



עיריית תל אביב יפו - אגף התב"ע

תכנית מספר 507-0444778



נספח הידרולוגיה

וניהול מי נגר עיזי

תצ"ע השלום - תחום תא/4491

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו		
שם התכנית 507-0444778 תא/מק/4491 תע"ש השלום		
אושרה למתן תוקף (לאחר דיון בהתנגדויות):		
תאריך 06/09/2017	פרוטוקול 17-0019	החלטה 7
תאריך 18/07/2018	פרוטוקול 18-0014	החלטה 14
החלטת ועדת ערר מיום 5.11.2018		
מנהל האגף אורלי אראל	מהנדס העיר עוזי גבולי	דורון ספיר, עו"ד יו"ר ועדת המשנה
26.11.19	תאריך	

נובמבר 2018

המתכנן: י. לבל מהנדסים יועצים בע"מ

רחוב נחלת יצחק 32 א' תל אביב, 67448

טלפון: 03-6952418, פקס: 03-6916647

Email: lebel@lebel.co.il

בהשתתפות: ירון גלר הנדסה וניהול משאבי מים בע"מ, Gellerm@017.net.il

- | | |
|----|--|
| 4 | 1. כללי, עיקרי דברים והמלצות |
| 8 | 2. טופוגרפיה, טקסטורה וטופולוגיה של פני השטח |
| 8 | 2.1 טופולוגיה של פני השטח |
| 8 | 2.2 טקסטורה של פני השטח |
| 9 | 2.3 טופוגרפיה |
| 11 | 3. בסיס נתוני התכנון |
| 11 | 3.1 הוראות רשות המים ועת"א יפו לניהול מי נגר |
| 12 | 3.2 תכנית מתאר עירונית ע'1 לשימור נגר עירוני |
| 13 | 3.3 הוראות תמ"א 34 |
| 14 | 3.4 בחינת עמידות התכנית בהוראות תמ"א 34 ב' 3 |
| 15 | 4. נתוני קרקע, מים, גשם |
| 15 | 4.1 נתוני הקרקע והתכסית |
| 19 | 4.2 עוצמות הגשם לתכנון |
| 20 | 4.3 השיטה הרציונאלית |
| 21 | 4.4 שיטת הידרוגרף היחידה |
| 23 | 5. השהייה ומיתון נגר על קרקעי |
| 23 | 5.1 מנגנונים למיתון וויסות נגר עילי |
| 24 | 5.2 בחינת פוטנציאל החלחול |
| 24 | 5.3 מיתון מי נגר עילי (שהייה, RETENTION) |
| 25 | 5.4 חישוב יעילות מיתון הנגר |
| 26 | 5.5 משמעות בתכנית הפיתוח |
| 27 | 6. סיכום והמלצות |

נספחים

רשימת הטבלאות

רשימת התמונות

תסריט תשתיות ניקוז

רשימת הטבלאות

- טבלה 1 הוראות תכנון ניקוז על פי תמ"א 34 ב' 3 13
- טבלה 2 הוראות תכנון ניקוז על פי תמ"א 34 ב' 3 14
- טבלה 3 שימושי הקרקע על פי תוכנית הבינוי ותכנון התכנית 16
- טבלה 4 שימושי הקרקע על פי התגובה ההידרולוגית 17
- טבלה 5 מקדמי הנגר העל הקרקעי לכל אחד משימושי הקרקע (על פי הגישה הרציונאלית) 17
- טבלה 6 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, במצב המוצע גולמי וממותן 17
- טבלה 7 עוצמות הגשם עבור זמני חזרה ומשכי ריכוז 19
- טבלה 8 זמני הזרימה לאורך אפיקי הניקוז העיקריים 19
- טבלה 9 חישוב עיכוב הזרימה כתוצאה מפיזור של מצע טוף בגגות (תחשיב ל 1 דונם) 25

רשימת התמונות

- איור 1 מתחם תע"ש - מפת איתור כללית וגבול התכנית 4
- איור 2 הידרוגרף הנגר העילי - גולמי, ומוצע עם מיתון במנגנון של שיהוי ועיכוב מים 6
- איור 3 גבול הקו הכחול של התכנית על רקע מיפוי עירוני 8
- איור 4 תרשים גושים חלקות בסביבת התכנון 9
- איור 5 קווי גובה בסביבת החלק המזרחי ברחוב השלום (מודגש ק"ג +20) 10
- איור 6 סיכום הנחיות לתכנון שימור נגר עירוני: עת"א יפו ורשות המים (1/2) 11
- איור 7 סיכום הנחיות לתכנון שימור נגר עירוני: עת"א יפו ורשות המים (2/2) 12
- איור 8 עיקר שימושי הקרקע בתכנית (מתוך תסריט שימושי הקרקע) 15
- איור 9 הידרוגרף היחידה של שניידר בוא נעשה שימוש בעבודה זו מובא להלן 22
- איור 10 סכימה עקרונית של מערכות מיתון מי נגר באמצעות שיהוי וחלחול 23
- איור 11 הידרוגרף הנגר העילי הגולמי והמחושב בתוספת מיתון נגר גגות 26

1. כללי, עיקרי דברים והמלצות

מתחם תע"ש-השלום נמצא בחלק המזרחי של העיר תל אביב, ממזרח לרצועת נחל איילון. גבולות המתחם: **בצפון** – שכונת נחלת יצחק, **בדרום** – רחוב דרך השלום, **במערב** – רחוב תוצרת הארץ ומתחם מגדלי תל אביב, **במזרח** – רחוב עליית הנוער. בגבול המזרחי של המתחם מצוי גבול העיר תל אביב וגבעתיים.

מתחם תע"ש-השלום עומד למעלה מ-20 שנה ללא שימוש, עקב זיהומי קרקע שמקורם בפעילות של מתחם תע"ש מאז שנות ה-50. לאחר סקרי קרקע וניטור הזיהום כמו גם קבלת החלטות על אופן הטיפול בזיהום הקרקע ומי התהום, הוחלט בגופי התכנון על קידומה של תכנית בינוי למתחם. התכנית מהווה פריצת דרך ביחס למצב הקיים (מבנה תע"ש ישן נטוש ושטח בור).

התכנית הנוכחית מציעה עירוב של מגורים (כ-1,100 יח"ד) שימושי מסחר ותעסוקה בדופן המערבית הצמודה לרחוב תוצרת הארץ ומתן דגש על שילוב של שטחים פתוחים לציבור, מעברים ירוקים להולכי רגל, זיכת הנאה לציבור והמשכו של רחוב חיי אדם החוצה את המתחם מצפון לדרום. התכנית אף מציינת שטח להקמת מתקנים הנדסיים ככל שידרשו על מנת לסיים את הטיפול בזיהום מי התהום. הבינוי כולל מבנים בני 7 קומות לאורך הרחובות, בנוסף מבנים בני 9 קומות, 23 קומות ומגדל מגורים בגובה 52 קומות בפניה הצפון מזרחית של התכנית. הבינוי מתוכנן סביב שצ"פ מרכזי בשטח של כ-5 דונם. שטח המתחם כולו 58.15 דונם. איור מספר 1 מציג את הקו הכחול של התכנית על רקע צילום אוויר של מתחם תע"ש השלום.

איור 1 מתחם תע"ש – מפת איתור כללית וגבול התכנית



בהתאם לדרישת הועדה המקומית לתכנון ובניה נדרש היום בהכנת נספחי התשתית לתכנית. נספח ניקוז וניהול הנגר העילי, על פי הוראות תמ"א 34 ב' 3/4 מיועד להציג את הנגר העילי במגרש, לבחון את ישימותם של מנגנונים שונים לצמצום זרימות הנגר העילי ולהתוות את בסיס התכנון למע' הניקוז.

מטרת נספח הידרולוגי זה לבחון את הנגר העילי הצפוי מהמתחם הקיים, את השינוי ביחס למצב הקיים ואת הדרכים לצמצום ומיתון הנגר העילי (חלחול, השהייה, מיתון, עיכוב). ולהמליץ על הדרכים הישימות למיתון הנגר העילי בתחום זה.
לבסוף מובאות המלצות להוראות התכנית בהקשר של ניהול הנגר העילי.

לפיכך מתמקד נספח ניהול ושימור נגר זה בסוגיות הבאות:

בגבולה הצפוני של התכנית. עבור החלק הדרומי נראה כי יידרש הנחת קו תיעול בחלקה של דרך השלום ובחינת התחברות הקו עד למוצא תיעול ברחוב יגאל אלון.

