

עקרונות שימור נגר

הנחיות לשימור פוטנציאל המים הטבעי בישראל
באמצעות מערכות חלחול והחדרת נגר

רשות המים

גרסה 1.4

יעקב ליבשיץ¹, גרישה ברנשטיין², יוני יצחק¹, ליאור נצר¹, ינאי עמיעז³, ישראל גב³,
מיכאל רונה¹, נדב אמיר¹, אפרת קניגסברג³

¹השירות ההידרולוגי, ²אגף רישוי וניהול הרשת, ³אגף תכנון

מאי 2021

תוכן

3	רקע	.1
3	אזורי עדיפות להחדרה למי תהום	.2
3	מפת אזורי עדיפות להחדרה	2.1
6	אזורי הזנה של מעיינות	2.2
6	אזורים ללא שימור נגר	2.3
6	מטרות	.3
7	מדיניות והנחיות	.4
7	שימור נגר לפי רמות תכנון	4.1
8	איכות הנגר לשימור	4.2
8	אזורים חשודים בזיהום מי תהום	4.3
9	תקנים, תקינה ורישוי	4.4
9	ניהול נגר באזורים חופיים, אקוויפרים נקבוביים	4.5
13	ניהול נגר באזור ההר, אקוויפרים סדוקים	4.6
20	ביבליוגרפיה	.5
21	נספח א' - תקינה לקידוחי החדרה למי גגות	

1. רקע

בעשרות השנים האחרונות עוברת מדינת ישראל מהפך אורבני הכולל מעבר מהגדרת הקרקע כמשאב לאומי והתיישבותי לתפיסת הקרקע כמשאב נדל"ן ופיתוח. במסגרת מהפך זה נוצרת התנגשות בין הפיתוח האינטנסיבי ותהליכי העיור המואצים לבין ההגנה על משאבי טבע ותרבות. במקביל, ובנוסף לתהליכים האורבניים, תהליכים גלובליים כגון ההתחממות הגלובלית, רצפי שנות בצורת ושינויים דרסטיים במשטר המשקעים מובילים את האזור בכלל ואת מדינת ישראל בפרט למתוח את גבולות ניצול משאבי הטבע עד לקצה גבול היכולת. מי התהום, המהווים כ- 85% ממקורות המים הטבעיים של המדינה חשופים לשינויים אלו בשני מישורים:

1. פיתוח אינטנסיבי של מקורות וכלי הפקה נוספים על מנת לספק את הצרכים העתידיים לאור גידול האוכלוסיה המואץ.
 2. אובדן שטחי מילוי חוזר כתוצאה מתהליכי עיור ופיתוח.
- שטחי המילוי החוזר מוגדרים כאזורים בהם נקלטים מי הגשמים בדרכם למקורות מי התהום (האקוויפרים). שטחים אלו חשופים לבינוי ועיור מואץ כבר שנים רבות באזור מישור החוף ובמידה רבה גם באזורי ההר ואזור ירושלים בפרט. תהליכים אלו הם חלק מהאיומים על משק המים הלאומי ועל מי התהום כמשאב תשתיתי בשני מישורים:
1. הקטנת שטחי המילוי החוזר הישיר וכתוצאה הקטנת נפחי המים הנקלטים באקוויפרים.
 2. חשיפת שטחי המילוי החוזר הנותרים לזיהום ופגיעה באיכות המים המגיעים לאקוויפר.

הגדרה: שימור נגר הינו תהליך בו כחלק מעבודות הפיתוח משולבים אלמנטים המאפשרים איסוף, הולכה, חלחול והחדרה של הנגר, אל מי התהום.

למעשה תפיסת שימור הנגר מציגה תפיסה תכנונית המתייחסת למי הנגר כמשאב לאומי ולא כמטרד הנדסי. מעבר ובנוסף להיות הנגר משאב תשתיתי לאומי, טיפול נכון במשאב זה ושילובו במסגרת התכנון האורבני ישפר את רמת התכנון בהיבטים סביבתיים נוספים ובראשם: צמצום נזקי שיטפונות, חסכון כלכלי בתשתיות ניקוז. צמצום תופעת אי החום העירוני ומניעת הזרמת זיהומים לנחלים וליים.

מסמך זה מציג את הרציונל והעקרונות ההידרוגיאולוגיים לתכנון של מערכות לשימור נגר בישראל. מכיוון שיישום הפתרונות לשימור נגר צפוי להתפתח בשנים הקרובות יעודכן מסמך זה מעת לעת בהתאם לניסיון שיצטבר.

2. אזורי עדיפות להחדרה למי תהום

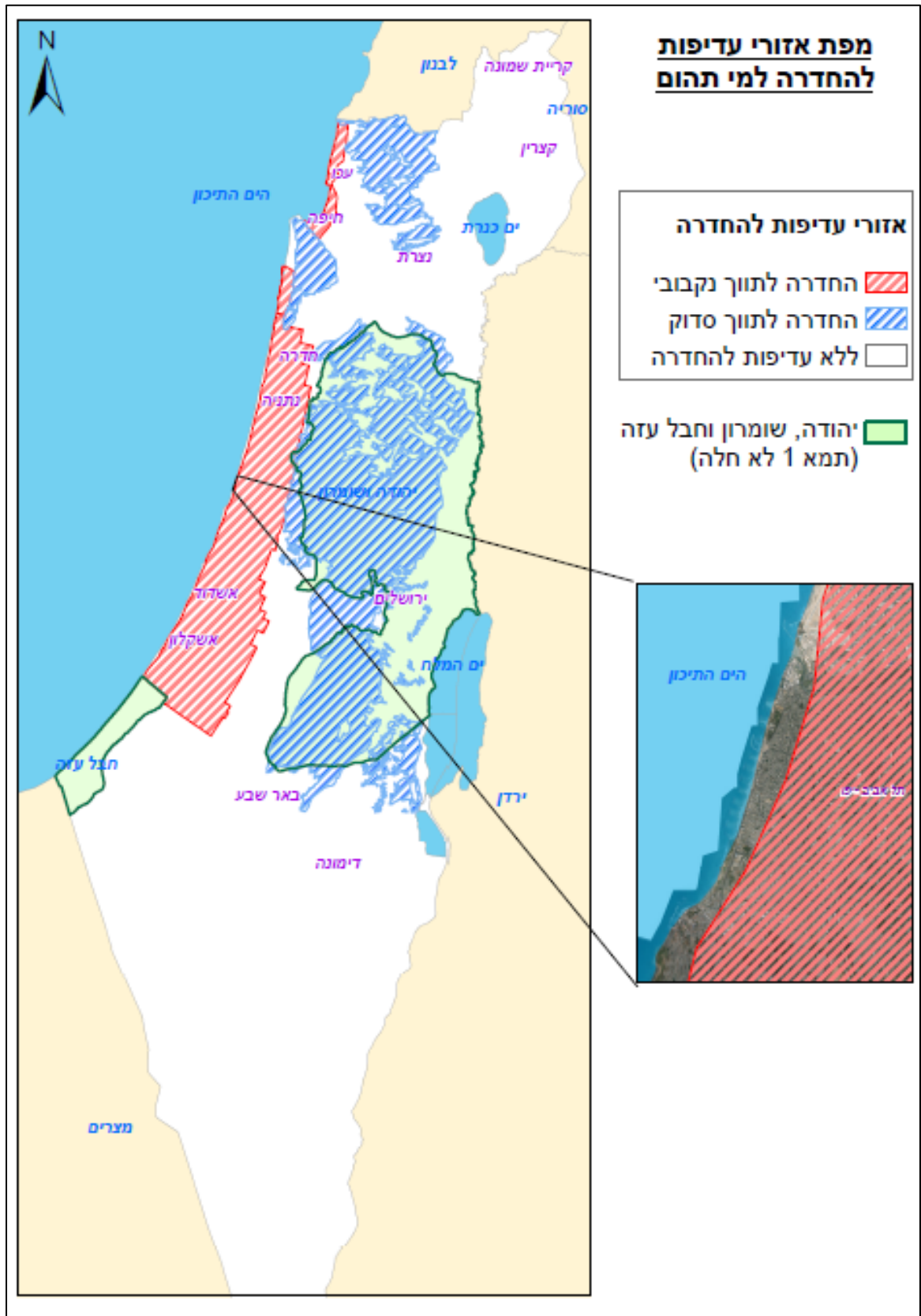
2.1 מפת אזורי עדיפות להחדרה

איור מס' 1 מציג את מפת אזורי עדיפות להחדרה המסווגת את כל שטחי הארץ לשלושה סוגים:

1. אזור עדיפות להחדרה לתוך נקבובי
2. אזורי עדיפות להחדרה לתוך סדוק
3. אזורים ללא עדיפות להחדרה

זרימה בתוך נקבובי מתרחשת בעיקר באקוויפרים חופיים (אקוויפר החוף, אקוויפרים חופיים בכרמל וגליל מערבי). מילוי חוזר באזורים אלו מהווה כ- 15% מפוטנציאל העשרה הטבעי של מדינת ישראל. זרימה בסדקים מתרחשת על גבי סלעי המחשופים של האקוויפרים בעיקר באזור שדרת ההר המרכזית והגליל. מילוי חוזר באזורים סדוקים מהווה כ- 70% מפוטנציאל העשרת של המים הטבעיים בישראל. אזורי המילוי החוזר נכללים באזורים שהוגדרו כבעלי רגישות הידרולוגית גבוהה בתמ"א 1. מפת אזורי העדיפות להחדרה [2020] קבעה את אזורי הרגישות ההידרולוגית בהם פגיעה ואיטום שטחי ההזנה תגרע באופן ישיר ממאזן המים של האקוויפר, כאשר לרוב, וביחוד באקוויפרים סדוקים, הנזק הוא בלתי הפיך. באזורים בהם קיימת סמיכות משמעותית בין שדות ההפקה לבין פני השטח, הרגישות ההידרולוגית מקבלת מימד נוסף של פגיעה ישירה ביכולת ההפקה, בעיקר ע"י פגיעה באיכות המים המגיעים לאקוויפר. האזורים בהם נדרש שימור נגר מוצגים במפת "אזורי עדיפות להחדרה" המוצגת באיור מס' 11.

