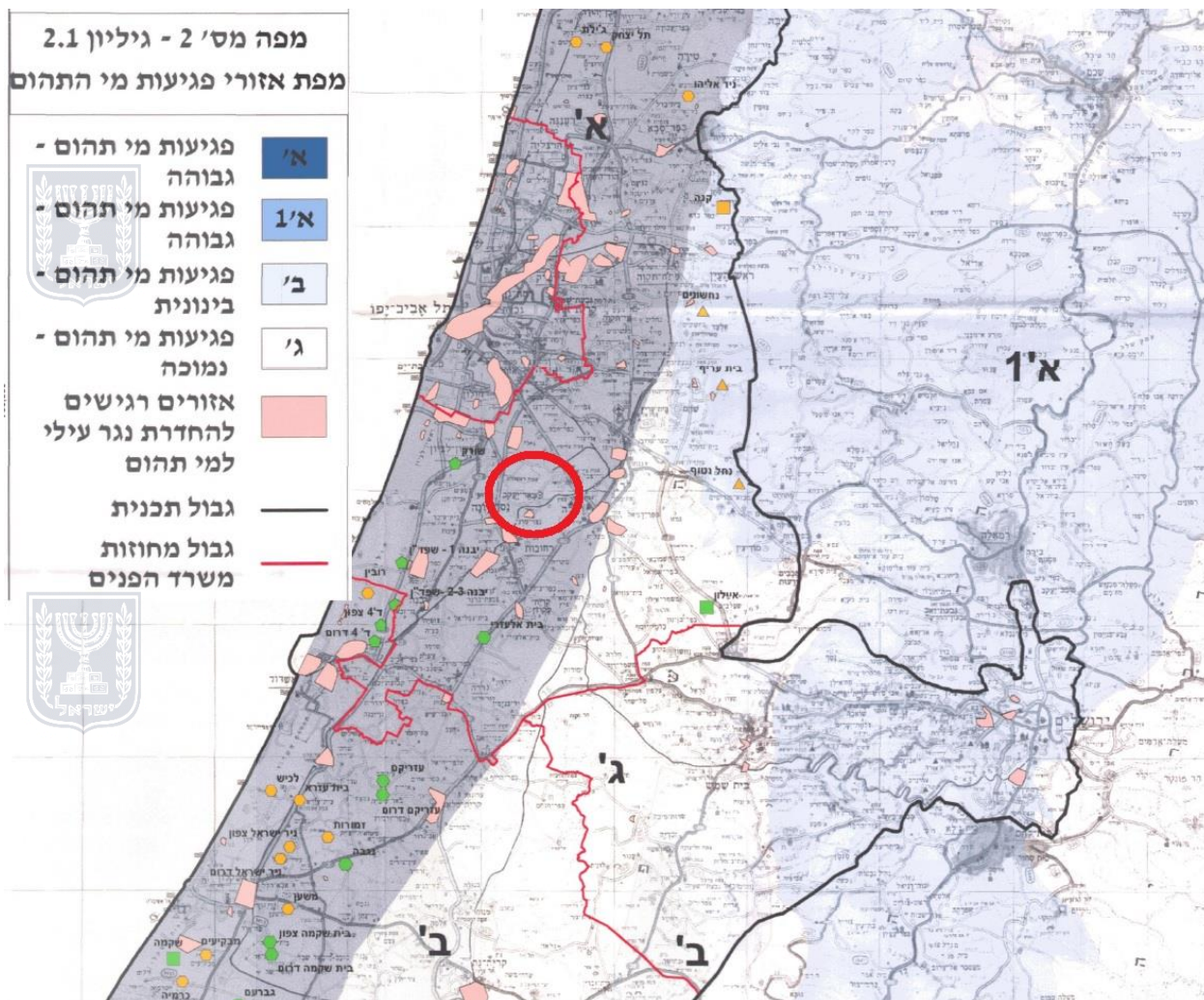




8.5 עקרונות תכנון שימור נגר

8.5.1 כללי

במסגרת תמ"א 34 ב' 4 חולקו אזורי הארץ לפי הרגישות וחשיבות שימור הנגר. אזור באר יעקב נמצא במפת רגישויות הקרקע שמצורפת לתמ"א באזור א'.