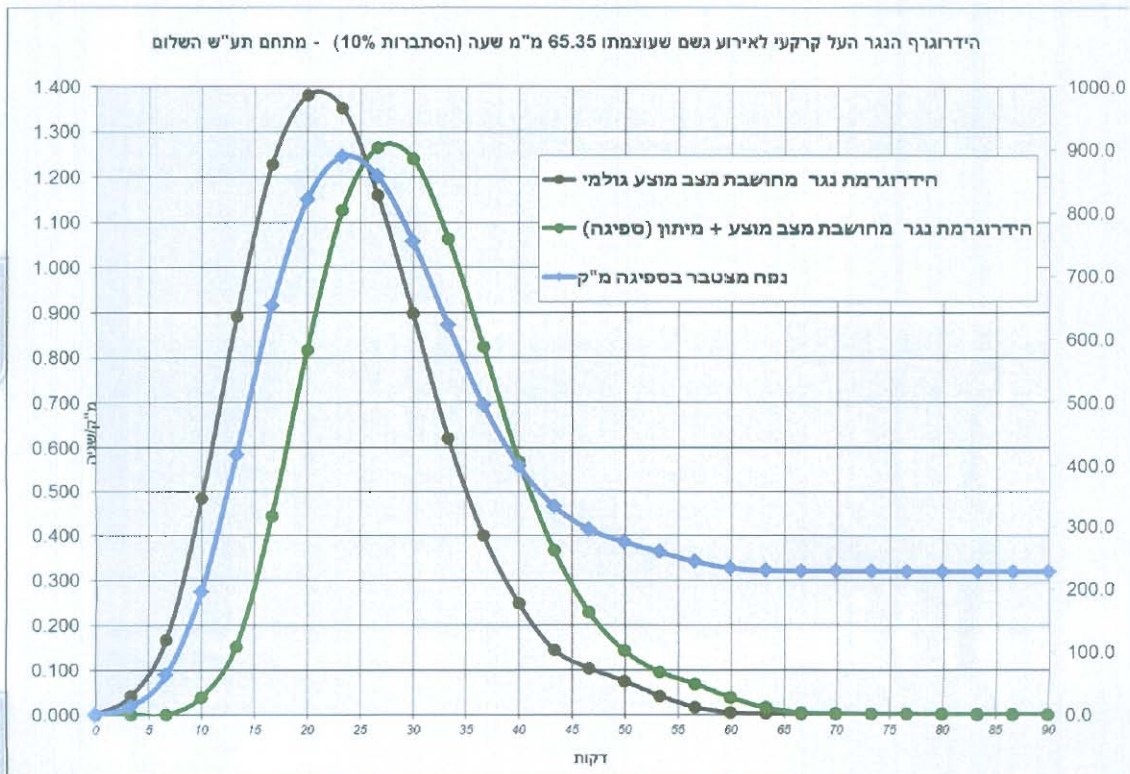
תשתיות מובל הניקוז – בגבול הצפוני של המתחם מוצעת רצועת דרך המחברת את רחוב עליית הנוער עם המשכו של רחוב חיי אדם. במטרה להתאים את תשתיות הניקוז התת"ק לתוואי הדרכים נדרש להעתיק את תוואי מובל הניקוז מיקומו הנוכחי לרצועת הדרך. ההעסקה תהיה במידות המובל הקיים (1.80*2.30 מטר) ואורך ההעסקה 120 מ"א.

ספיקת הנגר העילי - תחשיבי הנגר בתכנית נערכו לנגר כללי ללא מיתון ונגר ממותן: עוצמת הגשם נקבעה על פי הנחיות תמ"א 34 לזמן חזרה של 1:10 שנים וזמן ריכוז של 20 דקות. עוצמת התכן 65.5 מ"מ/שעה.

עבור מצב מתוכנן ללא מיתון התקבל מקדם נגר $C=0.799$ ותנובת נגר עילי מכל המתחם של 1.38 מ"ק/שניה על בסיס חישוב הידרוגרף משולש. עבור מצב עם מיתון חושב מקדם הנגר המשוקלל החדש להיות $C=0.733$, הפחתה של 9% ביחס למקדם הגולמי. תנובת נגר שחושבה, 1.265 מ"ק/שניה מכל המתחם, 8.5% פחות מהמצב הגולמי. חישוב מוצאי הניקוז (ספיקת כל מוצא בהתאם לשטח המתנקז אליו) נכון שיעשה במסגרת התכנון הכללי לאחר הכנת תכנית הפיתוח ולימוד של שפועים לכל הכיוונים בתכנית.

הידרוגרף הנגר העל קרקעי המחושב עם ובלי מערכת המיתון מופיע להלן. מיתון הנגר העילי חשוב תוך מימוש עקרונות ניהול נגר בשטחים הפתוחים המגוננים ובשטחים המשולבים. מומלץ, על מנת להגביר את אפקט עיכוב המים, לחייב במסגרת ההיתרים למבנים מימוש של מרכיבי מיתון נגר גם בגגות המבנים (פיזור מצע טוף בעובי 30 ס"מ ותוספת עומס תכן לתקרה כולל משקל מים למצב רווי מלא 26.0 ק"ג/מ"ר).

איור 2 הידרוגרף הנגר העילי – גולמי, ומוצע עם מיתון במנגנון של שיהוי ועיכוב מים



אומדן עלות תשתיות הניקוז

העתקת מובל הניקוז כמתואר לעיל 120 מ"א * 12,000 ש"ח/מ"א, 1,440,000 ₪ ללא מע"מ מערכות ניקוז פנימיות במתחם סה"כ 400 מ"א * 5000 ₪/מ"א ממוצע, 2,000,000 ₪ ללא מע"מ

המלצות להוראות התכנית:

- אופיו שמיוחד של השטח, מצדיק מתן פטור מחובת חלחול מים והחדרת מים למי תהום.
- מימוש עקרונות למיתון וויסות נגר עילי יעשו באמצעות מנגנונים של שיהוי ועיכוב זרימת המים. כל היתר יכלול תכנית פיתוח המראה את פוטנציאל עיכוב המים בשטחים פתוחים.
- בכל מבנה לפחות 30% משטח הגג ייועד לפיזור מצע טוף בעובי 30 ס"מ ומנת חללים $\phi = 0.45$.
- בכל מבנה יושם דגש על הפניית מי מרזבים לשטחי גינון וספיגה, וניקוז איטי של שטחים אלו למערכת הניקוז. מוצאי הניקוז יחוברו למערכת התיעול בכבישים ולמובל הניקוז הקיים מצפון.
- בכל מגרש בעל שטח גג של מעל 2,000 מ"ר יוקם בנוסף מיכל איגום תת קרקעי למיתון מי נגר ב בעל נפח מחושב השווה למחצית נפח הנגר מגשם שנדירותו 1:5 שנים.

2. טופוגרפיה, טקסטורה וטופולוגיה של פני השטח

2.1 טופולוגיה של פני השטח

מתחם תע"ש השלום גובל ברחובות הבאים:

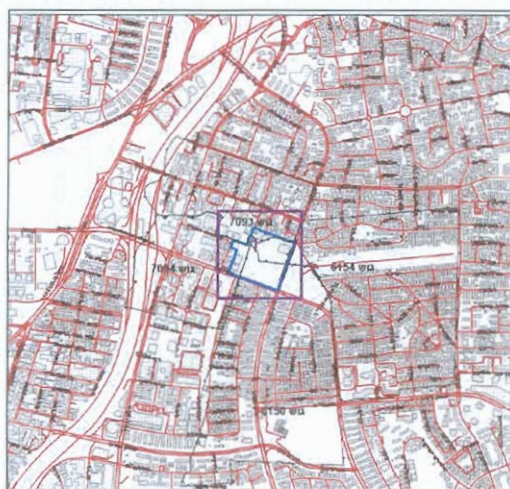
- בצפון – שכונת נחלת יצחק,
- בדרום רחוב דרך השלום
- במערב – רחוב תוצרת הארץ ומתחם מגדלי תל אביב,
- במזרח – רחוב עליית הנוער.

בגבול המזרחי של המתחם מצוי גבול העיר תל אביב וגבעתיים.

גודל השטח כ- 58.15 דונם. בחלק הצפוני של האתר מצויה רצועה לאורכה מצוי מובל תיעול מרכזי של מי ניקוז. מובל זה מנקז את הנקודה הנמוכה הנמצאת לאורכו של רחוב עליית הנוער במיפגש עם רחוב נתיב הל"ה ורחוב רמב"ם של עיר גבעתיים. מהנקודה הנמוכה מונח מובל התיעול לאורך הרצועה ובהמשך מערבה לאורך רחוב תוצרת הארץ.

איור מספר 2 מציג את הקו הכחול של התכנית על רקע מיפוי בינוי במתחם התכנון. איור מספר 2 מציג את פריסת הגושים והחלקות במתחם התכנון.

איור 3 גבול הקו הכחול של התכנית על רקע מיפוי עירוני



2.2 טקסטורה של פני השטח

חלקו הגדול של תא השטח הכלול בשטח התכנית מכיל תכנית בניה לה מירקם חדיר. למעט מבנה תע"ש הישן בחלק הדרומי של המתחם בסמוך לתחנת הדלק ועוד מבנה ארעי בפינה הצפונית מזרחית של המתחם (צמוד לרחוב עליית הנוער) מרבית הקרקע חשופה. ממחשופים אלו ניתן ללמוד על אופי שכבת ה- TOP-SOIL, שכבות עליונות להן משקל עיקרי בקביעת תכונות הקרקע ביחס לחלחול: הקרקע הינה אלווילית - גרמוסולית לעיתים מעט חולית. על בסיס סקרי קרקע שנערכו במתחמים דומים ניתן להניח כי בשכבות עמוקות יותר של תת הקרקע המרכיב האלווילי של הקרקע מתמתן והקרקע נהית יותר חולית לכיוון של חרסית חולית.