¹ מפת אזורי עדיפות להחדרה ושכבות GIS מפורסמות ע"י רשות המים בקישור: https://data.gov.il/dataset/runoff_recharge_prioritization_areas הוראות תיקון 8 בתמ"א 1 [טרם אושר] קובעות כי מוסד תכנון הדן בתכנית החלה באזור 'עדיפות להחדרה למי תהום' בהתאם למפת 'אזורי העדפה להחדרת נגר' ייתן עדיפות להכללת פתרונות ניהול נגר הכוללים העשרת מי התהום, זאת אלא אם לא ניתן להטמיע אמצעים כאמור, מטעמים של סוג המסלע, מרחק ממי תהום, זיהום קרקע ואיכות הנגר או בשל הצורך להשתמש בנגר למטרה אחרת."



איור 1: מפת אזורי עדיפות להחדרה

2.2. אזורי הזנה של מעיינות

אזורים נוספים בעלי רגישות הידרולוגית גבוהה במיוחד הינם אזורים במעלה האקוויפר הסמוכים למעיינות. באזורים אלו המערכת ההידרולוגית הטבעית מבוססת על איגום מקומי של המדרונות לאקוויפר שעון (אקוויפר המנקז שכבה מקומית בתת הקרקע) אשר על גביו נובעים המעיינות. פגיעה בשטחי המילוי החוזר בסביבת המעיין, בעורקים הקרסטיים המובילים מים למעיין וכן בשכבת המים השעונה, עלולה להוביל להתייבשותו. באזורים אלו תהליך הבניה ושימור הנגר צריך לכלול התייחסות מיוחדת בכדי למנוע פגיעה במעיין.

2.3. אזורים ללא שימור נגר

אזורים שהוגדרו ללא עדיפות להחדרה הם, ברובם, כאלה שאינם נמצאים באזור מילוי חוזר. אזורים אלו מסווגים במפת אזורי עדיפות להחדרה כ"ללא עדיפות להחדרה" אולם אין מניעה מהחדרה גם באזורים אלו, משיקולים אחרים כגון, מניעת הצפות או הפחתה בעלויות התיעול העירוני. באזורים שלהלן לא נדרש שימור נגר, על אף היותם אזור בעל רגישות הידרולוגית גבוהה:

- אזור מעלה הכנרת - ניהול הנגר יעשה באמצעות הזרמה עילית ולא באמצעות החדרה, זאת משקולים נופיים וסביבתיים.
- רצועת "מחצית חדירת הפן הביני", מקו החוף ועד למחצית התחום המשוער של חדירת הפן הביני - אין תועלת הידרולוגית בהחדרת נגר לתת הקרקע ועל כן לא נדרשת החדרתם לתת הקרקע. באזור זה, ככל שתכנית מציעה קידוחי החדרה, יש להיוועץ עם רשות המים.

3. מטרות

מטרת מסמך זה להציג קווים מנחים לבניה משמרת נגר במסגרת שלבי התכנון והביצוע של תכניות פיתוח. מסמך זה משלים את פרק המים בתמ"א 1, ונספח ההנחיות להכנת מסמך ניהול נגר (תיקון 8 לתמ"א 1). המסמך מתבסס על מסמכים קודמים ובראשם על המדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עילי (משרד הבינוי והשיכון, 2004) על מסמך ההנחיות לבנייה משמרת נגר באזור ירושלים (פרבר ופרי 2015) על התקן הישראלי לביסוס וגיאוטכניקה (ת"י 940 חלק 1).

4. מדיניות והנחיות

4.1. שימור נגר לפי רמות תכנון

ככלל, דרישות שימור הנגר מתייחסות לתכניות בחלוקה לרמות התכנון השונות:

1. תכניות כוללניות
2. תכניות מפורטות ברמת השכונה/מתחם
3. תכניות מפורטות ברמת המבנה

שימור הנגר בתכניות כוללניות מתואר היטב במדריך לתכנון ובניה משמרת נגר עילי בהוצאת משרד השיכון. מדובר ברובד תכנוני חשוב שיכול לייצר פתרונות ברמה העירונית על ידי יעוד שטחים פתוחים קולטי מים בעלי תכונות המאפשרות להם לתפקד כאזורי השהיה, חלחול והחדרה ברמה העירונית. לרמת תכנון זו חשיבות רבה במיוחד כאשר רוב השטחים במרחב העירוני לא מתפקדים כשטחי חלחול והחדרה, אם בשל תכונותיהם ההידרולוגיות והגיאולוגיות או בשל מצב הבינוי הקיים.

מסמך זה מתמקד ברמות התכנון המפורט, מתוך הנחה שזו הרמה המתאימה לפירוט אמצעי ניהול נגר הכוללים מנגנוני החדרה למי התהום ובהתאם לעיקרון לפיו תכניות מפורטות נדרשות לתכנן את ניהול הנגר בתחומן.

ככלל, מבחינה תכנונית, שימור הנגר רצוי שיטופל בתכניות ברמת השכונה. עם זאת, במקרה שלא ניתן מענה לנושא שימור הנגר ברמת השכונה, יש לתת מענה לנושא זה גם בתכניות ברמת המבנה.

באזורים ההרריים - על גבי אקוויפר סדוק, להבחנה בין תכניות מפורטות ברמת השכונה/מתחם לתכניות ברמת המבנה, משמעות רבה יותר, כאשר במרבית המקרים שימור נגר באמצעות העשרה יידרש בתכניות ברמת שכונה בלבד על בסיס בחינה כוללנית של הטופוגרפיה והגיאולוגיה האזורית. לעומת זאת, באזור מישור החוף – על גבי תווך נקבובי, שימור הנגר יידרש הן בתכניות ברמת השכונה והן ברמת המבנה.

מבחינת אמצעי שימור הנגר לחלוקה זו משמעות רבה. בעוד שבתכניות ברמת המבנה ניתן לשמר נגר בעיקר באמצעות קידוחי החדרה, בתכניות ברמת המתחם קיימת גמישות רבה יותר בבחירת אמצעי שימור נגר נוספים, כדוגמת אגני השהיה וחלחול (ר' לוח מס' 1).

בתכניות ברמה שכונה ומעלה בהן מוצע שימור נגר בנפח מעל 50,000 מ"ק בשנה נדרשת היוועצות עם רשות המים.

סוג תכנית	מקור הנגר	אמצעי שימור נגר
תכניות ברמת המבנה	מי גגות ומרפסות בלבד	קידוחי החדרה בלבד
תכנית ברמת השכונה/ מתחם	מי גגות ומרפסות מי נגר ממגוון שימושי קרקע לאחר טיפול מקדים	קידוחי החדרה אמצעי איגום, השהיה וחלחול

לוח 1: מקור הנגר והאמצעים לשימור נגר לפי סוג תכנית

4.2. איכות הנגר לשימור

הנגר לשימור צריך להיות באיכות ראויה להחדרה.

החדרה לתווך הרווי או הלא-רווי תבוצע, לאחר טיפול מקדים, רק לנגר שמקורו במי גגות ומרפסות של מבני מגורים, מבנים ציבוריים או מסחר. ככל שתכנית מעוניינת להחדיר לתווך הרווי נגר שמקורו אחר (שטח פתוח, גינה, חניון, כביש, וכד'), יש לעשות זאת רק לאחר טיפול יעודי שיבטיח את איכות הגר הנדרשת להחדרה (כגון אגן ירוק, ביופילטר, או מתקן טיוב מאושר אחר). הבטחת האיכות נדרשת הן מבחינת מניעת כניסת מזהמים לאקוויפר והן למניעת פגיעה בקיים מתקן ההחדרה.

ככלל, בתכניות המאפשרות שימושי קרקע בעלי פוטנציאל לזיהום מי תהום, כגון אזורי תעשייה, תחנות דלק, מתקני ביוב וכד' אין לאשר שימור נגר בקרבת שימושים אלו.

אין לאפשר החדרת נגר מגגות ירוקים או גגות בהם מתאפשרים שימושים בעלי פוטנציאל זיהום. ככלל, באזורי עדיפות להחדרה בהם אין מניעה מיישום אמצעי החדרה, יש להעדיף החדרה של מי גגות על פני גגות ירוקים.

4.3. אזורים חשודים בזיהום מי תהום

באזורים חשודים בזיהום מי תהום, כמסומן בתשריט תמ"א²¹, יש להיוועץ ברשות המים ביחס לפתרון ההחדרה המוצע במסגרת בניה משמרת מים. במידה ויש חשש למשיכת זיהום מהקרקע אל מי התהום, רשות המים תדרוש ביצוע קידוח החודר ישירות למי התהום. בהתאם לצורך רשות המים תדרוש תוצאות של סקר קרקע, סקר גז קרקע ולאזו ניטור מי תהום על מנת לגבש חו"ד לגבי פתרון ניהול נגר מיטבי.

באזורים שקיים לגביהם מידע עדכני על קיומו של זיהום קרקע ומי תהום, על אף שאינם מסומנים כחשודים בזיהום מי תהום בתמ"א¹, ובאזורי תעשייה יש להיוועץ עם רשות המים באופן דומה.

² "אזורי רגישות להחדרה" בגרסת תמ"א 1 שאושר בדצמבר 2019

4.4. תקנים, תקינה ורישוי

מערכת ההחדרה תידרש לעמוד בתקנות הרישוי הרלוונטיות על פי: חוק הפיקוח על קידוחי מים, תשט"ו 1955; חוק המים, תשי"ט 1959; ובמסגרת תקנות התכנון והבניה הרלוונטיות (תכן בניה).

