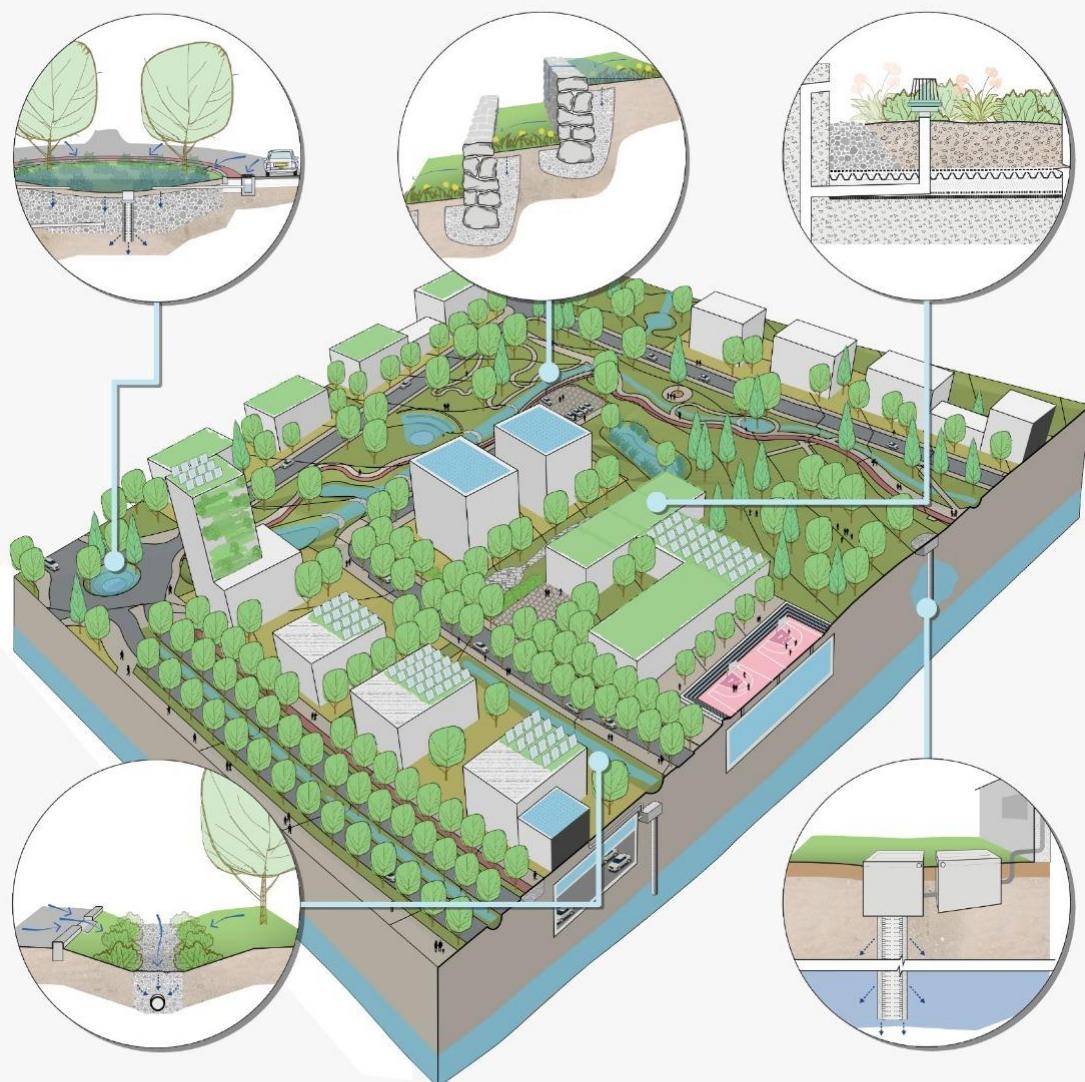


# מסמך מדיניות ניהול נגר עירוני



מינהל התכנון

מרץ 2021

### **צוות העבודה:**

רחלי קולסקי - מנהלת אגף מים, קרקע ומוסדות ציבור לאומיים, מינהל התכנון  
פיינה קרנץ - אגף מים, קרקע ומוסדות ציבור לאומיים, מינהל התכנון  
עדית בן בסט - מתכננת ערים, יועצת למנהל התכנון  
ירון גלר - הידרולוג  
גלעד ספיר - הידרולוג, חברת DHV MED  
טלי וקסלר - אדריכלית נוף, נחלת הכלל  
מייל גרוסמן - כלכלנית, חברת AVIV AMCG  
לייט הילמן - יועצת משפטית, מינהל התכנון  
ד"ר בן בלק - עמית ממשק, מינהל התכנון



**תוכן עניינים**

8.....	1. מבוא .....
8.....	1.1. הקדמה .....
10.....	1.2. <b>שינויי אקלים בישראל</b>
11.....	1.3. <b>למי מועד המسمך</b>
11.....	1.4. <b>צורת עבודה, תהליך ומשתתפים</b>
12.....	2. <b> מדיניות ניהול נגר ומטרות המסמך</b>
12.....	2.1. <b>רקע</b>
14.....	2.2. <b> מדיניות ניהול נגר מוצעת</b>
15.....	2.3. <b> מטרות מסמך המדיניות</b>
16.....	3. <b> ניהול נגר בישראל - תיאור מצב קיים</b>
16.....	3.1. <b> רקע כללי</b>
16.....	3.2. <b> גשם ונגר בישראל</b>
17.....	3.3. <b> שחknim ראשיתים בניהול נגר בישראל</b>
17.....	3.3.1. <b> רשות המים</b>
17.....	3.3.2. <b> משרד החקלאות ופיתוח הכפר</b>
17.....	3.3.3. <b> רשותי הניקוז ורשותות נחל</b>
18.....	3.3.4. <b> רשותות מקומיות</b>
18.....	3.3.5. <b> תאגידי מים וביבוב</b>
18.....	3.3.6. <b> גופים לא משלתיים :</b>
19.....	3.4. <b> חקיקה ומדיניות לניהול משאב המים והניקוז בישראל</b>
19.....	3.4.1. <b> חקיקה ראשית ומשנית</b>
20.....	3.4.2. <b> מדריכים, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הנגר</b>
23.....	3.5. <b> ניהול נגר בתכנון בישראל</b>
23.....	3.5.1. <b> תכניות מתאר ארכיטוות</b>
25.....	3.5.2. <b> תכניות מתאר מחוזיות</b>
26.....	4. <b> מדיניות תכנון מוצעת לניהול נגר בישראל</b>
26.....	4.1. <b> כללי</b>
26.....	4.2. <b> מסגרת כוללת לקידום המדיניות</b>
26.....	4.2.1. <b> מסגרת תכניתית והליך התכנון (הליכים סטטוטוריים):</b>
26.....	4.2.2. <b> מסמך מדיניות, העוסק בין היתר בנושאים הבאים:</b>
27.....	4.2.3. <b> הליימי הפצה והטמעה</b>
28.....	4.3. <b> ניהול נגר מגן הניקוז ועד למגרש הבודד</b>
28.....	4.3.1. <b> מסגרת כוללת</b>
28.....	4.3.2. <b> ניהול נגר בהלכי התכנון</b>
29.....	4.3.3. <b> היררכיות תכניות לגיבוש והטמעת תפישה כוללת לניהול נגר</b>
38.....	4.3.4. <b> מערכות היחסים בין התכניות השונות</b>
39.....	4.4. <b> הצעות לסייע הראות ניהול נגר לשילוב בתכנית</b>
39.....	4.4.1. <b> הראות כלליות לשילוב בפרק 6 ' הראות נוספת'</b>

40	הוראות מפורטות למגרשים:	.4.4.2
40	הוראות לשילוב אמצעי חלול והחדרה:	.4.4.3
40	עקרונות לתכנון:	.4.4.4
41	הוראות לשילוב בפרק 4, 'יעודי קרקע ו שימושים'	.4.4.5
42	הוראות לתוכניות כוללניות	.4.4.6
<b>43</b>	<b>4.5. השינוי המוצע והשפעתו על הליך התכנון</b>	
43	חישוב יעד ניהול נגר בתכנית	.4.5.1
43	חשיבות הגשת נספח ניהול נגר בתכנית ויישום אמצעי ניהול נגר בהיתר	.4.5.2
44	גמישות בקביעת יעד ניהול נגר בתכנית	.4.5.3
44	פתרונות ניהול נגר מחוץ לשטח התכנית	.4.5.4
44	עמידה ביעד מניעת הצפות לפי שימושי הקרקע	.4.5.5
45	גמישות בחותמת הגשת נספח ניהול נגר	.4.5.6
45	יעידוד והעדפת שימוש באמצעי ניהול הכללים חלול והחדרה למי תחום:	.4.5.7
<b>46</b>	<b>4.6. שילוב היבטי ניהול נגר בהליכי התכנון</b>	
46	הליך תכנון ראשוני	.4.6.1
46	הליך תכנון סטטוטורי	.4.6.2
46	עריכה ואישור היתר בניה	.4.6.3
47	בדיקות תכנון, בקרה ביצוע וגמר ביצוע	.4.6.4
<b>48</b>	<b>4.7. מתווה לקבלת החלטות לבחירת תמחיל אמצעי ניהול נגר בתכנית</b>	
48	התאחדות עירונית	.4.7.1
49	תחזקה ופעילות - הבטחת תחזקה וייעילות שוטפת	.4.7.2
50	העדפת פתרונות מבוססי טבע	.4.7.3
50	ニיטול משאב הקרקע	.4.7.4
50	גמישות בבחירה אמצעי ניהול נגר	.4.7.5
50	גיון ופריסת אמצעים	.4.7.6
51	העדפת פתרונות חלול והחדרה בשטחים בעלי חשיבות להעשרה מי תחום	.4.7.7
51	טיפול למי הגאות והמרפסות	.4.7.8
<b>52</b>	<b>4.8. מדיניות תכנון מוצאים חדשים</b>	
<b>58</b>	<b>5. בוחינה כלכלית .....</b>	<b>5</b>
58	תקציר	.5.1
60	מבוא	.5.2
61	סקירה ספרות	.5.3
64	מתודולוגיה	.5.4
64	בחירה תוכנית	.5.5
65	5.6. חלופות תכנון למערכות ניקוז לתמ"ל 1001	
65	פירוט חלופות מערכות הניקוז	.5.6.1

66	מבנה סכמטי של החלופות	.5.6.2
<b>67</b>	<b>5.7. בסיסי נתוניים</b>	
67	תמל"ל 1001	.5.7.1
67	נתוניים כמותיים, מצב מוצר	.5.7.2
68	יעד נפח הנגר לניהול בתכנית	.5.7.3
<b>69</b>	<b>5.8. הנחות עבודה</b>	
69	תכנון מערכות הניקוז	.5.8.1
69	בחירה אמצעי ניהול נגר	.5.8.2
69	חישוב מקדמי הנגר	.5.8.3
69	שונות בחישוב עלויות בין אזור החוף לאזור ההר	.5.8.4
70	תגנון תשתיות התיעול	.5.8.5
<b>71</b>	<b>5.9. חישוב עלויות</b>	
71	כללי	.5.9.1
71	חישוב עלויות מערכות ניהול נגר במרשי הפתוח	.5.9.2
72	חלוקת עלויות	.5.9.3
<b>73</b>	<b>5.10. חלופות תכנון וחישוב עלויות</b>	
73	חלופה מס' 1	.5.10.1
73	חלופה מס' 2	.5.10.2
74	חלופה מס' 3	.5.10.3
74	חלופה מס' 4	.5.10.4
<b>75</b>	<b>5.11. סיכום השקעות בחלופות השונות</b>	
76	חלוקת השקעות בחלופות השונות	.5.11.1
76	חלוקת השקעות מערכות הניקוז בחלופות לפי שימושי קרקע:	.5.11.2
<b>80</b>	<b>5.12. ניתוח ורישיות</b>	
<b>83</b>	<b>5.13. עלויות שנתיות</b>	
<b>85</b>	<b>5.14. תועלות</b>	
<b>85</b>	<b>5.15. תועלות כמותיות - החדרת מים לאקויפר</b>	
85	מניעת נזקי הצפות בתכנית ובמודד	.5.15.1
87	מיצוי פוטנציאלי ציוף עירוני בהלכי התחדשות עירונית	.5.15.2
87	הוספה ופיתוח שטחים ירוקים במרחב העירוני	.5.15.3
88	шиיקום האקויפר	.5.15.4
88	מניעת זיהום נחלים, ים ושטחים פתוחים ממוצאי ניקוז	.5.15.5
<b>89</b>	<b>5.16. תMRIצים אפשריים</b>	
89	היטל הניקוז	.5.16.1
89	פיתוח מערכת השיפויו ברשות המים	.5.16.2
89	הנחות ביצוח נזקי הצפה	.5.16.3
90	מטלות ים	.5.16.4
90	יעוד חלקי של היטל הניקוז לטובה ניהול נגר	.5.16.5

90	קרון שטחים פתוחים	.5.16.6
90	עידוד פיתוחים טכנולוגיים מתקדמים	.5.16.7
91	<b>5.17. סיכום ומסקנות</b>	
93	6. כלים ובסיסי נתוניים הידרולוגיים לתכנון .....	
93	6.1. ריכוך הנחיות לחישובים הידרולוגיים	
93	6.2. עצמות גשם לתכנון	
93	6.2.1. מקדם הפחתה מרחבית	
94	6.2.2. אירוע גשם	
96	<b>6.3. זמן ריכוך</b>	
97	6.3.1. זרימה משטחית	
98	6.3.2. זרימה רדומה עד קולtan	
99	6.3.3. זרימה עורקית	
99	6.3.4. זמן ריכוך מעורר	
99	6.3.5. זמן ריכוך באגנים בהם עיקר תרומת הנגר נוצרת רק בחלק מהשטח	
100	6.3.6. זמן פיגור	
101	6.3.7. שיטה לא מומלצת לחישוב זמן ריכוך	
101	<b>6.4. חישוב ספיקת השיא של הנגר</b>	
102	6.4.1. השיטה הרצינאלית העדכנית	
104	6.4.2. הידרוגרפיה יחידה	
105	6.4.3. הידרוגרפיה יחידה סינטטי בשיטה אמפירית	
108	6.4.4. מודל גשם-נגר רציף	
112	<b>6.5. חישוב נפח הנגר</b>	
112	<b>6.6. חישוב ספיקת רגעים של נגר עדף</b>	
115	<b>6.7. פשוט ורומי הצפה</b>	
116	<b>7. סל אמצעי ניהול נגר</b> .....	
119	<b>7.1. הולכת נגר (Flow CONTROL)</b>	
122	7.1.1.1. לימנים	
123	7.1.1.2. טرسות	
125	7.1.2.1. אי תנועה מנקי	
126	7.1.2.2. ניקוז במרכז המסעה	
127	7.1.2.3. אבן תעלת	
169	<b>7.4. החדרה לתוך הרווי</b>	
175	<b>8. אמצעים משלימים לקידום ניהול נגר בישראל</b>	
175	<b>8.1. השלמת תכנון אגני ומקומי</b>	
175	<b>8.2. אימץ תכניות האב האגניות והמקומיות ע"י</b> מוסדות התכנון המחוחים והמקומיים .....	
175	<b>8.3. קידום תמ"א משלימה לניהול סיכון שיטפונות בשטחים פתוחים</b>	
175	<b>8.4. חקיקה</b>	
176	<b>9. מיליון מונחים</b> .....	

177 .....	10. נספחים
177 .....	נספח מס' 1 פירוט עלויות חלופה מס' 1
183 .....	נספח מס' 2 פירוט עלויות חלופה מס' 2
186 .....	נספח מס' 3 פירוט עלויות חלופה מס' 3
187 .....	נספח מס' 4 פירוט עלויות חלופה מס' 4
189 .....	נספח מס' 5 בסיס נתוני עצמות גשם לתקנון בישראל
205 .....	11. ביבליוגרפיה .....



## 1. מבוא

### 1.1. הקדמה

מטרתה העיקרית של מלאכת התכנון היא לספק לאוכלוסייה סביבה בטוחה וראוייה למחייה, לשגשוג ולצרכי העתיד. בהקשר ההידרולוגי, בו עוסקת עבודה זו, המשמעות היהתה שבבחירה מקום להתיישבות אנושית, נshallו גםقربה למקורות מים והאגנה מפני מג האוויר ובפרט גשםים. פיתוח מערכות הניקוז והטיפול בתת הקרקע, אפשר לתכנון, במובנים מסוימים, להתחשב פחות בשיקולים אלו, מה שהביא לשינוי בתפישת התפקיד הטבעי של הקרקע העירונית במרקם הניקוז הטבעי, שנעשה דרך הולכת נגר, חלחול ואידי.

מגמות גידול האוכלוסייה והזדקנותה, העירור ושינוי האקלים, מייצרות לחץ הולך וגובר על הממערכות הטבעיות, ואיתן, התהווותה קשת חדשה של אטררים גם לעולם התכנון. המערכת העירונית, בה מרכזת רוב אוכלוסיית העולם, עומדת בלב הקונפליקטים.

בקשר ההידרולוגי, ציפוי הבינוי העירוני, גידול השטח הבניוי ושינוי משטר הגשמי, בשילוב התחשבות מוגבלת של התכנון היבטי הידרולוגי וניקוז טבעי והסתמכות על מערכות הטיפול, הביאו לכך שהעיר הפכה לייצנית נגר מסיבית, בעוד שמערכות הטיפול מתקשות לתת מענה לצרכים ההולכים וגדלים. הקרקע העירונית ומרקם הניקוז אין מסוגלות לקלוט את הגשם בתחומן, כך קורה שהנגר הנוצר בעיר, זורם על פני השטח האטום, ולבסוף מהנקי, באופן טבעי או דרך מוצא ניקוז, לאזורים הנמוכים, הבונים או הפתוחים.<sup>1</sup> פגימות הנגר, נובעות מעצם הניקוז לשטח נמור, המביא להצפתו, וכן, לנזקים נספחים הנובעים מנפח, עצמה ותואצה אדרירים שהנגר צובר בדרך כלל קודה נמוכה, ואת בנוסף לסחף ומזהמים שאוסף הנגר מהמרחב העירוני ומאזור תעשייה.

נקי הנגר שחוותה ישראל אשתקד, שהיו בנפש, היו כואבים ויקרים, והבהירו את עצמת הבעיה. נקי הנגר השכיחים יותר הם פגימות בריכושים, בתשתיות ובפעילות העירונית השוטפת, וכשעצמם, מוערכיהם במאות מיליון עד מליארדי שקלים. בנוסף, ישנו נזק רב גם לשטחים הפתוחים: פארקים, יערות, שדות, חוות ויתם, הנפגעים מבחינה סביבתית, נופית ובתיותית, ביזהם והתחתרות קרקע, בצמיחה, בשטחי המחייה של בעלי חיים, במצוקי החוף ועוד.

עודפי הנגר ההולכים וגדלים הביאו לכך שהנגר הוא אחד מחסמי הפיתוח המרכזיים בישראל. מאות אלפי יחידות דיור ותשתיות תחבורה בעלי חשיבות לאומי, אין מקומות או מישמות בשל חסמי ניקוז. עודי הדיור האסטרטגיים והתשתיות הנדרשות לשרת את י"ד הנוספות, מעצימים את הצורך בקיודם הנושא בראייה לאומית ארוכת טווח.

הפתרון שמסמרק זה מציע לבעה הוא ניהול הנגר. ניהול הנגר נמצא בעשור האחרון במרכז העשייה בעולם התכנון המערבי ובמחקר האקדמי. משמעות ניהול הנגר היא איסוף ושימוש במי הנגר כמה שייותר קרוב למקור היוצריםם, ע"י שימוש וטיפול מגוון כלים נופיים והנדסיים להולכה, השהייה, איגום, חלחול והחרדה, על מנת לצמצם למינימום הוצאה נגר מחוץ לשטח התכנונית.

הטמעה מיטבית של ניהול הנגר בהליך התכנון, תלואה בשיתוף פעולה של צוות התכנון ובזמן ההטמעה. הכוונה היא שהתכנון, כבר מראשיתו, יתבסס, בין היתר, על מגוון סדרות של נתוני רקע הידרולוגיים וגיאולוגיים, על מנת להתאים עצמו לתנאי הסביבה ומאפייני הקרקע בקביעת שלד התכנון ומרקם ייעודי הקרקע. באופן זה, תאפשר הטמעה מושכלת ויעילה של אמצעים נופיים והנדסיים לניהול הנגר בשטח התכנונית, המשתלבים ומנצלים את פוטנציאל המרחב הפתוח והבנייה לניהול נגר. כמו כן, ניתוח כלכלי שהתבצע במסגרת עבודה זו, הראה כי בהינתן תכנון מושכל וმתחשב לניהול

<sup>1</sup> מוצאי ניקוז ממוקמים בשטחים פתוחים

נగר, עלות אמצעי ניהול הנגרא שולית לעלות הבניה, ואף מתקזזת עם צמצום מערכת התיעול המתאפשר בזכות ניהול הנגרא.

מסמרק זה מהוועה חלך מעבודה רחבה יותר שקדמה במיניה התכנון בנושא ניהול הנגרא. העבודה מורכבת מחלק סטטוטורי, שענינו הטמעת המדיניות בהוראות התכנון הארץ, והוא כולל את תיקון הוראות תם"א 1 לגבי חובת האגש נספח נגרא, ותיקון הנחיות הנוסף הקיים (ב'4). מסמרק זה, מהוועה מהלך משלים לסטטוטוריקה, ונכתב במטרה לפתח צורה לנושא ניהול נגרא בהקשר מקומי.

תוך הצעת מסגרת וכליים יישומיים להטמעה מידית בעבודת התכנון השוטפת. מסמרק המדיניות מרכיב מהסביר כללי על ניהול משק המים והנגרא בישראל; הצגת תפישת המדיניות ופירוט אופן יישומה בכליה התכנון השונים; הצגה והסביר על השני הסטטוטורי והשלכתיו על הליך התכנון, לרבות הצעת כלים למוסדות תכנון ולמתכננים ליישום המדיניות; הצעת סט כלים ושיטות עבודה לאדריכלים, אדריכלי נוף ומתקנים; ניתוח כלכלי של השלכות המדיניות ובפרט על עלויות הבניה ליח"ד; פרק הידרולוגי המציג חישובים ומודלים לעבודה הנדרשים לעירית נספח ניהול הנגרא בתמ"א 1; ודוגמאות לנספחים ניהול הנגרא החדשים.

## 1.2. שינוי אקלים בישראל

בעשורים האחרונים חוקר האקלים מזהים שינויים ממשיים בתבניות האקלים העולמיות, והתחזית היא כי שינויים אלו ילכו ויקצינו, והם עתידיים להשפיע באופן גלובלי ומוקומי על החברה, המשק והכלכלה ומערכות היחסים הבינלאומיים. את תופעתו של שינוי האקלים ניתן להכליל בעיקר כتوزעה של הפעולות האנושית שיצרה פגיעה מצטברת ומתחשכת במערכות האקלוגיות, אשר הולכת ומעצימה, בין היתר, לאור מגמת גידול האוכלוסייה והעליה ברמת החיים והצריכה האנושית. ערים ומדינות בעולם נערכות ומתמודדות עם שינוי האקלים בדרךים שונות, בהתאם לאתגרים הנוכחיים והצפויים להן, וביחס לתרבותן וליכולותיהן. דרכי ההתמודדות משלבות בין הפחחת פליטות (Mitigation), על מנת למתן את תופעות שינוי האקלים, והיערכות לבנייה יכולה הסtagלות או התמודדות של החברה עם העתיד לבוא (Adaptation).

השפעת שינוי האקלים על המערכת הגלובלית ואופן הביטוי המקומיי, הינה קשה ומאגרת לחיזוי, שכן, מערכת האקלים היא מערכת מורכבת, הנתונה לתנודות טבעיות, ועליה ריכוך גיא החממה הנ마다 הרבה בהקשר זה, היא רק אחת מההשפעות. על מנת לספק תחזית מקומית מהינה, נדרש לעבוד עם מודלים אקלימיים המשקלים תהליכי פיזיקליים ואטמוספריים, וככלו עדין אין בישראל. עיקר השינוי החזוי באקלים בישראל<sup>2</sup> הוא בעליית הטמפרטורה ועלייה בכמות הימים והלילה החמים, מול צמוץ הימים והלילה הקרים. השינוי הצפוי במשטר הגשמי בישראל הוא בהפחיתה כללית של מספר ימי הגשם וכמות המשקעים. מספר ימי הגשם צפוי לפחות, ואילו כמו כן, התחזיות מראות שונות בין (עוצמת הגשם) היחסית לאירוע גשם, צפoria דווקא גדול.<sup>3</sup> כמו כן, התחזיות מראות שונות בין אזוריים בארץ, כאשר באזוריים מסוימים נפתחה מגמת ירידת המשקעים, (גליל מזרחי, גליל עליון, רמת הגולן), ובאזורים אחרים נפתחת מגמת עלייה, (שפון הנגב, מישור החוף הדרומי, דרום מזרח רכס הכרמל ושפלה יהודה ושומרון).

