



תוכנית מספר 505-0970186



תוכ' התחדשות עירונית ח/מק/224

רחוב ראש פינה 5-23



ניהול מי נגר באמצעות איגום תת"ק

תל אביב, יוני 2022

מהדורה II



ירון גלר הנדסה וניהול משאבי מים

רחוב פרלוק 12 תל אביב, 6936714

טלפון: 03-7414873 פקס: 03-7414906

gellerm@netvision.net.il



רח' פרלוק 12, תל אביב, טלפון: 03-7414873, פלאפון: 052-4872000

פקס: 03-7414906 E-mail: gellerm@netvision.net.il

שם הקובץ: וויסות נגר עילי באמצעות אוגר תתק - רחוב ראש פינה ההסתדרות חולון 02



מהטמה גאנדי 1869-1948

"למקומות שאליהם ראוי להגיע, אין קיצורי דרך"

תוכן העניינים :

3	1. כללי, עיקרי דברים ומסקנות
7	2. מתודולוגיה עירונית להתמודדות עם מניעת הצפות בשקעים
8	3. ריכוז נתונים לחישובים הידרולוגיים
8	3.1. טופולוגיה וטופוגרפיה
8	3.2. חישוב שטחי הניקוז
9	3.3. עוצמות הגשם לתכנון
11	3.4. ריכוז הפרמטרים לחישוב ההידרולוגי
12	4. שיטת הידרוגרף היחידה
12	4.1. שיטת הידרוגרף היחידה
12	4.2. שיטת ההידרוגרף של שניידר SYNDER
14	5. חישוב נפח האיגום
14	5.1. ניהול נגר העילי באמצעות וויסות באיגום תת קרקעי (חו"ל)
14	5.2. חישוב נפח המים לאיגום
17	6. תשתית הניקוז הקיימת
17	6.1. תשתית הניקוז הקיימת בסביבת רחוב ההסתדרות
18	6.2. תשתית הניקוז הנדרשת להטיית ספיקות התכן
20	7. אומדן הנדסי ראשוני

רשימת הטבלאות

10	טבלה 1 עוצמות הגשם לתכנון על פי עבודת מנהל התכנון - תחנת שדה דב ת"א
10	טבלה 2 הוראות תכנון ניקוז על פי תמ"א 1 החדשה
11	טבלה 3 ריכוז נתוני התחשיב ההידרולוגי
16	טבלה 3 ריכוז טבלת התחשיב עבור הנפח (מודגש באדום ערכי התוצאה)
17	טבלה 5 חישוב הידראולי של מובלי הניקוז הקיימים ברחוב ההסתדרות
18	טבלה 6 חישוב קוטר קו ההטיה מרחוב ההסתדרות ועד מאגר הוויסות

רשימת האיורים

3	איור 1 מיקום הגינה הציבורית מדרום לרחוב ההסתדרות 113 חולון
5	איור 2 הידרוגרף הנגר העילי עבור שני מצבי החישוב השונים והנפח המחושב
8	איור 3 נפח גבהים של מתחם ההתחדשות העירונית ראש פינה + גבהים שצ"פ
9	איור 4 מידול שטח אגן ההיקוות של שקע רחוב ההסתדרות 113/115
13	איור 5 הידרוגרף היחידה של שניידר בוא נעשה שימוש בעבודה זו מובא להלן
14	איור 6 ניהול מי נגר בעילי באמצעות מתקני וויסות תת קרקעיים
15	איור 7 חישוב נפח הוויסות על פי שיטת ההידרוגרף
17	איור 8 תשתית התיעול הקיימת בסביבת רחוב ההסתדרות 113/115

תל אביב, 20.06.22

1. כללי, עיקרי דברים ומסקנות

חברת "קרסו נדל"ן יוזמת כיום פרויקט משמעותי להתחדשות עירונית במתחם רחוב ראש פינה בחולון. התוכנית כולה כוללת שטח של כ 30 דונם. משטח זה כ 22 דונם הינו שטח עליו מצויים מבנים קיימים ועוד שטח של כ 8 דונם בו נמצא פארק בחלקו המזרחי של מתחם רחוב ראש פינה. עיקר תחום התוכנית מתנקז לכיוון מזרח. החלק הדרומי של הבינוי הקיים (כ 6.5 דונם) מתנקז ניקוז טבעי לצד דרום לכיוון רחוב ברקאי מיכאל.

במסגרת בירור מוקדם לגבי מטלת הפרויקט בתחום תשתיות הניקוז הועלה על ידי עיריית חולון הצורך בטיפול בשקע האבסולוטי הקיים המצוי בסמוך לכתובת רחוב ההסתדרות 113-115. השקע האבסולוטי בתחום הכביש המנקז אליו שטח של כ 350 דונם, רובו מכיוון רחוב מוהליבר והרחובות הניצבים אליו. חלק מהשטח מתנקז לשקע גם מדרום. גובה פ"ק בשקע 23.0 מטר. על פי מתודולוגית ניהול הנגר בעיריית חולון נקבע כי בכל שקע אבסולוטי בתחום רצועת הדרך (LOW POINT בפי מהנדסי הכבישים) נדרש להקים איגום וויסות שנפחו כנפח המים המתקבל מהפרש הנפח בין אירוע בנדירות 5% לאירוע בנדירות 1%. האיגום יהיה איגום צד ולא ברצועת הדרך. על אף ששקע רחוב ההסתדרות מצוי מחוץ לתחום הקו הכחול של התוכנית נקבע כי התוכנית תשקלל את הקמת האיגום בתחום השצ"פ המצוי בתחום הקו הכחול של התוכנית.

איור 1 מיקום הגינה הציבורית מדרום לרחוב ההסתדרות 113 חולון



בסיכום הבירורים המוקדמים שבוצעו על ידי צוות התכנון בהקשר של מטלות התכנון ותועלות ציבוריות מפרויקט ההתחדשות העירונית ברחוב ראש פינה, נקבע על ידי העירייה כי הפרויקט יבחן הקמת אוגר תת קרקעי לוויסות מי נגר עילי המצטברים בשקע רחוב ההסתדרות 113/115.

מטרתו של דו"ח הידרולוגי הנוכחי לכמת את עוצמת הנגר העילי (ספיקה ונפח) הניגרים לשקע האבסולוטי המצוי ברחוב ההסתדרות 113/115 בעיר. בהתאם למתודולוגיה העירונית, חישוב נפח הוויסות הנדרש באמצעות מודל הידרוגרף וליזמני חזרה שונים. בנוסף מובא גם חישוב הידראולי ראשוני לגבי אופן הטיית המים לאוגר תת קרקעי מהתשתית הקיימת. בחישוב האוגר הובא בחשבון אוגר גם עבור מתחם ההתחדשות.

תל אביב, 20.06.22

מתודולוגיה: על פי מתווה ניהול הנגר שנקבע בעריית חולון על ידי הנהלת אגף ההנדסה, בכל מקום בו מצוי שקע אבסולוטי המנקז אליו מים עם תשתית ניקוז קיימת, העיקרון למניעת סיכוני הצפה יכלול **שילוב** של תשתית ניקוז המתאימה לאירוע של 1:20 שנה (הסתברות 5%) ובנוסף אוגר משלים לצרכי וויסות נפחי מים מעבר לאלו של קריטריון התכן. ערך הוויסות נקבע כהפרש נפח המים המחושב בין אירוע בהסתברות של 5% והסתברות של 1%. בדו"ח הנוכחי חישוב נפח הנגר מבוסס על גישת הידרוגרף המותאם למשך הגשם.