המערכת תעמוד בדרישות התקן הישראלי לביסוס וגיאוטכניקה (ת"י 940 חלק 1) ובפרט בסעיף 3.7.3.10 - תכן ניקוז וביוב³:

ב. מוצאות מים, כגון ברזים, פתחי בקרה של ביוב; פתחי מוצא של ניקוז ומקורות אחרים של מים העלולים לדלוף - ימוקמו במרחק של 3 מ' לפחות מגבולות המבנה. אם יש מקור מים קרוב יותר, **ניתן לבנות התקן אטיים במי וחד שימנע את הרטבת הקרקע ויסלק את המים הדולפים**

וכן בסעיף 3.7.4 - יסודות רדודים מעל מי התהום:

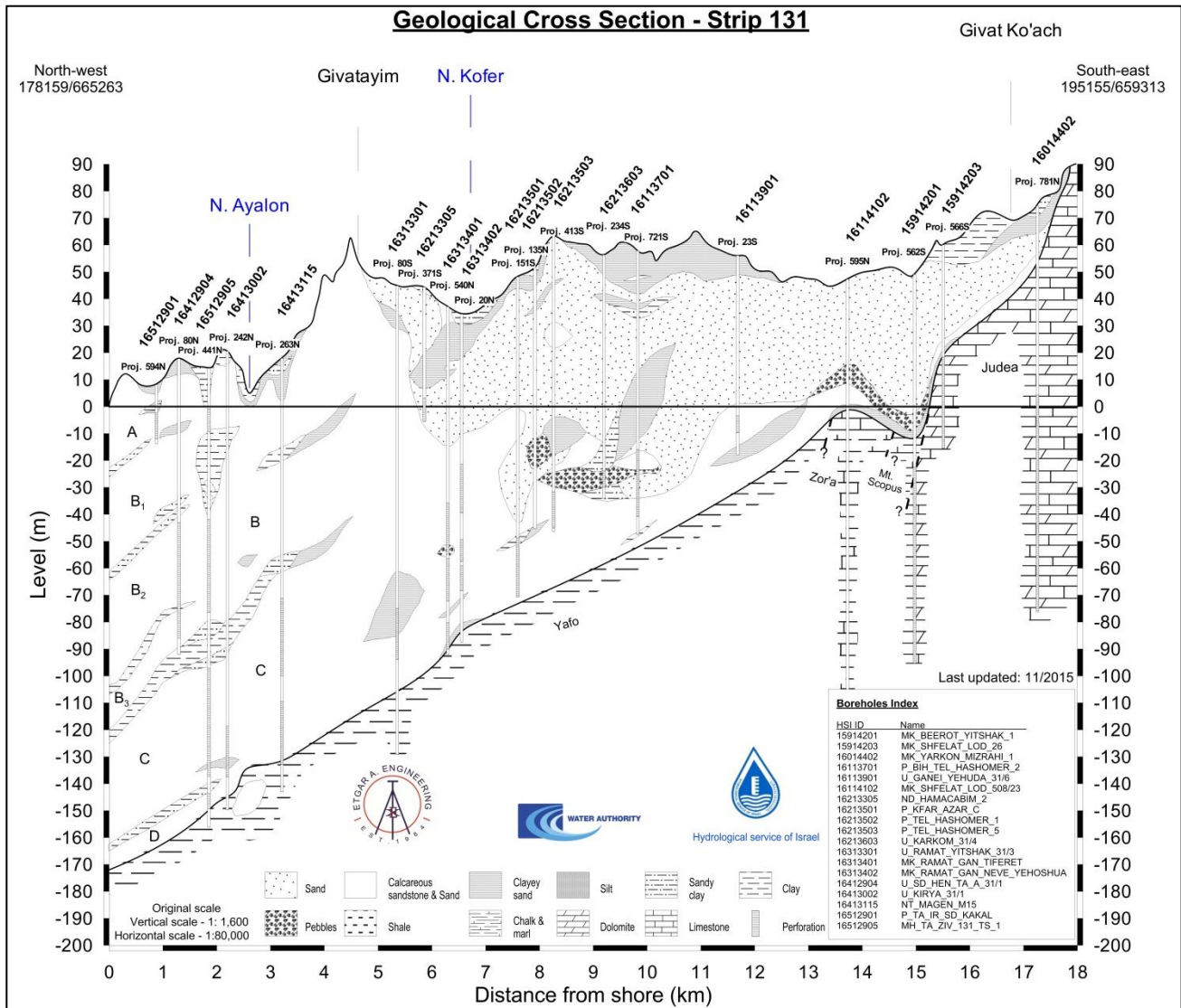
באזור של מי תהום קבועים ניתן לבסס מבנים שאינם רגישים לתזוזות על יסודות רדודים מעל מי התהום הקבועים. הדבר מותנה בכך שמרחק מי התהום הקבועים מתחתית היסוד אינו גדול מ- 2 מ'

4.5. ניהול נגר באזורים חופיים, אקוויפרים נקבוביים

4.5.1. רקע

האקוויפרים החופיים משתרעים לאורך מישור החוף של מדינת ישראל והינם אקוויפרים חופשיים (ללא שכבה חוצצת המונעת מעבר מים פני השטח), בעלי תווך נקבובי (איור 2), הבנוי ברובו משכבות של חול ואבן-חול גירית (כורכר). מפלס מי התהום נמצא בטווח מטרים בודדים עד עשרות מטרים (בלבד) מתחת לפני השטח. התכונות ההידרוגיאולוגיות של אקוויפרים אלו מאפשרות העשרה באמצעות קידוחי החדרה (גם לתווך הלא רווי מעל פני המים וגם ישירות למי התהום) במרבית המקומות. כלומר, באקוויפרים החופיים קל יחסית להחדיר מי נגר לתת הקרקע גם ברמת המגרש הבודד וגם ברמת השכונה.

³ התקן מתייחס לקרקעות תופחות (חרסיות)



איור 2: חתך אופייני באזור מישור החוף, לאורך רצועה 131.

4.5.2 גישה

בבסיס גישת שימור הנגר, נצבת ההנחה כי שימור נגר באקוויפרים נקבוביים (כדוגמת אקוויפר החוף) במרבית האזורים ניתן לביצוע באמצעים לא מורכבים, לאור התכונות ההידרוגיאולוגיות שלו ועומק ההחדרה הרדוד (עד עשרות מ' בודדים). לאור זאת, הדרישה לשימור נגר חלה הן על תכניות ברמת המגרש הבודד, והן על תכניות לשכונות ומתחמים גדולים, בכפוף לפרוט ההנחיות בנושא. בתכניות לשכונות ומתחמים גדולים יש יתרון להקמת אמצעי שימור נגר במרחב הציבורי, גם עבור נגר שמקורו במגרשי הפיתוח, זאת משיקולי בקרה ותחזוקה וההעדפה שזו תהיה באחריות הרשות המקומית.

4.5.3. עקרונות

העיקרון בבסיס מערכת ההחדרה הינו תפיסת מי הנגר הנקיים (ברמת המגרש מדובר על מים שמקורם בגגות ומרפסות בלבד ולא נגר ממשטחים אחרים) והעברתם באופן היעיל ביותר, תוך צמצום מרבי של פוטנציאל הזיהום, למי התהום. בתכניות ברמת השכונה/מתחם ניתן גם לתפוס את מי הנגר שמקורם משאר שימושי הקרקע העירוניים (ככל ואינם כוללים שימוש בעל פוטנציאל זיהום) כשהחדרתם הישירה למי התהום תתאפשר לאחר טיפול מקדים של סינון ושיקוע.

מתקן ההחדרה יכול להחדיר את המים ישירות לתווך הרווי של מי התהום, או להחדירם לתווך הלא רווי (מעל למפלס מי התהום).

4.5.4. הנחיות

ההנחיות שלהלן מתאימות לרמת המגרש הבודד וניתנות ליישום גם ברמת המתחם והשכונה. ההנחיות מציגות מערכת להחדרת מי גגות הכוללת שרשרת רכיבים שתפקידם להביא לידי החדרת מים באיכות המיטבית ולדאוג לשמירת תפקודה התקין של המערכת במשך עשרות שנים.

1. ניתן לפטור מהחדרה במספר מקרים, לאחר היוועצות עם רשות המים, באזורים שבהם לא ניתן להחדיר מים מסיבות הידרוגאולוגיות, כדוגמת אזורים בהם בין פני השטח לבין מפלס מי התהום מפריד מרחק קטן מ 4 מטרים⁴.

1. באזור רדיוס מגן ב', ניתן להחדיר מי נגר לתווך הלא רווי בלבד. באזור רדיוס מגן ג', אין הגבלות של החדרת מי נגר.

2. תכנית ברמת המגרש

2.1. התכנית תכלול מערכת החדרה לתת הקרקע, של נגר שמקורו מי הגגות והמרפסות בלבד, ותתכנן

את מערכת ההחדרה כך שהיא:

א. תקלוט באיגום את נפח המים המתקבל משטח הגגות והמרפסות באירוע גשם של 10 דק' בזמן חזרה של 1:5 שנים (הסתברות של 20%).

ב. תהיה בעלת יכולת החדרה שעתית של נפח המים המתקבל משטח הגגות והמרפסות באירוע גשם שעתית בזמן חזרה של 1:50 שנים (הסתברות של 2%).

⁴ תיקון 8 לתמ"א 1 קובע כי תכניות ששטחן 5 דונם ומעלה, החלות באזורי עדיפות להחדרה, אשר אינן כוללות אמצעי החדרה מסיבות הידרוגאולוגיות, יידרשו להיוועצות עם רשות המים.

3. תכנית ברמת השכונה

3.1. התכנית תכלול החדרה של כלל הנגר הנוצר על גגות ומרפסות המבנים בשטח התכנית או 25% מכלל הגשם הנוצר בכל שטח התכנית (הגבוה מבין השניים), באירוע גשם שעתי בזמן חזרה של 1:50 שנים (הסתברות של 2%).

4. התאמה לדרישות מנהל התכנון

4.1. נפח היעד לניהול המוגדר בהוראות תמ"א 1 סעיף 7.1.2 מחושב באמצעות מחשבון ברמה היממתית. לצורך התאמת הנחיות רשות המים לדרישות מנהל התכנון, חישוב נפח הנגר המינימלי להחדרה מתוך יעד נפח הנגר לניהול בתכנית יחושב כדלהלן:

4.1.1. ברמת המגרש - החישוב יתבסס על נפח האיגום הנדרש למערכת החדרה (כמפורט בסעיף 3.1 לעיל) כפול 5.

4.1.2. ברמת המתחם/ שכונה - החישוב יתבסס על נפח האיגום הנדרש למערכת החדרה (כמפורט בסעיף 3.1 לעיל) כפול 8.

5. מערכת החדרה (ברמת המגרש) תתבצע בהתאם למפרט הטכני (איור 1, נספח א') ותכלול:

5.1. צנרת המעבירה את מי הגשם בגרביטציה מהמרזבים אל שוחת סינון ושיקוע.