היערכות לשינוי אקלים היא מגוננת, ו מבוססת על קשת היבטים שמטרתם לספק לתושבי ישראל שמרביתם מתגוררים בערים, שמירה והגנה מפני אסונות ואירועי אקלים, במקביל להיערכות והסתגלות לשגרת שינוי האקלים המתמשכת. היערכות זו נכללת גם תחת ההגדרה 'חowan עירוני', המתייחסת למכלול היבטים פיזיים וחברתיים רחבים, הנדרשים לבנייה ולשמור מרקט עירוני וחברתי איכוטי, עמיד וקיים.

היבט ניהול הנגר הינו חלק מהיערכות זו, כאשר דחיפותו ואופן הטמעתו, משתנים בהתאם לאתגרי ואופי המקום. בישראל, ישנו חוסר ודאות לגבי השפעת שינוי האקלים על משטר הגשמי. אירועי ההצפות על חומרת הגוברת, בשילוב עם יעדיו הדיור וההתחדשות העירונית ותוכנן התשתיות הרחוב, שיביאו תוספת הבינוי וタイトום הקרקע, מחיבים לכשעצם פעולה רחבה וקוורנטית, על מנת לשנות את האופן בו מתיחסים לניהול נגר בתחום בישראל.

<sup>2</sup> על שינוי האקלים הנוכחיים בישראל ניתן למדוד מסמכים אלו:

א. 'היערכות ישראל להסתגלות לשינוי אקלים: המלצות למסלה לאסטרטגיה ותכנית פעולה לאומית', המשרד להגנת הסביבה, דצמבר, 2017. העבודה מתבססת על ניתוח נזונים Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) משנת 2013.

ב. 'שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזיות במסטר הטמפרטורות והמשקעים', השירות המטאורולוגי, נובמבר 2019. העבודה מתבססת על נתוני תחנות הידרולוגיות וניתוח חזיות לפי מודלים אקלימיים אזוריים לשורם הקרוביים

<sup>3</sup> לתחזית זו אין מובהקות סטטיסטית, לאור התנדתיות החזקה משנה לשנה, שיעור/עוצמת השינוי ואורך הסדרה

### **1.3. למי מירעט המסמך**

מטרת המסמך היא לחשוף את קשת העוסקים במלאת התכנון בישראל לנושא ניהול הנגר, על מנתקדם תכנון איכוטי יותר בישראל. בהתאם לכך, בראש ובראשונה, המסמך מיועד למתקנים ואנשי צוות התכנון: אדריכלים ואדריכלי נוף, הידרולוגים, מהנדסי ניקוז ועוד. מהצד השני, המסמך מיועד למוסדות תכנון, המתוים מדיניות תכנון ארצית, מחוזית או מקומית, ומלווים ומאשרים תוכניות. כמו כן, מעצם ירידת המידע הרחבה שמציע המסמך, הוא עשוי לעניין ולתורם גם לבניין נוספים.

### **1.4. צוות עבדה, תהליך ומשתתפים**

כתיבתו של נושא ניהול הנגר, המכחיב ראייה אינטגרטיבית ושיתופי פעולה מצועים ומרחבי, גם צוות העבודה הורכב מגוון בעלי מקצוע מומחיהם בתחום התכנון, הידרולוגיה והניקוז, אדריכלות הנוף והכלכלה, במטרה להקיף את הנושא באופןו יסודי, במקביל להצעת פתרונות יישומיים לטובת קידום שינוי אמיתי.

בנוסף, היליך עריכת המסמך כלל שיתופי פעולה רחב בין משרדיה הממשלה והשלטונות המקומיים, שהקחו חלק בתהליכי המ: מטה ומחוזות מינהל התכנון, רשות המים, משרד החקלאות ורשות הnikoz, השירות המטאורולוגי, משרד הבינוי והשיכון, רשות מקרא ע"י ישראל, רשותות מקומיות, האוניברסיטה העברית, החברה להגנת הטבע, קק"ל, אנשי מקצוע ו.akademiy מתחום התכנון, הידרולוגיה והניקוז, אדריכלות הנוף, הקרקע, הסביבה ועוד.

## 2. מדיניות ניהול נגר ומטרות המסמך

### 2.1. רקע

ניהול נגר הוא חלק מהתפישת תכנון מקיים, שענינה השתלבות מושכלת ומבוקרת של הפיתוח האנושי בסביבה ובמערכות האקולוגיות, במטרה למזער את הפגיעה בה, במקביל למצבי יתרונות כלכליים, חברתיים וסביבתיים. הביטוי לתפישה המקיפה בניהול נגר הוא בחיזוק מחוזר המים הטבעי, דרך החזרת מי הגשמים לאטמוספרה ובעיקר לקרקע, כמו שיותר קרוב למקום היוצרותם והימנוות משינויים. היתרונות הנלוויים לכך הם בצמצום בנייה תשויות הנדסיות בתהkrak; בצמצום הסעת נגר, על הנפח, העוצמה, הסחף והזיהום שנוצר, ועוד כך, להביא לצמצום תופעת ההצפות והפגיעה ברים, בשטחים הבנויים והפתוחים, אליהם מתנקז הנגר; בהפחחת שראי הזרימה (עוצמת הזרימה) באירוע גשם; זאת בנוסף, ליתרונות חלחול וחדרת נגר לאקווייפים, לטובת העשרה וחיזוק משק המים בישראל.

ניהול נגר מהוות גם שכבה נוספת ומשלימה לייצור חוסן עירוני, המתיחסת להיבט ההצפות העירוניות, זאת ע"י צמצום אירועי הצפה בעיר, והפחחת הנזקים והפגיעה בפעולות העירונית, ברכוש ואף בנפש. ניהול הנגר משתלב, תומך ומחזק היבטים שונים התורמים לחוסן עירוני ולאיכות החיים העירונית, בהתייחס להיבטים סביבתיים, חברתיים, בריאותיים וככלליים.

בשנים האחרונות ישן מספר גישות מובילות לניהול נגר, שפותחו במדינות המתוודדות עם אתגרי שינוי האקלים והעיר. הגישה המובילת היום בתחום נקראת 'פיתוח עירוני רגיש מים' ('Water Sensitive Urban Design', Sensitive Urban Design' או 'עיר ספוג', Sponge Cities), ערים רגישות מים ועוד. גישה זו התפתחה מתוך הבנה, שבמרחב העירוני האינטנסיבי, תשויות התיעול בלבד, אין מסוגלות להתמודד עם כמותות הנגר ההולכות וגדלות. גישה זו קוראת לכך שכל תכנית תהייה אחראית לטפל במני הנגר הנוצרים בתחום, באמצעות של איגום, השהיה, חלחול וחדרה, במטרה להימנע מההסתה נגר והצפה ויהום שטחים נמנעים סמוכים.

משלימה לגישות ניהול הנגר, היא גישת התכנון בתפישה אגנית. גישה זו עוסקת בפיתוח מושכל של الكرקע המתבסס על זיקה למקורות המים ולהיבטי הניקוז הטבעי, תוך שימור משאבי טבע. עקרונות הפיתוח בגישה זו, יהיו לאור ראייה מרכזית כוללת של מרחב אגן הניקוז ותוך קיום שיח אינטגרטיבי שוטף של בעלי עניין מרכזים, על מנת להגדיר את כללי הפיתוח, אזוריו השימור ופתרונות ניהול הנגר, לרבות איגום משאים לתכנון ולביצוע.

גישות אלו, עודדו פיתוח שיטות וכליים חדשים ומתקדמים לניהול הנגר, המשלבים בין הליך התכנון מושכל והטמעת אמצעים נופיים והנדסיים לניהול נגר, המשלבים במרחב הפתוח והבנייה. כלי ניהול הנגר החדש, מגדים את ההגנה מפני נזקי נגר והצפות למרחב, במקביל להפחחת הצורך בשדרוג והרחבת תשויות תיעול והוספת מוצאים. אמצעי ניהול נגר נוספים הם פתרונות המאפשרים לשלב בשימוש الكرקע גם ניהול נגר. דוגמא לכך, היא גינה ציבורית שבינוי בשיפוע, כך שבעת אירוע גשם, היא משמשת כמרחב לאיגום, השהיה וחלחול נגר. אותה גינה יכולה גם לשלב תשתיות ניקוז הנדרשת מתחת الكرקע, ובכך להציג נפח נוסף לאיגום נגר, ולהגדירו למי התהום. בדומה, גם גג מבנה, מעבר לתפקידו לקירוי ואיתום המבנה וככיסים לדודי שימוש / פאנלים סולריים, יכול לשמש גם להשhive נגר. המחקר והפרקטיקה מוכחים למרחב הבניי יש את יכולת לתת מענה לנגר שנוצר בתחום, בין היתר, ע"י פתרונות מבוסטי טבע. בכוחן של אותן תשויות נופיות 'רכות', יכולות להיות

משולבota עם תשתיות הנדסיות, לשדרג את המרחב הבניי, תוך העלאה אינכota החים הירונמית, חיזוק המערכות האקוולוגיות, וזאת בעלות נמוכה יחסית.

בהלirk התכנון בישראל היום, קורה לא פעם, שההתיחסות והטיפול בהיבטי הניקוז בכלל ובניהול נגר בפרט, מתקיימים רק בשלבי התכנון המאוחרים, כשהמטרה היא להתאים לתכנית מערכת ניקוז שתספק הגנה מפני הצפות. כמו כן, מבחן המציגות הוכיח כי הוראה המחייבת השarra של 15% שטח פתוח בתכנית לטובת ניהול נגר, מבלי שתהיה התיחסות לתקוד השטח בהיבט סוג הקרקע והגובה הייחסי במגרש, אינה ערובה לניהול נגר בתכנית, לא כל שכן כאשר אין יעד כמותי.

לסיכום, לפיריסט ייעודי הקרקע מרחב השפעה ישירה על סיכון הצפות ובפרט לפוטנציאל ניהול נגר בתכנית, לעיתים אף יותר מתשתיות הניקוז ואמצעי ניהול נגר עצם. ייעודי קרקע Shimokmo, ללא התחשבות בסיכון הצפות בתחום או בהיבטי ניהול נגר, מראש יגבילו את יכולות תשתיות הניקוז וניהול הנגר, והביטוי יהיה בהשकעות ותחזוקה גבוהים ופחות ייעילים. בהתאם לכך, שילוב שיקולי ניהול נגר כבר משלב התכנון הראשוני, הינו עקרון מהותי ומרכזי בהטמעה כוננה של היבטי ניהול נגר בתכנון.

## 2.2. מדיניות ניהול נגר מוצעת

המדיניות המוצגת בעבודה זו מבקשת להטמייע גישות מתקדמות לניהול הנגר, כפי שצוינו לעיל, בהתאם למרחב ולמאפיינים המקומיים בישראל. המדיניות תומכת בניהול וטיפול בנוף שימושי מהngr הנוצר בשטח התכנית ובתחום גבולותיה, ובכך להפחית ולהימנע מהוצאה הנגר מוחז לשטח התכנית.

את ניהול הנגר, מוצע לעשות ראשית, בהליק התכנון, דרך קביעת מערכת ייודי הקרקע ושלד השטחים הפתוחים, ושנית, בהטמעה ושילוב אמצעים וכליים נוספים למטרות הניהול הנגר. לדוגמה, תכנון מבוסס ניהול נגר, ימקם את השטחים הפתוחים (פארקים, גינות, צדי הדריכים, כיכרות ועוד), באזוריים בעלי פוטנציאל לניהול נגר, וכן, יאפשר בהם בנוסף, שימושים לטובת ניהול נגר. שימוש בשצ"פים לטובת ניהול נגר, מחזק את פעילות המערכות האקולוגיות במרחב, בין היתר, ע"י הוספה של שטחים פתוחים, מגוונים ומחלחלים במרחב העירוני האינטנסיבי.

משמעות המדיניות החדשה היא שהשarter שטח פתוח בתכנית לא תהווה תנאי ומענה לנושא ניהול נגר, אלא שבתחום מגוון השטחים הפתוחים שתציגו התכנית, ניתן יהיה גם לחלק מיעד ניהול הנגר של התכנית, במקביל ליתרונות של שטחים אלו לאיכות התכנון והמרחב.

לחותסות אלו, תרומה גדולה למבנה הבודד ולמרחב העירוני, מבחינה בריאותית, סביבתית, חברתית וככלכלית. הביטוי לכך הוא בויסות הטופרטורה, שיפור איכות האויר, הקרקע, המגוון הביולוגי, חיזוק הטבע עירוני, זאת בנוסף, לתוספת שטחים פתוחים איקוטיים למפגש חברותי ובניית קהילה, ועלית ערך הקרקע והנכסים, הנלוויים לשיפור איכות החיים. כמו כן, ניהול נגר יכול להיעשות בעד דרכי מגוונות, בגנות ובקרירות מבנים, בבורות חלחול, קידוחי החדרה ועוד, כאשר יש לשאוף לבחירת תחריל מגוון המותאם לתנאי וליכולות השיטה, מבחינתימוש האמצעים ו מבחינת תחזוקתם השוטפת. לפירוט והרחבה על אמצעי ניהול נגר, ראו פרק 7.

באופן מובהק, אחד הנושאים שעלה לאור כל העבודה, לרבות הבדיקה הכלכלית, הינו שעל מנת למצות את פוטנציאל המרחב לניהול נגר, ולאחר בחירת תמהיל אמצעי ניהול נגר באופן מיטבי, יש להטמייע את שיקולי ניהול הנגר כבר מתחילת הליך התכנון. בדרך זו, מערכת ייודי הקרקע ייקבע, בין היתר, בהתייחס לפוטנציאל ניהול הנגר בהם, שאחרת מגוון האמצעים שניתן יהיה להטמייע מוגבל, עלותם מתייקרת ויעילותם פוחתת.

## 2.3. מטרות מסמך המדיניות

המסמך מהווה מהלך משלים לתיקון סעיף 7.1 בפרק המים בתמ"א 1, לרבות עדכון נספח הנחיות לניהול נגר (ב'4), לטובת הטמעה כוללת של מדיניות ניהול הנגר בישראל, כחלק אינטגרלי מהליך התכנון. מטרת המהלך הכלל היא קודם כל, לשפר את איכות התכנון בתשען בישראל ולהוירק לשינויי אקלים, בין היתר, ע"י קידום תפישת תכנון מקיימת, ובפרט, קידום חוסן עירוני בהיבט הנגר.

בשנים האחרונות ישנה ערה בתחום ניהול הנגר בישראל, המתחבطة בעבודות ומסמכים רבים. ואיכותיים העוסקים בניהול נגר בפרט או כחלק מתפישה רחבה יותר של תכנון איכותי ומקיים. המדיניות שMOVIL מינהל התכנון מעדכנת את תפישת ניהול הנגר לצו ולרוח השעה, תוך המרתת למדיניות תכנון קוהרנטית ו אחידה, והתאמת והטמעתה בפרקטיות התכנון המקומית בישראל.

להלן מטרות המסמר:

- צמצום תופעת ההצפות במרחב העירוני;
- הקטנת העומס על מערכת הניקוז העירונית, צמצום הצורך בהוספה ושדרוג מערכות קיימות, והימנעות שימושמערכות אלו לצרכי איסוף שפכים;
- העצמת פוטנציאל הפיתוח בשטח הבניין והמתוכנן ע"י הפקחת מגבלות שמקורן בניקוז;
- העשרה מי תהום ושמירה על מקורות המים;
- שמירה על הים, השטחים פתוחים והנחלים מפני זיהום ומפגעי נגר וסחף לא מבוקרים;
- צמצום הוספת מוצאים ני苦笑ניים לים, לחופים ולשטחים פתוחים;
- שמירה על הקרקע ומניעת סחף קרקע.

### 3. ניהול נגר בישראל - תיאור מצב קיים

#### 3.1. רקע כללי

הניהול הכללי של משאב המים בישראל מורכב, שכן הוא כולל מספר גופים המחלקים ביניהם סמכויות ואחריות על היבטים שונים, שרובם לא באמת ניתנים להפרדה. הספקת מים לכל צרכי המדינה, נמצאת באחריות רשות המים; איכוח המים, לעומת זאת, נמצאת באחריות משותפת של רשות המים, משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה; משרד החקלאות אחראי על חוק הניקוז, ורשותות הניקוז בישראל אחראית על צמצום נזקי הצפות בשטחים פתוחים. באזרורים עירוניים, מניעת הצפות היא בסמכות הרשות המקומית, לעיתים רשותות פועלות דרך תאגידים עירוניים; עוד, המשרד להגנת הסביבה אחראי על היבטים סביבתיים של נחלים, אלא אם הנחל עובר בשטח עירוני, ושוב, הרשות המקומית היא האחראית.

#### 3.2. גשם ונגר בישראל

נפח הגשם הממוצע בישראל מסתכם בכ- 7.9 מיליארד קוב בשנה. אמןם פרישת הגשמים אינה אחידה, כאשר אזור הדרום, המהווה כ- 50% משטח המדינה, מקבל כ- 14% בלבד מנפח הגשם הממוצע. כמו כן, מרבית מהגשם שכבר יורדת בישראל, מתאדה חזרה לאטמוספירה (כ- 70%), ומנפח הגשם הננותר (30%), כ- 25% מחולחל למאגרי מי התהום וככ- 5% זורמים לנגר עילי בנחלים. באזרורים העירוניים, התנהלות הגשם משתנה באופן ניכר, כך שמקדם הנגר<sup>4</sup> גדול משמעותית, במקביל לצמצום היקף החולחול הטבעי, במיוחד בעת אירוע גשם. ההידרולוגיה באזרורים עירוניים שונה בהיבטים נספחים מזו שבשטחים פתוחים, זמן הריכוז<sup>5</sup> של הנגר העירוני קצר יותר וכן זמן החזרה בין אירועי شيئا קטנים יותר, עקב הייעדר קרקע מחולחלת.<sup>6</sup> על פי המדידות,<sup>7</sup> מסתכם נפח הנגר בתחום הניקוז המערבי (הנחלים אשר מתנקזים לים התיכון), מנהל בצת בצפון ועד הבשור בדרום), בכ- 200 מיליון קוב בממוצע בשנה. מתחוור נפח זה, כ- 20% בממוצע נתרמים מהאזור העירוני (כ- 40 מלמ"ק). מגמת העירוניות וגידול האוכלוסייה בישראל מרחיבות את היקף השטח הבניוי במקביל לצמצום השטחים פתוחים והחקלאים, ובכך משפיעות באופן ישיר על נפח הנגר, זמן הריכוז וזמן החזרה לצפות.

<sup>4</sup> אחוז הגשם שהופך לנגר

<sup>5</sup> משך הזמן בתחילת הגשם להגעה לספיקת השיא

<sup>6</sup> משאבי המים בישראל, חיים גבירצמן, יד בן צבי, 2002

<sup>7</sup> השירות הידרולוגי ברשות המים מודד את נפח הנגר העילי בנחלי ישראל העיקריים

### 3.3. שחknim rashiim binyohol nger bishreal

lehan ha shkhnim ha mshmuotim vobeli ha smkot, ha uskrim ba ofen shofr binyohol ha nger v bnyoh bishreal:

#### 3.3.1. Roshot ha mifim

Roshot ha mifim hiyot ha gof ha mshalti amon le nihoh shel mshab ha mifim bmedina, ha nederesh le habtih brama ha astrotgat v ha mashiit at ha sippat ha mifim la oclosiya, la tushia v lo chaklao. Roshot ha mifim meratzat at ha smkot bthchomi ha mifim v obiv, v achrait le nihoh, teful, shmor, shikom mkorot ha mifim ha tbeuyim v ha sderet meshk ha mifim, ba hatam lmdinot ha mshalti v lo hchlutot moatzet ha roshot. Ba kshar le nihoh ha nger, ha roshot ha mifim matmekdah ba hibut ha ushert mi tahom, u'i ptnut ha chadra, v ba hatam, bimim alu, urcet ha roshot ha nchot arzot le yidud ha chadra nger le mi tahom, shein mshlimot le uboda zo. ha roshot kma v po'elat mkoach smkot sheunik le chok ha mifim, 1959.

#### 3.3.2. Moshad ha chaklao v pfitot ha cper

Shor ha chaklao ha osh arzai ul chok ha niko v ha hagana mfpni shittponot, 1957, mkoach ha okmo reshivot ha niko. ha moshad foul, bin hutor, bthchomi shmor urci ha krku ha chaklao bishreal v zemzom na'k ha tzfot, v mkoach alio, achrai lkavutat mdinot arzot kollet bthchom ha niko. ha agaf le shmor krku v niko, ha osh gof ha mtaa shel ha moshad, amon lnoshim alu, lrerot nihoh v nzigot brshiot ha niko, ha mahaot at zru'ot ha bityo azot. bimim alu m kdm ha agaf, uboda bnoshia gisha agnitat shelbat binyohol agni ha yikoot, shkollet gam ha nchot lgibush tcknوت agnitot lnihoh sicconi shittponot. metrat ha nchot chadot l'muna kll agni lnoshia shittponot v tzfot, bnyotot mkoami shel ulot toulat, v bgisht 'win', ha kollett toulot nosfot, ldogma bthchomi ha akologya v ha khalia. bnosf, ha moshad mobil at mahlek lagibush mdinot agnit bishreal, b'amatzot v udat ha yigi riha.

#### 3.3.3. reshivot ha niko v reshivot nch

bishreal po'elot 11 reshivot ha niko cholilot ul cl shet ha mshala. gabilot ha reshivot nkbuvu lepi gibilot agni ha yikoot, v ha rcv ha reshivot collet nzigim shel ha reshivot mkoamiot bthchoma vcn nzigim shel moshadi ha mshala. "Tpkidi reshut ha niko hm ldag le niko sofer sl ha tchom shnkbu la. v lshm crk ha kim. lsnotot v lo hachzik v lpfach mfpali niko ba otu tchom" (chok ha niko v ha hagana mfpni shittponot, 1957). bthchoma, ha reshut ha ya gorut bll ha smkot le nihoh, shliita, bkrha v tchzoka ul mreka ha niko, v bccal zha, ha sderet afiki v urzci niko l'minut shittponot v tzfot, vcn shmor, tpeisat mi shittponot v'ud. reshivot ha niko mkoamot tcanon v bityo sl proyektim bmerhab ha reshut, lrerot shikomi nchlim, mfpali niko vcd'. bthchomi ha yiriot v ha mousot ha mkoamot, reshut ha niko aina bulta ha smkot lnoshia ha niko, ala ha reshut ha mkoamit. reshut ha niko po'elot mkoach chok ha niko v ha hagana mfpni shittponot, tshih-1957.

ul 11 reshivot ha niko telil ha nsh le hagnet ha sibba chlk matpkidi reshut nch. vcn, mkoach zovim, ha okmo 3 reshivot nch, (kishon, yrkon, bar shuv), bthchom, nkbuvu tpkidi v smkot reshut ha nch v reshut ha niko v msegart ha zmanim lc. crk shlma'eh, cl reshivot ha niko, lrerot alu shmekbil alihin po'elot reshut nchlim, hn reshivot ha niko v nchlim, olim midat mymosh tpkidi reshut nch u'i reshut ha niko, mshatna, b'uker la'or tkatzob.

### **3.3.4. רשותות מקומיות**

עיריות ומועצות מקומיות הן בעלות האחוריות והסמכות לעניין הניקוז בתחוםן. עפ"י פקודת הערים ורשות הערים (1925), חובת העירייה לדאוג ל'ניקוז, ניקויו, הצלפתו, תאורתו וניקוזו של רחוב שאיןנו רכוש הפרט'. ברוב הרשותות המקומיות בישראל הוקמו תאגידי מים וביבוב שאליין הועברו הסמכויות בעיניו אספקת מים וביבוב. ישנן רשותות מקומיות שערךו תוכניות אב לניקוז וניהול נגר או קידמו נספחי ניקוז וניהול נגר במסגרת תוכנית כוללתית ו/או מפורטת, וכן מתיחסות להיבט ניהול הנגר בהליכי התכנון והרישיון.

### **3.3.5. תאגידי מים וביבוב**

בשנת 2001 נכנס לתוקף 'חוק תאגידי המים והביבוב' מכוחו הוקמו תאגידי המים העירוניים. מטרת החוק הייתה לייצר מסגרת עירונית להסדרה ולניהול כלכלי של שירותים ומערכות המים והביבוב, ע"י הסמכת חברות עירוניות ייעדיות. 'ניקוז ותיעול מי גשמים ושיטפונות' נכלל בחוק תחת הגדרת 'פעילות נוספת', המשמעות שפעילות זאת אינה מחייבת, אלא אם הוגדר כך. בעירם ספורות, הוסכו תאגידי המים והביבוב לטפל גם בניקוז העירוני. ראשון לציון הייתה הראשונה בהן, ועשתה זאת במסגרת תאגיד המני"ב.