עד חול חרסיתי. בכתיבת שורות אלו אין נתון על שכבות תת הקרקע אופיין ועומקן. מכאן שלא ניתן לקבע מקדמי חידור אופייניים.

לפי חוק דרסי, ניתן להניח כי לקרקע מקדמי מוליכות הידראולית של $(-4) - (-3) \cdot 10^{-3}$ ס"מ/שניה, כלומר מהירות החלחול 0.001-0.0001 ס"מ/שניה (0.1-1.0 מטר/יממה). האגירות של הקרקע (משתנה המגדיר את כושר קליטת המים נמוך מאוד ועומד על 8-10 מ"מ (8-10 מ"ק לכל 1 מ"ק). רטיבות הקרקע הטבעית גבוהה יחסית עקב כוחות האחיזה החזקים של החרסיות (סביב 25%). (הערה: לעיתים, גם כאשר תכונות תת הקרקע כוללות שכבות חול וכורכר, המים אינם מגיעים לשכבות אלו עקב אטימות שכבת הקרקע העליונה).

איור מספר 3 מציג תרשים הגושים והחלקות במתחם תע"ש השלום.

איור 4 תרשים גושים חלקות בסביבת התכנון



2.3 טופוגרפיה

למשבצת הקרקע שפועים מתונים מהחלק הגבוה המצוי בצד הצפוני מזרחי ברום פני קרקע של +17 מטר לכיוון מערב אל עבר רחוב תוצרת הארץ (צפון מערב) ורחוב השלום (דרום מערב). בחלק הנמוך גובה פני הקרקע סביב +15.0 מטר ועד גבהים של +14.5 מטר. השפועים של פני הקרקע מתונים מאוד ונעים סביב 1% ופחות.

מגמת השפועים הכללית היא לכיוון דרום ומערב. מצפון למזרח למגרש קיים שקע אבסולוטי בצומת הרחובות עלית הנוער ונתיב הל"ה. גובה אבסולוטי של פני הקרקע בשקע נע סביב +16.0. אזורים מסויימים בתא השטח בעלי אחוז נמוך מ 0.8%.

איור מספר 4 מציג את קווי הגובה הטבעיים במתחם.

3.1 הוראות רשות המים ועת"א יפו לניהול מי נגר

תיאום שנערך בחדש 10.2011 בין גורמי התכנון בעיריית תל אביב יפו ובין רשות המים, הסמכות המקצועית לנושא של חלחול ושימור מי נגר, נקבעו העקרונות להכנת תכניות שימור מי נגר וחלחול לתת הקרקע במרחב התכנון של העיר תל אביב. הנחיות אלו עולות קנה אחד עם הנחיות עירוניות בתכנית ע' 1 לשימור מי נגר ומהוות הדגשה ביחס להוראות תמ"א 34, שהינן הנחיות המציגות את הקריטריונים המינימאליים לתכנון של שימור מי נגר.

איור 6 סיכום הנחיות לתכנון שימור נגר עירוני: עת"א יפו ורשות המים (1/2)

מדינת ישראל



חטיבת אסדרה

ר' תשרי תשע"ב
04 אוקטובר 2011

לכבוד

אד"ר חזי ברקוביץ
מהנדס העיר תל אביב יפו
שד' בן גוריון 68
תל אביב 64514

נכבדי,

הנדון: בניה משמרת מים בעיר תל אביב

מסמך עיריית תל אביב : הנחיות לבניה משמרת מים (טיגרא)

רשות המים מקבלת בברכה את יוזמת עיריית תל אביב יפו ליצירת נוהל טיפול בנושא בניה משמרת מים.

ברצון שהתקיים ברשות המים בעקבות מנייתכם, בפורום חברי הוועדות המקצועיות שעוסקות בנושאי ניהול מי התהום, הומלץ להנחות את היוזמים ואת הקבלנים שפונים לעיריית תל אביב יפו לצורך קבלת היתרי בניה בהתאם למפורט להלן:

1. כל תכנית להחדרה של מי נגר המתייחסת לאזור החשוד בוידהום יובא לדיון ולאישור של רשות המים (סעיף 26.1).
2. כאשר קיים חשש המבוסס על הוכחות שיספק היום לקיום מוקד זיהום קרקע/אז מי תהום, חלה חובת התייעצות למניעת זיהום מים עם רשות המים. קביעת רשות המים תהיה סופית ולא ניתנת לשקול דעת של העירייה.
3. במידה והוגשה בקשה לפטור מסיבה כלשהי (קרקע בלתי חדירה, חשש לזיהום מאג סיבה אחרת), טענה זו צריכה להיות מבוססת על פי חוות דעת של גורם מקצועי ולהעבירה בצירוף נתונים נדרשים להתייחסות רשות המים.
4. אזורים שבהם קיימת סבירות שיש שכבות אטימות וחשש לזיהום, חזו עלול לנקו זיהום למי התהום, מוצע להתחיל בביצוע קידוח מחקר ולפי הממצאים לקבוע את המשך הפעילות בהתייעצות רשות המים.

איור 7 סיכום הנחיות לתכנון שימור נגר עירוני: עת"א יפו ורשות המים (2/2)

5. בכל מקרה שמדובר בהחדרת מי נגר שכונתי בנוסף למי נגר מהגגות, יש להעביר להתייחסות רשות המים.

6. קידוח החדרה שמגיע למפלס מי תהום חייב לקבל רישיון קדיחה בהתאם לחוק פיקוח על קידוחי מים.

7. כל תכנית שכוללת החזרת מים מעל כמות שנתית של 10 אלמ"ק תוגש לפי מפרט בקשה לרישיון החדרה, בהתאם לסעיפים הרלבנטיים.

יצירת יכולת החדרת מים בתת הקרקע מאוד חשובה לרשות המים משום מצב מי התהום הרע, ומפלסים נמוכים בעקבות שאיבה מוגברת שנעשתה במשך שנים.

אנו מקווים שפעולות עיריית תל אביב לקידום בניה משמרת מים תשמש דוגמה לרשויות אחרות.

הריני לרשותך לכל הבהרה.

לוח: טופס בקשה לקדיחת קידוח וטופס מפרט לבקשת רישיון החדרה התואם לנושא בניה משמרת מים.

בכבוד רב



מנהל תחום (רישוי מתקנים והפקה)

העתק:

עו"ד תהל ברנדס, סמנכ"לית אסדרה (בפועל)

חברי ועדת קידוחים

3.2 תכנית מתאר עירונית ע'1 לשימור נגר עירוני

תוכנית מתאר עירונית ע'1 בעל תל אביב מחייבת השארת 20% משטח המגרש לחלחול נגר על קרקעי. כל הנגר מהמגרש יש להזרים לשטח המחלחל. יש לאפשר גלישת עודף מים לכביש או למערכת התיעול. במידה ולא ניתן לנקז מי הנגר בתחום המגרש – יש להגיש על כך אישור של יועץ הידרולוגיה". להנחיות אלו מטרות בשני כיוונים עיקריים:

הראשון – צמצום של הפגיעה בהעשרת מי תהום כתוצאה מבינוי והבטחת שטח מחלחל בהיקף מינימאלי של כ 20% בכל מגרש ומגרש.

השני – צמצום של כמויות הנגר העל קרקע המועברות מהמגרש ומהמבנה אל המערכת התיעול הציבורית והורדת עומס הזרימה במערכות אלו.

כמו כן קובעת התכנית כי עודף מים מהמתקן יגלוש לשטח ציבורי מנוקז או למערכת הניקוז בהתאם לסעיף 5.9.5 של תוכנית מיתאר ע'1.

3.3 הוראות תמ"א 34

בהתאם להנחיות של המשרד לאיכות הסביבה להבטחת צרכי משק המים, בשכונות חדשות בכל מגרש יוקצו לפחות 20% מהשטח לחלחול מי גשם. כל הנגר מהמגרש ינוקז לשטח החלחול. שטח החלחול יאפשר החדרת מי גשם למי תהום לפחות בכמות שהייתה חודרת לפני הבניה. תוכנית סניטרית של בנינים עם תכנית מרתף מעל ל 80% של המגרש תכלול אמצעים מיוחדים המבטיחים חלחול הנגר מהמגרש בתחומו (מתקני חלחול).

תוכנית הניקוז תלווה בתצהיר המסביר את אופן התפקוד של מערכת הניקוז של הבניין ותכלול:

- חישוב הנגר המירבי מהמגרש אחת לעשרים שנה (1:20)
- חישוב יכולת הקליטה של המגרש במצב טבעי (לפני הבניה)
- חישוב יכולת הקליטה של מתקן החלחול המתוכנן על סמך חתך גיאולוגי חתום על ידי גורם מקצועי רלוונטי

טבלה 1 הוראות תכנון ניקוז על פי תמ"א 34 ב' 3.

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

השימוש בשטח	תקופת חזרה בשנים	הסתברות מירבית לאירוע בשנה מסוימת
חקלאות: גידולי שדה ומוטעים, פארקים	10	10%
בתי צמיחה ומבנים בשטחים פתוחים	25	4%
כבישים ומסילות ברזל *	לפחות 50	2% לכל היותר
סוללות מואגרים 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%

מתוך מסמכי התמ"א ההוראות הנוגעות לעניין של עוצמות התכן לתכנון של מערכות ניקוז ומתקני ניקוז. בהוראות מצוין כי הרשות המקומית יכולה לבחור קריטריונים אחרים מאלו המופיעים בטבלה ובלבד שנתוני התכן לא יהיו ברמת שירות נמוכה מזו הקבועה בטבלה.