5.2. שוחת סינון ושיקוע, בה תואט מהירות זרימת המים ותתבצע הפרדה ראשונית של חלקיקים גסים ודקים מגוף המים. לשוחת הסינון והשיקוע יתוכנן ויוטמע פתרון ל"מי קיץ" ולמי השטף הראשון.

5.3. צנרת המעבירה את המים בגרביטציה משוחת הסינון והשיקוע, אל שוחת הקידוח.

5.4. שוחת קידוח הכוללת אלמנטים של סינון (שרוול גאוטקסטיל על גבי מקטע המסננות של ראש הקידוח) ותא שיקוע של חומר דק גרגר.

5.5. קידוח החדרה לתווך הרווי/לא רווי, יתוכנן בהתאם לתוצאות סקר לאפיון תת הקרקע, שנעשה בשטח התכנית. יש למקם את מקטע מסננות הקידוח אל מול שכבת מטרה להחדרת הנגר, שהוגדרה בסקר אפיון תת הקרקע.

5.6. בקידוח החדרה לתווך הרווי/לא רווי, החלל בין דופן הקדח לצינור העיוור של הקידוח (האנולוס), ימולט. החלל שבין בסיס האנולוס למקטע המסננות של צינור קידוח החדרה, ימולא בחומר גרנולרי (בין המקטע הממולט למקטע הגרנולרי, יפריד "פקק בנטוניט"). את תחתית מקטע המסננות יסיים מקטע צינור עיוור באורך מטר שבתחתיתו פקק ייעודי.

6. פעולת קדיחת קידוח החדרה תבוצע בפיקוח צמוד של מהנדס עם ניסיון מוכח בביצוע קידוחי מים.

7. יש לבצע מבחן החדרה בפיקוח הידרולוג, בכל קידוח, לפני הפעלת המתחם (המגרש)

8. יש לבצע את הוראות התחזוקה הרלוונטיות לכל מרכיבי מערכת החדרה, כפי שמופיע בנספח א'.

9. מתקן החדרה יתוכנן באופן שימנע כניסת חיות קטנות ודגירת יתושים.

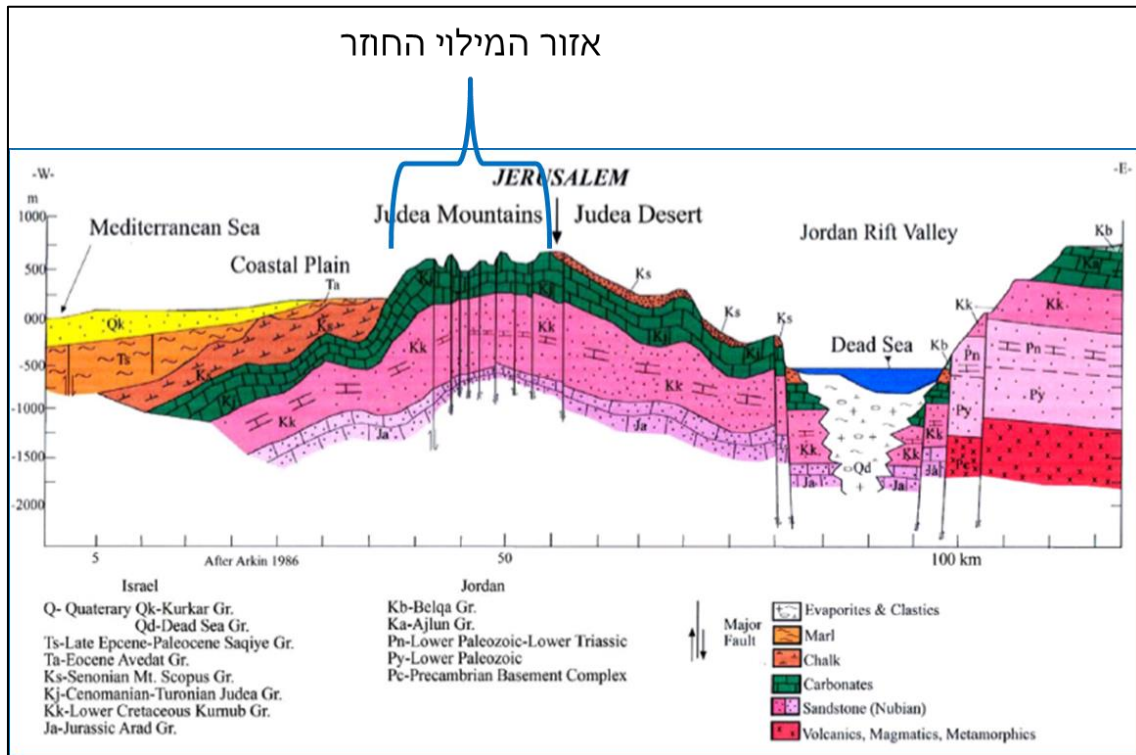
4.6. ניהול נגר באזור ההר, אקוויפרים סדוקים

4.6.1. רקע

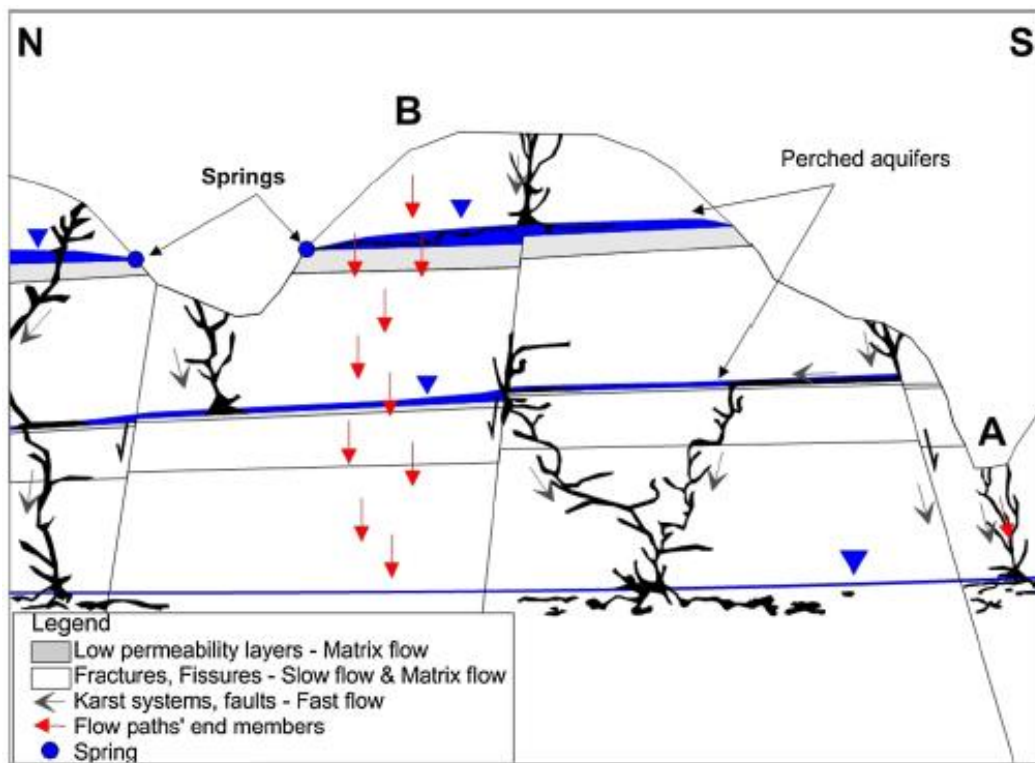
אקוויפרים סדוקים בנויים ברובם מסלעי גיר ודולומיט החשופים בעיקר באזור שדרת ההר המרכזית והגליל. באזורים אלו האקוויפרים חופשיים על פי רוב (ללא שכבה חוצצת המונעת מעבר מים פני השטח), ובהם מתרחש חלחול של נגר מפני השטח אל מי התהום רגיונליים (איור 3) או מי תהום שעונים (איור 4). לאור זאת אזורים אלו מסומנים כאזורי עדיפות להחדרה לתווך סדוק (איור 1). במורד אזורים אלו סלעי האקוויפר (המסומנים באיור 3 בצבע ירוק) נוחתים אל מתחת לשכבות לא מוליכות והאקוויפרים עוברים לתנאי כליאה, באזורים אלו מי הנגר אינם יכולים לחלחל (באופן ישיר) למי התהום. אזורי המילוי החוזר באקוויפר ההר המערבי (אגן ירקון תנינים) למשל, מהווים רק כ-20% אחוז מכלל שטח האקוויפר. מסיבה זו לבינוי ולתהליכי העיור השפעה רבה על נפחי המילוי החוזר והעשרת מי התהום.

אקוויפר סדוק הינו אקוויפר בעל מבנה הטרוגני המורכב מתווך נקבובי בעל יכולות העברת מים נמוכה מאוד ומערוצי זרימה מועדפים (בסדקים וחללים קארסטיים) המוליכים את המים במהירות אל תת הקרקע (איור 4.4). המבנה הגיאולוגי והטופוגרפי מכתוב משטר זרימה בו מי הנגר נקלטים בפני השטח וחודרים לקרקע עד שהם נקלטים באותם ערוצי זרימה. ערוצי זרימה אלו מובילים את המים למי התהום ולמעיינות בהתאם למבנה הגיאולוגי של תת הקרקע. במקביל לזרימה המהירה בסדקים מתרחשת גם זרימת רקע איטית לאורך התווך הנקבובי. מנגנון העשרה זה מכונה נקבוביות כפולה (Moench, A.F., 1984). תהליך הבינוי משנה את תכסית הקרקע העליונה ובמידה מסוימת גם את משטר הזרימה המקומי, אך אינו משנה את מבנה האקוויפר ואת מנגנון הזרימה בו.

שימור נגר באזור ההר מתבסס על הבנה שסילוק מהיר של הנגר למורד הזרימה אינו מהווה פתרון לשימור הן מבחינה הידרולוגית והן מבחינה הנדסית. למעשה, הסטה של הנגר לערוצי הנחלים, ללא אמצעי מיתון או השהיה, לא רק מובילה לזרימות עיליות מסיביות הגורמות לבעיות הנדסיות אלא בעיקר לאובדן מי הנגר וזרימתם לים, זאת כיוון שהמילוי החוזר לאורכם של הערוצים נמוך לאין ערוך ביחס למילוי החוזר על פני השטח כולו.