מפת רגישויות קרקע (תמ"א 34/ב/4)

הגבלות לשימוש בקרקע באזור רגישות א' (לפי סעיפים 28,29 ו-31 בתמ"א 34/ב/4)

פרק ה' - הגנה על איכות מי תהום - מניעת זיהום

28. תנאים לאישור שימושים בקרקע באזור א' ובאזור א'1

תנאי להפקדת תכנית, בתחום אזור א' ו א'1, כמסומן במפה 2, המאפשרת שימוש או פעילות בקרקע העלולים להזם את מי התהום לרבות: אחסון, טיפול או שימוש בחומרים מסוכנים למי תהום, בדלקים ותעשיות הכרוכות בכך, מתקנים לטיפול בשפכים ובפסולת ביתית ו/או רעילה, מטמנות לפסולת ביתית ו/או רעילה ומטווחי ירי פתוחים, שהיא תכלול את התנאים המפורטים בסעיף 30.





8.5.2 אמצעים למניעת נזקים, ויסות ושימור נגר מהמגרשים עצמם:

- ✓ בכל מגרש יופנה הנגר מהגגות בלבד לאזורים מונמכים עם צמחיה נמוכה (דשא ומשתרעים נמוכים). המשטח יהיה בעומק ממוצע של כ 30-40 ס"מ מהמדרכה.
- ✓ השטחים הנמוכים יתוכננו לאגור סופה בהסתברות של 1:2 (50%).
- ✓ זמן ריכוז לחישוב כמות הנגר בהסתברות התכן – 10 דקות.
- ✓ המרזבים יתועלו ישירות אל השטחים הנמוכים בצנרת סגורה.
- ✓ בכל מצב המבנה יתוכנן כך שלא יוצף גם בהסתברות של 1%.
- ✓ המשטחים הנמוכים יתנקזו לכיוון היציאה מהמגרש אל מערכת התפיסה המחושבת להגבלת כושר ההלכה לצורך ויסות הנגר.
- ✓ שוחת חלחול בשטחים מגוננים:
בשטחים מקומיים בשטח המגון בהם קיים חשש להצטברות מים עומדים, מומלץ לבצע שוחת חלחול רדודה. שוחת החלחול מהווה חלופה משופרת לקידוח החדרה בשל שטח מגע גדול יותר עם הקרקע מאשר בקידוח החדרה רגיל.
שוחת החלחול נחפרת בחלק הנמוך של שטח ההשהיה המגון, בעומק 1 מטר וברוחב משתנה. ממלאים את הבור בחומר גרנולרי בקוטר גרגירים של 10-30 מ"מ כאשר גובה המילוי יהיה עד למפלס 20 ס"מ מתחת למפלס הקרקע. מעל למילוי יותקן חיפוי עם בד גיאוטקני ומעליו שכבת קרקע שתית מקומית עד לגובה פני הקרקע.
במסגרת תכנון מפורט של כל מגרש יובא לאישור רשות הניקוז התכנון המפורט של ויסות הנגר. מתקני ההחדרה הנ"ל יתוכננו ויאושרו בהתאם לחוק המים התשי"ט 1959 ותמ"א 34 ב/4.



8.5.3 שימור הנגר

בטבלה להלן ניתן לראות את תוצאות חישוב הספיקות במוצאים במצב הקיים (בהסתברות של 1% באגן מס' 4 ובהסתברות 20% עבור שאר האגנים):

טבלה 17 – ספיקות השיא במצב הקיים:

מס' אגן	שטח אגן היקוות [דונם]	עוצמת גשם [מ"מ/שעה]	מקדם נגר	ספיקת שיא [מ"ק/שנ']
Q	A	I	C	
1	12	108.2	0.29	0.10
2	30	122.0	0.29	0.29
3	10	122.0	0.28	0.09
4	43	216.0	0.34	0.89
5	7	122.0	0.26	0.06
6	6	122.0	0.26	0.05
7	29	122.0	0.27	0.27



בטבלה שלהלן ניתן לראות השוואה בין ספיקות השיא במצב המתוכנן והקיים ואת השפעת הפיתוח על הנגר בכל אגן.