להלן עיקרי הדוח ההידרולוגי הנוכחי:

משתנים הידרולוגיים: השטח המתנקז לשקע רחוב ההסתדרות נמדד במספר כלים שונים. השטח נמדד על בסיס ניתוח קווי גובה. השטח המתנקז נמדד להיות 342 דונם מהם שטח של 222 דונם מצד צפון לשקע ההסתדרות (בעיקר מציר רחוב מוהליבר והרחובות הניצבים לו) ו-120 דונם מרחוב ההסתדרות ומהחלק הדרומי לשקע. מאחר והחלק הדרומי התורם מי נגר עילי לשקע כולל בינוי מעט פחות צפוף מזה של החלק הצפוני, נקבעו מקדמי הנגר (מקדם הנגר – מקדם על מימדי המגדיר את היחס שבין הגשם היוזר לנגר הנוצר) עבור החלק הדרומי פחותים מאלו של החלק הצפוני (0.73 ו 0.77 בהתאמה).

מהלך החישוב: עבור גשם שמשכו 15 דקות והסתברותו היא 5% חושב הנגר העילי הניגר לשקע (ספיקת קיצון ונפח). נפח המים מחושב על בסיס הידרוגרף שמשכו שווה ל 2.67 פעמים משך הגשם. משך זה נובע מהידרוגרף SYNDER המתאים לחישוב תגובת הנגר לאירוע גשם בשטחים עירוניים. נפח המים הוא השטח הכלוא מתחת לגרף. חישוב דומה נעשה עבור גשם שהסתברותו היא 1%. על פי נתוני עבודת מינהל התכנון עוצמת הגשם להסתברות של 1% היא 112.6 מ"מ ועבור הסתברות 5% העוצמה היא 84.5 מ"מ/שעה.

התשתית הקיימת: התשתית הקיימת ברחוב ההסתדרות מיועדת לתת מענה לנגר מים שמקורו בגשם של 1:20 שנה (קריטריון התכנון בעיר). התשתית הקיימת מורכבת מ 2 מובלים:

- צינור עגול בקוטר 125 ס"מ המוביל את המים מערבה עד רחוב צומת חנקין ובהמשך לאורכו של רחוב חנקין. לצינור זה שטח חתך זרימה 1.22 מ"ר.
- מובל מלבני במידות 0.6*2.6 המוביל את המים עד פינת רחוב דגניה ולאחר מכן דרומה לאורך רחוב דגניה. למובל זה שטח חתך זרימה 1.56 מ"ר.
- במצב הקיים שני המובלים לא קשורים אחד לשני. כושר הניקוז סכומי של שני המובלים חושב להיות 6.1 מ"ק/שניה, בהתאם לנדרש עבור נגר שזמן חזרתו הוא 1:20 שנה.

נפח הוויסות: נקבע כנפח המים המייצג את ההפרש בין שני המצבים. נפח המים חושב להיות 2,030 מ"ק. לצרכי תכנון 2,050 מ"ק. יש לזכור כי ערך זה מייצג את נפח המים הדינאמי וכי נפח המתקן עלול להיות גדול יותר מהסיבות הבאות:

- הצורך להתאים את הנפח הנדרש מרום הכניסה למתקן הוויסות (רום הכניסה יהיה מונמך מרום פני הקרקע בכ 3 מטר לערך. גובה אבסולוטי של הכניסה יתברר רק בשלב של תכנון מוקדם של קו ההטיה.
- נפח איגום נוסף שיידרש להכיל באיגום התת קרקעי עבור עודפי נגר ממתחם תוכנית ההתחדשות העירונית. הערכה ראשונה שנמסרה ביחס לנפח הנדרש היא 400 מ"ק.

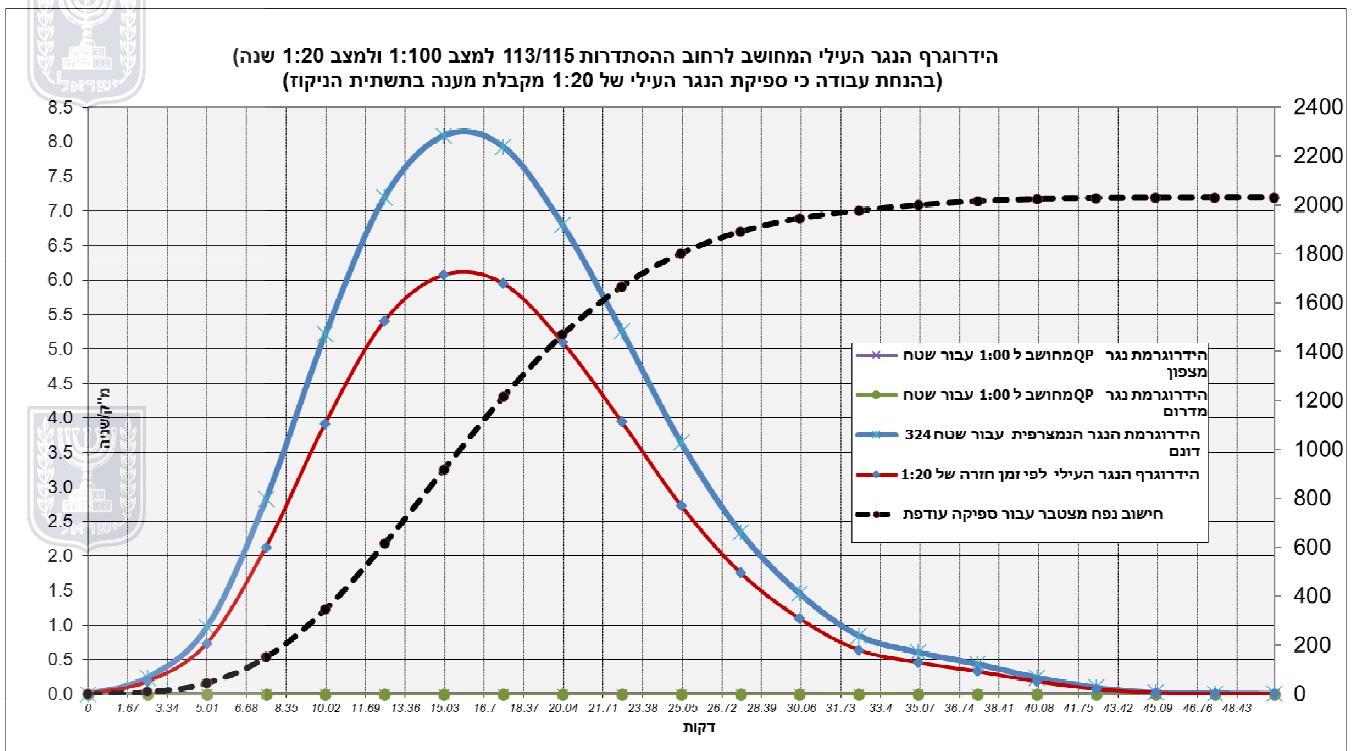
רח' פרלוק 12, תל אביב, פלפון: 03-7414873, פלפון: 052-4872000

פקס: 03-7414906 E-mail: gellerm@netvision.net.il

שם הקובץ: וויסות נגר עילי באמצעות אוגר תתן - רחוב ראש פינה ההסתדרות חולון 02

תל אביב, 20.06.22

איור 2 הידרוגרף הנגר העילי עבור שני מצבי החישוב השונים והנפח המחושב



נפח הוויסות: הגרף השחור מייצג את נפח המים המחושב כהפרש בין שני עקומי ההידרוגרף.

הערך המצטבר בציר ימין 2,030 מ"ק. לנפח זה נוסף עוד נפח המים הנדרש לוויסות ממתחם הבינוי ברחוב ראש פינה. ניהול הנגר במסגרת התוכנית נערך על ידי משרד גלבוע מהנדסים. בגמר הערכה ראשונית של נפח הוויסות הנדרש מעבר לזה המטופל בתוכנית הבינוי עצמה, נמסר כי נדרש נפח נוסף של 400 מ"ק. לפיכך נפח המים המשולב יהיה 2,450 מ"ק.