איור 3: חתך סכמתי של אקוויפר חבורת יהודה (בירוק כהה) לאורך גב ההר.



איור 4: מנגנון הזרימה בתוך סדוק (Dvory et al., 2016).

4.6.2. גישה

לאור מורכבות המבנה הטופוגרפי, הגיאולוגי וההידרולוגי – התת קרקעי, המאפיין את האקוויפר הסדוק, ומשטר הזרימה המורכב על פני הקרקע ואל מי התהום, כמתואר לעיל, גישת שימור הנגר באזור ההר מנחה לתכנון בעיקר ברמת השכונה/מתחם. הפתרונות לשימור נגר יתוכננו תוך שילוב בצורה המיטבית של המערכת ההנדסית ומערכת זרימת המים הטבעית. כלומר מיקום השצפיים ומתקני החלחול/החדרה יתבססו על אזורים בעלי פוטנציאל גבוהה לחלחול/החדרה - אזורי סידוק וחללים קארסטיים, ואמצעי השהיה והחדרה יתוכננו בערוצים המנקזים. בתכניות ברמת השכונה/מתחם קיימת אפשרות גדולה יותר לאתר אזורים בעלי פוטנציאל לחלחול/החדרה מאשר בתכניות קטנות ברמת המבנה, אך עם זאת גם בתכניות ברמת המבנה, ככל שאינן חלות בשטח בו תוכנן שימור הנגר ברמת השכונה, יש ליישם פתרונות שימור נגר, ככל שהדבר הניתן. הדבר חשוב במיוחד כאשר המבנה המתוכנן מצוי באזור בעל רגישות הידרולוגית חריגה (כגון סמיכות למעיין) כמפורט בהמשך.

4.6.3. עקרונות

העיקרון לבניה משמרת מים הוא תכנון המערכת בהתאם לרמת השימור הנדרשת עבור התכנית, אשר תיקבע בהתאם לרגישות ההידרולוגית של שטח התכנית. רגישות השטח תיקבע בשלבי התכנון הראשונים באמצעות הערכה הידרו-גיאולוגית ראשונית, שתיערך כמפורט בסעיף 4.6.4.1 להלן. לוח 2 להלן מתאר את רמת השימור הנדרשת בהתאם לרגישות ההידרולוגית :

רמת רגישות	רמת שימור
רמה 1	רגישות נמוכה = שכבות אטימות
רמה 2	רגישות גבוהה = מחשופים, ללא קרבה למעין (< 200 מ')
רמה 3	רגישות חריגה = מחשופים ובקרבה למעין (> 200 מ')
	שימור נגר בלבד במסגרת פתרונות עירוניים ככל וקיימים/ מתוכננים
	שימור נגר ותפקוד השטח כאזור הזנה לאקוויפר
	שימור הנגר ותפקוד השטח כאזור הזנה לאקוויפר ולמעיינות

לוח 2: רמת שימור לפי רמת רגישות הידרולוגית

1. **רגישות נמוכה - טיפול במי הנגר בלבד:** באזורים בהם בכל שטח התכנית קיימת יחידת סלע אקוויקלודית/אקוויטרדית רציפה בעובי העולה על 10 מ' - יחידה אטימה ואטימה למחצה (כגון תצורת מוצא וכפר שאול בחבורת יהודה) שאינה מאפשרת חלחול מים תוגדר רגישות

נמוכה. בתכניות החלות באזורים אלו יש לטפל בנגר הנוצר באמצעים שאינם כוללים חלחול/החדרה כגון איגום והשהייה ובמידה וניתן, להוליך את הנגר לאזורי חלחול מחוץ לשטח התכנית. לדוגמא, תכנית ברמת המבנה באזור אטים אשר לא יכולה לספק פתרונות שימור נגר בתחומה תתבסס במידת האפשר על שטחי חלחול והחדרה ברמה העירונית/ האגנית שיקבעו במסגרת תכנית אב מקומית לניקוז וניהול נגר/ תכנית כוללנית או תכנית אב אגנית.

2. רגישות גבוהה - שימור מי הנגר ותפקוד השטח כאזור הזנה לאקוויפר: באזורים בהם

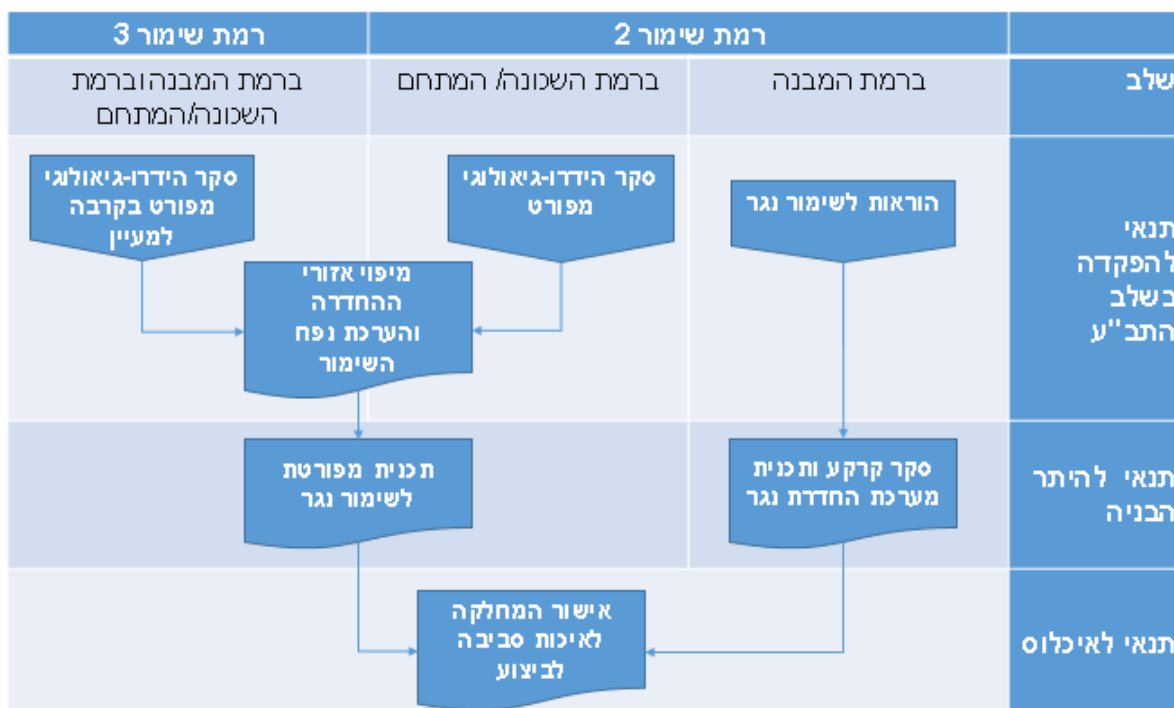
חשופים סלעי האקוויפר המחלחלים ובאזורים בהם קיימת יחידה אקוויקלודית (אטימה) דקה – פחות מ 10 מ' אשר ניתן להסירה או להחדיר מים אל האקוויפר שמתחתיה על ידי בארות החדרה, אך אין קרבה למעיין (מרחק העולה על 200 מ') תוגדר רגישות גבוהה. באזורים אלו נדרש לשמר את הנגר ולהעשיר את האקוויפר בהיקף מינימלי. יעד נפח מינימלי לשימור יקבע כחלק מסקר הידרוגאולוגי מפורט (כמפורט בסעיף 4.2.6.2.1). כמו כן יש לשמר את תפקוד השטח כאזור הזנה לאקוויפר וזאת על ידי פיזור מתקני החלחול/החדרה במרחב התכנית על בסיס מערכות סידוק וחללים קארסטיים ככל הניתן. בתכניות ברמת השכונה/מתחם אין להסתמך על נקודה אחת בלבד בשטח התכנית (החושפת סידוק או חלל קארסטי) לצורך חלחול/החדרת מי הנגר של התכנית כולה, זאת לאור המורכבות ההידרו-גאולוגית של אקוויפרים סדוקים אשר אינה מבטיחה שאותו סדק/חלל הוא חלק מנתיב הזרימה המועדף המוליך מים מפני השטח אל מי התהום.

3. רגישות חריגה - שימור מי הנגר ותפקוד השטח כאזור הזנה לאקוויפר ולמעיינות: אזורים

אלו מוגדרים בדומה לאזורים בעלי רגישות גבוהה אך הם מאופיינים בסמיכות גבוהה (פחות מ 200 מ') למעיין (על פי רשימת מעיינות⁵) ולכן מוגדרת רגישות חריגה. רמת השימור הנדרשת באזורים אלו כוללת בנוסף לשימור הזנת האקוויפר גם את שימור המעיין כמקור מים טבעי. בהתאם לכך בתכנון פיזור ומיקום מתקני החלחול/החדרה יושם דגש על מיקום חלק ממתקני העשרה באזור ההזנה הישיר של המעיין ויוגדרו נפחים לחלחול במתקנים אלו אשר ישמרו על שפיעת המעיין. אזור ההזנה של המעיין והנפחים הנדרשים יקבעו בהתאם לסקר הידרוגאולוגי מפורט בקרבה למעיין (כמפורט בסעיף 4.6.4.3). לאור העובדה שמרבית המעיינות הן מעיינות שעונים על גבי שכבה אקוויקלודית (כגון תצורת מוצא בהרי יהודה) ישנה חשיבות רבה על שמירת נתיבי הזרימה התת קרקעיים אל המעיין. לכן יש לשמור על מרחק של 15 מ' לפחות מגג התצורה האקוויקלודית ללא הפרה – חפירה, בניית יסודות וכו'.

⁵ מעיין מתוך רשימת מעיינות המתפרסמת ע"י רשות המים ב <https://data.gov.il/dataset/springs>

איור 5 להלן מתאר את תהליך תכנון וביצוע שימור הנגר בחלוקה לשלבי התכנון היתר והביצוע:



איור 5: עקרונות בניה משמרת נגר לתוכניות על גבי אקוויפר סדוק

בתכנית ברמת המבנה ברמת שימור 2 תיבחן אפשרות החדרת נגר בשלב היתר הבניה על בסיס סקר קרקע ובחינה של הידרוגיאולוג, כולל בחינת השפעה של ההחדרה במגרש על מבנים ותשתיות בסביבתו, ככל שקיימים או מתכוננים במפלס טופוגרפי נמוך יותר. ככל שסקר הקרקע יצביע על התאמה להחדרה יכלול היתר הבניה תכנון מערכת החדרת נגר.