### **3.3.6. גופים לא ממשלתיים :**

מחקר אקדמי ופעילות ארגונים ועמותות סביבתיות ומקצועיות, הנגישו וקידמו תפישת תכנון חדשניות בתחום הבניה וניהול הנגר, שבחלקן אף נתמכו והשתלבו בubahות משרדיה הממשלת והרשותות המקומיות. פעילות זו כללה יצירת תקנים ולנטרריים חדשים ואלטרנטיביים לתכנון מקיים, שמהמוכרים בהם: LEED-SITES, BRE, GREEN STAR, ENVISION ועוד.

כל שתכנית ו/או פרויקט מעוניינים לעמוד בתקן, הם נדרשים לניקוד המתkeletal ע"פ מדרג מסוים שמתככל אלמנטים שונים בפרויקט, כך שככל שמוסצע אלמנט או פתרון 'מחמיר' יותר, הניקוד עולה. בתחום המים וניהול הנגר, הדרישות מתיחסות למניעת בניה בתחום פשטי הצפה או טיפול כמוותי בנגר דרך אמצעי ניהול נגר.

באץ קיימים "תקן ישראל 5281- בניה בת קיימה - בניה ירוקה" המגדד קритריונים בתחום המגרש עצמו, ומדריך - "שכונה 360° - מדדים לתכנון ופיתוח סביבת מגוריים". שניהם כוללים התיחסות לנושא הנגר העילי, תוך גמישות ברמת הפתרונות. בפרק הבא (3.3.2) - 'מדריכים ועובדות בתחום ניהול הנגר', ניתן לקרוא על התקן והמדריך לעיל.

### 3.4. חקיקה ומדיניות לניהול משאב המים והניקוז בישראל

ניהול הנגר, מכוון בניהול משאב המים, ולכן הנזירות הסטוטוריות העיקריות שלו הן מתחום ניהול המים, כאשר קיימות השקעות טבעיות גם לעולם התכנון והבנייה. להלן נציג סקירה קצרה שמספרת חקיקה, מסמכים מדיניות ותוכניות אב הרלוונטיות לניהול הנגר, על מנת להראות תमונות מצב עדכנית בנושא, ואת השפעה על התוכן. בפרק הבא 'ניהול נגר בתכנון בישראל', נפרט על התכנון המתאר הסטוטורי שמתכתייב את אופן ניהול הנגר בתכנון בישראל. מטרת ההפרדה היא להבחין בין החקיקה והמדיניות הייעודים לניהול הנגר לבין מדיניות התכנון לניהול נגר, כפי ש谟כחתה ע"י תוכניות המתאר הארציות, המחויזות והמקומיות.

#### 3.4.1. חקיקה ראשית ומשנית

##### 3.4.1.1. חוק המים, 1959

חוק המים קובע כי מקורות המים, (ובכללם הנגר העליון), הם קניין ציבורי, ותפקידו של המדינה, לניהם. החוק מסמיך את רשות המים האחראית רשות לניהול ושימוש משאב המים. הוראת החוק עוסקת בעיקר בשימור כוללת על מקורות המים, לרבות העשרה מי תהום, מניעת זיהום וניהול מלאי משקי. היבט ניהול הנגר רלוונטי כמקור מים להעשרה מי תהום, אף שבישראל מקור המים ממשוערי הוא מתקני התפלה, וממי שיטפונו מוהווים מקור משלים ותומך באספקת המים בישראל.

##### 3.4.1.2. חוק הניקוז, 1957

שר החקלאות אחראי על חוק הניקוז, ובהתאם לחוק הוקמו רשותות הניקוז. החוק מסמיך את הרשות לדאוג לניקוזו והסדר של התהום שנקבע לה... ולשם כך, להקים, לשנות ולהחזיק ולפתח מפעלי ניקוז באוטו תהום.. ולמניעת מפגעי בריאות'. ראו ב- [פרק 3.3.3](#) את ההסבר על רשותות הניקוז להרחבבה. לחוק מגוון כלים על מנת לתמוך השקעות במערכות ניהול נגר והחדרה. לפני מספר שנים יזם משרד החקלאות תיקון מקרי לחוק הניקוז שככל ריכוז סמכויות, עדכון מבנה הארגונים שפועלים לפי החוק, הסדרת המודל התקציבי, הסמכת רשותות הניקוז בסמכויות פיקוח ועד. הליכי החקירה לא הושלמו, בעיקר בשל מחוקות על ענייני תקציב בין הממשלה לבין השלטון המקומי.

##### 3.4.1.3. חוק רשותות נחלים ומיעינות, 1965

השר להגנת הסביבה הוא האחראי על החוק. תפקיד הרשות הוא הנהל ולהסדיר את תפקודו השוטף של הנחל לטובת הציבור, ובכלל זאת, להסדיר את זרימת המים באפיק ולדאוג לניקוז המרחב, לשמר על סביבת הנחל, להסיר מפגעים ולהסדיר את החלוקה והשימוש במים הנחל. בסמכות השר להגנת הסביבה להקים רשות נחל, בתחום נחל או חלקים ממנו, או להטיל על רשות ניקוז את תפקידו רשות הנחל, כולם או חלקם. למעשה, על מנת להקים רשות נחל, יש להוכיח שאין הצדקה להטיל סמכויות אלו על רשות הניקוז. כו"ם פעולות בישראל 3 רשותות נחל (קישון, ירקון וברא שבע), שהוקמו מותוקף צו, כאשר בשאר הנחלים, את חלק מתפקידו רשות הנחל קבלה רשות הניקוז למרחב.

##### 3.4.1.4. תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מערכת להולכת שפכים), התשע"ב- 2011

תקנות שມטרתן למנוע דליפה למערכת הולכת שפכים כדי להגן על מקורות המים, מערכות אקוולוגיות, המגוון הביולוגי ומשאבי טבע אחרים ולמנוע מפגעים סביבתיים, באמצעות הטלת חיויבות, בעיקר על רשותות מקומיות. התקנות קובעות כי על רשותות מקומיות להחזיק נתוניים מעודכנים של מערכת השפכים שבתחוםן באופן ממוחשב על גבי מערכת מידע גיאוגרפית. בנוסף, על רשותות מקומיות להכין ולבצע תוכניות של שדרוג מערכת השפכים שבתחומה. התוכניות יתייחסו גם לניטוק מערכת הולכת השפכים מערכות הניקוז, כאשר הוגדר לכך פרק זמן לביצוע, של שנתיים מיום תחילת התקנות. כן כוללות התקנות מגנון תחזקה, בקרה ופיקוח על מערכת הולכת השפכים העירונית ונוהל טיפול בדלייפות.

### **3.4.1.5. תקנות התכנון והבנייה (תקן הבניה) (תברואה), התש"ף, 2019**

התקנות קוראות לניקוז מי הנגר הנצברים בגות ובמרפסות אל מערכת ניקוז מי הגשם במגרש. ישנה החרגה של גגות ומרפסות ששתכם כטן מ 40 מ', שהראשונים יכולים להתחבר למערכת הביוב, והשניים, להוצאה חופשית למגרש, ללא ניקוז. כמו כן, מוצאי הניקוז של הגות והמרפסות יהיו בשפיכה חופשית לאזררי הגינון או לאזור ריצוף מחלחל. הוצאה יתרת הנגר מחוץ למגרש תהיה בשפיכה חופשית למדרכה והכביש, או מתחת לקרקע, כך שתמנע הפרעה לציבור. על מנת לתאם בין מהלך תיקון תמ"א 1 ונספח ניהול הנגר לבין תקנות התבואה לתפישה קוהרנטית, מוצע לתקן את התקנות ברוח מדיניות ניהול הנגר החדש.

### **3.4.1.6. תכנית אב ארכיטקטונית למשק המים, מהדורה 4, אוגוסט, 2012:**

תכנית האב היא תכנית אסטרטגית משמעותית ופורצת דרך שהוציאה רשות המים בשנת 2012, וענינה הייערכות הלאומית הכלולת למשק המים בישראל. התכנית הגדרה מטרת על: "להבטיח אספקת מים, מתן שירותים ביוב וייעוד קולחים וניהול נגר וניקוז - באיכות, בכמות ובאמינות נאותים ובייעילות כלכלית לפיתוח המדינה ומיושם יעדיה הלאומיים, להשאת הרווחה בת הקיימת של כלל הצרכנים". (ההדגשה לא במקור). אחד מעיקרי המלצות התכנית היה 'ניהול נגר וניקוז', והוגדרו בה קווי מדיניות הבאים: הנגר הוא משאב ולא מטרד; הכנסת תכניות אב אגניות, בהן תהיה אינטגרציה בין ניהול הנגר האגני לניהול הנגר העירוני; תישקל העברת האחריות לניהול נגר וניקוז ביישובים העירוניים לידי התאגידים למים וביוב; ותקדום בניה משמרת מים. התיחסות לניהול נגר במסמך אסטרטגי למשק המים, מעיד על חשיבותו ומקומו בניהול משק המים בישראל.

### **3.4.2. מדריכים, עבודות וכלי מדידה בתחום ניהול הנגר**

ישנן עבודות רבות שנעשו בתחום העשורים האחרונים, שככל אחת בזמןה הציגה אתagisha העדכנית. ככל התפישה והעקרונות של העבודות דומים. להלן נציג את העבודות עיקריות העוסקות בנגר, המתיחסות גם להליך התכנון.

#### **3.4.2.1. מדריך לתכנון ובניה משמרת נגר עילי<sup>8</sup>**

מדובר בחוברת ראשונה וחדשנית באיכותה ובהיקפה, אשר יועדה לאנשי תכנון, אדריכלות, אדריכלות נוף והידרולוגיה, והנחתה לשילוב היבטי ניהול הנגר בהליכי התכנון השונים. המדריך כולל הנחיות לתכנון מטהרי ומפורט, פרטני ניהול נגר טיפוסי, התיחסות להיבטים נלוויים בהליך התכנון המוצע מבחינה סביבתית, כלכלית ותחזוקתית, וכן, מפני למקורות נתוניים שונים (הידרולוגים, גיאולוגים), ומציע שיטות חישוב, מודלים לעובדה ועוד. עבודה זו מקיימת חיפוי מסוימות עם המדריך, תוך הצעת זוויות ומיקודים שונים, הרחבות ועדכונים. התפישה והעקרונות המדריך דומות לאלו של מסמך זה, שהרעין הוא טיפול בנגר כמה שיותר קרובה למקום היוצרתו באמצעות הנדסים, ע"י שיטוף פעולה של המתכנן, אדריכל הנוף, מהנדס הניקוז/הhidrolog, תוך התיחסות לשילוב היבטים הידרולוגיים, גיאולוגיים וסביבתיים בתכנון, החל מראשיתו.

#### **3.4.2.2. תר"מ - תכנון רגש למים, שילוב שיקולי מים בתכנון עירוני ואזרחי<sup>9</sup>**

הספר מציע גישה המשלבת בין תחום התכנון העירוני לתכנון ניהול המים כחלק מעקרונות של פיתוח מקיימים. הספר מכוון למניעה במקור, לטובת צמוצים נקי הceptors ושיפור איכות השטח הבניי והשיטה הפתוחה. הספר קורא לקידום הנושא דרך תפישת עבודה כוללת אינטגרטיבית של כלל אנשי צוות התכנון, החל מראשית הליך התכנון. זאת בונסף, לתפישה מרחבית כוללת אינטגרציה מרחבית,

<sup>8</sup> מדריך לתכנון ובניה משמרת נגר עילי, בהוצאת משרד הבינוי והשיכון, בשיתוף משרד החקלאות והמשרד להגנה"ס, 2004

<sup>9</sup> תר"מ - תכנון רגש למים, בהזנת האדריכל הראשי במשרד הבינוי והשיכון, נכתב ע"י אוריה שמיר ונעמי כרמן בהשתתפות

אבנו קסלר, התכנון, מכון גראן למחקר המים והמרכז לחקר העיר והאזור השתתפו בעריכת הספר, 2007

בהתיחסות כוללת וקוורנטית לנושא המים והנגר ברמה הארץית והמחוזית, דרך המקומית וכלה בשכונה ובמגרש. הספר נכתב על בסיס עבודה מחקרית אקדמית ותובנות מהעולם המערבי, והוא חלק להבנת היתרונות והרצינול של הגישה, היישום המוצע בשדה והצעת מדיניות כוללת להטמעת הגישה ומיושן החzon.

#### 3.4.2.3. מדריך לתכנון סביבתי, הטמעת היבטים סביבתיים בהליכי התכנון<sup>10</sup>

המדריך ומסמך זה דומים בתפישה. המדריך קורא להתיחסות מרחבית כוללת לניקוח וניהול הנגר, ולהתבססות על נתוני הסביבה הטבעיים, על מנת לתכנן את מערכת השטחים הפתוחים לניהול נגר בדרכים של קליטה, החדרה והשהייה, כך שתמנע, ככל האפשר, הוצאה נגר מתחום התכנית.

#### 3.4.2.4. ניהול אגני היקוות בגישה אינטגרטיבית - לקרהת גיבוש מדיניות<sup>11</sup>

סקירה מושגית של נושא ניהול האגני האינטגרטיבי כפי שמשתקף בעולם ובמקרי בוון בישראל העובודה כוללת השוואת המדיניות האגנית האינטגרטיבית בין האיחוד האירופי, ארה"ב תוך שימת דגש על הכלים הרגולטוריים, הכלכליים והמשפטיים. סיקירה מקיפה של חקר מקרים, תוך דגש של ייחודיות מאפייני האגן, צרכים ו婓רנסים.

#### 3.4.2.5. גישה אגנית משלבת ניהול אגני היקוות - נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל<sup>12</sup>

הצעת מדיניות ותוכנית פועלה משותפת לכל הגופים שלוקחים חלק בתהליך. שימושות הלביה הן: גיבוש מתודולוגיה לניהול סיכון שיטפונות, גיבוש מתודולוגיה לניהול סיכון זיהום, הקמה של מאגר מידע בנושאים אגניים, קידום מסמך מדיניות זה על ידי ניהול התכנון, מעבר מרשות ניקוז לשירות אגניות ועד.

#### 3.4.2.6. מסמך עקרונות ניהול ושימור נגר<sup>13</sup>

על רקע הפיתוח האינטנסיבי שambilא לצטום בשטחי המילוי החזר של האקוופרים, ובהתאם להקטנות נפח המים הנקלטים בהם, המסמך מפרט את העקרונות לשימור נגר בהתיחס לסוג האקוופר וסוג התכנית (רמת השכונה/ רמת המבנה).

#### 3.4.2.7. מסמך הנחיות להחדרת מים במסגרת בניית משמרת מים<sup>14</sup>

מסמך המציג הנחיות לתכנון מערכות החדרה בשלב היתר הבניה או הביצוע, וכן הצעה לתקינה לקידוחי החדרה למי גבות הכוללת מפרט טכני להקמה ולתחזוקה של הקידוחים.<sup>15</sup>

<sup>10</sup> מדריך לתכנון סביבתי, הטמעת היבטים סביבתיים בהליכי התכנון, המשרד להגנת הסביבה, 2015

<sup>11</sup> ניהול אגני היקוות בגישה אינטגרטיבית - לקרהת גיבוש מדיניות סקירה מושגית | מאפייני הגישה | דוגמאות לארגז כלים | מקרי בוון (2018). ד"ר גליה גוטמן. האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

<sup>12</sup> גישה אגנית משלבת לניהול אגני היקוות - נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל, 2019

<sup>13</sup> מסמך עקרונות ניהול ושימור נגר, השירות הhidrolוגי, יעקב ליבשיץ, יוני יצחק, ליאור נצר, ינאי עמייז, השירות ההידROLוגי, רשות המים, Mai 2018

<sup>14</sup> הנחיות להחדרה מים במסגרת בניית משמרת מים בשטחים עירוניים (ברמת המגרש) הנמצאים מעל האקוופר בעל תווך נקבובי, (אקוופר החוף), ינאי עמייז, מיכאל רונה וליאו נצר, רשות המים, Mai 2018

<sup>15</sup> בימים אלו פועלת ועדת מס' 592318 במכון התקנים, העוסקת במערכות להחדרת נגר עלי ומי עיבורי מזגנים לtower הלא הווי והרווי (מי תהום). הוועדה צפוי לסיים את עבודתה בחודש يول 2021

### 3.4.2.8. שכונה ° 360, מגדלים לתכנון ופיתוח שכונות מגורים<sup>16</sup>

כלי מדידה שמטרתו לקדם את התכנון, הפייטה והבינוי של שכונות איכו-תיות, בריאות ומשמעות לאורך זמן, דרך הטמעת עקרונות פיתוח מקיימים. בהתייחס לנגר, עקרונות העבודה תואמים את מדיניות ניהול הנגר המוצעת במסמך זה, ועניניהם בהפקת מירב התועלת מהngr, לטובת צמצום השימוש במערכות הניקוז וצמצום הפגיעה במערכות המים הטבעיות. הכללי מציע ניקוד בגיןוש ובבנייה אסטרטגיה תכנונית לניגול ngr, ע"י אנשי המקצוע הרלוונטיים, תוך פירוט ההליך והבדיקות שיש לקיימן. בנוסף, מוגדר שמערכת הניקוז ומונעת הצפות בתכנית מתוכנן לתקופת חורף של 1:100 שנים, בהתאם לנתחני הגשם מפרסומי השירות המטאורולוגי ונヰתות יוּץ מסמך לעניין התוחבות בשינויי אקלים. כמו כן, ישנה העדפה להחדרה למי התהום, כך שהניקוד עולה עם גידול שיעור ההחדרה.

### 3.4.2.9. תקן בנייה ירוֹקה, תקן מס' 175281<sup>17</sup>

תקן שעד לאחרונה היה ולנטרי, ולאחרונה הפר מחייב, במסגרת הזמן שנקבעה בתוכנות התכנון והבנייה (תקן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), תש"ף-2020. המתיחס לרוב סוגי המבנים בישראל, ומציין קטגוריות לבניה ומודדים להגדרת מבנה ירוֹק (מקיימים), בהתאם לניקוד על עמידה בתנאים שקובע. התקן הושק לראשונה בשנת 2005, וב- 2011 בגרסה חדשה ומורחבת. התקן מתיחס לנושאים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה, ניהול אתר הבניה. פרק 3 הוא פרק המים, כולל תת פרק העוסק בניגול מי ngr עילי וניקוז, שעוניינו עידוד ניהול ושימור מי ngr. היקף הניקוד הוא לפי הטיפול הכמותי בניגול במגרש, וכן, הפיתוח נבחן לפי שיפור מערכות הניקוז הטבעיות הקיימות או חלופת הניקוז. בנוסף, יש להציג אסטרטגיית ניהול הנגר בתכנון ונתחני רקע הידרולוגיים וගיאולוגיים, וכן להבטיח את הטמעת אמצעי ניהול הנגר בבניה בפועל. התקן קובע התיקישות לתקופת חזרה של 1:5 שנים, לפי פרסומי השירות המטאורולוגי. התקן האמריקאי והבינלאומי המקביל נקרא LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

### 3.4.2.10. תקנות התכנון והבנייה (תקן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), תש"ף-2020

ביום 3.3.2020, אישרה המועצה הארץ-ית לתוכנית ובניה את תקנות בנייה בת-קיימה, שיעין חיבור הדרגי של תקן 5281. בין היתר, התקנות קובעות את מועד תחולת חובה בתיקן לפי שימוש הקרקע, כך למשל, החל מחודש מרץ 2022, רביעי כו-ות, מבני מסחר ומשרדים<sup>18</sup>, בתים חולים<sup>19</sup> ועוד, יחויבו בעמידה בתיקן.

### 3.4.2.11. (Low Impact Development) LID

תפישה אקו-ולוגית תכנונית לניגול ngr, המתעדפת שימוש באמצעים רכים ונופיים לניגול ngr במגרש, ומונעת הוצאה של ngr עודף. הגישה תומכת בשימור ושימוש במערכת ההידרולוגיה הטבעית של השטח, על מנת לטפל בניגול בגבולות המגרש, באמצעות אמצעים נופיים רכים מגוונים, ולהימנע, כמה שניתן, משימוש במערכות טיפול.

<sup>16</sup> שכונה ° 360 מגדלים לתכנון ופיתוח שכונות מגורים, יצא בשיתוף פעולה של המועצה לישראל ירוֹקה ומשרד הבינוי והשיכון, גרסה אחרונה פורסמה ביולי 2019

<sup>17</sup> תקן בנייה ירוֹקה, 5281, בנייה בת-קיימה (בנייה בת-קיימה): דרישות לבנייני מגורים, מכון התקנים הישראלי, יולי 2011

<sup>18</sup> מעל שטח של 5,000 מ"ר

<sup>19</sup> מעל שטח של 5,000 מ"ר

### 3.5. ניהול נגר בתכנון בישראל

היררכיות התכנון בישראל, מחקיקה ראשית ומשנית, דרך התכנון הארצי והמחוזי וכלה בתכנית המקומית /או המתארית, מיצירות יחד את המוגדרת הסטטוטורית להכנה ולאישור תכניות מפורטות, מכוחן י יצא היתר בניה. להלן נסקור תכניות מתאר ארציות ומחוזיות, ואת אופן התיחסותם להיבט ניהול הנגר:

#### 3.5.1. תכניות מתאר ארציות

##### 3.5.1.1. תמ"א 1/35 - תכנית מתאר ארצית משולבת לבניה, לפיתוח ולשמור, 2016

תמ"א 35 מתייחסת לנגר בעיקר בהיבט של שימור משאב המים והגנה על מי התהום. התמ"א מסמנת איזור ל"שמור משאבי מים", ובתחומו קובעת (ס' 10.2) כי מוסד תכנון הדן בתכנית בשטח, ישකול את הצורך בקייעת הוראות בדבר חלחול והשהייה מי נגר, וכן, בתכניות עם סיכון לזיהום מי תהום, מחיבת הגשת חוות דעת הידרולוגית וקייעת הוראות למניעת הזיהום.

##### 3.5.1.2. תמ"א 1

פרק המים והנחלים בתמ"א 1, מאגדים ומחליפים את התמ"אות שהסדרו את מערכת המים הארצית בעניינים הבאים: איגום, החדרה, העשרה והגנה על מי תהום, הפקה והולכה של מים, ניקוז, ביוב והתפללה וכן, הבחתת התפקיד האקולוגי, הידרולוגי והחברתי של הנחלים בראיה אגנית. בהתאם לכך, עם אישורה של tam'a 1 ע"י ממשלה ישראל, בוטלו למעשה, בין היתר, tam'a 34/ב וtam'a 4/ב/34.

לענין הניקוז והטיפול בנגר, התמ"א מחייבת כל תכנית מקומית ומשמעות המוסיפה שטח לבינוי, לכלול הנחיות לבניה משמרת מים וניצול מיטבי של הנגר. בתכנית בשטח נרחב<sup>20</sup> או תכנית שעתידה להשפיע בהיבט הנגר מחוץ לגבולותיה, יש להגשים נספח ניהול הנגר. מוסד תכנון מוסמך לפטור מהגשת הנספח, בתנאי להשارة שטח פניו לחולול בהיקף של 15%; או כאשר מדובר בתכנית נקודתית ללא השפעה בהיבט הנגר; או במידה ומדובר בתכנית הסמוכה לשטח פתוח שיכל לקלוט את הנגר. במסגרת העבודה על מסמך זה, קודם שינוי להוראות tam'a ולחנויות של נספח ניהול הנגר, על מנת להתאים לרוח המסמך.

פרק הנחלים, הנמצא בחטיבת השטחים הפתוחים, עוסק בהבטחת קיומם ותפקודם הידרולוגי, אקולוגי, חברתי ובני (מרחיב חץ פתוח החוצץ בין שטחים בניויים), של הנחלים וסביבתם, בראיה אגנית. בהתייחס לניהול נגר, הפרק מבקש להבטיח את תפקיד הנהל כzieר ניקוז והולכת מים בקיובളת מתאימה, על מנת לצמצם נזקי סחף והצפות. סעיף 8 לפרק, עוסק בהנחיות לתכניות המשנות את משטר הזרימה העילי, ומוסיף על האמור בפרק המים, בכך שמחייב כל תכנית שצפוייה לשנות את מהצורך בהגשת המסמך.

לענין שמירה על מי תהום, פרק המים מגדר שטחים בעלי חשיבות להחדרה והעשרה של מי תהום, (גבולה מאד, גובהה, ביןוינה, נמוכה). בשטחים בעלי חשיבות גבוהה מאד, אוסרת tam'a על אישור תכניות בעלות פוטנציאל לזיהום מי תהום, אלא במקרים חריגים, ובהתאם להוראות tam'a. כמו כן,

<sup>20</sup> שטח נרחב' היא הגדרה מתמ"א 1. פרשנותה נתונה לשיקול הדעת של מוסד התכנון, לפי מאפייני היישוב המקומיים

מסומנים בתמ"א אזוריים רגיסטר להחדרת מי נגר עלי, שהנים חסודים בזיהום קרקע ו/או מי תהום, בהם נדרשת חור"ד של רשות המים, לעניין החדרת נגר למי תהום.