על מנת להבטיח כי מתקן הוויסות יתמלא מים יידרש לחבר את מובל הניקוז הקיים ברחוב ההסתדרות דרך הסמטה המקומית (רחוב ההסתדרות בין מספר 106 ל 108) אל מתקן הוויסות המוצע בשטח השצ"פ. לצורך העברת המים תידרש תשתית צינור תיעול בקוטר 100 ס"מ או שני קווים בקוטר 80 ס"מ. אלו יאפשרו הולכה של 2.3 מ"ק/שניה, מעט יותר מאשר הפרש ספיקות שיא של שני מצבי החישוב (2.183 מ"ק/שניה). יידרש תכנון הידראולי לצינור הטית המים בהתאם לגבהיי מובל התיעול וכן לגבהיי הקרקע. אורך צינור ההטייה 110 מטר.

ריקון המים וצינור השחרור: ריקון המים יעשה בשאיבה. יוקם תא משאבות יבש בצמוד לאגור המים ובו יותקנו 4 משאבות ניקוז בספיקה של כ 700 מק"ש. רצפת תא השאיבה תהיה בגובה רצפה מתקן הוויסות. הפעלת שלוש המשאבות יחדיו תאפשר סילוק של כ 1,800 מק"ש וריקון הנפח כולו ב 1.38 שעות. פרוגרמה להפעלת המשאבות וקביעת מפלסי המים להפעלת המשאבות תיקבע בשלב של תכנון מוקדם. קו הסילוק יתכן להעברה מירבית של 1,800 מק"ש. יידרש קו סניקה מפלדה 24" או צינור PE 630 מ"מ. מוצע כי הצינור יונח בתוואי רחוב ראש פינה ויתחבר למובל התיעול של רחוב ההסתדרות מערבית לנקודת השקע (ברחוב ההסתדרות מול מספר 105) אורך הקו יהיה 185 מטר.

אומדן ראשוני להשקעות בפתרון הניקוז מופיע בפרק מספר 7 ועומד על 6 מלש"ח + מע"מ.

תל אביב, 20.06.22

המלצות להוראות התוכנית:

- מתקן איגום למי נגר עילי המיועד לקלוט את המים הניגרים לשקע רחוב ההסתדרות יהיה חלק ממטלות התוכנית להתחדשות עירונית ויוקם בתחום גן נחמן. המתקן יהיה מתקן עירוני ויקלוט מים משקע רחוב ההסתדרות וממתחם התוכנית להתחדשות עירונית ברח' ראש פינה.
- נפח המים למתקן יהיה 2,450 מ"ק הכולל נפח של 2,050 מ"ק לוויסות מי נגר מהשקע ועוד 400 מ"ק לוויסות מי נגר עילי מממתחם הבניה וההתחדשות העירונית.
- תוקם תחנת שאיבה לסילוק המים. מפלס רצפת התחנה כמפלס תחתית בריכת הוויסות על מנת להבטיח אפשרות ריקן מלא של המים.
- ריקון המים יעשה אמצעות 4 משאבות לספיקה של 650-700 מ"ק ש"ש כ"א ועומד הרמה כללי של 20 מטר. עומד זה יידרש על מנת להעביר את המים לנקודת השפיכה המומלצת.
- תשתיות תת קרקעיות: צינור ההטיה מרחוב ההסתדרות למתקן הוויסות יהיה בקוטר 100 ס"מ או שני צינורות בקוטר 80 ס"מ. אורך הצינור הנדרש 110 מ"א. צינור הסילוק יהיה בקוטר 600 מ"מ (24") ויונח לאורך סמטת רחוב ראש פינה עד התחברות למובל הניקוז ברחוב ההסתדרות מול מספר 105 (צומת עם רחוב ר"פ).
- לעת שלב הכנת תוכנית עיצוב יידרש להגיש דו"ח תכנון מוקדם המציג את פתרון ניהול הנגר העילי באמצעות וויסות המים, מבנה תחנת השאיבה הצמוד ותוואי קו ההטיה וקו הסילוק.

תל אביב, 20.06.22



2. מתודולוגיה עירונית להתמודדות עם מניעת הצפות בשקעים

בתחום העיר חולון נמצאים כ-54 שקעים אבסולוטיים ברצועות הכבישים. שקעים אלו אוספים אליהם מים בכמויות גדולות. כמויות המים תלויות הן בעוצמת הגשם והן בשטח המתנקז. ככל שהשטח המתנקז גדול יותר כך עולה ססיקת המים הזורמת אל נקודת השקע ונפחי המים המצטברים גדלים אף הם.

כעיקרון, כל שקעים בעיר חולון מנוקזים. תוכנית אב לניקוז שהוכנה על ידי חברת תהל מהנדסים בהזמנת הערייה חייבה כי לכל השקעים תהיה מערכת ניקוז המיועדת לתת מענה לכל ארועו גשם נגר שהסברותו הוא 1:20 או 5%.

תשתית התיעול בשקע רחוב ההסתדרות עונה ליעד זה (לאחר תוספת התשתית שבוצעה במקום לא מכבר)

נקודות השקע מהוות מוקד סיכון בראייה עירוני מכמה טעמים: כשל של מערכת הניקוז המקומית, תפקוד חלקי של קולני מי הגשם אירוע קצר בעל עוצמה גבוהה מזו של עוצמת התכן וכיוצ"ב, נקבע במסגרת הנהלת יחדית התיעול של עריית חולון כי לכל שקע במערכת הגבהים העירונית יוצא גיבוי לניהול מי נגר על מנת למנוע הערמות של מים במקרה כשל.

המתודולוגיה גורסת כי ניהול הנגר סביב השקע יהיה בנוי "מחולית הגנה נוספת" (מעבר לזו של מערכת התיעול) אשר תעמוד בשני מדדים:

א. ניהול הנגר סביב השקע יעשה באמצעים של הפניית המים למערכת איגום וויסות ושחרור מאוחר יותר של המים באמצעות שאיבה.

ב. נפח הוויסות יתוכנן כהפרש בין יכולת מערכת הניקוז המקומית (המותאמת לזמן חזרה של 1:20 שנה, הסתברות 5%) ובין נגר המים המחושב לפי אירוע בנדירות של 1% או אירוע המתאים לזמן חזרה של 1:100 (כמובן מאותו תא שטח).

בעריכת התחשיב יש לשמור על מאפייני חישוב דומים של אגן ההיקוות לתרומות הנגר וכן על פי מאפיינים הידרולוגיים (עוצמות גשם, מקדם נגר) המתאימים לאלו של וכנית האב לניקוז של העיר חולון.