מתוך תוכנית המתאר הארצית תמ"א 34 (סעיף 22.3.1): "באזור א כמסומן באמה מספר 3 וזאת לפחות 15% שטחים חדירים לא יאמץ מתוך שטח האמיר הכולל באמה לאפשר קליטת כמות גדולה ככל הניתן של מי נגר ציף וחלחול אמת הקרקע מתחומי האמיר. השטחים חדירי האמיר אפשר יהיו מאוננים או מצופים בחומר חדיר". "ניתן יהיה להתייר פחות מ 15%

שטחים חדירי מים אם יותקנו בתחומי המגרש מתקני החדרה כאלון: בורות חלחול, תצלות חלחול קידוחי החדרה, אשר יאפשרו קליטת מ' הנגר הציף בתחומי המגרש".

כמו כן עוסקת התמ"א בקריטריוני התכן על פי סוג שימוש הקרקע וגודל השטח. מצ"ב טבלת שימושי הקרקע וקביעת נדירות אירוע הגשם המשמש כקריטריון התכנון, על פי הוראות התמ"א, ובהתאם לגודל תא התכנון.

טבלה 2 הוראות תכנון ניקוח על פי תמ"א 34 ב' 3

טבלת שטחים מבונים המעודכנת מיום 14.11.07				
מס'	מאפייני השטח העירוני	גודל אגן ההתנקזות, דונם	גודל שקע מוחלט, דונם	תקופת חזרה בשנים
1	ניקוז מקומי בשכונות מגורים וכבישים משניים	עד 1,000	עד 5	5
2	ניקוז מקומי (בינוני) באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	עד 500	עד 5	10
3	ניקוז ראשי (בינוני) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 500 עד 2,000	מ- 5 עד 10	10
4	ניקוז ראשי באזורי תעשייה ומסחר ומרכזים עירוניים	מעל 500	מעל 5	20
5	ניקוז ראשי (נרחב) בשכונות מגורים וכבישים משניים	מעל 2,000	מעל 10	20
6	ניקוז עירוני ראשי ומעברי כבישים בין עירוניים וארציים	מעל 5,000		50

על פי עדכון טבלת השטחים עולה כי עבור נספח הניקוז לתוכנית מתחם תע"ש השלום: שורה 1: ניקוז מקומי בשכונות מגורים וכבישים משניים, עד 1,000 דונם, תקופת חזרה בשנים 5, לא פחות. על פי קריטריונים של עיריית תל אביב יפו, אגף הניקוז, נמסר כי קריטריון התכן למערכות ניקוז בשטחים עירוניים בנויים בצפיפות במרחב העיר תל אביב, ועל פי תוכנית האב לניקוז, נדרש תכנון ע"פ קריטריון תכן שאינו פחות מ זמן חזרה 1:10 שנה, ש"ע לנדירות עוצמת גשם של 10%. עמדה זו מודגשת במסגרת טבלה מספר 2. המלצת התכנון היא לעשות שימוש בקריטריון תכן של 10% לצורך חישוב עוצמת הגשם.

3.4 בחינת עמידות התכנית בהוראות תמ"א 34 ב' 3

תכנית מפורטת תא/4140 מגדירה את האפשרות לממש במסגרת מגרשי הבינוי מרתפים ששטח ההיטל שלהם אינו עולה על 85% משטח המגרש. שמירה על הוראות אלו במסגרת הכנת היתרים תבטיח את עמידותה של התכנית בהוראות תכנית המתאר הארצית תמ"א 34. יחד עם זאת על פי תיאור שכבות הקרקע ומקדמי החלחול יש לקחת בחשבון כי יעילות החלחול בשטח השווה ל 15% משטח המגרש תהיה נמוכה מאוד עקב אופי שכבות תת הקרקע.

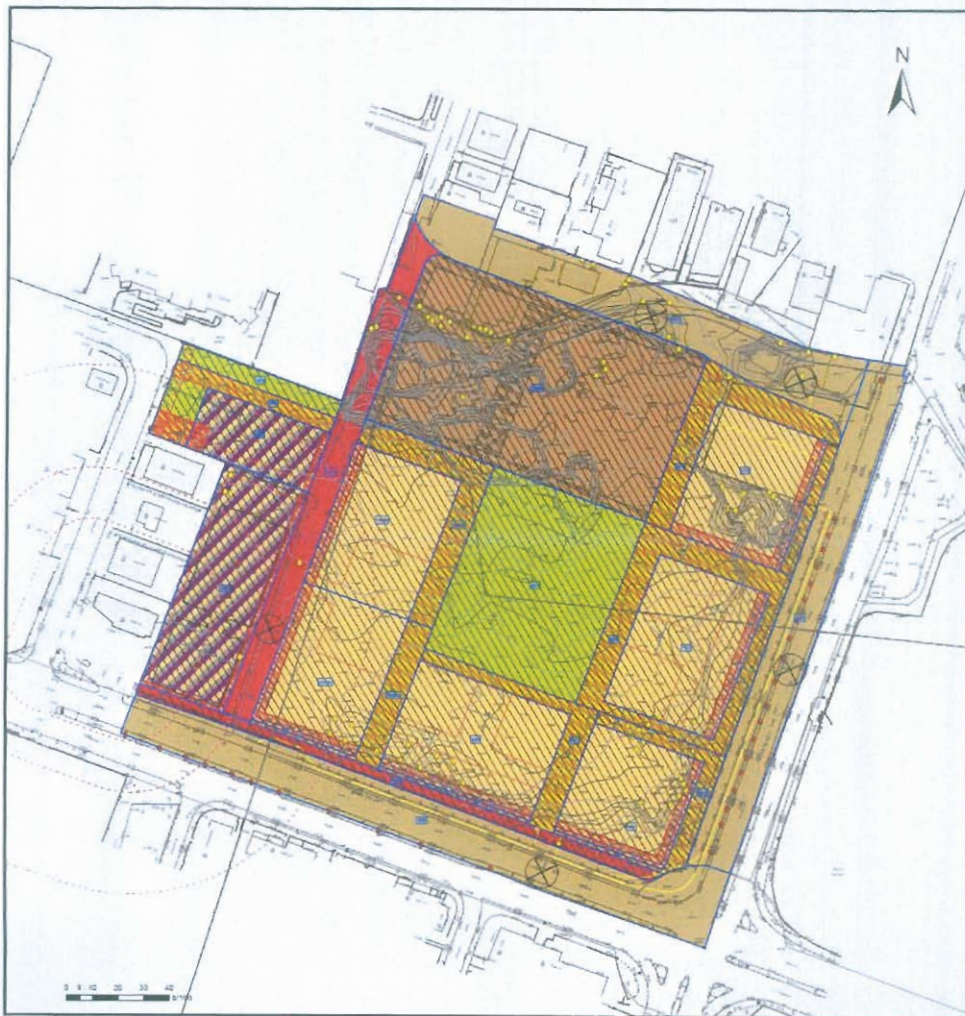
4. נתוני קרקע, מים, גשם

4.1 נתוני הקרקע והתכסית

בסיס הנתונים להערכת מידת התכסית של הקרקע במצב הקיים, ובמצב המוצע, מבוסס על מסמכי תוכנית הבינוי המוצעת. תחום התכנית במצב הקיים כוללת קרקע פתוחה ברובה אינטנסיבית ושני מבנים. תחשיב בנוגע לערכו של מקדם הנגר העילי למצב הקיים לא בוצעו ברמה פרטנית אולם על בסיס חבורות הקרקע וסיוור שנערך בשולי השטח מקדם הנגר העילי נע סביב $C=0.4-0.35$, (לפי השיטה הרציונאלית). מקדם נגר זה נמוך יחסית למקדם נגר ממוצע במרחבים עירוניים. זאת כתוצאה מקיומה של קרקע פתוחה סופגת מים.

מניתוח זה ניתן להסיק כי השינוי בעובי הנגר הכללי (עובי הנגר – כמות הנגר ל 1 דונם של קרקע, או תנובת הנגר העילי) יהיה משמעותי כתוצאה מהמעבר מקרקע פתוחה אל מופרת לקרקע מפותחת בעל מקדם נגר עירוני משוקלל סביב $C=0.75-0.7$. עקב טקסטורת השטח במצב הקיים. לצורך הערכת היקף השפעת התוכנית על הנגר העילי חושב מקדם הנגר המשוקלל למצב המוצע. זה מבוסס על טבלת שימושי הקרקע תקנון התכנית ומתן ערך אטימות לכל שימוש ושימוש קרקע. מידת אטימות הקרקע מובאת באמצעות שימוש במקדם הנגר העילי על פי השיטה הרציונאלית.

איור 8 עיקר שימושי הקרקע בתכנית (מתוך תסריט שימושי הקרקע).



טבלה המסכמת את השטחים החלקיים על פי שימושי הקרקע ובהתאם לטבלה מספר 3.2 בתקנון התכנית מוצגת בטבלה מספר 3.