4.6.4. מתודולוגיות וכלים

פרק זה סוקר את המתודולוגיות והכלים המרכזיים בהם נעשה שימוש בתחום בהתאם לעקרונות התכנון (איור 5).

4.6.4.1 הערכה הידרו-גיאולוגית ראשונית

מיפוי הידרו גאולוגי של אזור התכנית הקובע את גבולות אגן הניקוז העילי ואגן הניקוז התת קרקעי (מי התהום), מאפיין את יחידת הסלע עליה ממוקמת התכנית (אטימה או חדירה לחלחול), ומיפוי מקורות

מים באזור התכנית (מעיינות, קידוחים). על בסיס מיפוי זה תקבע רמת הרגישות ההידרולוגית ממנה נגזרת רמת שימור הנגר הנדרשת.

4.6.4.2. סקר הידרוגיאולוגי מפורט

סקר זה נדרש במידה ונקבעת רמת שימור גבוהה (2) ומטרתו הגדרת יעד נפח לשימור ואיתור ראשוני של אתרים המתאימים להצבת מתקני השהיה והחדרה בהתבסס על המבנה הגיאולוגי (אזורי סידוק, קארסט וכדומה). הסקר יכלול:

1) חישוב נפח החדרה של 35% מכלל הגשם הנוצר בכל שטח התכנית, באירוע גשם שעתי בזמן חזרה של 1:50 שנים (הסתברות של 2%), לכל הפחות. הגדרת נפח המים המינימלי לשימור מבוסס על הערכת נפח המים המחלחל בכל אגן במצב טבעי בהתאם לאזור האקלימי (מפת אזורי הגשם) ולכושר הולכה מוערך עבור אקוויפרים סדוקים.

לדוגמא באזור ירושלים נפח המים המחלחל בשטח של דונם מחושב בהינתן התנאים הבאים:

א. עובי גשם שעתי בזמן חזרה של 1:50 שנים: 27.1 מ"מ/שעה

ב. כושר הולכה של אקוויפר סדוק: 35% מנפח הגשם

$$27.1_{mm/hour} \cdot 0.35 \cdot 1000_{m^2} = 9_{m^3/hour}$$

מכך מתקבל שבאזור ירושלים הנפח הנדרש לשימור הינו 9 מ"ק/שעה לדונם, ערך זה יש להכפיל בשטח התכנית לקבלת יעד הנפח לתכנית כולה. לוח 3 מציג את הנפח לשימור לדונם בהתאם למפת אזורי הגשם.

בהתייחס להוראות תיקון 8 לתמא 1 לנושא ניהול נגר, יובהר כי נפר הנגר לשימור באזורי עדיפות להחדרה לתווך סדוק לא יפחת מ 60% מנפח היעד לניהול, שיחושב ע"פ מחשבון מנהל התכנון.

2) סקר שטח לאיתור אתרים המתאימים להצבת מתקני חלחול והחדרה (אזורי סידוק, קארסט מפותח, דולינות וכדומה) כולל הערכה ראשונית של כושר החלחול של כל אתר על ידי הידרוגאולוג. על בסיס אתרים אלו ימוקמו השצפיים ומתקני החלחול וההחדרה בתכנית.

4.6.4.3. סקר הידרוגיאולוגי מפורט – קרבה למעיין

סקר נדרש ברמת שימור חריגה (3) ובא להשלים פערי מידע אשר ללא מענה עליהם לא יהיה ניתן לקבוע את מידת השפעת התכנית על הזנת מי התהום ושפיעת המעיינות הסמוכים.

הסקר המפורט בקרבה למעיין יכלול בנוסף לנדרש בסקר מפורט (סעיף 4.6.4.2):

1. ניטור המעיינות הסמוכים לתכנית: ניטור ספיקה ואיכות מים במעיינות במידה ולא קיים ניטור מספק לגביהם בשירות ההידרולוגי או ברט"ג. על בסיס ניטור זה יוערך נפח המים שצריך לשמר באזור ההזנה של המעיין לצורך שמירה על שפיעת המעיין.
2. מיפוי אזור ההזנה של המעיין וקשרים הידרולוגיים: תיחום אזור ההזנה של המעיינות באמצעות סקר הידרוגיאולוגי מפורט הכולל מיפוי תת קרקעי של השכבה השוענת את המעיין באמצעות קידוחים או אמצעים אחרים (ככל שיוגדר על ידי ההידרוגיאולוג המלווה ויאושר על ידי הגורמים ברשות המים), מיפוי עובי השכבות מעל שכבת המים השעונה (לצורך שמירת מרחק של 15 מ' לפחות מגג השכבה השעונה ללא הפרה – חפירה, בניית יסודות וכו') והצלבת שטח האגן העילי של המעיין ושטח האגן התת קרקעי של המעיין. על בסיס המיפוי התת קרקעי במידת הצורך יבוצע ניסוי סמנים אקטיבי לאיתור קשרים אפשריים בין השכבה הכולאת (שכבת האקוויקלוד) לבין המעיין, בה במידה ויאותרו קשרים אלו יתוכנן מערך שימור הנגר סביב נקודות אלו.
3. איתור אזורי סידוק וקארסט נוספים, בדגש על אזור ההזנה של המעיין.

4.6.4.4 תכנון מערכת שימור הנגר

מערכת שימור הנגר תתוכנן החל משלבי התכנון המוקדמים על בסיס רמות הרגישות ההידרולוגית ורמות השימור הנדרשות. היא תכלול מתקנים הנדסיים להולכה והחדרת הנגר בתוך תחומי השצ"פ והשטחים הפתוחים אשר ימוקמו ויתוכננו על בסיס מיפוי אזורי סידוק וקארסט המתאימים לחלחול והחדרה. החדרת הנגר תבוצע במגוון אמצעים כגון אגני השהיה וחלחול, שטחים טבעיים לא מופרים, בארות החדרה וכדומה, ככל שיוגדר על ידי המתכנן ויאושר על ידי ההידרוגיאולוג המלווה.

בשלב התכנון המפורט (היתר בניה) תבוצע בחינת כושר החלחול/החדרה של כל אחד מהמתקנים/אתרי החדרה ובמידה ויתגלה כי כושר החדרה הכולל של כל המתקנים אינו עומד ביעד הנפח המינימלי לשימור יש להוסיף מתקני החדרה נוספים על מנת לעמוד ביעד הנפח לשימור. את מתקני החדרה יש לתכנן יחד עם מתקנים לטיפול מקדים (שיקוע וסינון) למניעת סתימת המתקן המחלחל על ידי סחף ובאופן המאפשר תחזוקה שוטפת של המתקנים.

5. ביבליוגרפיה

Moench, A.F., 1984. *Double-porosity models for a fissured groundwater reservoir with fracture skin*. Water Resour. Res. 20, 831–845. <http://dx.doi.org/10.1029WR020i007p00831>.

Dvory N Z, Livshitz Y, Kuznetsov M, Adar E, Yakirevich A., 2016. *The effect of hydrogeological conditions on variability and dynamic of groundwater recharge in a carbonate aquifer at local scale*. Journal of Hydrology 535 (2016) 480–494

רשות המים - תוכנית אב ארצית למשק המים – מסמך מדיניות, 2010

פרבר א, פרי נ. 2015. הנחיות לתכנון בניה משמרת נגר בירושלים – מסמך הנחיות למתכנן ולבודק התוכניות, עריית ירושלים

שמיר א, כרמון נ., 2007. תר"מ – תכנון רגיש למים, שילוב שיקולי מים בתכנון עירוני ואזורי. הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, מכון גרנד למחקר המים, המרכז למחקר העיר והאזור.

נספח א' - תקינה לקידוחי החדרה למי גגות

תיאור כללי

מערכת ההחדרה המפורטת בנספח זה מתוכננת לתפוס את מי הנגר מגגות ומרפסות הבניינים במגרש. באמצעות מערכת המרזבים, מועברים מי הגגות והמרפסות אל שוחת סינון ושיקוע של חלקיקים בפרקציות גודל שונות. בשוחת הסינון והשיקוע יותקן, פתרון ל"מי קיץ", על מנת להרחיק את מי השטף הראשון, מי שטיפת המרפסות ומים שנותרו בשוחה בתום אירוע הגשם.