תל אביב, 20.06.22



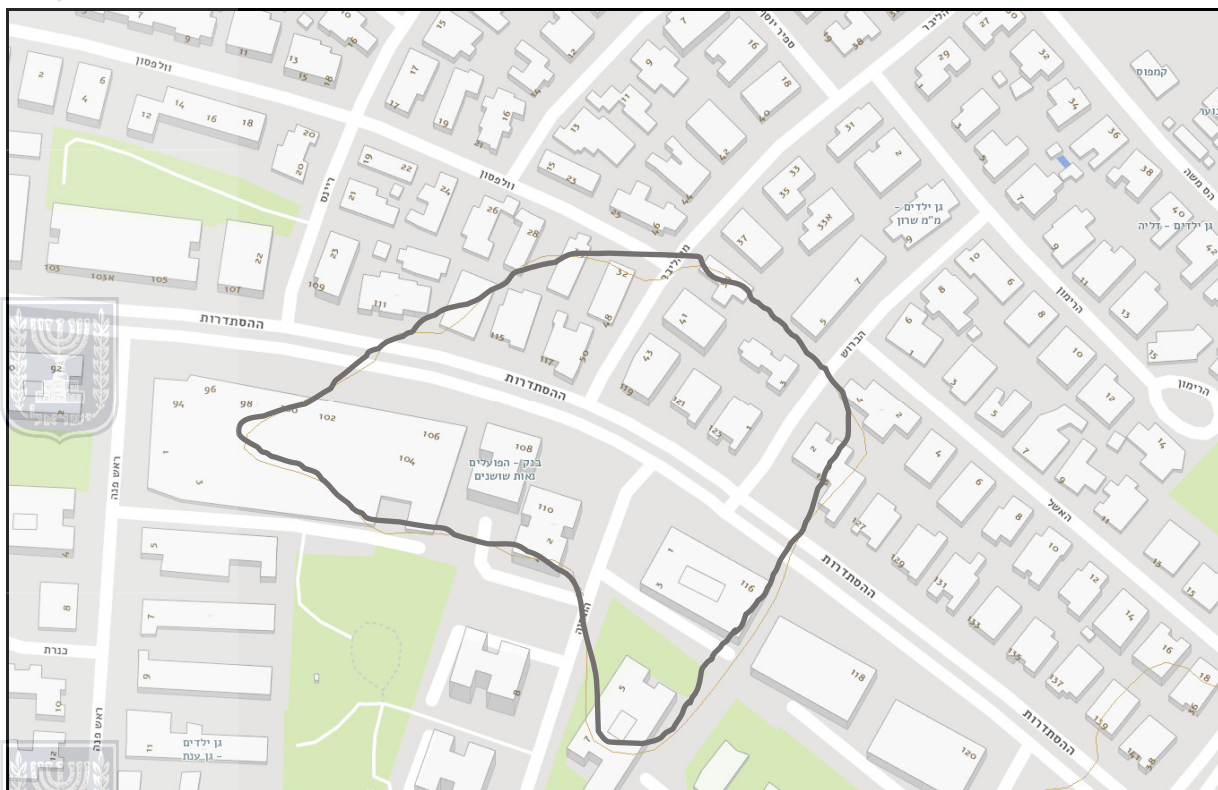
3. ריכוז נתונים לחישובים הידרולוגיים

3.1 טופולוגיה וטופוגרפיה

שקע רחוב ההסתדרות נמצא בסמוך לכתובת רחוב ההסתדרות 113-115. איור מספר 4 מציג את קו הגובה +25 ה"סוגר" על השקע. במדידה קרקעית עולה כי גובה הנקודה הנמוכה נע סביב +23.0-+23.5 מטר. מתחם ההתחדשות העירונית ראש פינה נמצא מדרום מערב. הנקודה הנמוכה ברחבי השצ"פ (גן נחמן) היא +24.80 מטר. מנקודה זו עולים פני הקרקע עד הנקודה הגבוהה ברחוב ראש פנה ברום +28.07. מרום זה זז נוטים פני הקרקע לדרום אל עבר מוצא הניקוז ברחוב מיכאל ברקאי. איור מספר 3 מציג את מיקום שקע רחוב ראש פינה ואת קו הגובה +25 המהווה קו סגור סביב נקודת השקע.



איור 3 נפח גבהים של מתחם ההתחדשות העירונית ראש פינה + גבהים שצ"פ

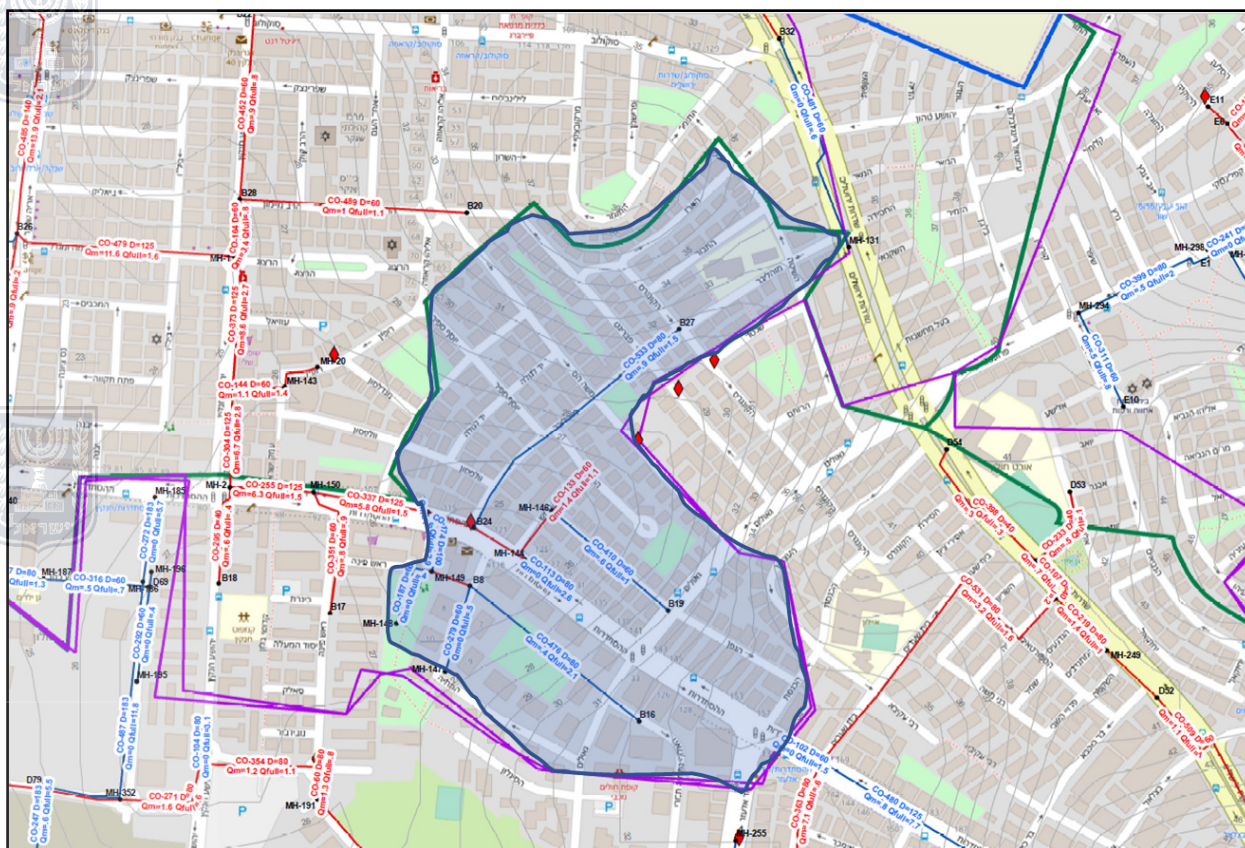


3.2 חישוב שטחי הניקוז

איור מספר 5 מציג את שטח הניקוז שחושב עבור תרומות הנגר העילי לשקע רחוב ההסתדרות. ניתוח גודל השטח מבוסס על מפת קווי גובה ברזולוציה של 2 מטר ועל מידול אגני המשנה על פי תכנית האב לניקוז לעיר חולון. בתוכנית האב נקבע אגן זה להיות אגן משנה באגן הניקוז המרכזי העירוני. גודל השטח 342 דונם והוא כולל בעיקר את התחום המתנקז לאורכו של רחוב מוהליבר (החל משדרות ירושלים ועד שקע רחוב ההסתדרות וכן מעט מצד דרום מכיוון רחוב התחייב וחלקו הצפוני של רחוב ראש פינה (מהצומת עם רחוב ההסתדרות).



איור 4 מידול שטח אגן ההיקוות של שקע רחוב ההסתדרות 113/115



מניתוח אירועי הגשם, על פי עקומי משך זמן חזרה של תחנת הגשם בעיר חולון, עולה כי עבור משך גשם של **15** דקות עוצמת התכן המתאימה לזמן חזרה זו היא כ 112.6 מ"מ/שעה. עבור משך דומה והסתברות של 5% העוצמה היא 84.5 מ"מ/שעה. טבלה מספר 1 מציגה את עוצמות הגשם לתחנת שדה דב תל אביב על פי עבודת מינהל התכנון (20148/2019) בנוגע של עוצמות הגשם על משך הגשם וזמן החזרה על בסיס עיבוד נתונים של 42 תחנות גשם בישראל.