טבלה 3 ייעודי הקרקע וחזיונות הבניה על פי תוכנית הבינוי ועל פי תקנון התכנית

תע"ש השלום - טבלת זכויות					
מספר יח"ד	שטחי בניה	גודל מגרש (מ"ר)	תאי שטח	שימוש	יעוד
	מעל הכניסה הקובעת				
	עיקרי	גודל מגרש כללי			
94	7990	2791	100	מגורים	מגורים
	320			מסחר	
90	7,596	2026	101	מגורים	
	759			מסחר	
94	7965	2791	102	מגורים	
	260			מסחר	
364	30843	2431	103	מגורים	
	651			מסחר	
164	14028	2506	104A	מגורים	
	626			מסחר	
164	14028	2506	104B	מגורים	
	626			מסחר	
	24012	8004	200	מבנים ומוסדות ציבור	מבנים ומוסדות ציבור
94	6817	3156	300	מגורים	מגורים מסחר ותעסוקה
	3507			תעסוקה	
	1372			מסחר	
33	2830	1257	301	מגורים	
	1387			תעסוקה	
	557			מסחר	

3.2 טבלת שטחים		
מצב מוצע		
אחוזים מחושב	מ"ר מחושב	יעוד
22.77	13,183.55	דרך מאושרת
5.50	3,186.12	דרך מוצעת
13.82	7,999.44	מבנים ומוסדות ציבור
25.99	15,044.5	מגורים
7.61	4,404.78	מגורים מסחר ותעסוקה
12.85	7,438.18	שטח פרטי פתוח
11.46	6,635.56	שטח ציבורי פתוח
100	58,150.36	סה"כ

טבלה מספר 4 מסכמת את השטחים החלקיים שבתכנית על פי התגובה ההידרולוגית שלהם כלומר בחלוקה לשטחים אטומים, אטומים למחצה, סופגים וכיוצ"ב.

טבלה 4 שימושי הקרקע על פי התגובה ההידרולוגית

נתוני השטח של המגרש	יחידה	כמות
שטח נטו של המגרש לתכנון	מ"ר	58,150.0
דרך מאושרת	מ"ר	13,102.0
דרך מוצעת	מ"ר	2,307.0
מבנים ומוסדות ציבור	מ"ר	8,014.0
מגורים	מ"ר	15,220.0
מגורים משולב מסחר תעסוקה	מ"ר	4,385.0
שטח פרטי פתוח	מ"ר	8,290.0
שטח ציבורי פתוח	מ"ר	6,492.0
תעשייה	מ"ר	340.0
סה"כ בדיקה	מ"ר	0.0

טבלה 5 מקדמי הנגר העל הקרקעי לכל אחד משימושי הקרקע (על פי הגישה הרציונאלית)

ב - ניתוח מקדמי הנגר של השטח ע"פ שיטת CiA גולמי ועם מיתון			
מרכיב בינוי	מקדם נגר	עם מיתון	
שטח בנוי היטל מבנים	0.92	0.82	לפי 40% מהגגות מקדם 0.689
מיסעות כבישים	0.95	0.95	
שטח פרטי פתוח	0.35	0.3	
שטח ציבורי פתוח	0.5	0.4	

טבלה 6 סיכום תחשיב מקדמי הנגר העל קרקעי, במצב המוצע גולמי וממותן

אופי תכנית הקרקע	שטח, מ"ר	מקדם נגר	Ci*Ai	מקדם ממותן
מרכיב בינוי	מקדם נגר	מ"ר מוצע	Ci*Ai	Ci*Ai+ retention
שטח בנוי היטל מבנים	0.92	27,959	25,722.28	22,926.38
מיסעות כבישים	0.95	15,409	14,638.55	14,638.55
שטח פרטי פתוח	0.35	8,290	2,901.5	2,487
שטח ציבורי פתוח	0.5	6,492	3,246	2,596.8
	סה"כ	58,150	46,508.33	42,648.73
		C equivalent	C=0.799	C=0.733

מקדם הנגר:

בסיכום חישוב מקדם הנגר העל קרקעי, עולה כי מקדם הנגר (לפי השיטה הרציונאלית) למתחם התוכנית $C=0.799$ זהה ביחס למקדם עירוני ממוצע הנע סביב $C=0.75-0.80$. מקדם הנגר העילי הגבוה מקורו בשטח הכבישים וגגות המבנים המצוי בתחום התכנית. היקף השטח "האטום" יוצר מצב בו תגובת כלל השטח לנגר תהיה "קשיחה" כלומר יש מעט מאוד שטחים סופגים בהם ניתן לממש עקרונות של ניהול נגר עילי.

יחד עם זאת מוצג בטבלה 5 מסלול של מיתון מי נגר בגגות המבנים באמצעות השהייה בטוף (ראה הסבר פרק 5) וכן מיתון ושהייה מי נגר בשטחים הציבוריים ובגינות האינטנסיבי על מנת להפחית את ה FOOT-PRINT של התכנית על הנגר העילי



4.2 עוצמות הגשם לתכנון

נתונים של עוצמות גשם במרחב התכנון נלקחו מנתונים מעובדים של חברת נתיבי ישראל הכוללים פילוג העוצמות על פי משך הגשם וזמן החזרה.

תחנת למדידת עוצמות גשם קיימת בשדה דב. בתחנה זו מעל ל 50 שנות רקורד.

התחנה נמצאת בתל אביבי במרחק אווירי של כ 4.2 ק"מ מהאתר.

טבלה 7 עוצמות הגשם עבור זמני חזרה ומשכי ריכוז.

עוצמת גשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%)					פרק זמן (דקות)
20%	10%	5%	2%	1%	
110.5	127.4	143.5	164	179.8	5
80.1	93.8	107.1	124.5	138.1	10
62.9	75.8	88.9	108.3	123.8	15
53.9	65.5	77.7	95.5	109.8	20
43.5	52.4	61.1	72.6	81.8	30
32.8	39.5	45.8	54.3	60.8	45
27.7	33.8	39.7	47.6	53.6	60
19.9	25.9	32.3	41.7	49.3	90
15.6	21	27.1	36.6	44.9	120

פרק הזמן - משך הגשם לגביו מחושבת העוצמה.

האחוז - הסתברות לקבלת העוצמה על פי זמן החזרה.



עוצמות הגשם לתכנון על פי זמני החזרה ומשכי הניקוז

לצורך קביעת עוצמות הגשם לחישוב, נדרש לחשב את זמני הריכוז. עקב אופייה המקומי של התוכנית, נדרשת התייחסות לזמני ריכוז קצרים יותר. זמני הריכוז חושבו תוך שימוש במשוואת קירפיק, KIRPICH. יחד עם זה מרחקי הזרימה הקצרים (200-250 מטר) מחייבת למעשה התייחסות לזמני ריכוז קצרים ביותר. (16.66 דקות, 250-300 מטר, מהירות זרימה 0.25 מ/שנייה)

טבלה 8 זמני הזרימה לאורך אפיקי הניקוז העיקריים.

הנוסחה	אורך ציר הזרימה	שיפוע ציר הזרימה	זמן הריכוז המחושב
KERBEY	280 מטר	0.6-0.8 אחוז	18 דקות, כולל חצרות פנימיות
MANNING	250 מטר	0.6-0.8 אחוז	20 דקות, כולל חצרות פנימיות

זמני הריכוז נעים כולם עד 20 דקות. זמני ריכוז אלו אינם לוקחים בחשבון השהייה או הפרעה של זרימת מי הנגר כלומר במידה וימומשו מנגנונים לשיהוי של המים אזי בהיבט התכן משך זמן הרימה יגדל ועוצמת הגשם לחישוב תהה נמוכה מעט יותר.



זמני הריכוז נקבע להיות 20 דקות. עוצמת הגשם לתכנון בעור משך זמן ריכוז זה וזמן חזר לגשם של 1:10 שנים, 65.5 מ"מ/שעה.

4.3 השיטה הרציונאלית

לצורך חישוב עוצמת הנגר העל קרקעי שמקורו בסופה בעלת עוצמה קבועה שמשכה כמשך זמן הריכוז באגן, נהוג השימוש בנוסחה הרציונאלית הקושרת בין עוצמת הגשם, מקדם הנגר העל קרקעי (פרמטר על ממדי המתאר את מידת תכסית הקרקע) וגודל השטח המתנקז. נוסחה זו מקובלת לשימוש בשטחים קטנים עד 13,000 דונם, 13 קמ"ר. הרחבה של השימוש בנוסחה לשטחים העולים על ערך זה נעשה על ידי אנשי התחנה לחקר הסחף, באמצעות תוספת של מקדמים שונים. יחד עם זאת מקדמי ההמרה וההתאמה של הנוסחה לשימוש באמצעות מודל תכל"ס או תכלסון אינם מתאימים לשטחים בנויים, ולחלקם הותאמו המקדמים בהתאם לחבורות הקרקע בשטחים פתוחים.