טבלה 18 – השוואת ספיקות השיא במצב המתוכנן לעומת המצב הקיים:

מס' נקודת ביקורת	ספיקה (מ"ק/שניה) בהסתברות		יחס הספיקות
	מצב 20% מתוכנן	מצב 20% קיים	
1	0.14	0.10	136%
2	0.54	0.29	182%
3	0.18	0.09	201%
4 *	1.68	0.89	189%
5	0.12	0.06	188%
6	0.12	0.05	221%
7	0.50	0.27	194%

הערות:

* עבור אגן 4 בלבד בוצע חישוב להסתברות תכן 1% בשל המוצא למסילת הרכבת.

(א) חישוב ספיקות בוצע לפי מודל CIA.

(ב) היחס בין המצב המתוכנן לקיים במוצא מגיע ל-220% בנקודת מוצא משטח הפרויקט.

(ג) לאור העובדה שהנגר נוצר מאגנים קטנים, ההגדלה בספיקות כתוצאה מהפיתוח אינה משמעותית.





9. השפעות צפויות על הסביבה

9.1 שינוי הנגר כתוצאה מביצוע התוכנית

ביצוע התוכנית יביא להגדלה של ספיקות התכן המתקבלות בשטח המתחם כתוצאה משינוי שימושי הקרקע משטח פתוח בעיקרו לשטח בנוי בעיקרו. אופי הבינוי המתוכנן הינו עירוני המורכב מבניינים בבנייה רוויה ושטחים פתוחים בפארקים ובגינות, ולכן פיתוח נופי המשלב אלמנטים של שימור נגר בשצ"פים ובמגרשים הפרטיים יווסת את זרימות הנגר ויפחית את ספיקות התכן היוצאות משטח המתחם.



9.2 השפעה סביבתית של פתרונות הניקוז המוצעים

בתוך גבולות התוכנית תתאפשר הקטנה של ספיקות התכן מהשטח הבנוי עקב השהיית מי הנגר בשצ"פים ובחצרות הבניינים, העשרת אוגר המים הזמין לצמחייה בשטחים המגוננים, והעשרת מי תהום עקב השהיית הנגר וחלחולו.

מחוץ לגבולות התוכנית, תתקיים הגדלה מסויימת של ספיקות התכן מאגני הניקוז הפנימיים אל המוצאים אך ההגדלה אינה משמעותית עקב ספיקות התכן הקטנות, וכן קליטת נגר המגיע מרכס קטן המצוי מעבר לגבול המזרחי של התוכנית השהייתו והחדרתו לקרקע.



10. המלצות להוראות התוכנית

1. תנאי להיתר בנייה של התוכנית הינו ביצוע תשתיות ניקוז של תוכניות גובלות, לרבות תעלות ניקוז וצנרת ניקוז תת-קרקעית.

2. פיתוח השצ"פ בתא שטח 600 יכלול פיתוח נופי שיאפשר איגום לקליטת והשהיית נגר עילי בנפח של כ-320 מ"ק בשטח של כ-950 מ"ר לפחות.

3. ביצוע מערכת הניקוז על פי נספח הניקוז, בכללה גם האיגום בשצ"פ 600, לרבות ביצוע מערך הניקוז הנדרש מצפון לתוכנית וכל הנדרש לפי נספח הניקוז יהיו תנאי להיתר בנייה.



4. תוכניות מפורטות לביצוע אגני ההשהייה והחלחול תידרשנה לאישור לביצוע ע"י רשות הניקוז.