תל אביב, 20.06.22

טבלה 1 עוצמות הגשם לתכנון על פי עבודת מנהל התכנון - תחנת שדה דב ת"א

תקופת חזרה	הסתברות %	5 דק' - מ"מ לשעה	10 דק' - מ"מ לשעה	15 דק' - מ"מ לשעה	20 דק' - מ"מ לשעה	30 דק' - מ"מ לשעה	45 דק' - מ"מ לשעה	60 דק' - מ"מ לשעה	90 דק' - מ"מ לשעה	120 דק' - מ"מ לשעה	180 דק' - מ"מ לשעה	240 דק' - מ"מ לשעה	מ"מ ליום
1000	0.1%	247.6	179.6	154.9	128.5	110.1	80	68.6	49.4	39.7	28.9	24.7	228.0
500	0.2%	227.9	164.8	141.4	117.8	100.1	73.2	62.3	45.4	36.6	26.8	22.9	208.8
200	0.5%	203.3	146.3	124.6	104.5	87.6	64.7	54.6	40.3	32.7	24.2	20.7	184.8
100	1.0%	185.4	133.1	112.6	94.9	78.8	58.6	49.1	36.6	29.9	22.2	19	168.0
50	2.0%	168.3	120.4	101.2	85.6	70.4	52.7	43.9	33	27.1	20.2	17.3	150.0
25	4.0%	151.6	108.1	90.3	76.6	62.4	46.9	38.9	29.5	24.3	18.2	15.6	133.2
20	5.0%	146.3	104.2	86.8	73.8	59.8	45.1	37.3	28.4	23.4	17.6	15.1	128.4
10	10.0%	129.9	92.3	76.2	65	52.1	39.4	32.5	24.9	20.6	15.6	13.4	111.6
5	20.0%	113.3	80.3	65.7	56.1	44.4	33.7	27.7	21.4	17.7	13.5	11.6	93.6
2	50.0%	89.0	63.0	50.6	43.2	33.4	25.4	20.9	16.2	13.4	10.4	8.8	68.4
1.01	99.0%	52.2	37.5	28.8	23.9	17.7	12.9	11	8.2	6.7	5.3	4.3	30.0

טבלה מספר 2 מציגה את הנחיות תמ"א 1 החדשה לבחירת קריטריון התכנון לניקוז וניהול נגר.

טבלה 2 הוראות תכנון ניקוז על פי תמ"א 1 החדשה

השימוש בשטח	תקופת חזרה מינימלית בשנים
חקלאות: גידולי שדה ומטעים	10
חקלאות: מבני צמיחה	25
כבישים ארציים ומסילות ברזל ¹	50
פארקים ושטחים ציבוריים פתוחים	10
סוללות, מאגרים וסכרים	100
רחובות וכבישים עירוניים	5 מערכת תיעול ²
	20 מערכת משולבת של מערכת תיעול ואמצעי ניהול נגר ³
בנייה בתת הקרקע	100
מגורים, מבני ציבור, מסחר, תעסוקה ותעשייה, לפי גובה '00	100
מתחמים אסטרטגיים	100

הערות לטבלה:

- הצפת מיסעות וגשרים לפי תקני נתיבי ישראל ורכבת ישראל
¹ על מערכת התיעול למנוע הצפות בתקופת חזרה מינימלית של 5: 1 שנים, ללא התחשבות באמצעי ניהול הנגר. לעניין זה בלבד, הצפה תחשב לכל היערמות מים החורגת ממערכת התיעול
² לעניין זה הצפה תחשב כהיערמות מים מעבר לגובה אבני השפה של הכביש

תל אביב, 20.06.22



3.4. ריכוז הפרמטרים לחישוב ההידרולוגי

טבלה מספר 3 להלן מסכמת את הפרמטרים לחישוב ההידרולוגי.

טבלה 3 ריכוז נתוני התחשיב ההידרולוגי

מסתכם	מדרום להסתדרות	מצפון להסתדרות	יחידות	נתונים הידרולוגיים
342	119.7	222.3	דונם	שטח כללי מתנקז
	15/20	15/20	דקות	זמן ריכוז לתכנון
	800	1200	שניות	זמן הסעה מירבי מחושב
	13.3333	20	דקות	דקות
	15 דקות	15 דקות	דקות	זמן ריכוז לחישוב
	112.6	112.6	מ"מ/שעה	עוצמת גשם 1:100
	84.5	84.5	מ"מ/שעה	עוצמת גשם 1:20
	0.73	0.77		מקדם נגר
	9,839.101	19,273.855	מק"ש	ספיקת נגר עילי 1:100
	2,459.775	6,424.618	מ"ק	נפח המים באירוע
8.086	2.733	5.354	מ"ק/שניה	ספיקת הנגר ,
מק"ש	7,383.695	14,463.950	מק"ש	ספיקת נגר עילי 1:20
מ"ק	1,845.924	4,821.317	מ"ק	נפח המים באירוע
6.068	2.051	4.018	מ"ק/שניה	ספיקת הנגר , מ"ק/שניה



על פי טבלה מספר 3 סוכמו הערכים לחישובי נפח הוויסות:

- לזמן חזרה של 1:20 שנה: ספיקה של 6.068 מ"ק /שניה (4.018+2.051) ונפח מים כללי באירוע של משך 15 דקות 6,667 מ"ק (4821+1845).
- לזמן חזרה של 1:100 שנה: ספיקה של 8.086 מ"ק /שניה (5.534+2.733) ונפח מים כללי באירוע של משך 15 דקות 8,884 מ"ק (6424+2459).

על מנת לבחון את הקש בין ספיקת השיא – המתרחשת רק לזמן קצר במשך אירוע הגשם – ובין נפח המים הניגר במשך האירוע – יש לעשות שימוש במודל מחישוב של גשם נגר. מודל כזה מוצג בפרק מספר 4.





4. שיטת הידרוגרף היחידה

4.1 שיטת הידרוגרף היחידה

שיטות הידרוגרף היחידה UNIT HYDROGRAPH - UH פותחו בארה"ב בתחילת המאה ה-20 והותאמו עם השנים לאזורים בעלי מירקם עירוני ומרקמים של שכונות פרבריים. בבסיס השיטה עומדת ההנחה - כי תגובת כל אגן היקוות בעל מאפיינים עירוניים - לגשם עודף, תהיה דומה. הבדלי התגובה נובעים בעיקרם מתכונות השטח - גודל, שיפוע אופי תכסית - ולא מעובי הגשם העודף. עוצמת התגובה תלויה בנפח הגשם העודף. על כן לכל אגן היקוות בעלי מאפיינים פיזיים נתונים ניתן להגדיר הידרוגרף יחידה המתאר את תגובת האגן לגשם עודף בעובי $D=1$ יחידה. מתודולוגית העבודה כוללת חישוב תגובת האגן לכל 1 מ"מ של גשם עודף, ובכפוף לגודל אגן הניקוז ותכונות הבסיס שלו (שיפוע, מירקם, זמן ריכוז). עבור גשם תכן מסוים, מחושבת ההידרוגרף הכללי כמכפלה של האורדינטה האנכית של העוצמה בערכי עובי הגשם העודף. שימוש בהידרוגרף היחידה של שניידר מאפשר:

1. חישוב ערכו של הנגר העל קרקעי לכל עובי גשם, באמצעות הכפלת עקום התגובה בעובי הגשם (עקרון הלינאריות).
2. חישוב תרומות הנגר למוצא של אזורים מרוחקים מהמוצא, באמצעות ייצוג התרומה עם פיגור בזמן הופעתה במוצא וחיבור תרומות הנגר על בסיס אורדינאטות הזמן (עקרון הסופר-פוזיציה).