לנוסחה הרציונאלית צורה של :

$$Q=C*I*A$$

כאשר:

C מקדם הנגר העל קרקעי,
I עוצמת גשם התכן, נקבעת על פי זמן הריכוז באגן,
A גודל השטח המתנקז,

לנוסחה הרציונאלית מספר חסרונות הבאים לביטוי בעיקר בשטחים בעלי מירקם בנוי:

- שימוש בשיטה הרציונלית, $Q=C*I*A$ קובע את ערכה של ספיקת השיא בלבד ולא נותן כל מדד למשך אירוע הנגר.
- השיטה קובעת כי קיים קשר לינארי בין עוצמת הגשם, גדול השטח ורמת התכסית שלו, בעוד שבפועל עוצמות גשם שונות גורמות לתגובה שונה של הקרקע.
- שימוש בשיטה הרציונלית אינו מאפשר למשתמש להעריך את נפח הנגר באירוע הגשם. כל שימוש באלמנטים לויסות הנגר העירוני ועידוד מערכות חלחול לתת הקרקע מחייב מנגנון חישוב הכולל את נפח הנגר באירוע.
- השיטה מתייחסת אך ורק לעוצמת גשם קבועה באגן ואינה יכולה לתת ביטוי לעוצמות גשם משתנות במשך הסופה.
- השיטה הרציונלית אינה מבחינה בין תרומות הנגר של האזורים השונים במרחב אגן הניקוז. כמו כן אינה מבחינה השיטה בפילוג השטח האטום באגן: האם זה מופיע כולו בריכוז סמוך למוצא או מפולג אחד על פני השטח כולו.
- עבודות שנעשו בעולם הראו כי הקשר הלינארי הכלול בנוסחה בין השטח, העוצמה ומקדם התכסית אינו מביא בחשבון מנגנונים קטנים של מיתון נגר כגון אוגר מקומי וזמן השהייה. לכן בד"כ, נמצא כי חישוב בשיטה זו מביא לערכים גבוהים מאלו הריאליים.

לפיכך, ניתן לאמץ גישה זו לצורך חישוב הנגר העילי העל קרקעי.

4.4 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 פרברים. 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).

הידרוגרף היחידה של שניידר

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 - $C=0.799$ - 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.

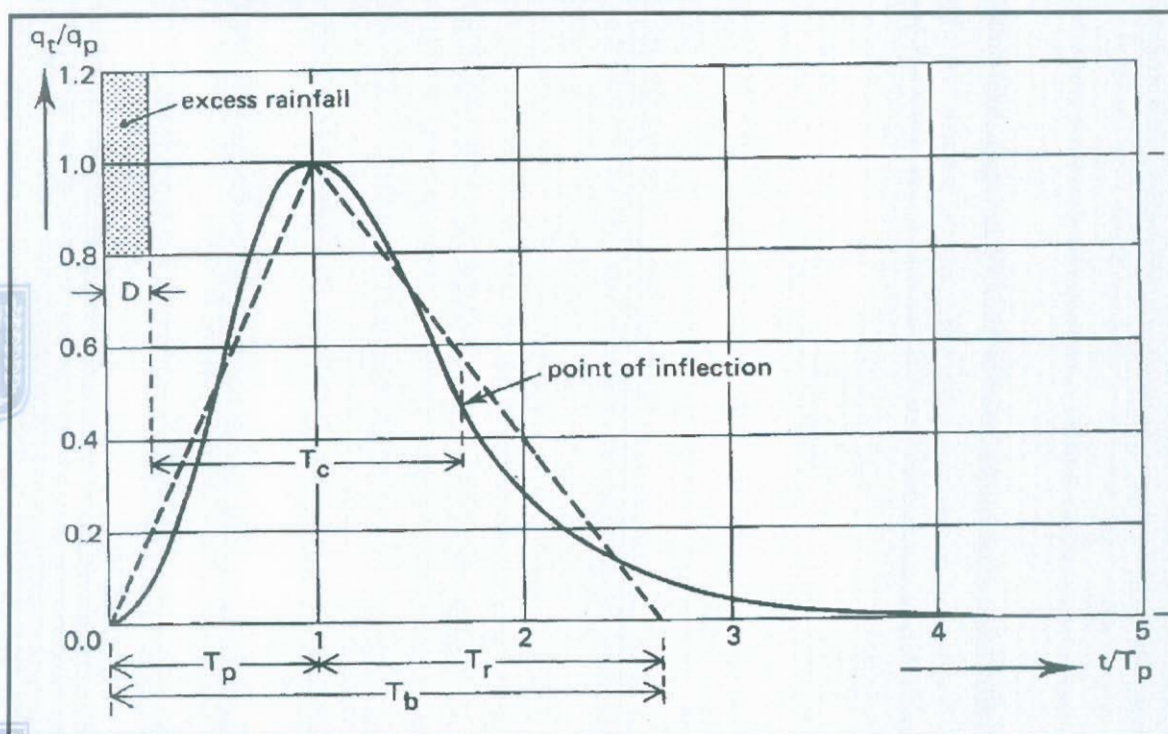
על בסיס משך הגשם המחושב והנחת הבסיס כי מדובר בתגובת האגן לעובי גשם עודף של 1 מ"מ, מחושבת עוצמת הגשם המתאימה לעקום. לדוגמא: גשם עודף של 1 מ"מ במשך זמן גשם של 12 דקות, קרי הידרוגרף המתאים לגשם שעוצמתו 5 מ"מ/שעה.

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: הידרוגרף המחושב 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 בשיטה זו מאפשר בנוסף:

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 בחישוב הכולל פיגור זמן.

איור 9 הידרוגרף היחידה של שניידר בוא נעשה שימוש בעבודה זו מובא להלן.



5. השהייה ומיתון נגר על קרקעי

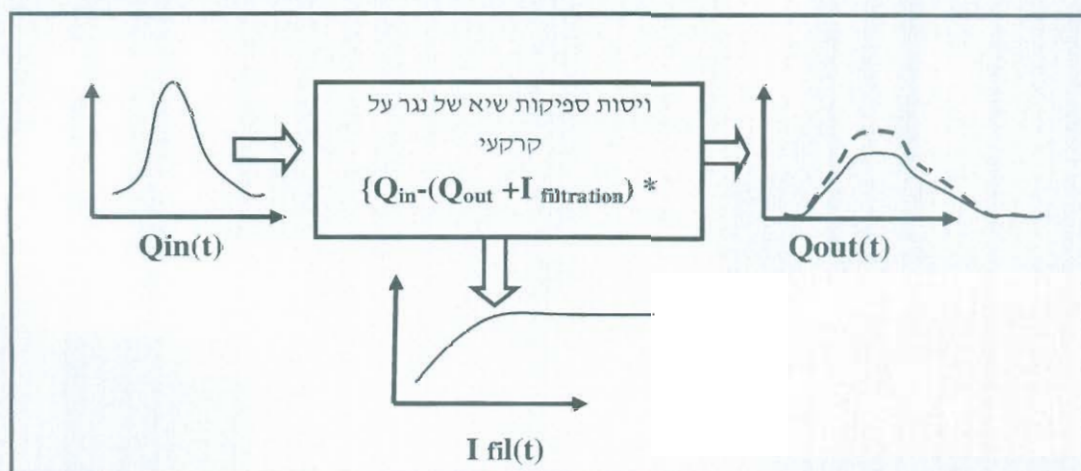
5.1 מנגנונים למיתון וויסות נגר עילי

מיתון נגר על קרקעי מוכר כמנגנון לניהול נאות של מי הנגר וויסות ספיקות שיא. חלקם של האמצעים למיתון נגר קשור באופי פני השטח, חלקם במרקם פני השטח וחלקם בתכונות תת הקרקע. החדרה של מים לקרקע באגני חלחול או באמצעות קידוחי החדרה המלאים חומר פורוזיבי, עם מוליכות הידראולית גבוהה, מביאה לצמצום נפחי הנגר. 2 גישות עיקריות מוכרות לניהול מי הנגר העילי: מיתון Retention וחלחול Infiltration/Percolation. להלן:

1 - השהיית נגר על קרקעי - ניצולם של שטחים פתוחים כך שיהיו בעלי יכולת "להחזיק" מים. פיתוח שכזה מאפשר לזרימות הנגר לזרום אל מערכות התיעול הציבוריות בספיקות מתונות יותר ובעלות ערך שיא מזו בזמן יחסית לספיקת הנגר הלא מופרעת. הזהה זו בזמן משמעותיות מבחינת מערכות הניקוז במורד: ללא ויסות נגר מתרכזות במורד כל תרומות המים בשעת שיא, ומערכות הניקוז נדרשות לקטרים וקיבולות מוגדלות. הזאת מועד ספיקת השיא (באמצעות השהייה) אל מעבר לאירוע שיא הגשם, מאפשרת למערכת התיעול להוליך את ספיקות המים על פי זמן רחב יותר, והתנאים ההידראוליים משתפרים. יתרונה של גישה זו היא ביציבותה לאורך השנים: תהליכי המילוי והריקון של נפחי הוויסות הוא קצר יחסית ואורך כמה שעות. מגנוני הוויסות אינם דועכים כשם שדועך החלחול ותפקודם עם השנים נשאר יציב. יחד עם זאת באזורים עירוניים קיים קושי באיתור של שטחים המיועדים לויסות נגר עילי.