**תמ"א 34/ב - תכנית מתאר ארכיטית משולבת למשק המים- איגום מים  
עלילום, החדרה, העשרה והגנה על מי תהום, 2007**

لتמ"א שתי מטרות עיקריות בתחום הנגר - יצירת מסגרת תכנונית להקמת מאגרים לאיגום מים, מפעלים ואתרים להחדרת מים למי תהום ומסגרת תכנונית לשימור וניצול מיטביים של מי נגר עלי, הקטנת נזקי סחף והצפות והעשרה ושמירה על מי תהום.

החלק הראשון עוסק בשמרות קרקע לאטרוי החדרה והחוויות הנחיות לתוכנות להקמתם ולהליר אישורם. החלק השני, עוסק בהטמעת היבט נייחול הנגר בתכנון השוטף, תוך הבנה בין תכנית להרחבה ניכרת<sup>22</sup> ותכנית שאינה להרחבה ניכרת. לגבי הראשונה, נקבע שיש לעורוך נספח לשימור וניצול מיטביים שיכלול הנחיות ופתרונות לניצול הנגר לטובת העשרה מי תהום, השקיה, אגירה לצרכי נופש ופנאי, הפניה לנחלים ועד. וכן, להפנות לשימוש בשטחים ציבוריים פתוחים לקליטה והשהייה נגר ולעידוד החדרה למי תהום.

לGBTI תכנית מפורטת שאינה להרחבה ניכרת, התמ"א קובעת כי באזורי ההר (אקווייפר ההר), במקרה של שינוי יעוד משטח פתווח לבינוי, יש לכלול הוראות בדבר שימור וניצול מי נגר עלי, שהייהו והחדרתו למי תהום. ההוראות כאמור, יתחשבו בתנאי השטח הגיאולוגיים והhidrolוגיים, בבינוי המוצע ובשיקולי העשרה מי תהום ומניעת הצפות. באמצעות מישור חוף (אקווייפר החוף), מחייבת התמ"א השара של לפחות 15% שטחים חדים למים, לטובת חלחול למי תהום, תוך אפשרות להקלות אם מושגים מתקני החדרה. באזורי אקווייפר ההר, נדרש לקבוע הוראות להעברת מי הנגר מהאזור הבניוי לשט"פים או למתוקני החדרה סמכים לטובת השהייה והעשרה מי תהום.  
למוסד התכנון יש אפשרות למתן פטור מהדרישות המפורטת.

**תמ"א 34/ב-3 - תכנית מתאר ארכיטית משולבת למשק המים- נחלים וניקוז,  
2006**

מטרת התמ"א היא להבטיח את התפקוד התקין של נחלים וסבירתם מבחינה אקוילוגית, תרבותית וceuורקי ניקוז ופשטן הצפה, להולכת מים וצמצום סחף והצפות. אלו נובעים, בין היתר, לאור הבנת חשיבותו של תפקוד הנחל במרחב הניקוז האגמי. התמ"א כוללת הוראות לתכנון בתחום עורק, רצועות מגן ופשטן הצפה; הוראות לתכנון מפעלי ניקוז לפי חוק הניקוז; והוראות להבטחת שמירה ושיקום ערבי הטבע והסבירה לאורך הנחלים.

<sup>21</sup> כאמור בהסבר על tam'a 1 בסעיף 3.5.1.2, tam'aot 34 אין תקופות עד, אמן מצאנו לנכון לציין את המצב התכנוני שהוא תקף זמן רב, עד לאישורה של tam'a 1

<sup>22</sup> תכנית להרחבה ניכרת מוגדרת בתמ"א 35 - תכנית הכוללת תוספת שטח לבינוי בהיקף של 50 אלף מ"ר יותר, או 100 יח"ד יותר, או צו שנחשה ע"י מוסד תכנון להרחבה ניכרת לוכח אופיו, גודלו או סביבתו של היישוב

### 3.5.2. תכניות מתאר מוחזיות

תכניות המתאר המוחזיות נבדלות בהוראות שקבעו לנושא ניהול הנגר. להלן סקירה קצרה המציגת את ההיסטוריה לנושא הנגר בתכניות המתאר המוחזיות:

- **תמ"מ 1 / 30 מחוז ירושלים, 2013:** קובעת כי תכנית מפורטת תחומה תכלול הוראות המבטיות פיתוח בר קיימת לרבות טיפול למי הנגר العلي, ככל האפשר, במטרה להעשיר את מי התהום. בכל הנוגע למערכות מים וניקוז מפני לתמ"א 34/ב/4.
- **תמ"מ 3 / 21 מחוז מרכז, 2003:** מנההשמי הנגר יטפלו, ככל האפשר, בתחום המגזרים, באמצעות טכנולוגים והנדסיים המגבירים את העשרה מי התהום וכוללים אמצעי השהייה נגר, כגון חיבור מזרבי גגות למתקי החדרה, חומר סלילה חדירים, מניעת רצף שטחים אוטומים, אגנים, רצועות גינון ועוד, תוך תיאום עם רשות הניקוז. כן קובעת התמ"מ שתכנית בתחום ייעודי הקרקע הכלולים ביןוי, תכלול הנחיות להסדרת הנגר العلي.
- **תמ"מ 4 / 14 מחוז דרום, 1999:** קובעת כי בתכניות מפורטות בתחום התכנית תוכן, לפי דרישת משרד הבריאות, חוות' הדידרולוגיה שתבדוק את השפעת התכנית על מי התהום.
- **תמ"מ 5 מחוז תל אביב, 2010:** קובעת כי תכנית מקומית תעבירה הוראות שטחים חדירים למים בהיקף שלא יפחת מ- 15, ומפנה את הטיפול למי הנגר להוראות לתמ"א 34/ב/4. בנוסף, קבעה כי הוועדה המוחזית תערוך מסמך עקרונות לאישור חניה בתת הקרקע מתחת לגנים, שבין היתר, יתייחס לנושא טיפול והסדרת הנגר العلي. מסמך זה נערך ואומץ בועדה המוחזית.<sup>23</sup> **תמ"מ 2 / 5, נחל הירקון, מסמנת, בין היתר, פשט הצפה לנחל,** וכוללת גם את רומי הצפה, ולענין זה הינה תקדיםית.
- **תמ"מ 6 מחוז חיפה, 2013:** קובעת כי על איגום מים עילאים, החדרה, העשרה והגנה על מי תהום יחולו הוראות לתמ"א 34/ב/4.

<sup>23</sup> מדריך הנחיות לתכנון חניה מתחת לשטחים ציבוריים עירוניים, נובמבר 2012

## 4. מדיניות תכנון מוצעת לניהול נגר בישראל

### 4.1. כללי

בפרקם הקדמים נחשפו האתגרים הנוכחיים והעתידים בתחום ניהול הנגר בישראל, מהם עולה בהירות הצורך בגיבוש תפישה וחיזון עדכני, קוהרנטי וישומי. יומי וערכי תכניות נתקלים היום בקשהם בקיודם ובאישור תכניות המבקשות לנהל את הנגר בתחוםן, לאור ריבוי כל המדידות והמדריכים, היעדר שיטות חישוב ומקורות מידע אמינים, וברקע ההבדלים בתפישה ובירושם המדיניות במוסדות התכנון. מנגד, מוסדות התכנון, המלווים ומאשרים את התכניות, מוגבלים גם הם בכללי ביקורת ופיקוח על ניהול הנגר בתכנית ובנספחים.

**תפישת המדיניות** המקומית במסמך זה מתמקדת מצד אחד, בלקיחת אחריות של התכנית לניהול הנגר הנוצר בתחוםה, ומהצד השני, קוראת לאופן ניהול הנגר, בתכנון מושכל ובשילוב אמצעי ניהול נגר נופיים והנדסיים.

ה חזון הוא שמדיניות ניהול נגר תותווה מרמת אגן הניקוז, דרך מרחב הרשות המקומית ומשם לתכנית המפורטת ולמגרש. כך שכל מוסד תכנון וმתקנן יכולו, או יהיו זמינים לתכניות, למדיניות ולמידע הרלוונטיים להם. בהתאם, כל תכנית ומגרש יוגש ויבחנו מתוך הקשר מרחבוי, תוך שימוש בכלים ובסיסי מידע אמינים ועדכניים, כך שהם מלאים את חובותיהם המרחביים הקונקרטיים לניהול הנגר.

### 4.2. מסגרת כוללת לקידום המדיניות

על מנת להגשים את החזון ולהטמייע את המדיניות באופן מיטבי ומהיר, מקודמים במנהיג התכנון מספר מהלכים מקבילים, שיחד יצרו מהלך קוהרנטי כולל. המהלך כוללים חלקים סטוטוריים ואמצעי מעטפת ומדיניות, ומסמך זה הינו אחד מאמצעי המעטפה. להלן פירוט המהלך המלא המקודם במנהיג התכנון:

#### 4.2.1. מסגרת תכניתיתohlיך התכנון (הלכים סטוטוריים)

- תיקון סעיף 7.1 בפרק המים בתמ"א 1, העוסק בניהול וניצול מיטבי של מי נגר עלי וועשתת מי תרhom, בנוסף לשינויים המתיחסים, בין היתר, לחובת הגשה של נספח ניהול נגר, לקביעת יעד לניהול נגר ועוד.
- עדכון הנחיות נספח ניהול נגר (ב'4) בתמ"א 1

#### 4.2.2. מסמך מדיניות, העוסק בין היתר בנתושים הבאים

- היכרות עם השינוי הסטוטורי
  - הצגה והסביר של שינוי הוראות tam'a 1 והנחיות נספח ניהול הנגר החדשות ואופן הטמעתם בהליכי התכנון
- תפישה תכניתית כוללת לניהול נגר
  - גיבוש והתוויות תפישה כוללת לניהול נגר מגן הניקוז ועד המגרש הבודד, דרך הצגת רמות התכנון והתכניות השונות ומערכות היחסים בינהן
- שילוב היבטי ניהול נגר בהליכי התכנון ועקרונות לקבלת החלטות
  - תיאור והסביר על שינוי המדיניות המוצע והשפעתו על שלבי התכנון
  - קוויים, עקרונות וכליים לקבלת החלטות לקידום תכניות מנהלות נגר ונספחי ניהול נגר

- ד. ארגז כלי ניהול נגר**  
מדריך יישומי לאנשי המקצוע להיכרות ולבחרה מושכלת של אמצעים לניהול נגר בתכנית /או בהיתר הבניה
- ה. בוחינה כלכלית**  
ניתוח עלויות יישום המדיניות והבנת ההשלכות הכלכליות על עלות הבניה ליח"ד בהתייחס למאפייני התכנון ולמאפיינים מקומיים
- ו. פרק הידרולוגיה**  
הנחיות לביצוע החישובים הידרולוגיים, לרבות שיטות החישוב, שימוש במודלים ובסיסי נתונים הנדרשים להגשת נספח ניהול נגר
- דוגמאות לנספח ניהול נגר
- ז. כלים ובסיסי נתונים**
- א. גיבוש והגשה בסיסי מידע אחידים בתחום הידרולוגיה והקרקע**
- ב. יצירה מחשבון פשוט לחישוב נגר בתכנית**

#### 4.2.3 הליכי הפצה והטמעה

מתוך הבנה בחשיבותו של הליך הטמעה שלם ויסודי לקידום ויישום מהיר ואיכותי של השינוי הסטטוטורי והמדיניות המוצעת, נדרש מהלך מוסדר של לימוד, ליווי ובקרה בקרב המוסדות ואנשי המקצוע. בהתאם לכך, אנו מציעים מערך הטמעה כולל המתיחס לנושאים הבאים:

- א. היכרות, התנסות ושיתופי פעולה רוחבי** : נושא הניקוז המרחבי, ובפרט ניהול הנגר מחייב שיתופי פעולה מקצועיים ומרחביים, בהתאם, הליך העבודה לווה בשיתופי קשת רחבה של גורמים מקצועיים שככלו, בין היתר, את מוסדות התכנון המחזזים, רשותות מקומיות ורשותות הניקוז. הגורמים המשתתפים השפיעו על התהליך ותרמו לעיצוב המדיניות והתוצרים. חלקם אף החליטו באופן ולונטרי, ליישם את המדיניות, אם דרך פילוטים או ממש בשגרת העבודה השוטפת. ברוח תפישה זו, המשך שיתופי הפעולה הכרחיים ליישום מדיניות.
- ב. הדרוכות : גיבוש סדנאות,ימי עיון, קורסים במוסדות אקדמיים והדרכות למוסדות, תכנון, גופי ממשלה, רשותות מקומיות, אנשי מקצוע העוסקים בתכנון, אדריכלות, הידרולוגיה ועוד.**

#### 4.3. ניהול נגר מאגן הnick'ז ועד למגרש הבודד

##### 4.3.1. מסגרת כוללת

טרם ההסבר על ניהול הנגר בכל אחת משלוש הרמות (אגן הnick'ז, רשות מקומית, שכונה / מתחם/מגרש), חשוב להבין את התמונה הכלולית. שלוש הרמות, כל אחת בהתאם למאפייניה, תפקידה וסמכיותה, מתווות וקובעות את תפישת ניהול הנגר, כך נשמר משק וחדידות, וכל תכנית לפי מיקומה, ניזונה ומتبוססת על התכנית ברמה מעלה. תכנון ניהול נגר חייב להתחיל מלמעלה, באגן nick'ז, לאורו יש לתכנן את ניהול הנגר למרחב העירוני המקומי, כאשר התכניות משלימות ומחכבות בניהן. לאחר השלמת התכנית האגנית והעירונית, וכנגזרת שלhn, נכון לבבש את התפישה ופרקטיות ניהול נגר בתכנון מפורט או בהיתר הבניה<sup>24</sup>, וכך לתכנן באופן המתחשב והמדויק ביותר מבחינת היבטי ניהול נגר, בהתאם למצבה בו נמצאת התכנית. בהתאם לכך, ועל מנת לחזק את הקשר בין מוסדות התכנון ורשויות nick'ז/אגפי nick'ז המקומיים, ראוי שגורמי התכנון המקומיים והמחוזיים, ייקחו חלק בהליך גיבוש התכניות האגניות והמקומיות nick'ז וניהול נגר. כמו כן, לכשיגובשו תכניות אלו, על מוסדות התכנון לאמץ אותן, על מנת להטמען בעבודה השוטפת בעיצוב מדיניות תכנון ובאישור תכניות והיתרי בנייה.

אחר שברוב שטח המדינה אין עדין תכנון אגני או תכנון אב עירוני עדכני לnick'ז וניהול נגר, או שהוא לא מוכר או אומץ ע"י מוסדות התכנון, אנו פועלים בתקופת מעבר, בה חלק מהמידע, שאמור היה להיות בידי הרשותות הרלוונטיות, אינו קיים עדין. לפיכך, בשנים הקרובות, מוטל על התכנון, דרך נספח ניהול הנגר, עבודה משמעותית יותר, שבאה לכ索ת על היעדר המידע והנתונים. ככל שעבור זמן, יתגבשו התכנון האגני והעירוני, ובכל יכולת הטמעה מיטבית של תפישת ניהול הנגר ברמה ארצית, אזורית ומקומית.

##### 4.3.2. ניהול נגר בהליך התכנון

על מנת להטמע את מדיניות ניהול הנגר בהליך התכנון ובפרט בתכנון המפורט, יש לתת את הדעת לריבט ניהול נגר כבר משלבי התכנון הראשונים, בהליך אינטגרטיבי של צוות התכנון, תוך דינמיקה זהנה הדדית. המטרה במסגרת עבודה זו היא ליצור תכנון מותאם לתנאי השטח ולטיפול بعيد נגר כמותי. בהליך המוצע, יקבע השלב התכנוני ומערך ייעודי הקרקע ושתחים הפתוחים, בין היתר, על בסיס המאפיינים הרידROLוגיים והນיקוזים של השטח, מתוך תפישה של מיצוי פוטנציאלי ניהול הנגר בתחום התכנית, דרך ניהול עיקרי הנגר, ככל האפשר, באמצעות ניפויים רכימים, בשילוב עם אמצעים הנדסיים.

כאמור בסעיף הקודם, העדיפות היא לעריכת תכנית מפורטת ונספח ניהול נגר לאור תכנית אגנית/עירונית/נספח בתכנית כוללית. אולם, לאחר שאלן עדין חסרים במקרים רבים, ועל מנת לקדם שינוי ממשי, הוחלט לפעול כבר עכשווי במתן הנחיות ארציות מחיבות לניהול נגר בתכניות. כאשר יקודם ויואמץ התכנון האגני והעירוני במוסדות התכנון, תכניות אלו ישמשו כמסמכים מנחים ומלויים לתכנון המפורט.

מעבר לתכנון המפורט, היתר הבניה הינו מהותי ביותר למימוש המדיניות, שכן, הוא מגדר את הצורה ואופן פיתוח המרחב והבנייה בשטח. ההיתר נגר בעיקרו מהתכנית המפורטת, ומכאן החשיבות

<sup>24</sup> חשוב להבחין בין תכניות, לפי חוק התכנון והבנייה, שהן סטטוטוריות, ועניןינו שינוי ייעודים, שימושי הקרקע או הוראות התכנון וCarthyות הבניה, (בתכניות כולליות, תכנית מפורטת), לבין תכנון אב מנהה, שאינו סטטוטורי, והוא מתמקד בניתוח השטח, הנגשת בסיסי מידע ומטען הנחיות לניהול נגר למרחב התכנון, (תכנית אב אגנית ומקומית עירונית לניהול נגר)

<sup>25</sup> תכנית כוללית או מתאר, יכולה גם הם להוות בסיס לניהול נגר בתכנון מפורט או בהיתר שיצאו מכוחה, בכפוף לאופן התייחסותה להיבט ניהול הנגר. ישנה עדיפות לעריכת התכנית והנספח לאור תכנון אגני מנהה, ככל שיכול

בעריכת מסמכי התכנית: הוראות, תשריט ונספחים, באופן ברור ומחיבב. בתכניות שלא חלה עליהם חובת הגשת נספח ניהול נגר, אמצעי ניהול הנגר יוצגו במסגרת היתר הבניה או במסגרת תכנית בניין ופיתוח שתהוווה תנאי להיתר הבניה.

#### 4.3.3. היררכיית תכניות לгибוש והטמעת תפישה כוללת ניהול נגר

להלן פירוט והנחיות להכנת תכניות ניהול נגר ברמה האגנית והעירונית, שיכלול את תפקיד ומטרות כל תכנית, הויקות שמקיימת עם התכניות השונות, מהתועה עקרוני לעריכת התכנית.

##### 4.3.3.1. תכנון אב אגני

אגן הניקוז (היקוות), הינו מרחב גאוגרפי הנקבע באמצעות קו פרשת המים, והוא הגבול טבעי. חוק הניקוז הגדר בישראל גבולות של 11 אגנים. האגף לשימור קרקע וניקוז במשרד החקלאות, מקדם בשנים האחרונות עוסקת רחבה שענינה הטמעת גישה אגנית משלבת ניהול אגני הניקוז, ומפעיל במסגרת זו ועדת היgioו רחבה.<sup>26</sup> העבודה כלל, בין היתר, סקירת<sup>27</sup> תכניות אב אגניות לנושא ניקוז ולימוד שלhn לטובת גיבוש מתודולוגיה אגנית לניהול סיכון שיטפונות, בראש הדירקטיבה האירופית (2007). כן פועל המשרד מתוקף עבודה זו, לגיבוש מסגרת כוללת לקידום ועריכת תכניות אב אגניות לניהול סיכון שיטפונות בפריסה ארצית, שיכללו גם את תכנון האב האגני. הליך גיבוש תכניות האב האגניות כאמור, חשוב שייעשה בשיתוף מוסדות התכנון המחזאים והמקומיים, על מנת להבטיח היכרות ותיאום של התכנית במוסדות התכנון, וכן, לאחר הגיבוש, התכנית תדוע ותואמצ' במוסד התכנון.

מבנה תכנית האב האגנית יקבע בהליך ביןמשרד החקלאות, כאשר רשות הניקוז יהיה האחראיות לייזום וקידום התכניות. אחת ממטרות התכנית הינה הסדרת היבטי הניקוז וניהול הנגר באגן, תוך התייחסות להסדרת היבטי אקוולוגיה, מקורות זיהום, שימור קרקע, נוף, קהילה ותרבות ופנאי.

ניהול נגר בתכנית האגנית יעשה לכל השטח הפתוח, ע"י הגדרת זיקתו עם שטחי היישוב הבנויים והמתוכננים באגן. התכנית תכלול מיפוי ומידע נרחב על מנת להציג תמונה מצב תכנונית עדכנית ורחבה, ככל הניתן. הצגת המצב התכנוני ייעשה, בין היתר, באמצעות סקירות אירופי עבר וניתוח פיתוח עתידי בפשטי הצפה עשויי להשפיע על הספיקות מmorph וגיבוש שכבת פשטי הצפה הצפוייה. בנוסף, יש לעורק סקר סיכון שיתמוך בזיהוי אזורים מועדים להצפות, תוך דירוג חסיבותם באמצעות "tag מחיר" כלכלי לכל אזור שנמצא בסיכון להצפה.

לבסוף, התכנית תציג חלופות תכנון אגניות להטבות עם הסיכון, כגון שימור רצועת נחל כתשתית טבע הידרולוגית, שמירה על שצ"פם הסמכים לאזורי פיתוח שעושים לקלוט נגר, מאגרי וויסות, אזורי השהייה, מוצאי ניקוז ועוד'.

מעבר לעדכון גבולות פשטי הצפה, לכל מקטע נחל קבוע ספיקת התבן שהאפיק יכול להוביל ללא גרים הצפה. מקטעי הנחל יכולים להיות מוגדרים לפי מאפיינים כגון כניסה יובלים או נקודות שימושתיים, שינוי מורפולוגי בערוץ, בטופוגרפיה או בסוג הקרקע, או לפי גורמים מלאכותיים כגון מאגר, תחנת שאיבה על הנחל ועוד'. בנוסף, התכנית תarpa את תת האגנים ומוצאי הניקוז העירוניים

<sup>26</sup> גישה אגנית משלבת ניהול אגני היקוות - נייר מדיניות ומפת דרכים להטמעת עקרונות הגישה בישראל, 2019

<sup>27</sup> תכניות אב ברשות ניקוז ונחלים, סקירה היסטורית בראש העקרונות של דירקטיבת השיטפונות האירופית. אביגיל נוימן ד"ר ג'ניה גוטמן

במרחב האגן. המיפוי יכול את שטח תחת האגן וஅוחז השטח האטום/ בניו, ואת המידות והאיננוורט<sup>28</sup> של המוצא, לרבות התיקשות לתוכנו מאושר ו/או מוקדם שעתידי להוסיף תכנית ו/או נקיים חדשים. בהתאם לספקת התכנן שנקבעו למקטע הערוץ אליו מתנקז מוצא הניקוז, וביחס לגודל תחת האגן והשיטה הבניוי, יקבע לכל מוצא ניקוז ספיקת התכנן אותה הוא רשאי להזרים לערוץ הרלוונטי. הגדרת הספיקות התכנן, פשוטי ורומי ההצעה כאמור, ייצרו את החיבור בין ניהול הנגר באגן הניקוז לניהול הנגר למרחב העירוני, וייהו את הבסיס להכנת תוכנית האב העירונית.



---

<sup>28</sup> גובה בסיס המוצא

#### 4.3.3.2. תכנית אב עירונית לניקוז ולניהול נגר

מטרת תכנית האב העירונית היא להתנות לתפישה ומדיניות כוללת לניהול נגר ברשות המקומית, והיא נגזרת, משלימה ומפרטת את התוכן האגני. התכנית כוללת ערכיה והנגשת נתוניים; יצירת כלבי עבודה חכמים; קביעת הנחיות תהליכי וcomaותות לעירית תכניות והיתרי בניה ולגיבוש תכנית עבודה לרשות. להלן הצעה עקרונית להכנת תכנית אב עירונית, לפי שלבי עבודה:

1. **מייפוי - יצירת בסיס מידע גאוגרפי (ממ"ג)** נגיש, שיכלול את הנתוניים הבאים :

- **נתוני השטח:** טופוגרפיה, תת-אגני ניקוז, ערוצי זרימה קיימים והיסטוריים, מוצאי ניקוז, שקעים אבסולוטיים, אזורי הצפה ואזוריים בעלי היסטוריה הצפות, שכבות קרקע עליונה (Top Soil), חתך קרקע אזורי, קידוחי מי שתיה ורדיויסי מגן, מפלס מי תהום, קרקע מזוהמת או חשודה כמזוהמת, מקווי מים ובתי גידול לחים ואזוריים רגישים להצפות.
- **תשתיות:** מייפוי מערכות ותשתיות ניקוז ותיעול וניהול נגר קיימות,<sup>29</sup> שיכלול את הנתוניים הרלוונטיים לגבי האלמנטים השונים, לרבות צינורות, שוחות וקוטניים.
- **תכנון קיום ומואשר:** מייפוי ייעודי קרקע וסוגי תכסיות קיימות ומתקננות.