4.2 שיטת ההידרוגרף של שניידר SYNDER

מודל הידרוגרף היחידה של **שניידר Shnyder** מיועד לשימוש באזורים בעלי מירקם עירוני (רמת כיסוי מעל 45%-50%) ובעלי שטח אגן הקטן מ 15 קמ"ר. מקדם הנגר המחושב לתוכנית זו - $C = 0.77$ - מאפשר שימוש במודל.

ההידרוגרף הכולל, מתאר את תגובת השטח המחושב לאירוע גשם שבו עובי הגשם העודף 1 מ"מ. על פי התיאוריה, תגובת האגן תלויה בעיקר בתכונותיו הפיזיות הבאות לידי ביטוי בתכסית השטח, השיפוע באגן ומשך זמן זרימת המים למוצא. על בסיס אלו נקבע זמן הריכוז. משוואת הקשר של המודל, קושרת את זמן הריכוז, הזמן לשיא הזרימה (קודקוד ההידרוגרף) ומשך הגשם המתאים לאירוע זה.



על בסיס משך הגשם המחושב והנחת הבסיס כי מדובר בתגובת האגן לעובי גשם עודף של 1 מ"מ, מחושבת עוצמת הגשם המתאימה לעקום. לדוגמא: גשם עודף של 1 מ"מ במשך זמן גשם של 12 דקות, קרי הידרוגרף המתאים לגשם שעוצמתו 5 מ"מ/שעה.

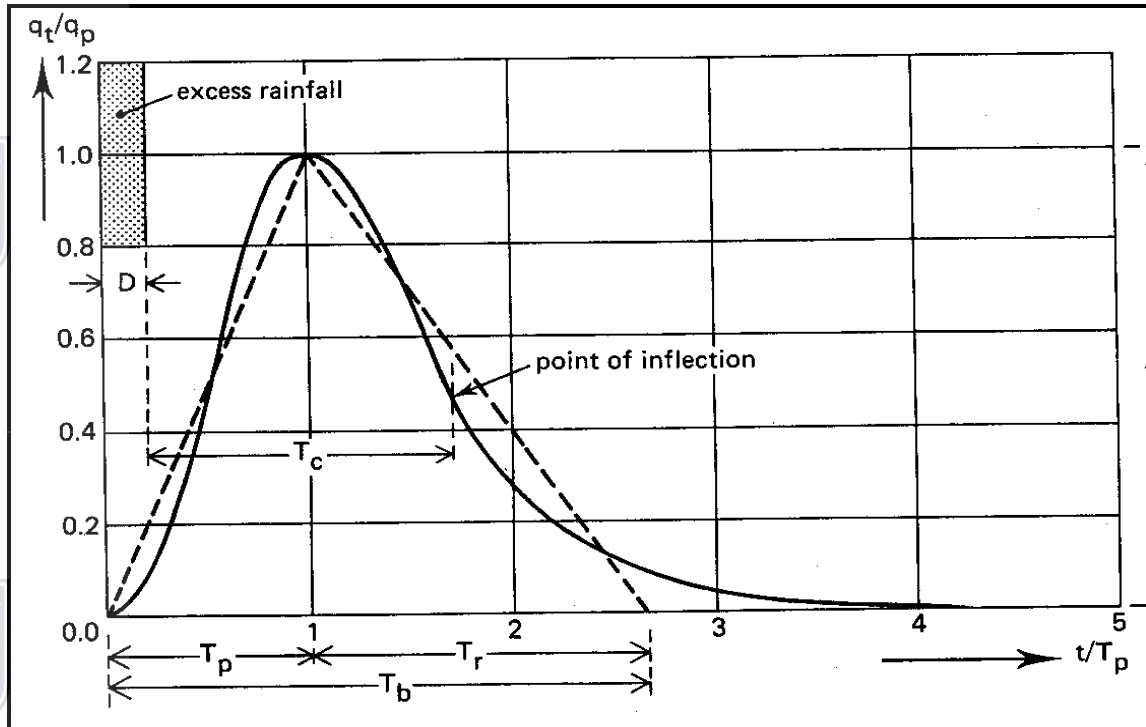
עבור כל עוצמת גשם שונה, עבודה נדרש לקבל את תגובת האגן, על פי עקרון הלינאריות יש להכפיל את האורדינטה האנכית ביחס שבין עוצמת הגשם של ההידרוגרף ועוצמת התכן הדרושה. לדוגמא: באם ההידרוגרף מחושב לעוצמה של 5 מ"מ/שעה, על מנת לקבל את תגובת האגן לעוצמה של 40 מ"מ/שעה יש להכפיל את ערכי הציר האנכי פי 8. על פי עקרון שניידר, אורך בסיס ההידרוגרף הכללי והזמן להופעת ספיקת השיא אינו תלוי בעוצמת הגשם העודף. חישוב הנגר העל קרקעי בשיטה זו מאפשר בנוסף:



תל אביב, 20.06.22

1. לתאר את עקומת התגובה של הנגר שמקורה לא בעוצמה אחידה של הגשם על פני משך הזמן, אלא עוצמה מתונה בחלק הראשון של אירוע הגשם ועוצמת גשם עבה יותר בהמשכו.
2. להעריך את תרומת הנגר הנוספת, אם קיימת כזו, של אגן חיצוני המגיע אל מוצאי הניקוז המחוברים בפיגור זמן.

איור 5 הידרוגרף היחידה של שניידר בוא נעשה שימוש בעבודה זו מובא להלן.



5. חישוב נפח האיגום

5.1. ניהול נגר העילי באמצעות ויסות באיגום תת קרקעי (חו"ל)

ניהול נגר עילי למניעת הצפות באמצעות ויסות זרימות קיצון אינו מנגנון חדשני או טכנולוגי. זהו מנגנון מוכר וידוע מאות שנים ונמצא אף בעדויות בפיתוח של ערים ומרכזים עירוניים לפני שנים רבות. החל משנות ה-2000 ובמקביל תנופת העיור עלה הצורך בהקמת מתקני ויסות גם מרחבים עירוניים צפופים בהם הקצאת קרקע למתקני ויסות על קרקעיים אינה חלופה אפשרית. לכן מזה כ-20 שנה מתפתחת פרקטיקה של ויסות מי נגר באמצעות אוגרים תת קרקעיים במרחבים עירוניים. חלוצות בתחום היו טוקיו (עיר צפופה מאוד בה ערך הקרקע גבוה מאוד מצד אחד ומצד שני 2 חוזה כל שנה שני מחזורי מונסון המורידים כמויות משקעים רבות המחייבות ניקוז מהיר של המים) מהמרחב העירוני. הניקוז נעשה למיכלי ענק תת קרקעיים מהם מסולקים המים לערוצי הניקוז הטבעיים לאחר השתייה, באמצעות שאיבה. חלוצה שנייה בתחום היא העיר ברצלונה (עיר ים תיכונית בה אופייני עוצמות הגשם התגברו עקב שינויי האקלים) ושגם בה עלה הצורך להבטיח ניקוז מהיר של פני השטח למניעת הצפות מאידך עם חוסר אפשרות להקצאת קרקע עירונית לניהול מי נגר. לכן נקבע כמדיניות עירונית כי ניהול מי הנגר יהיה בתת הקרקע. איור מספר 6 מציג תמונות מטוקיו וברצלונה.

איור 6 ניהול מי נגר בעילי באמצעות מתקני ויסות תת קרקעיים



5.2. חישוב נפח המים לאיגום

עם סיכום הפרמטרים ההידרולוגיים לעריכת החישו לכל אחד ממצבי התכנון (1% ו 5%) הוצבו הערכים בהידרוגרף יחידה הבנוי על עיקרון הידרודרף שניידר. כמו כן הוצב במודל עובי הגשם

תל אביב, 20.06.22



המתאים לכל אחד מהמצבים, מקדם הנגר העילי (אחיד למצבים אבל שונה בכל אחד מתתי האגנים צפון ודרום, ראה טבלה 2) עוצמות הגשם וזמן הריכוז.