2 - החדרה באמצעות קידוחי החדרת מים. במוקד מנגנונים אלו עומד העיקרון של הקטנת נפח המים, כך שנפח הנגר העילי הכללי קטן ויחד עימו גם קטנות ספיקות השיא הרגעיות. סתימת ה"פורות" שבארובות/קידוחי החלחול עם השנים מביאה לירידה באפקטיביות של מנגנוני החלחול ואובדן המים. מקובל להעריך כי מקץ כמה שנים כושר ההחדרה היציב (תמדי) של קידוחי החדרה מגיע לכ 65% מכושר החדור התחילי המחושב. כושר החידור בפועל תלוי במוליכות ההידראולית של שכבת המעבר בין הבור לבין הקרקע אליהם הוא חודר. המוליכות בשכבות אלו מאופיינת בערכים בינוניים עד נמוכים, הקובעים דה פקטו את קצה חדירת המים. תיאור סכמתי של השפעת מנגנוני הוויסות וההחדרה על נפח הנגר העילי מוצגת באיור 10.

איור 10 סכימה עקרונית של מערכות מיתון מי נגר באמצעות שיהוי וחלחול



לצורך בחינה של ישימות החלחול יש לבחון את תנאי הקרקע ואת תנאי מי התהום בסביבת הפרויקט.



5.2 בחינת פוטנציאל החלחול

פרויקט תע"ש השלום מצוי בתחום בו פעל לשעבר מפעל תע"ש ממנו חדרו לקרקע חומרים מזהמים אשר הביאו לזיהום הקרקע ולחוסר האפשרות לניצול הקרקע משל עשרות שנים. על בסיס עובדה זו קובע נספח ניקוז וניהול נגר זה כי החדרת מים לתת הקרקע, תוך שהיה בעבר אזור מזהם, ללא תתקיים בכל מקרה וכי כל מנגנוני ניהול הנגר העילי יהיו מבוססים על מיתון ושיהוי מי הנגר.



5.3 מיתון מי נגר עילי (שיהוי, RETENTION)

בהיעדר אפשרות להפחתת נפחי הנגר העילי באמצעות מנגנון של חלחול יש לבחון את מנגנון המיתון כפעולה אפשרית למיתון מי נגר.

את אפשרויות מיתון מי נגר באמצעות שיהוי (תפיסה, איגום, השהייה ושחרור) ניתן לחלק ל 2:

- מיתון מי נגר במסגרת שטחים מגוננים, סופגי מים ולכידת חלק מנפח המים בקרקעות גנניות. קרקעות אלו יתנקזו ניקוז איטי אל מערכות תיעול תת קרקעיות בעלות בסיס ניקוז נמוך יותר
- מיתון מי גגות באמצעות שיהוי של מי הגגות בשכבות טוף המפוזר על גבי הגגות. גישה זו מכוונת **לצמצום של מי הנגר** במקור ומניעת קישור ישיר בין מי הגגות למערכות הניקוז.



מיתון מי גגות הינו מנגנון הנעשה שכיח יותר ויותר בעולם.

העיקרון המוביל את מיתון מי הגגות הוא:

בבחינה של השטחים החלקיים בתכנית עולה כי שטח הקרקע המיועד למבנים (מגורים, מבני ציבור ומוסדות ותעשייה) מכסה שטח של 27.95 דונם מתוך שטח כללי של 58.10 דונם בתכנית, כלומר שטח הבינוי מהווה כ 45% מכלל השטח בתכנית.

יחד עם זה נגר הגגות מהווה למעלה מ 50% מהנגר הכללי (לשטחים האטומים משקל בנגר הכללי הגדול ממשקל חלקם בשטח הכללי, זאת עקב האופי האטום שלהם והתגובה המלאה למי נגר).



נגר הגגות חושב להיות 55% מכלל הנגר העילי מאחר ואין כל אפשרות למתן את נגר הכבישים הרי שטיפול במקור תרומות הנגר מהמבנים והגגות בתכנית יהווה גורם משמעותי בצמצום הנגר העילי.

עיקרון ניהול הנגר העילי בתכנית זו מציע את מיתון נגר הגגות במבני הציבור באמצעות פיזור טוף על מחצית משטח הגגות בעובי 30 ס"מ. טוף זה יביא לעיכוב משמעותי בזמן ההגעה של נגר הגגות למערכת התיעול הציבורית ובכך יאפשר מיתון של ספיקות השיא.



התחשיב המבוא בפרק 5.4 להלן מציג את יעילות מנגנון שימוש בכיוסי טוף בגגות המבנים ובהתאם את ההשפעה על הנגר הכללי.

5.4 חישוב יעילות מיתון הנגר

לצורך חישוב של מנגנון מיתון נגר הגגות נעשה תחשיב של זמן העיכוב הנגרם כתוצאה מפיזור של טוף בגגות המבנים. עיכוב זה כולל את תאחיזת המים בעובי המצע וכמות הנגר המשתחרר לאחר רוויה של מצע הטוף. הנגר העודף ממצע הטוף יחסית לנגר הגולמי מהגג (בין 84% ל 76% תלוי בעובי המצע, ראה טבלה 9 להלן) מהווה למעשה את מקדם הנגר בפועל של שטחי הגג. מקדם זה יוכנס לטבלת מקדמי הנגר החלקיים שבתכנית על מנת לקבוע את מקדם הנגר המשוקלל החדש. מקדם הנגר המשוקלל הכולל את מנגנון מיתון הגגות ישווה עם זה המחושב כמקדם נגר גולמי.

טבלה 9 חישוב עיכוב הזרימה כתוצאה מפיזור של מצע טוף בגגות (תחשיב ל 1 דונם)

חישוב זמן העיכוב של מי הנגר כתוצאה מחלחול דרך מצע טוף @=0.45					
מקדם חלחול לטוף	0.1	ס"מ/שניה	$1 \cdot 10^{-1}$		
	6	ס"מ/דקה			
	360	ס"מ/שעה			
מנת חללים של טוף	@=0.45				
עובי הטוף,	ס"מ	20	30	40	50
זמן הזרימה בטוף	דקות	3.33	5.00	6.67	8.33
נפח הנגר הנספג במצע	מ"ק	3.64	5.46	7.28	9.10
נפח הנגר העודף	מ"ק	55.31	53.49	51.67	49.85
יחס נגר/גשם אחרי מצע טו		0.844	0.817	0.789	0.761

עבור טוף הגגות הונח מקדם חלחול על פי Darcy של $1 \cdot 10^{-1}$. מקדם חלחול זה זהה לקרקעות חוליות גסות בהם מקדמי החידור גבוהים אם כי בקרקע הטוף יש תאחיזה נוספת של מים ושחרור איטי למורד. מהירות החלחול 6 ס"מ/דקה.

עבור עובי כיסוי טוף נבחנו 4 מצבים: כיסוי טוף בעובי של 20 ס"מ, 30 ס"מ ו 40 ו 50 ס"מ. עבור מילוי בעובי של 30 ס"מ ניתן לראות כי תאחיזת המים במצע הטוף חושבה להיות 5.46 מ"ק (עבור גשם עודף של 65.5 מ"מ/שעה ונפח מי נגר גולמי של 65.5 מ"ק לכל דונם גג) , ואילו הנגר העודף יחושב להיות $5.5 - 0.9 \cdot 65.5 = 53.45$ מ"ק נגר עודף לכל דונם גג.

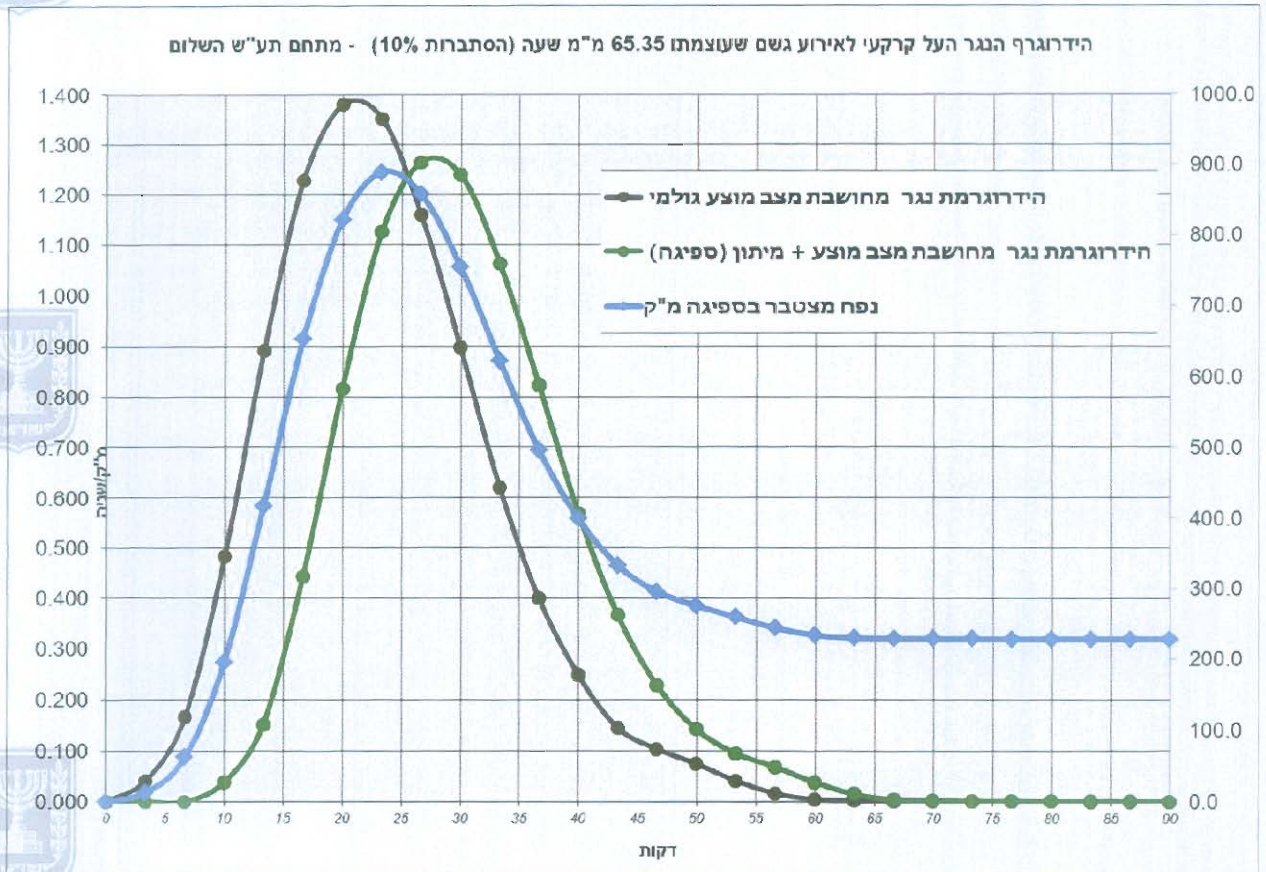
מכאן עבור עובי כיסוי זה: נגר בפועל מתוך כלל הנגר: $53.45/65.5 = 0.8167$