2. **זיקות מרוחביות עם אגן הניקוז** - השתלבות עם אגן הניקוז והגדרת ספיקות תcan בעורקי הניקוז המקומיים, לפי ספיקות התcan של המוצאים, כפי שהוגדרו בתכנית האב האגני. ככל שלא נעשתה תכנית אב אגנית או שאינה עדכנית, יש לחשב את ספיקות התcan של עורקי הניקוז לפי כושר ההולכה הקיים של מוצא הניקוז. ככל שספקת התcan שנקבעה גבוהה מיכולת המוצא הקיים, יש לתאם זאת עם רשות הניקוז, על מנת להבטיח את יכולת הקליטה של הקרקע באגן.

3. **קביעת אירופי תcan של גשם:** אירופי הגשם הם הבסיס לתכנון ניהול הנגר העירוני ולתכנון המפורט. אירוע תcan סינטטי אחד קיים בסיס הנתוניים של עצמות הגשם המפורסם ([נספח מס' 5: בסיס נתונים עצמות גשם לתכנון בישראל](#)) אירועים נוספים יש לבנות מתוך אירועים ההיסטוריים ידועים, שנמדדו בתcheinות רציפות ברחבי העיר.

4. **בנייה מודל:** בניית מודל ממוחשב של מערכת ניהול הנגר העירונית שיכלול את נתוני המייפוי הרלוונטיים.<sup>30</sup>

5. **הרצת מודל:** לפי אירופי גשם בהסתברויות שונות ותרחישים שונים, סינטטיים ומדדיים.

6. **מייפוי אזורי סיכון :** לפי תוצאות המודל, יש ליצור שכבת ממ"ג של אזורי הסיכון להצפות ותכלול, בין היתר, את המרכיבים הבאים:

- סקעים האבסולוטיים
- אזורים בעלי היסטוריה הצפות - מקורות דיווחי מוקד עירוני, ככל שהמידע הקיים חלקי ולא מאפשר את בניית השכבה, יש להמליץ בפני הרשות המקומית להסדיר זאת
- פשטי הצפה בנחלים מתוך תכניות האב האגניות
- סימון פשטי הצפה עירוניים לפי תוצאות המודל, בתוספת מרכיב דו מימי לזרימה על פני השטח, וקביעת רום ההצפה
- איחוד המידע לעיל לשכבת אזורי סיכון
- מייפוי חניונים תחת קרקעים וחניונים בסיכון, לרבות רום מפטן הכניסה לחניון

<sup>29</sup> ברשות רבות ישנו חסר במידע כולל על מערכות התיעול, ולכן משימה זו יכולה להיות מורכבת. במקרים של פער מידע, מומלץ להוציא צוותי מדידה לשטח להשלמת הנתוניים

<sup>30</sup> יש להשתמש בתוכנה שמקבילה חשיבותו למודל SWMM, EPA, שימוש בשיטה הרציונלית אינו מומלץ לתכניות אב מקומיות

ז. ניתן לסוג את שטחי הסיכון להצפות,<sup>31</sup> ככלי לתעדוך השקעות ולבקרה על תכניות

#### פיתוח עתידיות

7. **קביעת ספיקות תכנן במערכת התיעול העירונית:** בהתאם לספיקות שנקבעו למצאי הניקוז הירונימיים בתכנית האגנית, יש לגזר ספיקות תכנן לעורקי הניקוז בעיר, ע"פ גודל האגן הרלוונטי והשטח הבנוי בו. ניתן ומומלץ לשתמש במודל שנבנה לצורך זה.
8. **איתור שטחים לניהול נגר:** על בסיס המודל ולאור הנתונים שנאספו, זיהוי השטחים הפוטנציאליים לניהול נגר ברמה מרחבית, כגון שצ'רים, צידי דרכים, כיכרות עירוניות, מבני ציבור ועוד.
9. **בחינת חלופות:** ערכית תכנון עקרוני לחלופות ניהול נגר למרחב ובחינות במודל
10. **בחירה ותכנון חלופה נבחרת:** תכנון כללי של החלופה הנבחרת שתכלול תשתיות ואמצעים מרוחביים לניקוז ולניהול נגר, לרבות אומדן כלכלי, פרטיו פרויקט ותיעוד משוקל של פרויקטים כך שייהו בסיס להכנות תכנית עבודה לרשות המקומית
11. **מדיניות והנחיות לתוכנית מפורט ורשמי** - הגדרת מדיניות מקומית לניהול נגר בתכנון, לרבות המלצות לאמצעים מותאימים למאפיינים המקומיים ולשימוש מושכל בשטחים קיימים, פתוחים ובינויים, לטובת ניהול נגר. בנוסף, קביעת יעדים כמותיים לניהול נגר ולספקות יצאות והנחיות לניהול נגר בתשיי האגנים (או בכלל חלוקה לחת שטח שתמצא לנcoln), על בסיס הגדרת ספיקות התכנן במערכת העירונית, וביחס למאפייני האגן הבינוי ושימושי הקרקע. יעדי ניהול הנגר והספקה היוצאות יהיו בהתייחס ליעדים ולהוראות תמ"א, ובנסיבות לעדכן אותם, ככל הנדרש, בהתאם להוראות תמ"א.

<sup>31</sup> ניתן לסוג את סיכון ההצפה על פי קטגוריות של חומרת ההצפה ( מהירות זרימה, עומק הצפה ), שנקבעו בתקן Management Guideline Flood Hazard, Australian Institute For Disaster Resilience, האוסטרלי, (ראו איור 6).

#### **4.3.3.3. תכנית כוללית / מתאר**

התכנית הכוללית, מתוקף הגדרת חזון ומטרות, מייצרת מסגרת תכנית הכוללת לישוב, ומתחוור הנחיות והוראות לתוכניות מקומיות ומפורטות שיצאו ממנה. הליך התכנון הכוללי מורכב מניתוחים מגוונים ולימוד מקיף של היישוב, על האתגרים וההצמדנות הצפוניים לו. בהתאם לכך, תוכנית זו היא הזדמנות לקביעת מסגרת תכנית מקצועית ועדכנית גם לנושא ניהול הנגר. תוכנית אב עירונית לניהול נגר ונספח ניהול נגר בתכנית כוללית, מקיים חפיפה מסוימת, שכן הם מתיחסים לניהול נגר ברמה העירונית. השני הוא, שהראשונה ריא מסמך ייעודי לניהול נגר שמנחה תוכניות ופרויקטים, היא אינה סטוטורית וקיימות מעותות ממנה בישראל. אילו השני, נערך במקביל לעירית תוכנית כוללית ומהווה חלק ממנה, והשפעתו מתבטאת במסמכיו התכנית ובהנחיה לעירית תוכניות מפורטות.

בהליך העבודה על נספח ניהול נגר בתכנית כוללית יוגדרו החזון והמדיניות המקומית לנושא הנגר; תוצע מסגרת נתונים עדכנית וaicותנית בתחום הידרולוגיה והקרקע המקומיים, לרבות מיפוי טופוגרפי עדכני, הכולל שקעים אבסולוטיים, פשטי ושטחי ההצפה; מיפוי תתי אגמי הניקוז הראשיים, מיפוי שלד מערכת הניקוז הקיימת שיכלול תווים ומוצאים וחישוב ספיקות התוכן בהם; זיהוי אזורים הסיכון להצפות, ואיתור שטחים ייעודיים משמעותיים לניהול נגר במרחב ולהעשרה מי תחום. מידע זה ישתלב בקבלת החלטות לגבי פרישת ייעודי הקרקע והצט"פים, לטובת שימור מושכל בשטחים קיימים והחדשים לניהול נגר. כמו כן, ממלץ לקבוע יעדים לניהול נגר בתכנון המפורט, עבור כל תשת אגן ו/או יעוד קרקע, על מנת לבקר ולעמוד ביעדי הספיקה היוצאת שיזוגדרו בתכניות האגניות. עד מוצע לכלול בנספח סט כלים ופתרונות לניהול נגר, המותאמים להוראות ומדיניות התכנית ולרווח ותנאי המקום, שיעמוד לרשות המתכננים ובודקי התכניות.

חשוב להציג את הזיקה המחויבת בין נספח ניהול נגר להוראות התכנית הכוללית שתככיב את התכנון המפורט, שכן, אם היא לא מתקינה כראוי, ביטוי הנספח, מסקנותיו והשימוש בו, יתממשו באופן חלקי בלבד, אם בכלל.

#### 4.3.3.4. תכנית מפורטת

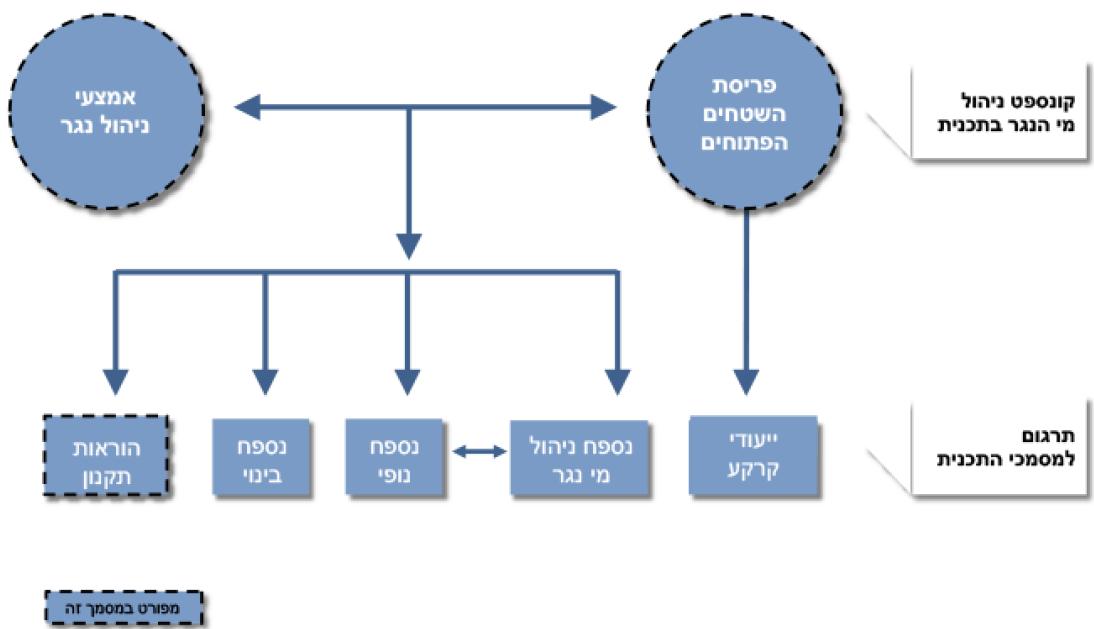
תכנית מפורטת קובעת את המוגדרת התכנונית של השטח, ברמת פירוט שתאפשר הוצאה הרווח בניה. עדכן תמ"א 1 מציב לתוכנית המפורטת שני ייעדים בהקשר הנגר, הראשון הוא יעד נפח נגר אותו יש לנהל בשטח התכנית, השני הוא יעד למניעת הצפות. על נספח ניהול הנגר שנערך לתוכנית לספק את מלאה המידע המKeySpecי הנדרש, על מנת לאפשר תוכנן וקבלת החלטות מיטבית בנוגע לניהול הנגר, כאשר בהליך התכנון נדרש עבודה מסונכRNA עם ערכית הנספח.

כראע, נבהיר כי הליך התכנון הינו הליך מורכב, מרובה קונפליקטים ובעלי עניין, תלוי בנסיבות תוכנון, בזמן ובמקום. בהתאם לכך, הנחיהו התכנון להלן מכוונות למהלך ועקרונות ניהול הנגר, שיש לקחת בחשבון חלק ממעריך השיקולים הכלול בהליך התכנון המפורט.

תוכנון אדריכלי-נופי הוא הבסיס למייצוי פוטנציאל ניהול הנגר בשטח המתוכנן. זאת דרך תוכנון מערך השטחים הפתוחים, באופן שיאפשר עמידה בייעד ניהול הנגר של התכנית, דרך הטמעה מושכלת ויעילה של אמצעי ניהול נגר נופיים מבוססי טבע, במקביל לאמצעים הנדסיים משלימים. (לפירוט אמצעי ניהול נגר ועקרונות לשילובם והטמעתם בתכנית ראו פרק 7). בהתאם לכך, תפישת ניהול הנגר בתכנית אמורה לשלב בין פרייסת השטחים הפתוחים לבין עיצוב השטח והטמעת אמצעי ניהול נגר עצמן, באופן שיצור חשיבה תכנונית קוהרנטית. ביטוי לתפישה זו יופיע הן בתשריט התכנית, בהיבט פרייסת השטחים הפתוחים, והן בנספח ניהול הנגר ובנספח הנופי, (שיתוכנוו באופן משלימים זה זהה), בנספח הבינוי ובהוראות התכנית, לפי עניין, דרך פירוט עקרונות תוכנון ואמצעי ניהול הנגר עצמן. כמו כן, פרייסת התכסית מכתיבה את פרייסת השטחים הפתוחים, ולהיפך, ובכך מתאפשר דיאלוג בין המתוכנן למועד התכנון, באמצעותו ניתן וודא כי נבחנו ושולבו שיקולי ניהול נגר בתכנית מתחילה.

לניהול הנגר בשטחים הפתוחים פוטנציאל ויתרונות גדולים על פני השטח המבונה, כפי שנראה גם בבחינה הכלכלית פרק 5. פרייסת השטחים הפתוחים בסיסה עומדת תפישת ניהול נגר, מאפרשת ניהול נגר בהיקף ממשמעותי, דרך אמצעים נופיים ופתרונות מבוססי טבע, שהינם חסכוניים ממשמעותית, עמידים יותר, דורשים תחזקה מינימלית ובעלי יתרונות נלווה בשימור וחיזוק המערכת האקולוגית. מעבר לכך, הטמעת אמצעים נופיים בשטחים הפתוחים, מהוות ניצול מיטבי של שימושי הקרקע המתוכנים, וכן, מאפרשת גם גמישות בבחירה אמצעים משלימים לניהול נגר.

העיקרון המוביל במיקום השטחים הפתוחים הוא לאפשר בנוסף לתקודם העיקרי כسطح לרשות הציבור ולרווחתו, גם את תפקודם כשטח ייעודי לקליטה ולטיפול בנגר הנוצר בסביבתם. על מנת להבטיח את המשך התקודם של שטחים אלה כמנהלי נגר, קיימת הגדרה סטטוטורית במבא"ת של 'שטח לניהול נגר'. לאור זאת, תוכנון מעריך השטחים הפתוחים ראו שיתבסס על תפישה מערכתית תפקודית כוללת, ויעשה דרך ביצוע הערבות נגר וראשניות חלופות תוכנון עקרוניות, לרבות בחינה וחלוקת אמצעים מותאמים למקום, לטובת ניהול הנגר. מיקום השטחים הפתוחים ייקבע לאור עקרונות כגון 'תפישת' הנגר בנקודה הקרובה ביותר למקום היוצרתו ויושתו על בסיס הטופוגרפיה של השטח; העדפת שטחים בעלי כושר חלחול גבוה; התווית השטח הפתוח לאור ערכיו זרימה טבעיות; פיזור שטחים פתוחים בהיררכיות שונות בתכנית; ומיקום שטח פתוח של גנים ציבוריים, כיכרות, איי תנואה ועוד, סביבה הנΚודות הנמוכות בתכנית.



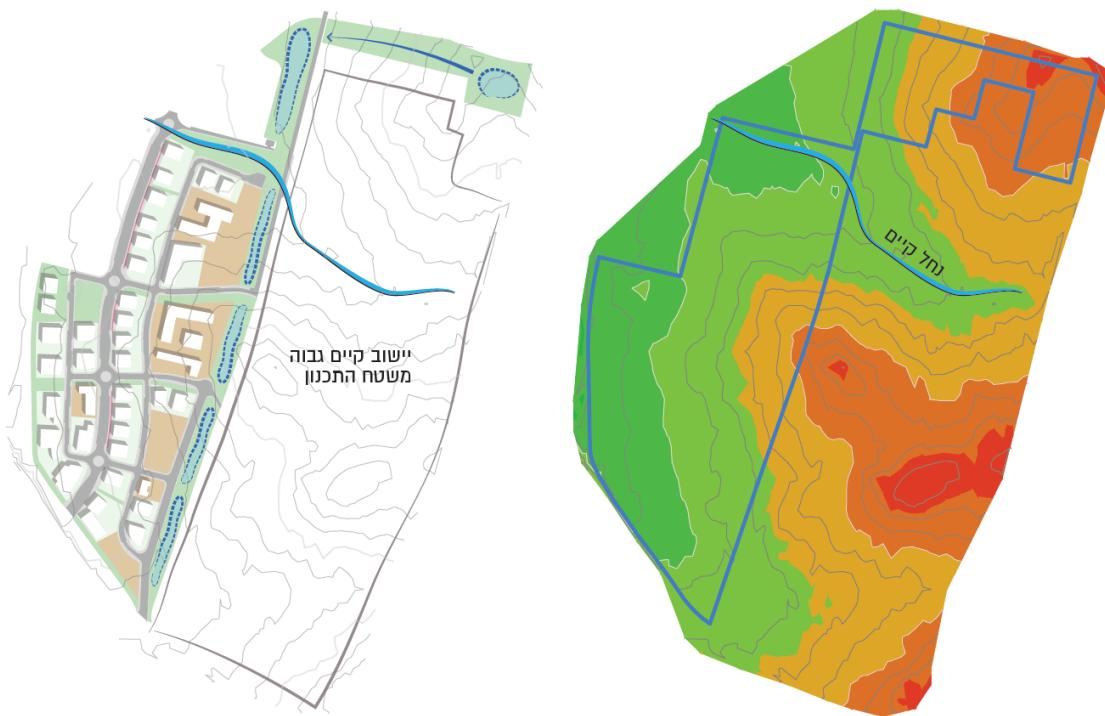
איור 1 | תהליכי הטמעת ניהול מי נגר בתכניות מפורחות

#### 4.3.3.5. עקרונות לניהול נגר בהליך התכנון המפורט<sup>32</sup>

لتכנון מערכת השיטחים הפתוחים בתכנית משקל משמעותי שימוש פוטנציאלי ניהול נגר באמצעות ניפוי מבוססי טבעי. להלן העקרונות שומלץ לשכלול בשלב התכנון הנופי וקייעת מערכת השיטחים הפתוחים ותפישת מדיניות ניהול הנגר.

<sup>32</sup> להרחבה על עקרונות התכנון ראי פרק 7, 'סל כלים'

.1. מיקום שטחים פתוחים באזורי הנמוכים בתכנית (איור 3)



איור 2 / מיקום שטחים פתוחים באזורי הנמוכים בתכנית - בדוגמה של שילוב שטח פתוח לאורך הדופן המירוחית של השכונה המתוכננת, אפשרות ויסות של מי הנגר מהשיטה הבינוי הגביה יותר ממאה (תמל"ל 1038 - גני אוז"ר, רמת גן)

.2. שילוב שטחים פתוחים לאורך ערוצי זרימה קיימים (איור 4)



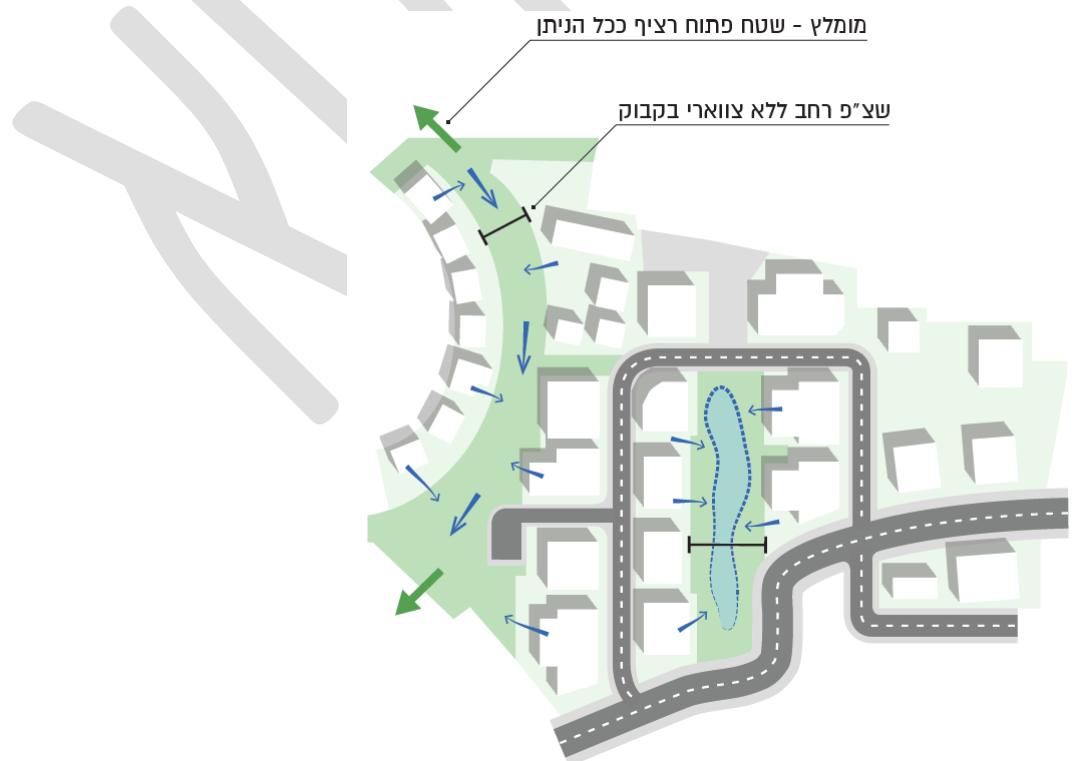
איור 3 / שילוב שטחים פתוחים עם ערוצי זרימה קיימים - בדוגמה שימוש נחל יתר וערוצי הזרימה המשניים כשטחים פתוחים אפשר ניהול נגר של זרימה שטפונית ומונע הצפות. (תכנית מס' 64, 625-0711564, שכונת אלמטלה, תל אביב)

.3. **שילוב שטח פתוח בכל מבנן (איור 5)**



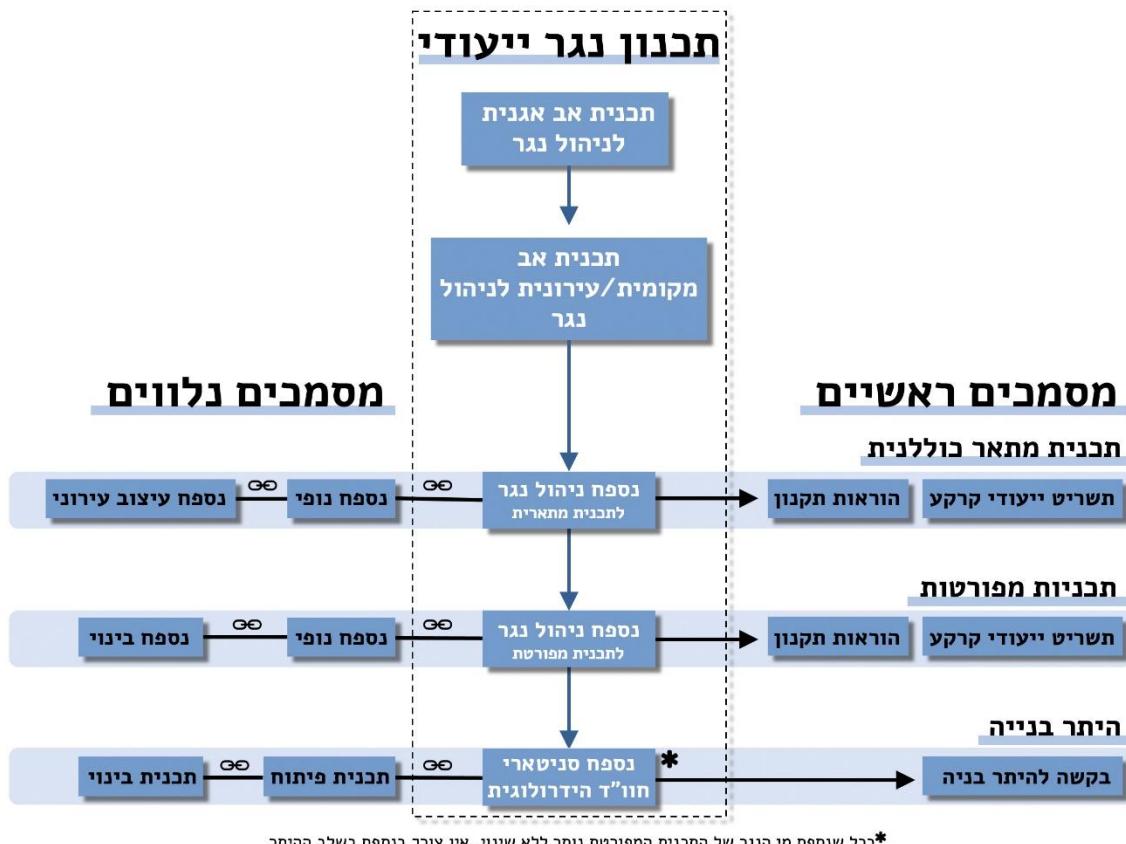
איור 4 / **שילוב שטח פתוח בכל מבנן -** בדוגמה **שילוב שטח פתוח (יבורי או פרטי)** נמור מסביבתו בכל בלוק, מאפשר השהייה של מי הנגר במבנה, לפני הפניה שלהם למערכת הירונית.  
(תכנית מס' 415-0838573, מתחם יוספטל, רמלה)