איור מספר 6 מציג את ההידרוגרף המחושב לכל אחד מהמצבים. החישו כולל את הנגר מתחום הניקוז שמצפון לשקע (רחוב מוהליבר ותורמיו) ואת הנגר שמתחום הניקוז שמדרום (רחוב התחיה וגן נחמן). ערכי הקיצון הם:

לאירוע של 1% 8.086 מ"ק/שניה

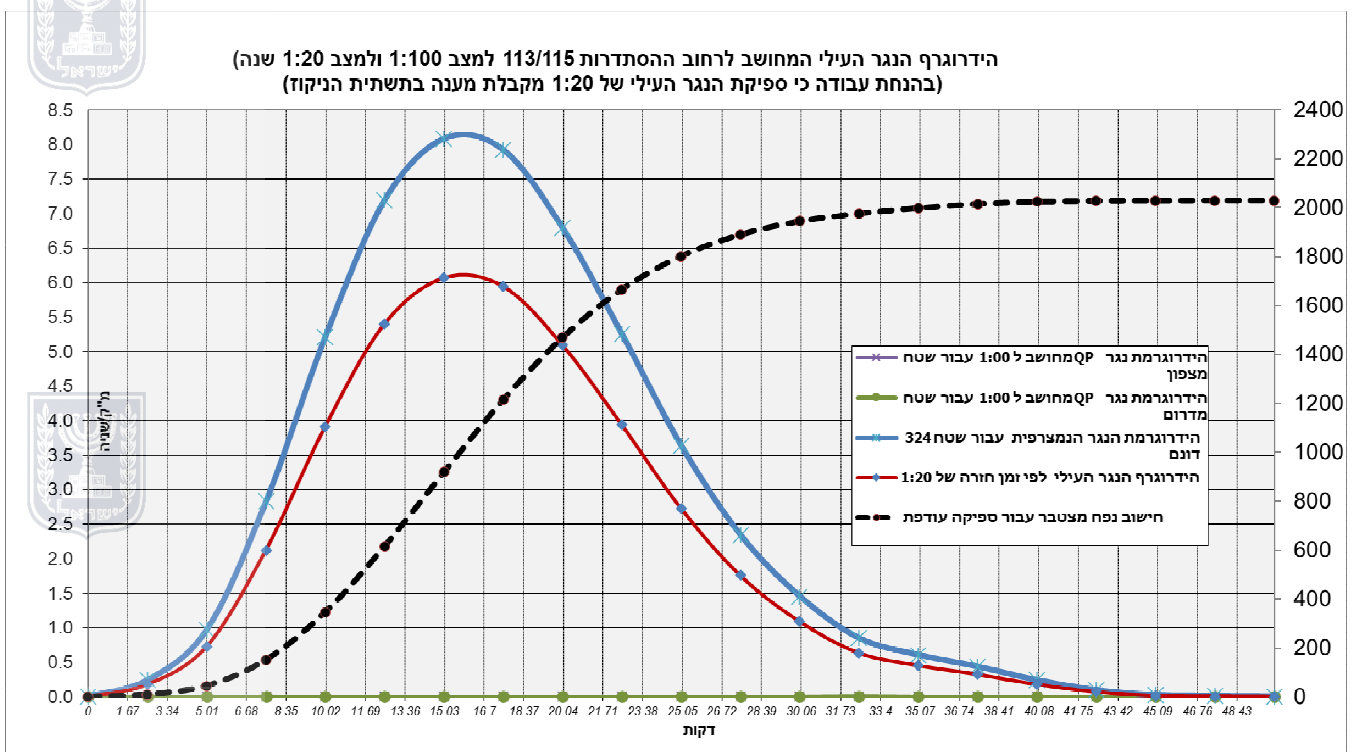
לאירוע של 5% 6.068 מ"ק/שניה

אופן חישוב הנפח:

אופן חישוב הנפח מתבסס על חישוב של נפח המים ההפרשי בכל צעד זמן וסכימה של הנפחים מכל צעדי הזמן. עבור כל צד זמן חושב ההפרש בספיקה במונחי מ"ק/שניה. ההפרש הוכפל בגודל צעד הזמן (במקרה הנוכחי 15 דקות ב 6 צעדי זמן, כלומר כל צעד זמן כולל $60 \times 15 / 6$ שניות = 150 שניות) לקבלת נפח המים ההפרשי. הנפח מצטבר על פני מהלך זמן ההידרוגרף כולו זה נקבע להיות 2.67 פעמים משך הגשם (15 דקות, 900 שניות) כלומר סה"כ משך האירוע לחישוב 2,400 שניות, 40 דקות.

ניתן לראות כי עיקר נפח המים מצטבר עד לשלב של 20 דקות (1,500 מ"ק מתוך 2030 מ"ק בסיכום סופי) כלומר ב מחצית מהזמן (20/40) מצטבר נפח של 74% (1500/2030).

איור 7 חישוב נפח הוויסות על פי שיטת ההידרוגרף



[illegible]

תל אביב, 20.06.22

6. תשתית הניקוז הקיימת

6.1 תשתית הניקוז הקיימת בסביבת רחוב ההסתדרות

תשתית הניקוז הקיימת על בסס מידע של תוכנית האב לתיעול לחולון התקבל מעת מחלקת הניקוז מהעירייה ומוצגת באיור מספר 7. מידע פרטני על מובלי התיעול בסביבת השקע התקבלו מיחידת התיעול בעריית חולון:

בנתיב הצפוני מצוי קו התיעול הישן בקוטר 1.25 מטר. קו זה מאסף את המים משקע התיעול ומוביל אותם מערבה בתשתית תת קרקעית עד רחוב חנקין. המשכו של מובל תיעול זה מרחוב חנקין צפונה בקוטר 1.5 מטר. מובל זה מתחבר למוצת הניקוז הצפוני של העיר חולון לרחוב ויצמן ועד מובל צפון חולון (יציאה למובל צפון חולון לתעלת חולון ועד חיבור לנחל איילון).

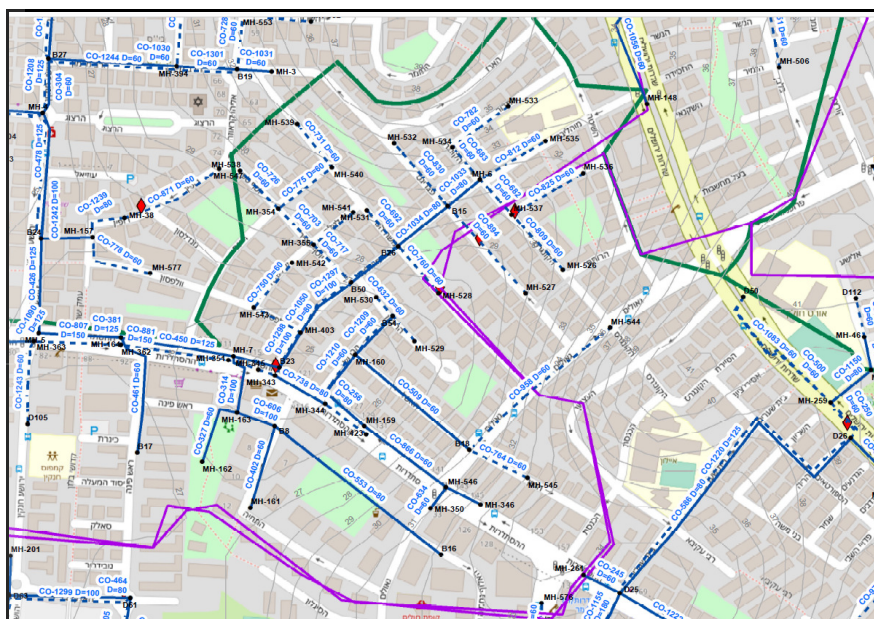
מובל המים החדש – מובל מלבני במידות 0.6×2.6 ארש בוצע בחלק מהמלצות תוכנית האב לתיעול לעיר חולון. מובל זה אוסף את המים מהשקע ומוליך אותם מערבה עד רחוב דגניה. ברחוב דגניה פונה במובל דרומה ומוליך אתה המים לפתרון הניקוז של שקע ארבעת הרחובות, בפינת רחוב הופייך. חלק זה של מערכת התיעול שייך לאגן המערבי בעיר המוציא את המים למובל תעלת האיילון ועד אגן הניקוז במערב ראשון לציון.