מבחינת משקל: עובי כיסוי טוף בעובי 30 ס"מ + נפח מים כלוא של 5.5 מ"ק, סה"כ עומס סגולי לכל 1 מ"ר תקרה 8.0 ק"ג/מ"ר.

מטבלה 9 עולה כי מקדם הנגר העילי הכללי לתכנית בתוספת מנגנון המיתון המוצע יאפשר לקבוע עבור חלק הגגות שיכוסה בטוף (שליש מהשטח) בעובי 30 ס"מ מקדם נגר עילי של 0.81 יחסית למקדם נגר של 0.92-0.95 שהוא מקדם נגר מקובל/סביר לגגות מבנים. מקדם נגר זה (0.817) נמוך בכ 12%-15% ממקדם הנגר ללא מימוש של עיקרון ויסות בגגות.

האפקט הכללי על כלל הנגר תלוי כמובן בהיקף המימוש לש גגות טוף. עבור מימוש של 1/3 מהגגות במתחם במצע טוף כמתואר לעיל היקף ההשפעה על כלל הנגר היא הפחתה של 8.5% בערך נפח המים הכלול באירוע נגר בחד.

איור 11 הידרוגרף הנגר העילי הגולמי והמחושב בתוספת מיתון נגר גגות



ההפרש בין שני ההידרוגרפים מגדיר את כמות המים "שנאחזה" במצע הטוף למשך של זמן קצר (15-20 דקות) והשתחררה למורד מערכת הניקוז לאחר רגע השיא של מערכת הגשם-נגר. נפח המים הכלור הנותר בקרקע הסופגת לאחר תום האירוע הוא 227 מ"ק. זהו הפרש השטח שבין שני ההידרוגרפים.

לצורך "כליאת" נפח מים זה נדרש נפח מצע כוללני (הנחת מנת חללים של 0.45) של 4,000 מ"ק ועבור עובי מצע של 70 ס"מ (טבלה 10) שטח פנים של 5,715 מ"ר. בהנחה של יישום מצע טוף בכ 50% משטח הגגות בייעודי הקרקע לבינוי, יידרש שטח כללי לטיפול של 11,450 מ"ר גגות.

5.5 משמעות בתכנית הפיתוח

על מנת לממש את מנגנון מיתון הנגר העילי בתכנית, יהיה צורך לחייב במסגרת התכנית המפורטת את עיקרון ויסות ו מיתון נגר הגגות במתחם. מאחר והגגות כוללים בין היתר מתקנים הנדסיים מנומלץ כי ההנחיה בהוראות התכנית תכלול מצע טוף בעובי של 30 ס"מ בשטח השווה לפחות ל 1/3 משטחי הגגות בכל מבנה. במסגרת כל היתרי בניה יהיה לבחון ברמה פרטנית את הכיסוי המוצע ולוודא קירבה בין מצע הטוף בגגות ובין מוצאי צנרת מי הגשם (צמ"ג).

6. סיכום והמלצות.

תכנית מתחם תע"ש השלום מציעה את פיתוח השטח במשבצת הקרקע בן שכן בעבר מתחם תע"ש בדרך השלום, צפונית לרחוב השלום ומדרום לשכונת נחלת יצחק המזרחית בעיר תל אביב. שטח המגרש הכללי 58.15 דונם. על פי התכנית המוצעת בעריכת אבנר ישר אדריכלים תכלול התכנית בניה משולבת בממסחר ותעסוקה, שטח מיועד למבני תעשייה צמוד לרחוב תוצרת הארץ וכן שטחים פתוחים הכוללים שטחים ירוקים פרטיים וציבוריים. התכנית כוללת תוספת של דרך מוצעת לדרך מאושרת קיימת. שטח הדרך המוצעת כולל את המשכו של רחוב חיי אדם כך שיחבר את רחוב נחלת יצחק עם רחוב השלום. על פי טבלת שימושי הקרקע בתכנית שטח של כ 45% מכלל השטח יהיה מיועד למבני מגורים, שטח של כ 20% לדרכים (קיימת ומאושרת) ויתר השטח שצ"פ"ים ושפ"ים בהם מתוכנן פיתוח ירוק בעל אופי "סופג".

מימוש תכנית תע"ש השלום מביאה עימה שינוי משמעותי בתגובה ההידרולוגית של השטח: בעוד במצ הקיים כולל שטח שני מביים וכל היתר שטח פתוח עם מקדם נגר תואם שטחים חקלאיים (סביב $C=0.3-0.5$, הרי שבמצב המתוכנן מקדם הנגר העילי שחושב על פי שימושי הקרקע $C=0.799$ כלומר יש גידול בתגובה של השטח לנגר עד כדי פי 2.5. שינוי זה גורר עימו תוספת משמעותית של נפחי נגר עילי וגידול בספיקת השיא של הנגר.

לצורך צמצום הנגר העילי והקטנת השפעת התכנית על מערכות הניקוז, נבחנו מספר מנגנונים להלן תמציתם:

החדרת מים לתת הקרקע: עברו של השטח כשטח בעל זיהום ידוע ונרחב במי תהום אינו מצדיק כיום חלחול מים לתת הקרקע. מומלץ כי במסגרת המתחם, בעת מתן היתרים, לא יאושר חלחול למי תהום כמנגנון לצמצום נפחי הנגר העילי.

שיהוי מיתון ועיכוב באמצעות ספיגה שיוסדר כחלק מעבודות הפיתוח השטח ושחרור גרביטציוני של המים. מיתון ושיהוי מי נגר באמצעות ספיגה בשצפ"ים ושחרור מים איטי למערכות התיעול יהווה את המנגנון העיקרי למיתון ספיקות השיא ונפחי הנגר. מנגנון זה נראה ישים כל עוד מי הנגר יועברו מהשטחים הציבוריים ויספגו בקרקע גננית או יוזרמו למתקני איגום תת קרקעיים מהם ההזרמה תהיה למערכת התיעול ולא בקשר הידראולי ישיר לנחל. שימוש בקוביות לאיגום מי נגר בתת הקרקע אפשרי גם הוא.

מיתון ושיהוי מי גגות באמצעות פיזור מצע טוף ושימוש בעיקרון ה"מניעה במקור". מנגנון זה מהווה את עיקר המלצת התכנית הנוכחית. מימוש מצע טוף בעובי של 30 ס"מ בשטח של 33% משטח הגגות של מבני הציבור יאפשר השהייה ועיכוב של זרימת מי הגגות למוצא הניקוז ומיתון ספיקות השיא. (הונח מקדם מימוש של 33% מאחר ומצע טוף ניתן לממש רק בחלק משטח הגגות בהם הותאם התכנון הקונסטרוקטיבי לעומסים). בחישוב עולה כי כתוצאה מהשהייה ותאחיזה של המים בשכבות הטוף בגג, מקדם הנגר לגג (שהיה מחושב במקרה רגיל להיות $C=0.95-0.9$) יהיה $C=0.814$ כלומר, כתוצאה מיישום של מנגנון זה עבור נגר הגגות יש הפחתה של 15% בעובי הנגר המועבר למערכות הניקוז הציבוריות (יחס מקדמי נגר של $0.817/0.95$).

שילוב של עיקרון זה לכלל תחשיב הנגר העילי של המתחם, לרבות תוספת נקודתית של מיתון מי נגר באמצעות הזרמה של מי נגר שמוקדם במשטחי הפיתוח לקרקע גננית סופגת ושחרור איטי

מאוחר יותר של המים, הביא בגמר תחשיב להפחתה של 9.5% בעובי הנגר הכללי המועבר למערכת הציבורית.



דו"ח זה מתמקד בהמלצה לממש את מצע הטוף על גגות המבנים החדשים, ככלי עיקרי לניהול של מי הנגר העודף מהמתחם.