נספח מס' 1**מודל CIA (הנוסחה הרציונלית)****HIGHWAY DESIGN MANUAL****810-11**

May 1, 2001

**Table 816.6A
Roughness Coefficients For
Sheet Flow**

Surface Description	n
Asphalt Concrete	0.011-0.016
Concrete	0.012-0.014
Brick with cement mortar	0.014
Cement rubble	0.024
Fallow (no residue)	0.05
Grass	
Short grass prairie	0.15
Dense grass	0.24
Bermuda Grass	0.41
Woods ^L	
Light underbrush	0.40
Dense underbrush	0.80

^LWoods cover is considered up to a height of 30 mm, which is the maximum depth obstructing sheet flow

(2) *Shallow concentrated flow travel time.* After a maximum of 91 m, sheet flow usually becomes shallow concentrated flow. The average velocity for this flow can be determined from Figure 816.6, in which average velocity is a function of watercourse slope and type of land cover. For slopes less than 0.005 m/m, use equations given below for Figure 816.6.

Average velocities for estimating shallow concentrated flow travel time using Figure 816.6.

$$\text{Unpaved} \quad V = 4.918(s)^{1/2}$$

$$\text{Paved} \quad V = 6.196(s)^{1/2}$$

Where:

V = average velocity, m/s

S = slope of hydraulic grade line
(watercourse slope), m/m

These two equations are based on the solution of Manning's equation with different assumptions for n (Manning's roughness coefficient) and r (hydraulic radius, m). For unpaved areas, n is 0.05 and r is 0.122 m; for paved areas, n is 0.025 and r is 0.06 m.

The travel time can be calculated from

$$T_t = \frac{L}{60 V}$$

where T_t is the travel time in minutes, L the length in m, and V the flow velocity in m/s.

The following empirical formula may be used as an alternative to estimate the flow velocity:

$$V = kS^{1/2}$$

Where S is the slope in percent and k (m/s) is an intercept coefficient depending on land cover as shown in Table 816.6B.

**Table 816.6B
Intercept Coefficients for Shallow
Concentrated Flow**

Land cover/Flow regime	K (m/s)
Forest with heavy ground litter; hay meadow (overland flow)	0.076
Trash fallow or minimum tillage cultivation; contour or strip cropped; woodland (overland flow)	0.152
Short grass pasture (overland flow)	0.213
Cultivated straight row (overland flow)	0.274
Nearly bare and untilled (overland flow); alluvial fans	0.305
Grassed waterway (shallow concentrated flow)	0.457
Unpaved (shallow concentrated flow)	0.491
Paved area (shallow concentrated flow); small upland gullies	0.619



HIGHWAY DESIGN MANUAL

810-15

May 1, 2001

Highway engineers should understand that the option to select a predetermined design flood frequency is generally only applicable to new highway locations. Because of existing constraints, the freedom to select a prescribed design flood frequency may not exist for projects involving replacement of existing facilities. Caltrans policy relative to up-grading of existing drainage facilities may be found in Index 803.3.

Although the procedures and methodology presented in HEC 17, Design of Encroachments on Flood Plains Using Risk Analysis, are not fully endorsed by Caltrans, the circular is an available source of information on the theory of "least total expected cost (LTEC) design". Highway engineers are cautioned about applying LTEC methodology and procedures to ordinary drainage design problems. The Headquarters Hydraulics Engineer in the Division of Design should be consulted before committing to design by the LTEC method since its use can only be justified and recommended under extra-ordinary circumstances.

Topic 819 - Estimating Design Discharge

819.1 Introduction

Before highway drainage facilities can be hydraulically designed, the quantity of run-off (design Q) that they may reasonably be expected to convey must be established. The estimation of peak discharge for various recurrence intervals is therefore the most important, and often the most difficult, task facing the highway engineer. Refer to Table 819.5A for a summary of methods for estimating design discharge.

819.2 Empirical Methods

Because the movement of water is so complex, numerous empirical methods have been used in hydrology. Empirical methods in hydrology have great usefulness to the highway engineer. When correctly applied by engineers knowledgeable in the method being used and its idiosyncrasies, peak discharge estimates can be obtained which are functionally acceptable for the design of highway drainage structures and other features. Some of the

more commonly used empirical methods for estimating runoff are as follows.

- (1) *Rational Methods.* Undoubtedly, the most popular and most often misused empirical hydrology method is the Rational Formula:

$$Q = 0.28 CiA$$

Q = Design discharge in cubic meters per second.