.4. **רصف והמשכיות (איור 6)**



איור 5 / **רصف והמשכיות -** בדוגמה, מיקום שטח פתוח אורך גדול במרכז התכנית והרחבת השטח הפתוח במערבה, וזאת בהתאם לטופוגרפיה במתחם, מאפשר ניהול מי גnger בשטחים הפתוחים, בנוסף לצמצום עבודות עפר וקירות תמך. (תכנית מס' 507-0523845, מתחם אח"י דקר, תל-אביב)

#### 4.3.4. מערכות היחסים בין התכניות השונות



#### 4.4. הצעות לסייעי הוראות ניהול נגר לשילוב בתכנית

על מנת למשוך את תפישת ניהול הנגר בתכנית, יש להטמעה במסמכי התכנית, בין היתר, בהוראות. מטרת פרק זה היא להציג לצווות התכנון ולמוסדות התכנון מגוון הוראות העוסקות בהיבטי ניהול הנגר, שניתן לשלב בהוראות התכנית. סעיפי ההוראות שלහן מציבים על כיוונים ואפשרויות, חלקם מנוסחים באופן כללי וחלק מוקדים יותר. צוואות התכנון, בבואה להמיר תפישת ניהול הנגר למסמכי התכנית המחייבים, יבחר, יתאים ויוסיף סעיפי הוראות, לפי צרכיו, על מנת להתאים למאפייני וצרכי התכנית ולהתפישת ניהול הנגר שגובשה. את ההוראות ניתן לשלב בפרק 6 'הוראות נוספת', בתת פרק 'ניהול מי נגר', או בפרק 4 'יעודי קרקע ו שימושים', לפי עניין:

##### 4.4.1. הוראות כללוות לשילוב בפרק 6 'הוראות נוספת'

- בקשה להיתר בנייה / תכנית בניין ופיתוח, תציג באופן מפורט את פתרונות ניהול מי הנגר, על מנת להוכיח עמידה ביעד התכנית. הפתרונות יוצגו למרחב הציבורי והפרטי, ויכללו אמצעים לאיגום, השהייה, חלחול, החדרה, טיהור נגר וכו'. אמצעי ניהול הנגר בהיתר בנייה/תכנית הבינוי והפיתוח יהיו באישור מהנדס הרשות המקומית. (במקרה של ועדת מרחבית, יהיה לאחר התיעיצות עם מהנדס הרשות המקומית).
- בקשה להיתר בנייה / תכנית בניין ופיתוח / נספח נופי, יציגו באופן מפורט את מכלול אמצעי ניהול הנגר ואת פוטנציאל נפח ניהול הנגר בהם, במטרה להוכיח עמידה ביעד ניהול הנגר שנקבע לתכנית. הצגת אמצעי ניהול הנגר תכלול את המרחב הציבורי והפרטי, ותהיה מורכבת מאמצעים לאיגום, השהייה, חלחול, החדרה, טיהור נגר וכו'.
- ככל שתכנית אגנית ו/או מקומית לניקוז וניהול נגר, שאומצתה ע"י הוועדה המחויזית, קבעה יעד ניהול נגר שונה לתכנית, יש לנוהג לפיה.
- יעד ניהול הנגר לתכנית הוא X מ"ק. מתוכו, Z מ"ק ינוהלו בתחום מגרש Z המשמש כצ"פ.
- פניו הקרקע בתכנית יעוצבו בשיפורו לציר עירוני הזרימה, במטרה לייצר אזור הצפה בשטח של X מ"ר בעומק ממוצע של 20 ס"מ ועומק מרבי של Z ס"מ.
- על אף יעד ניהול הנגר שנקבע לתכנית, העדיפות היא לניהול מירב הנגר הנוצר בשטח התכנית, בהתאם לאפשרויות ולאמצעים הקיימים בעת הוצאת ההיתר, ובכך, לצמצם עוד את כמות הנגר שתוחרם למערכת התיעול.
- הרחובות בתכנית ישמשו גם להולכת נגר, לצורך כך חתך הכביש ייבנה בשיפורו לציר המרכזי, בתחוםו גם יונחו הקולטנים.
- אי עמידה ביעד ניהול הנגר שנקבע לתכנית יחשב לטסיה ניכרת מהתכנית
- במסגרת יותר הבניה ייערך פרוטוקול תפעול ותחזקה לאמצעי ניהול הנגר הכלולים בהיתר, על מנת להבטיח את פעילותם המיטבית ולשמור על משך מקסימלי של תפקודם. הפרוטוקול ייפורט, בין היתר:
  - פעולות התחזקה הנדרשות,\_TD>תדרותן ומועדן ביחס לעונות השנה
  - הגדרת גורם אחראי לביצוע הפעולה (דוגמת רשות ניקוז, רשות מקומית, בעל הקרקע, בעלי הנכס, חברת ניהול וכו').

- מפרט הגנה על אמצעי ניהול הנגר בעת ביצוע עבודות פיתוח השטח, להבטחת תפקודם התקין בעת סיום העבודות.
- היתר הבניה יתייחס להיבטים של שלביות הפיתוח, במטרה למנוע פגיעה באמצעות אמצעי ניהול הנגר בעת ביצוע עבודות הפיתוח, להבטיח את תפקודם בסיום העבודות, וכן, להבטיח את ניהול הנגר בשטח בשלבי הפיתוח השונים. בכלל זה תהיה התיאחות ל:
  - פתרון בגיןים לניהול הנגר בשלבי הפיתוח, לפי חלוקה למתחמים
  - מפרט הגנה על אמצעי ניהול הנגר בביצוע העבודות, להבטחת תפקודם התקין בסיום העבודות

#### **4.4.2. הוראות מפורטות למגרשים:**

- מגרש X ממוקם בתחום שקע אבסולוטי, יש להבטיח כי גובה האפס אפס במגרש ייקבע ביחס לروم פשוט ההצפה, ויהיה לפחות 20 ס"מ מעל רום ההצפה. מפלס המדרכה יהיה 50 ס"מ מעל מרכז הכביש ומפתחי הכניסה לחניונים מתחת לקרקע יהיו 30 ס"מ מעל מפלס המדרכה.
- בתחום מגרש X המשמש כשצ"פ, יונחן נפח נגר של Z מ"ק, ע"י יצירת שיפוע של %W בעומק של עד Z ס"מ.
- על כל מגרש בחלוקת X לנחל Y מ"ק של נגר. לשם כך יש להקים קידוח החדרה משותף לכל זוג בניינים. לפחות 30% משטחי הגגות ייבנו כగגות כחולים היוכלים להכיל Z מ"ק מים. עדפי הנגר יופנו לשצ"פ המרכזי בכל בלוק, שאמצעיו ייבנה כארגז חול מונמרק לשם חלחול.

#### **4.4.3. הוראות לשילוב אמצעי חלחול והחדרה:**

- היתר בניית הכלול קידוח/י החדרה למי התהום, יעבור לחו"ד רשות המים.
- אמצעי החלחול והחדרה בהיתר הבניה ייקבעו לאור דר"ח קרקע שייערך לאתר, שייחן, בין היתר, את פוטנציאל החלחול והחדרה למי התהום.
- באזורי המסומנים להחדרה מי תהום, תינתן העדפה לניהול נגר באמצעות המעצים והתומכים במערכת הטבעת, כגון חלחול והחדרה.
- מיקום אמצעי ניהול הנגר הכלולים מגנוני חלחול והחדרה ייבחן, בין היתר, בהתחשב למרחק מיסודות המבנים, ובהתיאצות עם יו"ץ קרקע, על מנת להבטיח את בטיחות המבנה.

#### **4.4.4. עקרונות לתכנון:**

- תהיה העדפה לשימוש בפתרונות מבוסטי טבע, דוגמת עיצוב שיפורים וטופוגרפיה, אגני השהייה, תעלות חלחול וכדומה, באופן המunik להם ערך סביבתי, אקוולוגי, נופי, חינוכי וחברתי, לרבות הייעוץ עם מומחים בתחום.
- לעת בחירת אמצעי ניהול הנגר תהיה העדפה לשימוש באמצעות המשלבים שימור בתים גידול לעצים בוגרים בקרקע טבעית.

על מנת למצות את פוטנציאל ניהול הנגר בערוצי הניקוז, יש לשלב את העורוצים כחלק מהשטחים הפתוחים בתכנית ובהתיחס לטופוגרפיה הטבעית, וכן, לכלול בהם מגווני וויסות, איגום, השהייה חלאול והחדרה של נגר.

- ככל הניתן, הנגר יופנה אל שטחים החדשרים ומחלחלים, כאשר השטחים הנמוכים וקפלים הקרקע, ישמשו ווסת זמני לאירועות העיליות.
- השטח המיועד לחלאול נגר יהיה נמור מסביבתו, ככל הניתן, ויחופה, ככל הנדרש, בחומר חדייר למים, כגון אדמה/חומר גרגולרי, על מנת לאפשר את חלאול הנגר.
- שטחי פיתוח נופי המחוופים בחומרים אוטומים (כגון ריצופים) לא יחשבו כשטח מחלחל לניהול הנגר.
- יש לשאוף להשתמש בשטחי הפיתוח הנופי לניהול נגר, ולהימנע מחיפוי בחומרים אוטומים (כגון ריצופים), שאינם מחלחלים/חדרים.
- יש לשאוף לשימוש בשטחי הפיתוח מעלה גאות/מרחפים, לטובת ניהול נגר באמצעות של ויסות זרימה/השהייה/איגום.
- שטחים מיועדים לחלאול לא יהיו תחומים בחומרים בלתי חדיירים (כגון אבני שפה או קירות), ככל הניתן, על מנת לאפשר זרימת מי נגר מאזורים גבוהים יותר אליהם.
- יש להתאים את פרישת והרכבת אדמה הגן להרכבת הקרקע בשטח, ככל הניתן, על מנת שיוכלו החלאול הטבעי שלה לא תיפגע.

#### 4.4.5. הוראות לשילוב בפרק 4, 'יעודי קרקע ו שימושים'

##### 4.4.5.1. דרך קיימת ומוצעת

- תכנון הרחובות יעשה באופן שימצה את פוטנציאל ניהול הנגר בתחוםם לפני הזרמת עודפי מים למערכת הירונית או לפתרון אחר, באמצעות ויסות זרימה/השהייה/ חלאול נגר, תוך תיאום עם ההידרולוג, מתכנן הניקוז ומתכנן הכבישים, לפי עניין.

##### 4.4.5.2. שטח ציבורי פתוח

- השטח הציבורי הפתוח יתוכנן, יעצב ויחופה, ככל הנדרש, על מנת לשימר ויקלוט את הנגר בתחוםו ובסביבתו, לפני הזרמת עודפי מים למערכת התיעול או לפתרון / שימוש אחר. ניהול הנגר בשצ"פ יהיה באמצעות שילוב אמצעים לאיגום, השהייה, חלאול, החדרה, טיהור נגר ועוד', תוך תיאום עם ההידרולוג ומתכנן הניקוז.
- פתיחי נטיעה של עצים ברחובות יהיו בעומק מינימאלי של 1.5 מ' ושטחים לא יפחט מ- 2 מ"ר, תוך שמירה על רציפות בית הגידול, ככל הניתן.
- תעלות השטילה ברחוב תהינה נמוכה ב-15 ס"מ ממפלס הכביש, ואליהן יופנה הנגר מהכביש.

#### 4.4.6. הוראות לתכניות כולליות - 'הוראות להכנת תכניות מפורטות' סעיף 'ניהול נגר' / 'שטחי ציבור'

- בתכנית מפורטת תהיה עדיפות לשמירה על ערכיו ניקוז קיימים או מתוכננים, לטובת המשר תפוקדם כערכי ניקוז, מהמעלה למורدن, בין היתר, שיישמשו לטובת ניהול נגר.
- תכנית מפורטת תמקם את השטחים הציבוריים הפתוחים, ככל הניתן, באזוריים הנמוכים והמלחלים, על מנת להשתמש בהם לטובת ניהול נגר.
- תכנית מפורטת תוכיה עמידה ביעד ניהול הנגר שנקבע לתכנית / מתחם, ע"י שילוב והצגת אמצעי ניהול נגר.



#### 4.5. השינוי המוצע והשפעתו על הליך התכנון

שינויי הוראות פרק המים בתמ"א 1 ונספח הנחיות ניהול הנגר בתמ"א (ב'4), מהווים את השלד הסטוטורי עליו נשענת המדיניות. להלן נפרט ונבהיר את עיקרי תיקון הוראות Tam"a 1, במטרה להנגישם לצוותי ומוסדות התכנון, ובכך לסייע בהטמעתם בפעילות התכנון השופטה.

##### 4.5.1. חישוב יעד ניהול נגר בתכנית

התיקון המוצע לתמ"א מחייב שכל תכנית מפורטת תחשב את נפח הנגר שנוצר בתחוםה. נפח הנגר מחושב לפי שטח התכנית, סוג הקרקע, עובי הגשם הימתי בתוסברות של 1:50 ותכסיית הבניוי המוצעת. לפי נפח הנגר שהושבע לתכנית, יקבע יעד נפח הנגר אותו התכנית מחויבת לנחל. יעד ניהול הנגר יקבע באופן הבא:

- תכנית מתחת ל 5 דונם, נדרשת לנחל 50% מנפח הנגר שנוצר בתחוםה
  - תכנית מעל ל 5 דונם, נדרשת לנחל 75% מנפח הנגר שנוצר בתחוםה ההבדל נובע מהשתתח הציבור הפתוח בתכנית, שכן, ככל שה��נית גדולה יותר, היא כוללת שצ"פים נרחבים יותר, שיכולים לשמש כאמצעים שימושתיים לניהול נגר, שכן, ישנה עדיפות והיתכנות גבוהה יותר לניהול נגר בשצ"פ, מבחינות יעילות והיבטי תחזקה.
- חישוב נפח ויעד ניהול נגר :** על מנת להקל על הליך חישוב היעד והיכולת לבקר אותו, נבנה מחשבון ייחודי, שנדרש להזין בו 4 נתונים:

- שטח התכנית בדונם;
- אחוות התכסיית המוצעת;<sup>33</sup>
- אזור הגשם בו ממוקמת התכנית, ממנו נגזר עובי הגשם הימתי;
- סוג הקרקע ממנו נגזר מקדם הנגר.

על מנת שכבר בתחילת הליך התכנון ימודד בפני עצמו צוות התכנון יעד נגר ראשוני שהם נדרשים לתת לו מענה בתכנית, רצוי לבצע את חישוב יעד נפח הנגר פעמיים. פעם ראשונה, כאשר נתון תכסיית השטח הבניוי הינו הערכה המבוססת על פ로그רמת התכנית. ופעם שנייה, כאשר מסמכי התכנית כבר גובשו, ואז חישוב יעד הנגר יהיה מדויק יותר.

##### 4.5.2. חובת הגשת נספח ניהול נגר בתכנית ויישום אמצעי ניהול הנגר בהיתר

התיקון המוצע בהוראות פרק המים בתמ"א 1 יצר הבחנה בין שלוש קטגוריות של תכניות, לעוניין חובת הגשת נספח ניהול הנגר (ב'4), והטמעת אמצעי ניהול הנגר בהיתר הבניה שיצא מכוח התכנית, להלן:

1. תכנית קטנה (עד 1 דונם): אינה נדרשת בהגשת נספח ניהול נגר, ומחייבת בניהול יעד הנגר. תמהיל אמצעי ניהול הנגר יקבע ויוצג במסגרת היתר הבניה, ויהיה כפוף לאישור מהנדס הוועדה המקומית. בוועדה מרחבית, אישור התמהיל יהיה לאחר התיעצות עם מהנדס הרשות המקומית
2. תכנית בינונית (1-5 דונם): אינה נדרשת בהגשת נספח ניהול נגר, ומחייבת בניהול יעד הנגר. תמהיל אמצעי ניהול הנגר יקבע תוך התחשבות בהיבטים הידרולוגיים, גאולוגיים, טופוגרפיים, מאפיינים מקומיים וכי של התכנית וסבירתה. הצגה ופירוט האמצעים יעשה באחד האופנים הבאים:

<sup>33</sup> ככל שה��נית המדויקת אינה ידועה בשלב התכנון הראשוני, ניתן להעריכה תחילה, על בסיס ה프로그램ה התכנונית, ולדיק אותה בשלבי התכנון המתקדמים

- א. באמצעות היתר בניה, בכפוף לאישור מהנדס הוועדה המקומית. בוועדה מרוחבית לאחר התיעצות עם מהנדס הרשות המקומית.
- ב. בהוראות התכנית, ייקבע שתנאי למתן היתר בניה יהיה הגשת תכנית ביוני ופיתוח בקנה מידה של 1:500 או בקנ"מ אחר שיקבע ע"י מוסד התכנון. בתכנית הבינוי יוצגו ויפורטו אמצעי ניהול הנגר, בחלוקת למתחמים או מגרשים. תכנית הבינוי תאושר על ידי הוועדה המקומית, ובוועדה מרוחבית, לאחר התיעצות עם מהנדס הרשות המקומית. **תכניות גדולות (מעל 5 דונם):** מחויבת בהגשת נספח ניהול גגר. אמצעי ניהול הנגר ייקבעו בהתאם להמלצות הנספח וווטמעו במסמכי התכנית. הצגה ופירוט האמצעים ישרו בדומה לתכנית ביונית.

#### **4.5.3. גמישות בקביעת יעד ניהול הנגר בתכנית**

מוסד תכנון רשאי לשנות את יעד ניהול הנגר בתכנית, לאחר שבחן את מאפייני הניקוז וההיסטוריה הかつות בשטח התכנית, בכפוף לתוספת הנגר הצפוי; תוספת הפיתוח המקודמת והמתוכננת באזורי; הנחיות תכנית האב האגניט או תכנית אב עירונית ככל שישנה ואומצה ע"י הוועדה הממחזית; שימושות פתרונות ניהול הנגר בשטח התכנית בשל אילוצים הנובעים כתוצאה מאופיינים גאולוגיים, זיהום קרקע ומים, וכו'; יכולת מערכת הניקוז העירונית לקלוט את עודפי הנגר מהתכנית, (סעיף 7.1.2 בפרק המים בתמ"א).

#### **4.5.4. פתרונות ניהול גגר מוחוץ לשטח התכנית**

במקרים לחריגים, בתכניות שנמצאו שיש בהן צורך בפתרונות ניקוז וניהול גגר, אולם היתכנות היישום של הפתרונות אלו נמוכה, ניתן לבחון מענה מרוחבי לניהול גגר, מוחוץ לשטח התכנית, ובתנאי שהיא בו לענות לצרכי הניקוז וניהול הנגר בתכנית. התכנית תקבע שלביות ביוני, ביחס לקידום והקמת הפתרונות כאמור.

#### **4.5.5. עמידה ביעד מניעת הצפות לפי שימושי הקרקע**

- התיקון המוצע העמיד יעד נוסף לפני תכנית מפורטת, הוא יעד מניעת הצפות לפי תקופות חזרה, (טבלה 3 בנספח ב4'). אופן יישום יעד מניעת הצפות נחלק לשניים:

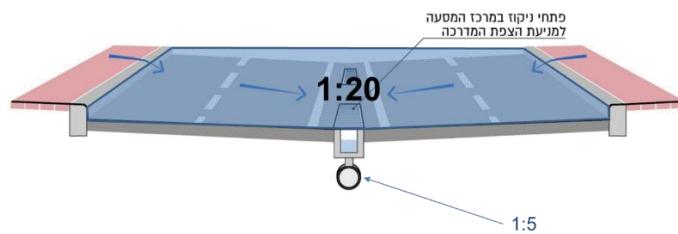
- רחובות וכבישים עירוניים, לגבייהם המתכנן נדרש לבצע חישובים להוכחת עמידה ביעד (בתาม לסקמה מוצגת בשגיאה! מקור ההפניה לא נמצא).
- שאר ייעודי הקרקע, בהם, ברובם, המתכנן יכול להסתמך על מידע קיים

- בשימושי הקרקע של רחובות וכבישים עירוניים, התכנית נדרשת להוכיח עמידה בשני קריטריונים. להלן:

- מערכת התיעול, ללא התחשבות בהקטנת הספיקות כתוצאה מיישום מערכות ניהול גגר, התוכנן למניעת הצפות מאירועי גשם בתדריות של 1:5 שנים. הצפה תחשב כהירמותה היערמות מים מעבר לצנרת התיעול.
- מערכת התיעול, עם התחשבות בהקטנת הספיקות כתוצאה מיישום מערכות ניהול גגר, התוכנן למניעת הצפות מאירועי גשם בתדריות של 1:20 שנים. הצפה תחשב כהירמותה מים מעבר לאבני השפה של הכביש. (ראו אייר 6).

בשאר ייעודי הקרקע, חישוב עמידה ביעדים הקבועים יתבסס על נתונים של פשטי ורומי הצפה מתכניות ניקוז וניהול גגר אגניות ועירוניות. ככל שאין נתונים זמינים, נדרש לבצע את החישוב רק במקרים בו מוצעת בניה מתחת לקרקע, בתחום שקע אבסולוטי / פשט הצפה/

אזור בו התרחשו הצפות. לחילופין, וככל שלא מדובר בתחום פשוט הצפה, ניתן להימנע מהחישוב כאמור, ע"י תכנון מערכת תיעול לתקופת חזרה של 100 שנים.



**איור 6 | דוגמא ליישום יודי מניעת הצפות ברוחבות ובכבישים העירוניים, כך שמערכת התיעול בלבד, ללא התחשבות במנגנון ניהול הנגר שומדת ביעד של 1:5, ואילו מערכת התיעול המשולבת עם מנגנון ניהול הנגר שומדים ביעד של 1:20.**

#### 4.5.6. גמישות בחובת הגשת נספח ניהול נגר

מוסד תכנון רשאי לחייב הגשת נספח תכנית שאינה נדרשת, או לפטור באופן חלקי או מלא מהגשת הנספח, לאחר שבוחן את מאפייני הניקוז וההיסטוריה הצפות בשטח התכנית והשתכנע כי בגין גודל התכנית, לנוף הנגר שמייצרת, לעד ניהול הנגר שנקבע לה, למאפייני הסביבה ולשינויו המוצע בתכנית, ולנזקי הצפות וסחף הצפויים בשטח התכנית ובמורד בגין בו נמצאת התכנית יש/אין חשיבות בהגשת הנספח או חלקים ממנו. במקרה בו נקבע שאין צורך בהגשת הנספח, אמצעי ניהול הנגר יקבעו בשלב היתר הבניה או במסגרת תכנית הבינוי והפיתוח, (סעיף 7.1.4 בפרק המים).

**4.5.7. עידוד והעדרת שימוש באמצעות אמצעים הכוללים חלחול והחדרה למי תהום**  
 הtmp"א מעודדת הטעמה באמצעות אמצעים הכוללים גם חלחול והחדרה למי תהום, בשל החשיבות בהעשרה אקווייפרים ומונעת זיהוםם. דרישת זו מתחזקת באזורי המוגדרים כ'בעלי עדיפות להעשרה מי תהום', אלא אם לא ניתן להטמע אמצעים ופתרונות להעשרה מי תהום מטעמים של סוג המסלע, מרחק מי תהום, זיהום קרקע, איכות מי תהום ונגר וכו'. החלטה של מוסד תכנון בעניין אי הכללת פתרונות חלחול והחדרה בתכנית מפורשת ה恰恰 באזור עדיפות להעשרה מי תהום, תדרש להיוועצות עם רשות המים, ככל שטח התכנית גדול מ 5 דונם.

#### **4.6. שילוב היבטי ניהול נגר בהליכי התכנון**

על מנת להבטיח את הטמעת מדיניות ניהול הנגר, התחקנו אחר אופן הביטוי של ניהול נגר בשרשראת התכנון, החל מהליך התכנון, דרך ההחלטה הסטטוטורי לאישור התכנונית, ומשם להליך הרישי ועד לבנייה והתחזוקה השוטפת. להלן יוצגו השלבים השונים בתהליך, ובכל שלב יפורט האופן בו מושע להתייחס להיבט ניהול הנגר, לאור המדיניות החדשה והשינוי הסטטוטורי, תוך ניתוח חסמים עיקריים והמלצות להטמודדות. ניתוח זה נערך מנוקדת מבט של צוות התכנון, העורך את התכנונית, ושל מוסד התכנון, שבודק ומלווה את התכנונית לאישור. להלן:

##### **4.6.1. הליך תכנון ראשוני**

כפי שנכתב לעורך המסמך, ישנה חשיבות לעיתוי הטמעת היבטי ניהול נגר כבר מתחילת המהלך התכנון, על מנת לאפשר פתרונות ניהול נגר מיטביים בתכנונית.