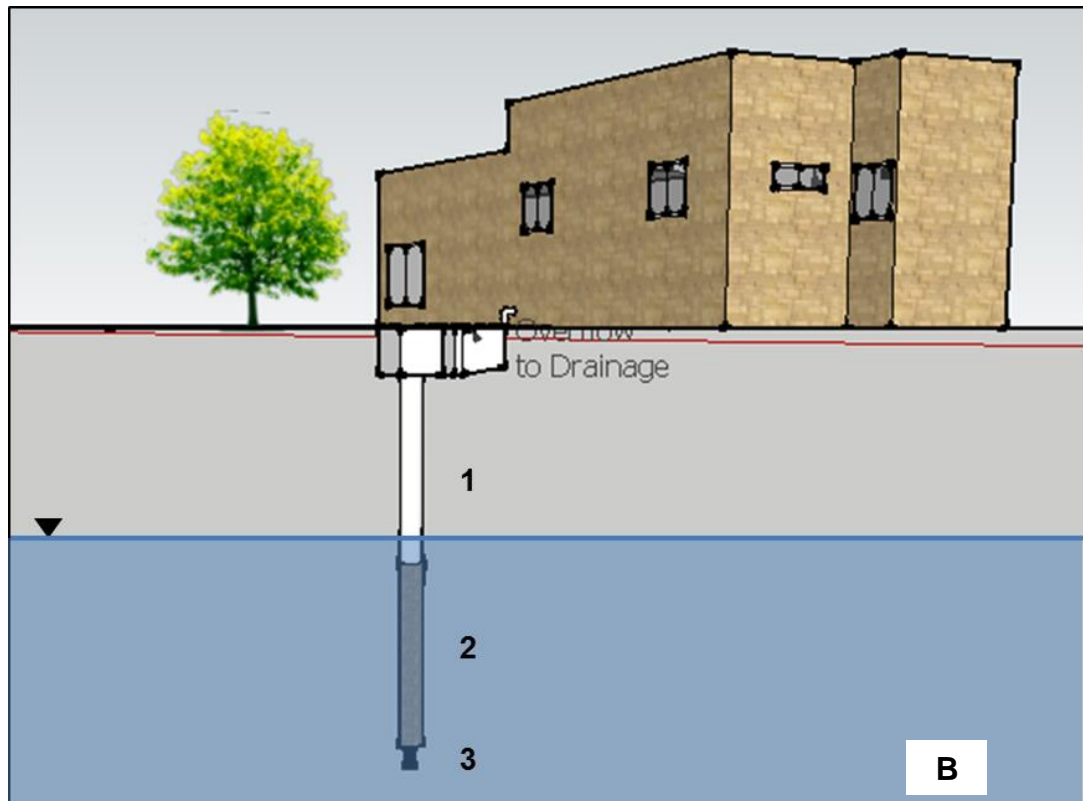
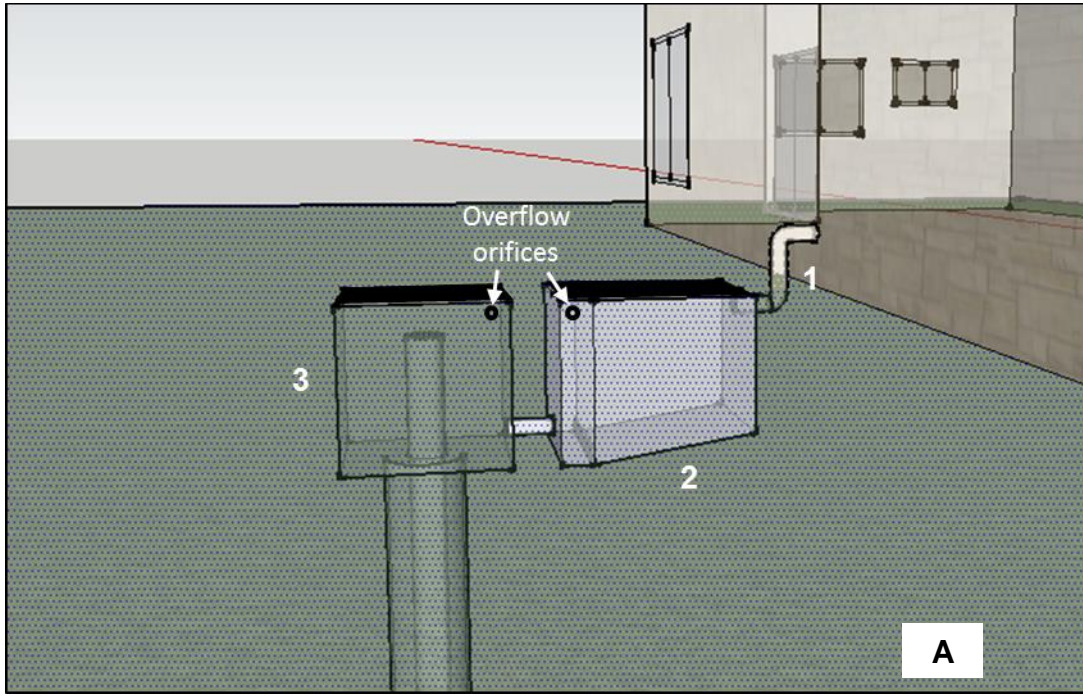
משוחת הסינון והשיקוע, יעברו המים בגרביטציה לשוחת הקידוח. במרכז שוחת הקידוח ימוקם צינור (קנה) ראש הקידוח, שיעטף בשרוול גאוטקסטיל. תפקיד שרוול הגאוטקסטיל הוא סינון והרחקה של חלקיקים דקי גרגר מגוף המים המיועדים להחדרה. כמו כן, המסננות בראש קנה הקידוח יתחילו מגובה של 5-10 ס"מ מתחתית השוחה, על מנת לשמש כאגן נוסף להשקעת פרקציה דקת גרגר. בשתי השוחות תותקן צנרת לניקוז עודפים (Overflow) ופתחי ניקוז למניעת מים עומדים. איור 1 מציג סכמה של מתקן ההחדרה (בהמשך יינתנו מפרטים סטנדרטיים העומדים בתקינה).

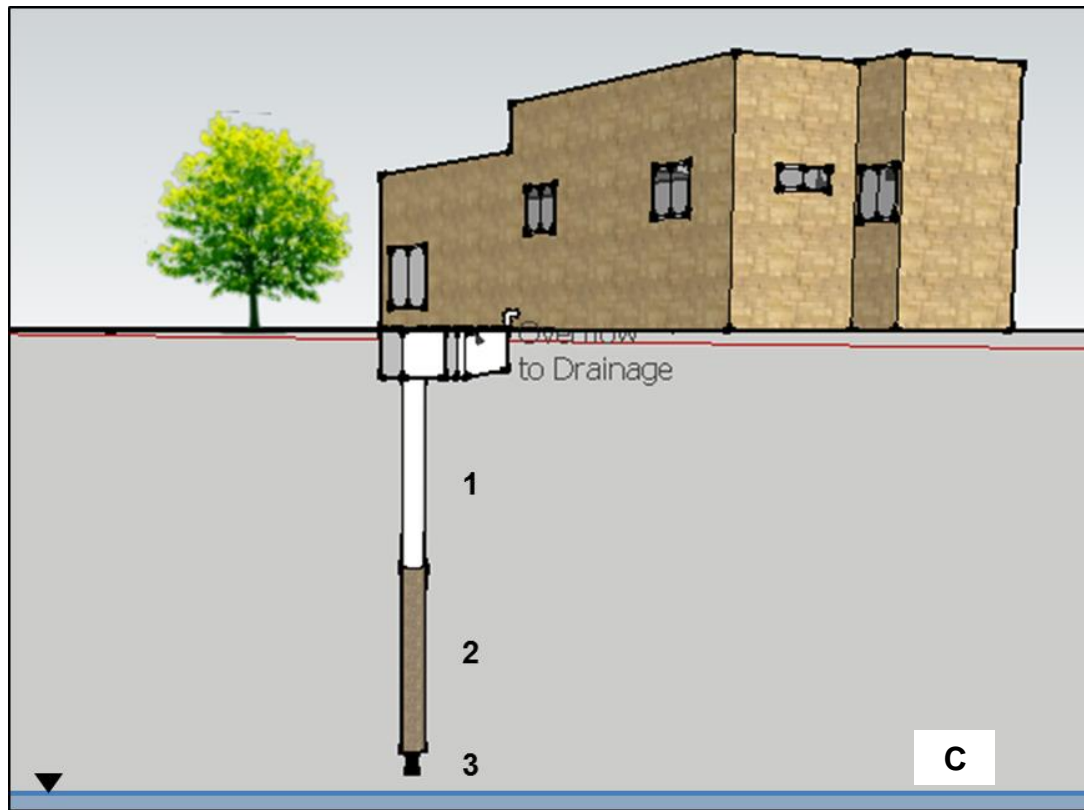
קוטר קנה הקידוח לא יפחת מ-20 ס"מ. כאשר מקטע הקנה העליון יהיה צינור עיוור שההיקף בין דופנו החיצוני להיקף האנולוס ימולא ביציקת בטון. אורך מקטע הצינור העיוור מוקף הבטון יקבע בהתאם לקריטריונים של תקן הביסוס - ת"י 940 ובאישור יועץ ביסוס; על מנת להימנע מסיכון ליסודות המבנה. עם ההגעה לטווח העומק הרצוי, בהתאם לתנאי הסף של תקנות הביסוס, לסוג הקרקע ולחו"ד של יועץ ביסוס, ימשיך את מקטע הצינור העיוור, מקטע צינור מסננות. בין דופן צינור המסננות להיקף האנולוס, ימולא החלל על ידי חומר גרנולרי (gravel pack), בעל מוליכות הידראולית גדולה משל התווך אליו חודרים מי הנגר. בין המקטע הממולט (בטון) לבין מקטע המילוי הגרנולרי יפריד "פקק בנטוניט" בעובי של כ-1.0 מטר. את תחתית מקטע צינור המסננות תסיים יחידת צינור עיוור באורך של 1.0 מטר, שבקצהו פקק ייעודי, למטרת ניקוי ותחזוקה.

כאמור, מתקן ההחדרה של מי הגגות מתוכנן לשני יעדי החדרה:

1. החדרת הנגר לתווך הרווי או בסמיכות (עד לשני מ' מעל למפלס מי התהום).
2. החדרת הנגר לתווך הלא רווי (עד שני מ' מעל למפלס מי התהום).

איור 1- סכמה של מתקן ההחדרה





- A-1:** סכמת שרשרת הקליטה של מי הגג: 1 – מערכת ניקוז מי הגג (צמ"ג); 2 – שוחת סינון ושיקוע; 3 – שוחת הקידוח.
- B-1:** סכמת מתקן החדרה לתווך רווי: 1 – מקטע הצינור הממולט; 2- מקטע המסננות וה- gravel pack; 3- מקטע הצינור העיוור לצרכי ניקוי ותחזוקה.
- C-1:** סכמת מתקן החדרה לתווך הלא רווי: 1 – מקטע הצינור הממולט; 2- מקטע המסננות וה- gravel pack; 3- מקטע הצינור העיוור לצרכי ניקוי ותחזוקה.

מיקום

כתנאי לקביעת מיקום שוחת סינון ושיקוע, ושוחת הקידוח ביחס למבנה, יש לקיים את הוראות סעיף 3.7.3.10, סעיף קטן ב'; ת"י 940 – ביסוס: "מוצאות מים כגון ברזים; פתחי בקרה וביוב; פתחי מוצא של ניקוז ומקורות אחרים של מים העלולים לדלוף – ימוקמו במרחק של 3 מ' לפחות מגבולות המבנה. במידה ויש מקור דליפת מים קרוב יותר, ניתן לבנות התקן אטים מיוחד, שימנע את הרטבת הקרקע ויסלק את המים" (**התקן מתייחס לקרקעות תופחות בלבד!**).