C = Coefficient of runoff.

I = Average rainfall intensity in millimeters per hour for the selected frequency and for a duration equal to the time of concentration.

A = Drainage area in square kilometers.

Rational methods are simple to use, and it is this simplicity that has made them so popular among highway drainage design engineers. Design discharge, as computed by these methods, have the same probability of occurrence (design frequency) as the frequency of the rainfall used. Refer to Topic 818 for further information on flood probability and frequency of recurrence.

An assumption that limits applicability is that the rainfall is of equal intensity over the entire watershed. Because of this, Rational Methods should be used only for estimating runoff from small simple watershed areas, preferably no larger than 1.3 km² (130 ha). Even where the watershed area is relatively small but complicated by a mainstream fed by one or more significant tributaries, Rational Methods should be applied separately to each tributary stream and the tributary flows then routed down the main channel. Flow routing can best be accomplished through the use of hydrographs discussed under Index 816.5. Since Rational Methods give results that are in terms of instantaneous peak discharge and provide little information relative to runoff rate with respect to time, synthetic hydrographs should be developed for routing significant tributary inflows. Several relatively simple methods





810-16

May 1, 2001

HIGHWAY DESIGN MANUAL

have been established for developing hydrographs, such as transposing a hydrograph from another hydrologically homogeneous watershed. The stream hydraulic method, and upland method are described in HDS No. 2. These, and other methods, are adequate for use with Rational Methods for estimating peak discharge and will provide results that are acceptable to form the basis for design of highway drainage facilities.

It is clearly evident upon examination of the assumptions and parameters which form the basis of the equation that much care and judgment must be applied with the use of Rational Methods to obtain reasonable results.

- The runoff coefficient "C" in the equation represents the percent of water which will run off the ground surface during the storm. The remaining amount of precipitation is lost to infiltration, transpiration, evaporation and depression storage.

Values of "C" may be determined for undeveloped areas from Figure 819.2A by considering the four characteristics of: relief, soil infiltration, vegetal cover, and surface storage.

Some typical values of "C" for developed areas are given in Table 819.2B. Should the basin contain varying amounts of different cover, a weighted runoff coefficient for the entire basin can be determined as:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

- To properly satisfy the assumption that the entire drainage area contributes to the flow; the rainfall intensity, (i) in the equation expressed in millimeters per hour, requires that the storm duration and the time of concentration (t_c) be equal. Therefore, the first step in estimating (i) is to estimate (t_c). Methods for determining time of concentration are discussed under Index 816.6.

- Once the time of concentration, (t_c), is estimated, the rainfall intensity, (i), corresponding to a storm of equal duration, may be obtained from available sources such as intensity-duration-frequency (IDF) curves. See Index 815.3(3) for further information on IDF curves.

The runoff coefficients given in Figure 819.2A and Table 819.2B are applicable for storms of up to 5 or 10 year frequencies. Less frequent, higher intensity storms usually require modification of the coefficient because infiltration, detention, and other losses have a proportionally smaller effect on the total runoff volume. The adjustment of the rational method for use with major storms can be made by multiplying the coefficient by a frequency factor, C(f). Values of C(f) are given below. Under no circumstances should the product of C(f) times C exceed 1.0.

Frequency (yrs)	C(f)
25	1.1
50	1.2
100	1.25

- (2) *Regional Analysis Methods.* Regional analysis methods utilize records for streams or drainage areas in the vicinity of the stream under consideration which would have similar characteristics to develop peak discharge estimates. These methods provide techniques for estimating annual peak stream discharge at any site, gaged or ungaged, for probability of recurrence from 50% (2 years) to 1% (100 years). Application of these methods is convenient, but the procedure is subject to some limitations.

Regional Flood - Frequency equations developed by the U.S. Geological Survey for use in California are given in Figure 819.2C. These equations are based on regional regression analysis of data from 705 gaging stations. Nomographs and complete information on use and development of this method may be found in "Magnitude and Frequency of Floods in California" published in June, 1977 by the U.S. Department of the Interior, Geological Survey.