**ה策עת יישום :** לשנות את השיח - לעלות את נושא ניהול הנגר ואת התייחסות אנשי המקצוע הרלוונטיים (הידרולוג, אדריכל ועוד) בפגשי טרום התכנון (פרה רולינג). על מוסד התכנון להתוות שאלות לגבי בנייתו של המבנה, מערכת הניקוז הטבעי ותבנית ייעודי ושימושי הקרקע, בהתייחס להיבטי ניהול הנגר, וכן, לאופן השימוש של בסיסי הנתונים והמסקנות של נספח ניהול הנגר ויעד ניהול הנגר במסמכי התכנונית המחייבים.

##### **4.6.2. הליך תכנון סטטוטורי**

לאחר גיבוש מסמכי התכנונית ולאחר קידום התכנונית להפקדה ולאישור, יש לבחון את המענה ליעד ניהול הנגר ואת אופן הטמעת נספח ניהול הנגר, כולל שידרשו, על הנתונים והמסקנות שלו, לרבות הצעת אמצעי ניהול נגר במסמכי התכנונית. חשוב לשמור לאורו של המהלך, שישמר ממשק שוטף בין השינויים הנדרשים בתכנונית, וההתאמות להיבטי ניהול הנגר ולנספח ניהול הנגר. שכן, נספח ניהול נגר, איקוחו ומלא כל שהוא, לא ימלא את תפקידו אלא אם יבוא לידי ביטוי במסמכי התכנונית.

**ה策עת יישום:** בדומה להליך הראשוני, גם כאן, נדרש לבחון את אופן התייחסות התכנון ואנשי ה策עות המעורבים, לנספח ניהול הנגר ולהיבטי ניהול הנגר, כחלק ממערך השיקולים הנלקחים בחשבון במהלך התכנון. זאת, בדגש על שלד התכנונית, מערכת ייעודי הקרקע, אמצעי ניהול הנגר שהתקנית מחייבת, בהתאם ליעד שנקבע לה. במסגרת בחינת חלופות התכנון, כולל שיוצגו, יש לבחון את גם את התייחסות להיבטי הניקוז וניהול הנגר בכל חלופה. בנוסף, יש להת媚יע את המלצות נספח ניהול הנגר במסמכי התכנונית, על מנת להבטיח את יישום המדיניות ואת העמידה ביעד ניהול הנגר במהלך המהלך. במקרים בהם לא נדרש להציג נספח ניהול נגר, יש לוודא שתהיה חובה לקביעת אמצעי ניהול הנגר כתנאי לקבלת להיתר.

##### **4.6.3. עירכה ואישור היתר בניית**

מטרת שלב זה, היא להבטיח את יישום המדיניות והוראות התכנונית, על נספח ניהול הנגר שלאה, באופן מיטבי בהיתר הבניה.

**ה策עת יישום:** ככל שהתקנית כוללת הוראות ברורות ומחייבות לניהול נגר, הסיכוי שהיתר הבניה יתחשב בהיבטי ניהול הנגר בתכנון המרחבי, יוכל את אמצעי ניהול הנגר גבוה יותר.

#### **4.6.4. בדיקת תכנן, בקרת ביצוע וגמר ביצוע**

בכל השלבים נדרשת התייחסות והבנה למידניות והוראות התכניתית והיתר הבניה, ביחס לניהול הנגר. לגבי כל האמצעים, יש לפקח ולבקר את הקמתם בשלבי בדיקת התכנן, בקרת הביצוע וגמר הביצוע. בעניין זה, ישנה בעיות מסוימת, שכן, חלק מאמצעי ניהול הנגר שמסמן זה מוקדם, אמורים להשתלב למרחב, לא בדרך של ביןוי, אלא דרך הבדלי גבהים, קרקע, צמחייה, הוראות לשטחי גינון, גנות, צידי דרכיהם ועוד. שלבי בקרת הביצוע מכונים לבינוי ולהנדסה, ולכן הפיקוח על ביצוע אלמנטים אלו בשלב הבניה ולאחריה, ייתכן ויוצע באופן חלקי אם בכלל. כמו כן, לעניין הקמת אמצעי ניהול הנגר, על מנת להבטיח את תפקודם הייעיל, נדרשת להתחשב בשלביות פיתוח השיטה. אמצעי ניהול נגר, הכללים מסננים לדוגמא, יכולים להיסתמש מעבודות העפר, ככל שלא דאגו להגנה עליהם בשלבי הפיתוח של השיטה.

**ה策ת יישום:** כלל אמצעי ניהול הנגר המוצעים בתכנית יכולו פרוטוקול תחזקה, (טרם קבלת תעודת גמר בנייה), שיכלול ניהול התחזקה השוטפת ומוסעם, לרבות הגדרת גורם אחראי לכך. בכלל, נכון לעתה העדפה לאמצעי ניהול נגר הדורשים תחזקה מינימלית. כמו כן, לטובת הבטחת יישום כלל אמצעי ניהול הנגר ובפרט הנופיים, יש לכלול אותם בתכנית הבינוי והפיתוח הפתוח ובנספח נופי כתנאי להיתר בנייה, על מנת להבטיח את ההתייחסות המרחכית להיבטים אלו, ואת הפיקוח על ביצועם בפועל. בנוסף, היתר הבניה ו/או תכנית הפיתוח, יפרטו את שלביות הקמת אמצעי ניהול הנגר, ביחס לפיתוח והבנייה בשיטה, על מנת להגן על האמצעים הרגשיים יותר, ולהקימים אותם בשלבי הפיתוח הסופיים או לדאג להגנות מתאימות תוך כדי עבודות.

#### 4.7. מתווה לקבלת החלטות לבחירת תמהיל אמצעי ניהול נגר בתכנית

קבלת החלטות, הן של צוות התכנון והן של מוסד התכנון, לעניין אמצעי ניהול הנגר שיישולבו בתכנית או בהיתר, היא מורכבת, שכן כוללת משתנים רבים וצרכיה לאפשר גמישות בקבלת ההחלטה המתאימה ביותר לעת הביצוע. מטרת פרק זה, בשילוב עם ארגז הכללים ב- [פרק 7](#) היא לסייע ולקדם קבלת החלטות מושכלות בהטמעת ניהול נגר ואמצעי ניהול נגר בתכנית ובהליך התכניוני. השונות בין התכניות גודלה, ולעתים מאפיינים פיזיים, מקומיים, ואילוצים שונים, מראש מכתבים או מצמצמים את מרחב האפשרות בקבלת החלטות תכניות בכלל, ובפרט באמצעותם. לפיכך, הפרק בניו עקרונות שיש לשקו בעת קבלת ההחלטה, כאשר בכל מקרה, לפי תנאים הייחודיים, ישכilio הגורמים הרלוונטיים איך לשלב ולהתייחס לעיקרונם.

##### 4.7.1. התחדשות עירונית

מדיניות ניהול הנגר המוצעת קוראת ותומכת בתכנון מושכל של השטח, על מנת למקסם את הפוטנציאל של התכנית לניהול נגר באמצעות נופים רכים בשילוב אמצעים הנדרסים. בנגדות לתכנון שטח חדש, בהתחדשות עירונית ישן מגבלות תכוניות הנובעות מה צורך להשתלב במרקם הקיימים שאין בו אפשרות לגמישות בכל הקשור לייעודי הקרקע ולשצ"פים בפרט. בהתאם לכך, באופן תכניון ניהול הנגר בתכנית להתחדשות עירונית אחרת, יכול להיות מרכיב יותר. יחד עם זאת, יכול להיות שימושי יותר, שכן יש לו פוטנציאל ואפשרות לשיפור המצב השטח הנוכחי, שלעיתים יכול לסייע, בין היתר, מהצפות ונקי נגר חמורים. כמו כן, לאורך השנים, ייעדי הדיוור האסטרטגיים של ישראל, הולכים ומרחיבים את היקף ייח"ד בהתחדשות עירונית, במיוחד במקרים העירוניים יותר, מה שմגדיש את החשיבות לניהול נגר בתכניות אלו. להלן עקרונות מנהים לתכנון ניהול נגר בהליכי התחדשות עירונית:

1. **מאפייני הצפות וניקוז בשטח הבינוי:** בהתחדשות עירונית ישנה חשיבות גדולה לבחינת היסטורית ההצפות ומאפייני הניקוז של השטח הנוכחי, על מנת להשתמש בתכנית כדי לשפר את המצב הנוכחי ולמצער, למנוע חורפתו.
2. **שיפור התכנון הנוכחי:** תכנון ומיקום ייעודי הקרקע בהתאם למאפייני השטח הhidro-גיאולוגיים, על מנת להוסיף ולשפר את יכולת ניהול הנגר בתכנית.
3. **נירוח ומיפוי פוטנציאלי ניהול הנגר:** נירוח הפוטנציאלי יעשה לאור השינוי המתוכנן, תוך התייחסות לנושאים הבאים: מפת הגבהים, שלד השטחים הפטוחים במרחב ייעודי הקרקע ומקדם הנגר של הקרקע. ביחס אליהם יוערך פוטנציאל ניהול הנגר, ותחושב יעד נפח הנגר שיש לנחל, על מנת לעמוד במדיניות החדש.
4. **פתרונות משלימים:** השלמת פתרונות ניהול הנגר לעמידה ביעד ייעשו, ראשית, דרך המערכת הנופית בתוספת שינוי מיקום השטחים, שינוי גבהים, החלפת קרקע וככ' . שניית, דרך אמצעים הנדרסים כגון החדרה תת הקרקע, גאות סופגים, מאגרים מתחת הקרקע ועוד, לפי מאפייני השטח ועקרונות המפורטים בפרקם (ארגון כלים, ומתווה לקבלת החלטות על תמהיל).
5. **גמישות בקביעת יעד ניהול הנגר :** לאור המאפיינים והמורכבות של הליכי התחדשות יש לבדוק שימוש בסמכות מוסד התכנון להגדלה או הקטנה של יעד ניהול הנגר בתכנית, באופן מושכל ובראייה רוחנית. הבדיקה תהיה לאור היקפי התחדשות העירונית, הצורך בעידוד הליכים אלו וחשיבות ניהול הנגר בתכניות לשיפור איכות התכנון והניקוז של השטח הנוכחי.

#### 4.7.2. תחזוקה ופעילות - הבתחת תחזוקה ויעילות שוטפת

תחזוקת אמצעי ניהול הנגר מרכזית לתפקידם וליעילות האמצעים לאורך השנים. בדומה למערכות התיעול ההנדסיות, שם נדרש תחזקה בגין היקוי הקולטנים או בשדרוג ושיפור תקופתי של התשתיות. כאשר מדובר באמצעים ניהול נגר רכימ, המשתלבים באופןיים ובגדלים שונים במרקח הבניוי, הכוללים מערכות ניפוי, מכניות והנדסיות, הם חשופים ורגישים יותר לפגעי הזמן, לסתימות או תקלות. העובדה כי חלק מהאמצעים עתידיים להיות בתחום האחוריות של התושב הפרט, מעלה חשש לתחזוקתם, ובהתאם גם לתפקידם. פרק 4.8 עוסק בהרחבה בהיבט התחזוקה ובחשיבותו להטמעת מדיניות ניהול הנגר, מבחינת מימון התחזוקה ופיקוח ובקרה על ביצועה. בסעיף זה נציג איך בקבלת החלטות על קביעת תמהיל אמצעי ניהול הנגר בתכנית, ניתן להטיב התחזוקה, ולשפר את ישמותה. להלן נציג הקriterיוונים שאנו מציעים לשקל בעת קבלת החלטות על קביעת תמהיל אמצעי ניהול הנגר בתכנית:

א. **העדפת מיקום בקרקע ציבורי:** הטלת עיקר אמצעי ניהול הנגר במרקח הציבורי, הפתוח והבניו - שצ"פם, צידי דרכי, מוסדות ציבור וכד'. היתרון הוא שאחריות תחזוקת האמצעים של הרשות המקומית, היא בעלת היכולות ביצוע גובה יותר בשלב הראשון להטמעת המדיניות.

ב. **התיחסות להיבטי תחזוקה בבחירה האמצעים וシアפה לבחירת אמצעים דלי תחזוקה:**<sup>34</sup> מוסד התכנון, נדרש לשקל בבחירה אמצעי ניהול הנגר בתכנית, גם אתדרישות התחזוקה של האמצעי, במטרה למקסם את שך ויעילות תפקוד האמצעי, ולתת משנה ביחסן לניהול הנגר. באופן טבעי, ככל שתנאי התחזוקה מורכבים ויקרים יותר, וכן נדרש בתקירות גבוהה יותר, הסבירות להבטחת התחזוקה מתערערת. בהתאם לכך, על מוסד התכנון לבחון, בין היתר, גם את היבטי תחזוקת האמצעי, תוך שהוא מתעדף וושאף לבוחר אמצעים על תנאי ודרישות תחזוקה מינימליים, על מנת להבטיח את יעילותם לאורך זמן. בכלל זה, נציג את היתרון של אמצעים מבוססי טבעי, הכוללים כמה שפחות מנגנוןים טכנולוגיים ואמצעי שאיבה. היבטי התחזוקה של האמצעים מפורטים ב-פרק 7 סל אמצעי ניהול נגר במסמך זה, על מנת להעמיד בפני מוסדות התכנון והמתכננים את מרבית המידע. ככל שחרס מידע בנושא התחזוקה, ניתן לבקש מצוות התכנון התיחסות.

ג. **שמירה של אמצעי ניהול הנגר במהלך פיתוח השטח והבטחת ניהול הנגר בשלבי הבניינים:** הליך פיתוח שטח כולל עבודות חפירה, פילוס קרקע ובהמשך גם עבודות בניה. אלו, מעמידים בסיכון את מערכות ניהול הנגר, הכוללות מנגנון סיון ורכיבים עדינים שיוכולים להיסתרם. בנוסף, בעוד שתכנית יכולה לתת מענה הוליסטי לניהול נגר בשטחה, לעיתים קורה שהתקنية עצמה מפותחת בשלבים, כך שניתן לשטח שפותח, איןו כולל פתרונות ניהול הנגר, או כולל פתרונות חלקים, ועל כן, הסיכון להצפות גדל. בהתאם לכך, מומלץ לשלב בהוראות התקنية התיחסות להיבטי שלביות הפיתוח, ובכל זה, מפרט הגנה לשמירה על אמצעי ניהול הנגר, ושיילבו בתזמן ביצוע העבודות להבטחת תפקודם בסיום העבודות. בנוסף, ניתן לפתרון זמני לניהול הנגר בשלבי הבניינים של פיתוח השטח.

ד. **חשבונם נפח קיבולת עdhf:** על מנת להבטיח את תפקוד פעילות ניהול הנגר בתכנית, מוצע לייצר מערכת עם היכולות פועלות ועדפת, שיכולה לספוג גם גריעה תפקודית. הרעיון הוא

<sup>34</sup> בהקשר זה, חשוב לציין, כי לאחר שמדובר בהנחייה חדשה, החשש לגורם התחזוקה גדול. ככל שהנושא יתקבע, ייפטרו גם אספקטים אלו

لتכנן את האמצעים לקבולות גבורה, תוך חישוב נפח ניהול הנגר של האמצעים בחסר, כאשר הם פועלים בתפקוד חלקי. כך שבתחליה אמצעי ניהול הנגר מאפשרים מניעת הצפות בתקופות אחרות נדירות יותר, אם וככל שיעילותם פוחתת, עדין מוגבלים יעדית מניעת ההצפות לפי תקופה מינימלית שקבעה בסוף'B'4 בתמ"א. אמצעי ניהול הנגר הרלוונטיים לכך הוא קידום הרחדרה, דרך קביעה מוקדם דעיכה תחשיב קובלות עדפת.

**אחריות וטיפול שוטף:** על מנת שניתן יהיה להבטיח את אחיזת האמצעים, נדרש בשלב הרישוי, בו נקבעים באופן מפורט האמצעים ומיקומם, לכלול פרוטוקול התחזוקה של אמצעי ניהול הנגר כאשר במסגרתו יפורטו פעולות תחזוקה נדרשות, תדרותן ומועדן ביחס לעונות השנה, וכן יוגדר הגורם האחראי על ביצוע הפעולה.

**שיכון מול הרשותות המקומיות:** במסגרת העבודה השוטפת של מוסד התכנון עם הרשותות המקומיות, ניתן להעלות את הנושא לטובות יצירת שיכון, מחובבות והצעת פתרונות חדשים.

#### 4.7.3. העדפת פתרונות מבוססי טבע

trapishת המסמך מבוססת על תפישה מקיימת, והוא רלוונטי גם לבחירת האמצעים. בכלל, פתרונות נowiים הינם זולים יותר לביצוע, וכן, עדיפים בהיבט התפקודי, שכן דורשים תחזוקה מצומצמת יחסית. מעבר לכך, לפתרונות תומכי טבע, יתרונות בחיזוק מערכות טבעיות ותרומה למרחב העירוני בהיבטים נוספים. מטרת הטמעת שיקולי ניהול הנגר כבר מתחילה הליר התכנון, היא, בין היתר, לטובת מקום השצ"פים באזורי עלי פוטנציאלי ניהול נגר (טופוגרפיה וסוג קרקע), על מנת למקסם את הפוטנציאל שלהם בניהול נגר, באמצעות איגום וויסות טבעיות.

#### 4.7.4. ניצול משאב הקרקע

שילוב אמצעי ניהול נגר למרחב הקיימים, מהו מיטבי מיטבי של פוטנציאל השטח המתוכנן. מעבר לכך בישראל, משאב הקרקע נמצא במחשור, עקרונות העירונית הטובה, מושתתים, בין היתר, על קומפקטיות ואינטנסיביות. לפיכך, תכנון חכם וצופה פני עתיד, הוא צזה שימקסם את פוטנציאל השימוש ביחידת שטח, בהתאם לשינויים לאורך היממה, עונות השנה, אירועים חריגיים ועוד. לפיכך, יש להעדיף שימוש אמצעי ניהול נגר למרחב הקיימים, שבשגרה, ימשכו (לדוגמה), שטח ציבורי או שטח פרטי פתוח, ובאזור גשם, כמאגר השהייה וחלחול.

#### 4.7.5. גמישות בבחירה אמצעי ניהול נגר

על מנת בששלב היתר הבניה, ניתן יהיה לקבל החלטות לבחירת אמצעי ניהול, שייהיו נכונות ומדויקות בזמן ולמקום, נדרשת מידת גמישות בהוראות התכנית. בהתאם, מומלץ בתכנית קבוע מגוון רחב של אמצעים, אשר חלקים מחייבים, (בעיקר אלו המשתלבים עם התכנון הנומי או שימושיים בנפח ניהול הנגר שמנהלים), וחלקים, נתונים לבחירה בשלב היתר הבניה, שבמסגרתו או במסגרת תכנית הפיתוח, יקבע סופית הרכב האמצעים ופריסתם בשטח.

#### 4.7.6. גיון ופריסת אמצעים

ככלל, ישנה העדפה לקביעה מגוון אמצעים לניהול נגר למרחב, לטובת ניהול סיכונים והבטיחות היotechnות תפקודית וניהול סיכונים בעילות האמצעים. לכן, מומלץ לשלב ת מהיל רחב ומגוון של אמצעי ניהול, כך שכך נקודתי לא יימנע את תפקוד המערכת.

#### **4.7.7. העדפת פתרונות חלחול והחדרה בשטחים בעלי חשיבות להעשרה מי תהום**

באזורים בהם ישנה חשיבות להחדרה והעשרה מי תהום, יש להעדיף ולחזק, כמה שניתן, אמצעי ניהול הנגר שכוללים חלחול והחדרה. לבחינת מיקום התכנית ביחס לפוטנציאל העשרה מי תהום שלה, יש לפנות למפת אזורי העשרה מי תהום.

#### **4.7.8. טיפול במאי הגאות והמרפסות**

שטח הגג, מייצר נפח נגר גדול יותר מחלוקת היחסי בשטח המגרש. הסיבה לכך היא, שבשונה מהמגרש, כל הגוף שיורד על הגג הופך לנגר. בנוסף, איזות הנגר מהגאות והמרפסות גבוהה מאד, מהסיבה שאינה מתערבבת עם הלכלוך והזיהום בקרקע. אלו, הופכים את נגר הגאות והמרפסות לפוטנציאל גדול, מהבחןת הכמותית - טיפול בנפח נגר גדול, ומהבחןת האיכותית - לחלחול והחדרה להעשרה מי תהום.

## 4.8. תחזוקת אמצעי ניהול נגר

### 4.8.1. רקע:

על מנת להטמע את מדיניות ניהול הנגר באופן אפקטיבי ולמצב את ניהול הנגר כשותך לגיטימי במרקם ההחלטה המרחבי, נדרשת וודאות לגבי יעילות התפקיד השוטף של אמצעי ניהול הנגר לאורך שנים. בכך שזה יקרה, מחד, נדרש לבצע תחזוקה שוטפת של האמצעים, ומנגד, נדרש שיהיה גורם אחראי ומפקח לכך. ככל שהוא לא יקרה, ייקח זמן רב עד שייקרו השינויים המיויחלים של מדיניות ניהול הנגר, בנסיבות הצפות ובשילובו איכויות המרחב הירוני, במצבם נפה וכמות תשתיות התיעול, ובהפחחת נזקים לשטחים פתוחים וליטם.

כמו בכל שינוי, סביר שידרש זמן הסתגלות של מערכות התקנון והרישוי ושל המערכות המוניציפליות, הן בהטמעת האמצעים בתכניות ובהתעריף הבנייה, והן בביצוע ובתחזוקה השוטפת שלהם. אולם, מרגע שזוהתה החשיבות של נושא התחזוקה במרקם ההטמעה, מצאנו לנכון לבחון ולהציג אפשרויות שונות להתמודדות עם הסוגייה. סעיף זה בנסיבות התחזוקה ע"י בירה מושכלת של תמהיל אמצעי ניהול הנגר. סעיף זה מתיחס ליום לאחרי הקמת האמצעים, ובוחן את היבטי המימון והפיקוח והבקרה אחר תחזוקתם.

השאלות שעלו בהקשר זה הן (1) מה יהיו מקורות המימון לפעולות התחזוקה הנדרשות? (2) כיצד ניתן לוודא שפעולות התחזוקה אכן מתבצעות במועדן ובאופן ראוי? (3) מי ישא באחריות לתפקידן התקין של המערכות לאורך זמן?

#### התחזוקה בפועל

פעולות התחזוקה הנדרשות לאמצעי ניהול הנגר הינם פשוטות וולות במהותן. עיקר פעולות התחזוקה עניין בניקיון מסננים וריקון סחף ומשקעים, הנעשים באופן שוטף, וכן, פעולות ניקוי יסודות יותר, הנדרשות אחת למספר שנים או לאחר ארורע גשם משמעותית. העובדה שמדובר בפעולות זולות שאין דורשות הסמכה וידע מורכבים, מקלת מאד על החשש מהטמעת האמצעים.

מנגד, עלותה של תחזוקה קבועה היא גבוהה מאד, שכן, לאורך זמן, תפגע יעילות האמצעים, לעיתים עד כדי הוצאה משימוש וגרימת נזק בלתי הפיך לאמצעי. קידום החדרה שלא יתוחזק עלול להיסתם באופן שיקשה מאד את החזרתו לשימוש, ולמעשה יצריך קידמה מחדש. לתחזוקה נאותה השפעה מכנית, לא רק על יעילות תפקוד האמצעי, אלא גם על משך תקופת חייו. בנוסף, ישנים אמצעים רגילים פחות, כגון שוחות שיקעו בשלולה להיסתם ולגרום להצפה, אך לא באופן בלתי הפיך, וניקיונה תמיד יהיה פעולה פשוטה יחסית.

להלן דוגמה להערכת הכוונה בתחזוקה שוטפת של אמצעי ניהול נגר. מערכת ניהול נגר אפקטיבית במבנה עשויה לכלול שהיא מי נגר על 'אג כחול', הזרמת המים דרך המרציבים אל שוחות סינון ומשם החדרתם בקידוח אל מי התהום. המערכת צוותה תידרש תחזוקה וניקוי תקופתי של מסננים ומשקעים בכל אחד מהמרכיבים: 'אג הכחול', המרציבים, שוחות הסינון וקידוח החדרה. למעשה, רוב אמצעי ניהול נגר דורשים פעולות ניקוי תקופתיות, דוגמת בסיסי קידוח החדרה, מסננים, מצעי סינון, שוחות שיקעו ועוד.