- ישנן מספר חלופות למיקום מתקן ההחדרה למי הגגות:
1. בשטח המגרש שמגגו מוחדר הנגר.
 2. מחוץ לשטח המגרש, בשטח הציבורי.

3. מחוץ לשטח המגרש, בשטח ציבורי פתוח (שצ"פ) אליו ירוכזו מי הגגות.

עקרונות תכנון עבור מתקן החדרה

- הצנרות המוליכות את מי הגשם מהגגות (צמ"ג) יתוכננו בהתאם לתקן 1205 ותקן הבניה, 2019.
- חישוב ספיקות תכן.
- חישוב ממדי שוחת סינון ושיקוע (בהתאם לנפח נגר שנוצר באירוע עם זמן חזרה 1:10, למשך 10 דקות).
- חישוב עומק וקוטר הקדח – חלק צינור עיוור וחלק מסננות.
- חישוב קצב החדרת הנגר מהקידוח לקרקע/מי התהום.
- יציאת עודפי מים (מים שלא הוחדרו - Overflow) למערכת הניקוז.
- תחזוקה: שוחת סינון ושיקוע, שוחת קידוח וקנה קידוח.

חישוב ממדי מתקן החדרת הנגר – שוחת סינון ושיקוע, ושוחת הקידוח (כולל נפח קנה הקידוח) נקבע בהתאם לספיקת התכן ולנפח הסופתי (סעיף 2 בהנחיות).

1. שוחת סינון ושיקוע

שוחת הסינון והשיקוע תחולק לשלושה חלקים):

1. רכיב קליטת הנגר ממערכת המרזבים. בתחתית השוחה יקבע במידת הצורך פתח לניקוז מי קיץ, על מנת למנוע הצטברות מים עומדים בין אירועי הגשם ולמנוע מעבר של מי השטף הראשון ומי שטיפת מרפסות.
2. רכיב סינון שמטרותיו: (1) לסנן חומרים מרחפים גסים, הנישאים בגוף המים היורדים מהגג, ו- (2) להוריד את אנרגיית הזרימה של המים על מנת לאפשר שיקוע של הפרקציה דקת הגרגר המסווגת כסילט (0.002-0.05 מ"מ). חישובי השקעת הסדימנט הנישא בגוף המים יעשו על פי נוסחאות חוק סטוק.
3. רכיב יציאת הנגר: צנרת הניקוז היוצאת משוחת הסינון והשיקוע אל שוחת הקידוח תהיה ממוקמת בגובה של לכול הפחות 10 ס"מ מקרקעית שוחת הסינון והשיקוע, על מנת לצמצם מעבר של פרקציה דקת גרגר לשוחת הקידוח, ולאפשר גישה נוחה לצנרת המקשרת בין השוחות לצורך תחזוקה.

תקנים רלוונטיים: ת"י-489, ת"י-658, ת"י-1923.

2. שוחת קידוח ההחדרה

בין שוחת הסינון והשיקוע, לשוחת הקידוח תוביל צנרת העומדת בספיקות המתוכננות ביציאה משוחת הסינון והשיקוע (על הצנרת לעמוד בתקינה). במרכז שוחת הקידוח יימצא ראש קנה הקידוח – צינור בו המסננות מתחילות מגובה של כ 5 ס"מ מפני קרקעית השוחה, על מנת לאפשר שקיעה של פרקציה דקת גרגר ולצרכי תחזוקה (ניקוי השוחה). המסננות יעטפו בשרוול גאוטקסטיל (בעל גודל החור (A.O.S) קטן מ- 0.1 מ"מ) שנועד למנוע מפרקציה דקת גרגר להיכנס לקנה הקידוח. בחלקו העליון של קנה ראש הקידוח תותקן שבכה המיועדת להרחקת פרקציה גסת גרגר בלבד עד לגודל של 0.05-0.002 מ"מ. כבשוחת הסינון והשיקוע, גם לשוחת הקידוח יתוכנן ויוטמע פתח ליציאת עודפים.

3. קידוח ההחדרה

חלקי קנה הקידוח ייוצרו במפעל מוכר המכין צנרות ייעודיים לקידוחים העומדים בתקנים בינלאומיים ו/או ישראליים. קצהו התחתון של קנה הקידוח יאטם באמצעות פקק ייעודי. מסננת הקידוח תהיה בעלת מוליכות הידראולית ידועה (נתון זה מסופק ע"י היצרן), כשחריץ המסננת יהיה בעובי 1.0 מ"מ. יש להרכיב ממרכזים על מקטע מסננות הקידוח במרווחים של 2 מ' זה מזה בכדי שמקטע המסננות ימוקם במרכז הקידוח. חלל האנולוס (המרווח שבין דופן קנה הקידוח לדופן הקדח) יהיה בעובי של לפחות 7.5 ס"מ וימולא עד לכ- 1 מ' מעל למקטע המסננות, על ידי חומר גרנולרי (עם עדיפות לחצץ קוורץ או כדוריות זכוכית המשמשים ל- gravel pack) בקוטר של 1.5- 2.5 מ"מ (יש לשטוף את החומר הגרנולרי לפני הכנסתו לקידוח). מעל לחומר הגרנולרי יוכנס פקק בנטונייט בעובי של 1.0 מ' ומעליו ועד לפני הקרקע יבוצע מילוט. תפקידו של החלק הממולט הינו לעמוד בדרישות הביסוס למניעת סיכון יסודות המבנים ולמנוע מזיהומים על פני השטח, מלהגיע ולחדור אל קדח הקידוח. לפני הכנסת חלקי קנה הקידוח לתת הקרקע, יש לשטוף אותם בצורה יסודית במים - בלחץ.

קידוחי החדרה לתווך הרווי יבוצעו או ללא נזלי קדיחה או תוך שימוש בפולימר מתכלה לקדיחה, כשבסיום הקדיחה ינוקה הקידוח באמצעות משאבה טבולה. נפח השאיבה יהיה לפחות 20 נפחים של המים המוכלים בקידוח ויתבצע עד קבלת מים צלולים. בתום השאיבה יבוצע לקידוח מבחן החדרה בפיקוח הידרולוג/הידרוגאולוג, לצורך בחינת כושר ההחדרה של הקידוח.

קידוחי החדרה לתווך הלא רווי יבוצעו או ללא נזל קדיחה או תוך שימוש בפולימר מתכלה ביולוגית. בתום התקנת הקידוח, יבוצע מבחן החדרה בפיקוח הידרולוג/הידרוגאולוג, לצורך בחינת כושר ההחדרה של הקידוח.

4. תחזוקת המערכת

הטיפול התחזוקתי למתקן ההחדרה למי גגות יעשה על פי סדר הפעולות המתואר בסעיפים הבאים:

1. שוחת סינון ושיקוע:

בתדירות של אחת לשנה, לפני תחילת גשמי החורף, יש לבצע פעולות לתחזוקת שוחת הסינון והשיקוע (שוחה מס' 2 באיור A-1). התחזוקה כוללת ניקוי של חלקיקים גסים כדוגמת זרדים ועלים, וחלקיקים דקי גרגר שהצטברו על קרקעית השוחה. במידה וקיימות בשוחת הסינון והשיקוע מחיצות כדוגמת רשתות סינון, יש להוציאן מהשוחה לצורך ניקוי בעזרת שטיפה במים. בתום השטיפה, יש להחזיר את הרשתות למקומן; במידת הצורך יש להחליפן

2. שוחת הקידוח:

בתדירות של אחת לשנה, לפני תחילת גשמי החורף, יש לבצע פעולות לתחזוקת שוחת הקידוח (שוחה מס' 3 באיור A-1). תחזוקת השוחה כוללת ניקוי של חלקיקים גסים ודקי גרגר שהצטברו על קרקעית השוחה ובמתקן לסילוק "מי קיץ".

את שרוול הגיאוטקסטיל יש להסיר מראש הקידוח ולשטפו במים עד לקבלת מים צלולים בדלי. במידה ובשרוול הגיאוטקסטיל מתגלים קרעים/חורים ו/או חומר גרנולרי דק גרגר הפוגע בכושרו של הבד להעביר מים, יש להחליפו בשרוול גאוטקסטיל חדש.

יש לוודא כי הצנרת המקשרת בין שוחת הקידוח לשוחת הסינון והשיקוע, נקייה מכל גורם זר שהוא, כך שמעבר המים בין השוחות יתבצע ללא הפרעה.

3. קנה הקידוח:

בתדירות של אחת לשנה יש לבצע פעולות תחזוקה לקנה הקידוח (איורים B-1 ו C-1). קנה הקידוח הן של המתקן ההחדרה לתווך הרווי והן למתקן ההחדרה לתווך הבלתי רווי מסתיימת ביחידת צינור עיוור באורך של מטר שבתחתיתו פקק. יש להוריד למקטע העיוור משאבה טבולה ולשאוב את הסדימנט שהצטבר בתחתית הקידוח. במתקן המיועד להחדרה לתווך הלא רווי, יש למלא, את קנה הקידוח במים ולשאוב בעזרת משאבה טבולה את הסדימנט שהצטבר בתחתית. על פעולת מילוי קנה הקידוח במים להתבצע במקביל לפעולת שאיבת הסדימנט מתחתיתו.

בקידוח החדרה לתווך הלא רווי, יש לבצע בתדירות של אחת לחמש שנים ניקוי של מסננות הקידוח, ע"י שטיפתן בלחץ של 50-150 אטמוספירות ובקצב של 1 דקה למטר, עם תמיסת מים המכילים קלגון (7%). השטיפה

תעשה באמצעות דיזות רדיאליות. מיד בתום השטיפה יש לבצע שאיבה, באמצעות משאבה טבולה, של הרכז שירד לתחתית הקידוח במהלך השטיפה.

בתום התהליך יש לבצע מבחן החדרה, לבחינת כושר ההחדרה של הקידוח.

מגוף מי הקיץ:

יש להידרש למגוף מי הקיץ פעמיים בשנה. בתחילת עונת הגשמים, לאחר שמחת תורה ב-י"ב בתשרי, יש להעביר את המגוף למצב "חורף" כך שכל המים הנכנסים לשוחה יופנו להחדרה. בסוף עונת הגשמים, לפני חג הפסח ב-י"ג בניסן, יש להעביר את המגוף למצב "קיץ" כך שספיקות נמוכות יופנו למערכת הביוב העירונית.