טבלה מספר 5 מסכמת את כושר ההולכה המשולב בשני מובלי הניקוז.

טבלה 5 חישוב הידראולי של מובלי הניקוז הקיימים ברחוב ההסתדרות

הידראוליקה של מובלי ניקוז נתונים ע פי תכנית האב				
מובל תיעול	קוטר/מידות	ק"מ	חדש	מסתכם
שטח חתך הידראולי	מ"ר	1.226953125	2.6×0.6	
מהירות זרימה	מטר/שניה	2.29299	1.56	
כושר הולכה	מ"ק/שניה	2.81339	1.94296	5.844407
כושר הולכה 75%		2.11004	3.03102	4.383305
			2.27327	

איור 8 תשתית התיעול הקיימת בסביבת רחוב ההסתדרות 113/115



רח' פרלוק 12, תל אביב, טלפון: 03-7414873, פלאפון: 052-4872000

פקס: 03-7414906 E-mail: gellerm@netvision.net.il

שם הקובץ: וויסות נגר עילי באמצעות אוגר תתק - רחוב ראש פינה ההסתדרות חולון 02

תל אביב, 20.06.22

6.2. תשתית הניקוז הנדרשת להטיית ספיקות התכן

שקע הניקוז מצוי כ 100 מטר מצפון לגן נחמן בו מתוכנן להקים את וויסות האוגר התת קרקעי טבלה מספר 6 מציגה חישוב הידראולי ראשוני של קוטר קו הטיעול שיידרש מנקודת השקע ועד הכניסה למתקן הוויסות בחלק הצפוני של גן נחמן בסביבת נקודת גובה +24.80 בגינה. לצורך חישוב ראשוני של ספיקת ההטיה המרבית נלקח ההפרש בין ספיקת השיא של שני המצבים כספיקה שיידרש להעביר על מנת למלא את האוגר. ספיקה זו חושבה להיות על פי טבלה מספר 2 כ 2.18 מ"ק/שניה. אורך הקו על פי מיפוי 110 מטר.

טבלה 6 חישוב קו הטיה מרחוב ההסתדרות ועד מאגר הוויסות

כושר ההולכה בקו ניקוז בקוטר 1000 מ"מ				
	E	D	C	E
1	הערות	ערך	סעיף	
2		0.011	מאנינג	
3	ללא	0.0060	שפוע	
4	מ"ק/שניה	2.18300	ספיקת ביוב בפועל	
5	מ"מ	1000	הנח קוטר לצינור	
6	מ"ק/שניה	2.1944	חשב יכולת הולכה	
7	אילוץ 80%	NO	האם הקוטר מתאים	
8		0.995	חשב יחס ספיקות	
9	VLOOKUP	0.800	חשב את h/D	
10	ללא	1.15	חשב KV	
11		2.795	חשב את Vmax	
12	מ/שניה	3.21	חשב V בפועל	

לקו תיעול בקוטר 100 ס"מ המונח בשפוע פיזי של 0.6 (66 ס"מ עבור מרחק של 110 מ"א) כושר הולכה הידראולי במילוי מלא של 2.194 מ"ק/שניה יחסית לכושר הולכה נדרש על פי חישוב של 2.18 מ"ק/שניה. ספיקה זו תביא תא הצינור מלכדי מיצוי מלא. עבור קווי תיעול זה קריטריון תכנון מקובל. לחילופין עבור קו תיעול בקוטר 80 ס"מ כושר הולכה של 1.2 מ"ק/שניה ועבור שני קווים במקביל ניתן להגיע לכושר הולכה של 2.2 מ"ק/שניה.

במסגרת שלב תכנית העיצוב יידרש לקבוע את מערך הגבהים של הטיה המים כלומר מאיזה גובה יוטו המים ממובלי התיעול הקיימים לעבר קו ההטיה שקוטרו מחושב לעיל. שלב זה מחייב ירידה לתכנון לגבהים על פי גובהי מערכת קיימת IL, רזולוציה שאינה מתאימה לשלב ההנח נספחים לתוכנית מפורטת.

ריקון המים וצינור השחרור: ריקון המים יעשה בשאיבה. יוקם תא משאבות יבש בצמוד לאוגר המים ובו יותקנו 4 משאבות ניקוז בספיקה של כ 700 מק"ש. רצפת תא השאיבה תהיה בגובה רצפה מתקן הוויסות. הפעלת שלוש המשאבות יחדיו תאפשר סילוק של כ 1,800 מק"ש וריקון הנפח כולו ב 1.4 שעות. פרוגרמה להפעלת המשאבות וקביעת מפלסי המים להפעלת המשאבות תיקבע בשלב של תכנון מוקדם. קו הסילוק יתכן להעברה מירבית של 1,800

תל אביב, 20.06.22



מק"ש. יידרש קו סניקה מפלדה 24" או צינור PE 630 מ"מ. מוצע כי הצינור יונח בתוואי רחוב ראש פינה ויתחבר למובל התיעול של רחוב ההסתדרות מערבית לנקודת השקע (ברחוב ההסתדרות מול מספר 105) אורך הקו יהיה 185 מטר.



7. אומדן הנדסי ראשוני

אומדן הנדסי ראשוני מובא להלן:

האומדן מתבסס על עלות הקמת מאגר תת קרקעי לוויסות מי נגר בהיקף של 4,000 מ"ק בצומת ארבעת הרחובות בסמוך למכון HIT היה 4.0 מלש"ח כלומר עלות כללית של כ 1,000 ש/מ"ק איגום. עלות זו כוללת את תחנת השאיבה למי גשם המיועדת לפנות את המים במקרה של המתקן המשולב בחנייה התת קרקעית של HIT חלק מהעלויות של חפירה ודיפון וכיוצ"ב היו חלק מעבודות החנו ולא חלק מעבודות ישירות של המתקן איגום להלן אומדן הנדסי ראשוני בלבד למבנה



טבלה 7 אומדן הנדסי ראשוני לביצוע של מתקן הוויסות התת קרקעי ומתקני העזר

מרכיב	כמות	עלות, מלש"ח
1 כלונסאות לעומק של 13 מטר, קוטר 0.5,	200 יחידות	1.5 מלש"ח
2 חפירה של נפח המתקן לאחר דיפון	6,000 מ"ק	1.0 מלש"ח
3 הקמת בריכת בטון בנפח פעיל מתחת לסף צינור הכניסה של 2600 מ"ק, סה"כ עומק כללי של 9 מטר, סה"כ 700 מ"ק בטון כולל זיון טפסנות כיוצ"ב	700 מ"ק בטון כולל תקרה ורצפה	0.7 מלש"ח
4 תא יבש למשאבות מי גשם בעומק 9 מטר כולל גישה קומות פודסטיים וכדומה	80 מ"ק בטון	0.1 מלש"ח
5 תחנת שאיבה למי גשם על פי אומדן של מתקן HIT, כולל חשמל פיקוד בקרה וכו'	קומ	0.8 מלש"ח
6 צנרת הטיית מים מרחוב ההסתדרות עד מתקן האיגום	מ"א 110	0.3 מלש"ח
7 צנרת סילוק מים בקוטר 24"	מ"א 185	0.35 מלש"ח
8 סה"כ	מלש"ח	4.95 מלש"ח
8 בצ"מ 20%	מלש"ח	1.00 מלש"ח
9 סה"כ אומדן ראשוני	מלש"ח	5.95 מלש"ח