**Figure 819.2A**

Runoff Coefficients for Undeveloped Areas Watershed Types

	Extreme	High	Normal	Low
Relief 	.28 -.35 Steep, rugged terrain with average slopes above 30%	.20 -.28 Hilly, with average slopes of 10 to 30%	.14 -.20 Rolling, with average slopes of 5 to 10%	.08 -.14 Relatively flat land, with average slopes of 0 to 5%
Soil Infiltration 	.12 -.16 No effective soil cover, either rock or thin soil mantle of negligible infiltration capacity	.08 -.12 Slow to take up water, clay or shallow loam soils of low infiltration capacity, imperfectly or poorly drained	.06 -.08 Normal; well drained light or medium textured soils, sandy loams, silt and silt loams	.04 -.06 High; deep sand or other soil that takes up water readily, very light well drained soils
Vegetal Cover 	.12 -.16 No effective plant cover, bare or very sparse cover	.08 -.12 Poor to fair; clean cultivation crops, or poor natural cover, less than 20% of drainage area over good cover	.06 -.08 Fair to good; about 50% of area in good grassland or woodland, not more than 50% of area in cultivated crops	.04 -.06 Good to excellent; about 90% of drainage area in good grassland, woodland or equivalent cover
Surface Storage 	.10 -.12 Negligible surface depression few and shallow; drainageways steep and small, no marshes	.08 -.10 Low; well defined system of small drainageways; no ponds or marshes	.06 -.08 Normal; considerable surface depression storage; lakes and pond marshes	.04 -.06 High; surface storage, high; drainage system not sharply defined; large flood plain storage or large number of ponds or marshes
Given 	An undeveloped watershed consisting of; 1) rolling terrain with average slopes of 5%, 2) clay type soils, 3) good grassland area, and 4) normal surface depressions.			Solution: Relief 0.14 Soil Infiltration 0.08 Vegetal Cover 0.04 Surface Storage <u>0.06</u> C= 0.32
Find	The runoff coefficient, C, for the above watershed.			





HIGHWAY DESIGN MANUAL

Table 819.2B

Runoff Coefficients for Developed Areas

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient
Business:	
Downtown areas	0.70 - 0.95
Neighborhood areas	0.50 - 0.70
Residential:	
Single-family areas	0.30 - 0.50
Multi-units, detached	0.40 - 0.60
Multi-units, attached	0.60 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 - 0.70
Industrial:	
Light areas	0.50 - 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries:	0.10 - 0.25
Playgrounds:	0.20 - 0.40
Railroad yard areas:	0.20 - 0.40
Unimproved areas:	0.10 - 0.30
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2%	0.05 - 0.10
Sandy soil, average, 2-7%	0.10 - 0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15 - 0.20
Heavy soil, flat, 2%	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2-7%	0.18 - 0.25
Heavy soil, steep, 7%	0.25 - 0.35
Streets:	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs:	0.75 - 0.95

The Regional Flood-Frequency equations are applicable only to sites within the flood-frequency regions for which they were derived and on streams with virtually natural flows. For example, the equations are not generally applicable to small basins on the floor of the Sacramento and San Joaquin Valleys as the annual peak data which are the basis for the regression analysis were obtained principally in the adjacent mountain and foothill areas. Likewise, the equations are not directly applicable to streams in urban areas affected substantially by urban development. In urban areas the equations may be used to estimate peak discharge values under natural conditions and then by use of the techniques described in the publication or HDS No. 2, adjust the discharge values to compensate for urbanization. Further limitations on the use of USGS Regional Flood-Frequency equations are:

Region	Drainage Area (A) mi ²	Mean Annual Precip (P) in.	Altitude Index (H) 1000 ft.
North Coast	0.2-3000	19-104	1.0-5.7
Northeast	0.2-25	all	all
Sierra	0.2-9000	7-85	0.1-9.7
Central Coast	0.2-4000	8-52	0.1-2.4
South Lahontan-Colorado Desert	0.2-25	all	all

Note: Values shown in table have not been converted to metric system.