#### יעודי קרקע

יעוד הקרקע מהותי להיבט התחזוקה, שכן, ככל שמדובר בשטחים ציבוריים ובמבנה ציבורי, הרי שאין מניעה מהרשויות המקומיות לקחת חלק בביצוע התחזוקה. זאת ועוד, ככל שמדובר במבנה תעשייה ומסחר, בכוחן של הרשויות המקומיות לעורוך בקרה של תחזוקת המערכות לניהול נגר במעמד חדש

רישון העסק. בנוסף, ככל שמדובר בנכסים המנוהלים על ידי חברות תחזקה וניהול, פרטיזים או ציבוריים, ניתן לשלב את תחזוקת אמצעי ניהול הנגר במסגרת פעולות התחזקה המבוצעות דרך קבע על ידי חברות התחזקה. מכאן שהאתגר המרכזי הוא זה הנוגע למבנה מגוריים מסווגים ללא חברת ניהול. אולם, הਪתרונות המפורטים לעיל עדין מותרים ללא מענה שאלות הנוגעות למימון פעולות התחזקה, ולסמכויות פיקוח ואכיפה במקרה של תחזקה לקרה.

#### **4.8.2. תחזקה בmgrush הפרטי**

סוגיות התחזוקתיות (maintainability) של אמצעי ניהול מי נגר בmgrushים פרטיים איננה סוגיה עצמאית, כי אם סעיף אחד מתווך שאלת מדיניות רחבה הנוגעת לבקרה ולאכיפה של תחזקה ארוכת הטווח בmgrushים פרטיים. מערכות הנדסיות מורכבות, המותקנות דרך קבע בבניינים, לרבות מעליות, חנויות תת-קרקעיות, אמצעי בטיחות אש, מאגרי מים ועוד, מחייבות מערכת תחזקה מורכב. על אלו, יש להסביר מערכות שניין לחזות שיטקנו בקרוב גם במבנים פרטיים, דוגמת גגות סולאריים, מערכות פינוי אשפה מתקדמות ועוד.

נכון לכתיבת שורות אלה, האחריות לנושאי התחזקה במבנים אלו בישראל נחלקת בין מספר משרדים ויחידות ממשלתיות: משרד הכלכלה והעשייה (בעיקר בכל הנוגע למעליות, אך גם במושאי תקינה, הסמכת בעלי מקצוע, האגלים עסקיים ועוד), המשרד לביטחון פנים (בכל הנוגע לטביחות אש), מינהל התקנון (בכל הנוגע להסדרת הנושא בחוק התקנון והבנייה, בתקנות ובאישור תוכניות), וכן משרד הבינוי והשיכון (בכל הנוגע להיבטי מדיניות התקנון ורגולציה הבניה בישראל). בנוסף, עוסקות בנושא גם הרשות המקומית (בין היתר באמצעות אגפי הרישוי העירוניים), כאשר ניתן להזות שנותן גודלה במידה המעורבות של רשויות שונות בסוגיות התחזקה.

על מנת להבין את מיעוטה התחזקה הנדרשת, יש להבחין בין סוגי התחזקה:

- א. **תחזקה שוטפת** (ניקיון, גינון וכו');
- ב. **תחזקה לטוחה הבינוי והארון** (תחזקה תקופתית מונעת);
- ג. **תחזוקת שבר** (פעולות הנעשות בדיעד, לאחר שהתקלה התרחשה);
- ד. **חידוש המערכות בסוף תקופת חיהן.**

נכון להיום, רוב תקציב התחזקה של בתים משותפים, (شمגורו בדמי ועד הבית), מוקדש לעבודת התחזקה השוטפת לבניין. פירוש הדברים הוא שבפועל לא מתקיים תחזקה מונעת, מה שambilא לרמת תחזקה ירודה בבתים משותפים רבים, העשויה לגרום עימה סכנות בטיחותיות, כלכליות וחברתיות. מעבר לסכנות אלו, נוצר מצב בו כאשר נדרש תיקון שבר או החלפת מערכת בסוף תקופת חייה, הדיירים נדרשים לשלם סכום חד-פעמי גבוה, בו לא כוללים לעמוד. זאת ועוד, לדירות שבכונום לעזוב את הבית המשותף בעתיד הקרוב יש תמרץ שלילי להשתתף בעלות הפעולה, והם מעדיפים "לגלל" את העלות על הדיירים הבאים. מסיבות אלו ואחרות, חיוני להתמקד בסוגיות אחרות ביצוע וIMPLEMENTASI פועלות התחזקה ובהקמתם של מנגנונים רגולטוריים שביכולם לאכוף ולפקח אחר ביצוע הפעולות במועדן. להלן מוצעים כיווני פעולה להתמודדות עם הסוגיות לעיל:

#### **1. מקורות מימון אפשריים לתחזקה ארוכת טווח במבנים פרטיים**

- הקמת קרן הונית לתחזקה ע"י הציבור, וההעברתה לרשות הדיירים עם אכלאוס המבנה (מתקיים היום בפרויקטים של התאחדות עירונית)
- הקמת קרן הונית לתחזקה ע"י הדיירים ומימונה באמצעות תשלוםים חדשים
- גביית תשלוםיהם ע"י הרשות המקומית (לדוג' היטל תיעול, היטל ש"פ ועוד)
- ייצור שטחים מניבים בשטח התכנית שיישמשו לצורך מימון פועלות התחזקה

## 2. מנגנוןים רגולטוריים לבקרה ביצוע פועלות התחזוקה

- חיוב התקשרות עם חברות ניהול ותחזוקה תוך הסדרת פעילותן
- הקמת גוף ציבורי שינוהל את גביית תשלומי התחזוקה וייאכוף את ביצועה
- הטלת אחירות גביה, בקרה /או אכיפה על הרשותות המקומיות

### 4.8.3. סקירת מדיניות תחזוקת נכסים פרטיים במדינות העולם

- אנגליה (תחזוקת אמצעי ניהול נגר): החלטת ממשלה קובעת כי מנגנון התחזוקה של אמצעי ניהול נגר בשטח המבנה חייב להיליך בחשבו בשלב הכננת התקנית, ולהוות שיקול מרכזי בבחירה בחומרים / אמצעים כלאה או אחרים. עוד קובעת החלטה כי יש למזער את השימוש במשאבות, ובכך להפחית את תדיות ועלויות התחזוקה.
- ווילס (תחזוקת אמצעי ניהול נגר): ב- 2019 נכנסו לתוקף סטטוטורי הנחיות לפירען על כל תכנית בנייה העולה על 100 מ"ר להתקין בשטחה אמצעים לניהול מי נגר בר-קיימא (SuDS). על פי ההנחיות, יש להבטיח כי תחזוקת האמצעים תהיה פשוטה, בטיחותית,\_TD>תדידתית, כלכלית, וחסכונית באנרגיה ובמשאבים. עוד קובעות ההנחיות כי תכנית התחזוקה של האמצעים בטוויה הארורה, לרבות מנגנון המימון שלה, יידונוטרם אישור התכנית במוסדות התכנון על ידי גופי ציבורי שהוקם לשם כך ברשותות המקומיות (SAB - SuDS Approval Body). גופ זה אף יהיה אחראי על אכיפת תכנית התחזוקה לאחר האכלוס.
- אירלנד (תחזוקה כללית): חקיקה מ- 2011 מחייבת יזמ המקים בית משותף (על 5 יח"ד) להקים חברת ניהול ותחזוקה על חשבון ועד טרם האכלוס. בעלי זכות ההצבעה בחברת הניהול והאחזקה הם בעלי הדירות בפרויקט. חברת הניהול מחויבת להוציא דוח שנתי על ניהול והתנהלותה הכספיות. זאת ועוד, בתוך 3 שנים מיום הקמתה, מחובתה של חברת הניהול ליעיד "קרן פחת" לצורך ביצוע עבודות תחזוקה ארוכות טווח. כל דירר חייב לשלם תשלומים עיתתיים לצורך תקצוב קרן הפחת.
- פלורידה, ארה"ב (תחזוקה כללית): חקיקה ייעודית מסדירה את נושא התחזוקה בתים מרובי דירות באמצעות חיוב הדיירים להתארכן במסגרת תאגיד לצורך ניהול המבנה. התאגיד נדרש להכין תוכנית עבודה שנתית, ובה לצפות עלויות תחזוקה שוטפות וארכוכות טווח אחד ובהתאם לנוהל את הגביה מהדיירים. בנוסף, במדינה פלורידה קיימים גופי סטטוטורי שתפקידו לפקח על פועלות תאגידי הניהול הללו ולאשר את הדוח השנתי שלהם.
- אוסטרליה וניו זילנד (תחזוקה כללית): בבניינים מרובי דירות, בעלי הדירות מנהלים את הרוכש המשותף באמצעות תאגיד. בניו זילנד - וכן חלק מדיניות אוסטרליה - מחויב התאגיד להכין תוכנית ל- 10 שנים אשר תמנה את הפעולות שידרשו על פני תקופה זו, והתקובלים שעלה כל בעל דירה לשלם כדי לממן.

- קנדה (תחזוקה כללית): חקיקה מ- 2015 קובעת כי יוקם בbatisים משותפים תאגיד דיירים אשר יהיה להכין תכנית תחזוקה אורך טווח לבנה ואף להקים קרן למטרת זו. במקרה אף הוקמה רשות בתים משותפים שתפקידה לרכז נושאים אלו, לספק מידע, להציג הקשרות, לנוהל מרשם של תאגידי הבתים המשותפים וכן להציג שירותים סכטוכיים.

#### 4.8.4. סיכום

תחזוקה אפקטיבית של אמצעים לניהול נגר מצריכה הקצאת מסויימת של משאבים ותשומות ניהול, אולם אין בה כדי להוות חסם ממשועורי. אכן, ישנו היבטים הנוגעים לסוגיות התחזוקה שטרם זכו למשמעות, לרבות אלו הנוגעים למימון פעולות התחזוקה ולביקורתן. אולם, כפי שצוין, הפעולות הנדרשות פשוטות ודורמות באופיין, ומתבססות על ניקוי מסננים ואייסוף משקעים וסחף, כך שאין דרישות מיוחדות מוחדרת או לוגיסטיקה מורכבת; ככל שייצטבר ידע וניסיון בתחום ניהול הנגר, ניתן יהיה אף לברור בצורה מושכלת בין האמצעים השונים, ולהתאים את תמהיל האמצעים לאפשרויות המימון ולמנגנוני הבקרה. בנוסף, יש לציין כי סוגית תחזוקת אמצעי ניהול נגר במרחפים פרטיטים אינה סוגיה עצמאית, כי אם סעיף אחד מתווך שאלת מדיניות רחבה הנוגעת לבקרה ואכיפת תחזוקה שוטפת העולה בעיקר כאשר מדובר במבני מגוריים משותפים.

בהתאם לכך, בימים אלו נבחנת לעומק משרד המשפטים סוגיית המדיניות הרחבה יותר, בדבר ניהול ותחזוקת בתים משותפים, בשיתוף עם המשרדים הרלוונטיים, זאת למטרה להציג מענה רגולטורי שיסדר את מכלול היבטי התחזוקה הנדרשים בתים משותפים. ככל שהחינה זו תתקדם ותגובש מענה רגולטורי, ניתן לצפות כי גם היבטי תחזוקת אמצעי ניהול יידונו במסגרת זו.

#### 4.9. מדיניות תכנון מוצאים חדשים

מוצאים הם נקודות הקצה הסופיות של מערכות התיעול, דרכם יוצא הנגר הנאסף. ככל שהיקף ניהול הנגר בשטח קטן, עולה הצורך במערכת התיעול, ובהתאם, גדלים הקטרים ומספר המוצאים של מערכות התיעול. מוצאי הנייר הניקוז מוביילים את הנגר מערכות התיעול לשטח נמור פתוח, שאמור להיות מסוגל לקלוט את נפח הנגר ואנרגיות הזורימה הגבוהה בשיא האירוע. אולם, לא פעם קורה שהשיטה הפתוחה, (סביבה חופית / שמרות טבע / פארק / יער ..), אינו מתוכנן וערוך לפחות הנגר מהמוצא, ואז הנגר פוגע ומזיק לשטח. השיטה הפתוחה נפגע כתוצאה מעוצמת זרימת הנגר שמתחרת בקרקע; ההזדפות שנוצרות במקום; הסחף שאוסף הנגר; והזרמת מזהמים הנאספים בנגר. זאת, מבלי להתייחס לפגיעה בשטח בהקמה של המוצא עצמו, מבחינה גופית, יציבותה הקרויה, תפוקוד השיטה הפתוחה ועוד. לאור הביטים אלו, מודגשת עוד חשיבות ניהול הנגר, וכן, תכנון מושכל של מוצאים חדשים. להלן עקרונות מנחים, לקבלת החלטות תכנוניות בעניין מוצאי ניקוז חדשים:<sup>35</sup>

- **צמום הדרוש:** עדיפות לניהול נגר מירבי בשטח התכנית ולצמום הנגר המוביל במערכת התיעול.
- **מיוציא הקיימים:** שימוש מיטבי במוצאים הקיימים וקבלת החלטה מושכלת בתכנון מוצאים חדשים. הרהוצאה תתקבל תוך בחינת הפגיעה העתידית בשיטה הפתוחה ברווחת מוצא חדש, אל מול הנזק הפוטנציאלי בהגדלת הספיקה במוצא הקיימים. ככל שמדובר יוצא שימוש, יש לקבוע הוראות פינומי ושיקום השיטה.
- **פגיעה מינימלית:** מיקום מוצא ניקוז חדש בתחום שצ"פ, יהיה בסביבות מופרotas ובצמידות לתשתיות קיימת, תוך התערבות נופית וסבירתיות מושכלת ומינימלית וצמום ההפרעה לתפקוד השיטה הציבורי. בסביבה חופית יש להימנע, ככל הניתן, ממיקום המוצא מול סלעי חוף, אזור המזוק ובחופים צרים. בנוסף, יש לבחון מגנוניים לטיבוב איזות הנגר היוצא, כך שתימנע פגיעה בשיטה הפתוחה שמקורה בזיהום וסחף.
- **הוספה מוצא או הגדרה של ספיקת מוצא קיים בשטחים פתוחים,** יהיו בהיוועצות עם הגורם הרלוונטי, לדוגמה, קק"ל בשטחי יערות, רט"ג בשמרות טבע, משרד החקלאות והחקלאי בשטחים חקלאיים, זאת במטרה לאפשר היררכות מיטבית של השיטה ולמזער את הנזק הפוטנציאלי. בכלל, מומלץ שתכנון המוצא החדש ילווה בחוו"ד אקולוגית.
- **שיבוך אנרגיה:** על המוצא עצמו לכלול אמצעים לשבירת אנרגיות הזורימה, על מנת לצמצם נזקי סחף והתחתרות במورد, במיוחד כאשר מדובר במוצאים בשטחים הרריים ובחופים חוליים. אמצעי שיבוך יכולים להיות הצבת בולדרים או קירות אלכסוניים לאחר הциינור, חלק מתשתיות המוצא.<sup>36</sup>
- **פתרונות ניהול נגר לשטח הקולט:** על מנת לצמצם את הפגיעה בשיטה הקולט ולהמשיך את תפוקדו בשטח פתוח לשימוש הציבור, שיטה חקלאי, שיטה לתשתיות ועוד, בנוסף לאמצעי השיכוך בתוך המוצא, יש לתוכנו אדריכלית ונופית לקליטת עוצמת ופח הנגר. במסגרת זו, יש לכלול אמצעים לשיבוך עוצמת הזורימה היוצאת, לטובת מניעה של נזקי סחף והתחתרות קרקע. ניתן לראות את הטרסה בסעיף 7.1.2.2, כדוגמה לאמצעי הכלול שיבוך עוצמת זרימה, בנוסף לשבירת האנרגיה במוצא כמוחך לעיל. כמו כן, יש להתאים את האמצעים לעוצמת הזורימה הצפופה, וכן, לאמצעים המשלימים להשהייה והובלת הנגר לעידן הסופי. ככל

<sup>35</sup> להרחבה בעניין מוצאי ניקוז עירוניים עם מוצא חופי, יש לפנות [למסמך העמדה של יחידה הארץית להגנת הסביבה ביוםית במשרד להגנת הסביבה](#), אפריל 2018

<sup>36</sup> ראו דוגמאות לאמצעי שיבוך בתוך המוצאים [במסמך של IECA](#)

שמדובר בשטח בעל רגשות וערכיות סביבתית גבוהה, דוגמת הסביבה החופית, יש לכלול את אמצעי השיקור וההשהייה במסגרת תשתיות התיעול ו/או הנקי, או בשילוב האמצעים בשטחים סמוכים בעלי ערכיות נמוכה יותר.

- **פתרון למי קיז:** שילוב פתרונות למי קיז, דוגמת קיר חוסם עונתי למניעת זרימה, שוחות שאיבה וחיבור לקו ביוב.
- **מניעת הוצאת פסולת:** הטמעה והבטחת תחזוקה שוטפת של אמצעי איסוף פסולת מכניים בפתח הנקי, (כגון רשתות, سورגים ועוד), על מנת למנוע הוצאה פסולת הנשחתת למערכת הניקוז העירונית עם הנגר. על מנת שמתוך תפיסת הפסולת לא יגרום לסתימת הנקי באירוע גשם, יש לשים לב בשלב הבניה, ש噼יפות הרשות תותאם לחצר הצינור, ושניקי ותחזוקת מערכת התיעול תישא בתדריות גבוהה יותר לפני החורף או באזורי בעייתיים. אם ניתן ב מגבלות הגובה והמקום, עדיף להתקין את הרשות במورد המוצא, כך שהפסולת לא תפריע כלל לרימה.<sup>37</sup>
- **צמצום שימוש בחומרים קשייחים:** יש להתאים את חומרי הבניה לסביבתם ולספקת התקן בManagedObject, על מנת לצמצם ולבקר את הפגיעה בשטח. לדוגמא, בסביבה חופית, המאפיינית בקרקע חולית, יש לצמצם את השימוש בחומרים קשייחים (בטון, ריפראפ), במטרה להימנע מסחיפה והתחתרות של חול, ובמקרה, להשתמש בחומרים הגמישים לשינויים במפלס החול, כגון כלונסאות.

---

<sup>37</sup> דוגמאות ניתן לראות באתר של Storm water system

## 5. בוחינה כלכלית

### 5.1. תקציר

מטרת הבדיקה הכלכלית הייתה להבין את המשמעות הכלכלית של התקון המוצע בסעיף 7.1 לפרק המים בתמ"א 1, כפי שבאה לידי ביטוי בתוספת השקעות, תוספת עלות הבניה ליח"ד ובועלויות שנתיות. בעבודה נבחנו ארבע חלופות למערכות ניקוז, באזורי מישור החוף ובאזור ההר המזרחי. חלופה מס' 1, שיקפה את המצב התכנוני הנוכחי, והוא כוללת תשתיות תיעול בלבד, ושלוש חלופות (מס' 2,3,4), שניהלו יעד כמותי של נגר, אשר שיקפו את המצב התכנוני המוצע.

כמקרה מבחרן לתוכנית מערכות הניקוז, נבחרה תמ"ל 1001, תל השומר מרכז, שכן היא שיקפה תוכנית שישמה את תפישת מדיניות ניהול הנגר המוצעת. תוכנית זו הטמעה היבטי ניהול נגר כבר מהליר התכנון הראשוני, כך שלמערך השצ"פים בה היה פוטנציאלי גבוה לניהול נגר. כמו כן, הограмמה בתכנית וצפיפות ייח"ד, שיקפו את מדיניות התכנון הנוכחי הנוכחית במרכז הארץ.

בגוף העבודה ובנספחיה מפורט הרציוול והנחות העבודה לבניית חלופות מערכות הניקוז; לקביעת עלויות רכיבי המערכת ועלות העבודה; וחלוקת נטול המימון על שימושי הקרקע למרחב. החשיבה שהנחהה את הצוות היא לכון למקרה מסוית רחוב מחדר, ומנגד גם להציג מגוון אפשרויות לשיקפו מצבים שונים. בנוסף, הכוונה הייתה לשקף את העלות הריאלית של ההשקעות עם הנחות שמרניות, כך שהסתירות, ככל שהיא, יהיו לצד המחייב.

המסקנה שחוורה ועלתה בחלופות ניהול נגר (2,3,4), היא **שותפות ההשקעה היחסית ליח"ד** הייתה **שולית לעלות הבניה**, ואף הווילה את העליות בגין מצב הקיום. יחד עם זאת, מחזורי החיים(שנות הקיום) של אמצעי ניהול הנגר קצריים יותר, ולכן העלות השנתית שלהם הייתה גבוהה יותר.

בנוסף, סך ההשקעות בחלופות ניהול נגר (2) היה שווה, כאשר נשיאת נטול המימון התחלקה באופן שונה בין שימושי הקרקע למרחב. הסיבה לכך הייתה שהחלופות התבססו על מיצוי פוטנציאלי ניהול הנגר בתחום השצ"פים, (שעמד על 70% מיעד ניהול הנגר של התכנית, סה"כ 63,755 מ"ק), בעלות ממוצעת של 2.63 מ"ש<sup>38</sup> ניהול שארית יעד הנגר (שעמדה על 30%, סה"כ 27,323 מ"ק), הייתה בתחום מגרשי הפטוחה (מגורים, מסחר ותעסוקה ובני ציבור), בהשקעה ממוצעת של 11.66 מ"ש<sup>39</sup>. השוואת הנתונים מראה כי ההשקעה במערכות ניהול הנגר במגרשי הפטוחה גבוהה כמעט פי 5 מההשקעה בשצ"פים. זאת בנוסף ליתרונות של ניהול נגר בשצ"פים, מבחינת צרכי התחזוקה הנמוכים ואיכות המרחב המתוכנן, בתוספת שטחים מגוונים ופתחים וחיזוק ושימור המערכות האקולוגיות.

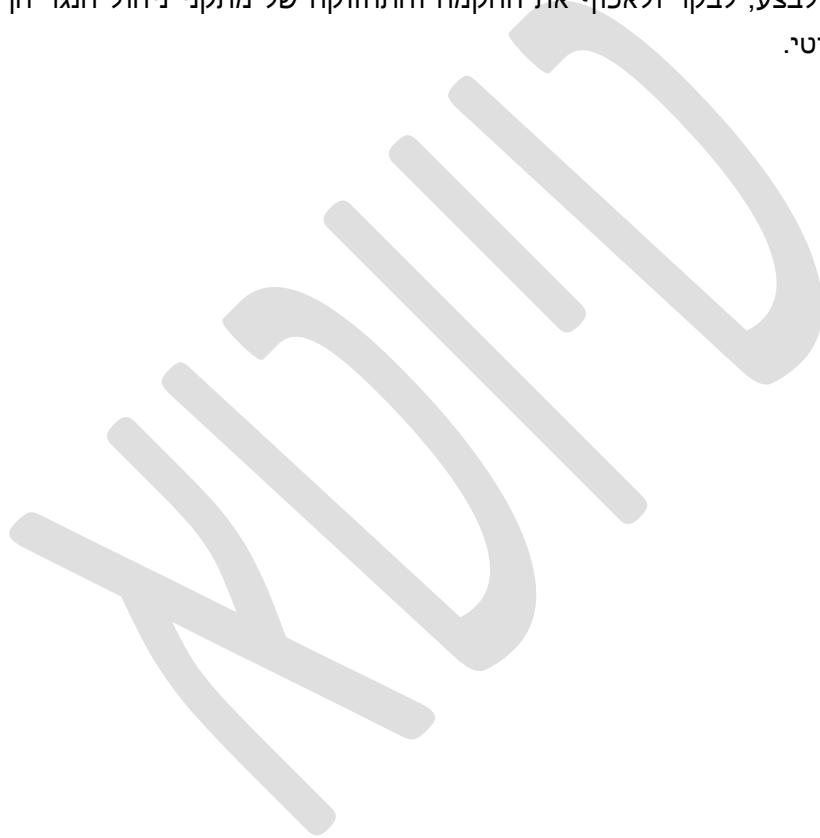
מיצוי פוטנציאלי ניהול הנגר בשצ"פים, על יעילותם ותרומתם, התאפשר בזכות התמ"ל שנבחרה, שתוכננה באופן שהתחשב בניהול הנגר. לאחר שלא תמיד תנאי המיקום והשטח מאפשרים זאת, בחרנו לבצע ניוזה וגישות, במטרה להבין את המשמעות הכלכלית גם בהינתן ניהול נגר בהיקף נמוך יותר בשצ"פים. ניתוח הריגשות בבחן ניהול של 60%, 50%, 40%, 30%, 20% (לעומת 70% בתמ"ל), ואת השארית הטיל על שימושי הקרקע השונים, לפי אותו יחס חלוקה שנקבע בחלופות. התוצאות הראו, שגם במצב המחייב ביותר, קרי ניהול 40% מיעד הנגר בשצ"פים והטלת כל השארית על מגרשי המגורים (חלופה מס' 2), העלות היחסית ליח"ד אינה עולה על כ- 1% מעלות הבניה, ולכן אין לראות בה תוספת משמעותית.

<sup>38</sup> בין אזור החוף להר

<sup>39</sup> שם

תיקון התמ"א מחדש בדבר נוסף, הוא האפשרות להטיל אחוריות לניקוז המרחב גם לבעלי הזכויות בקרע הפרטית, במקרים בהם אמצעי ניהול נגר מזוקמים בתחום. נכון להיום, תשתיות הניקוז, שברוב המוחלט של המקרים מבוססות על תשתיית תיעול, מתבצעות בעיקר בשטח הציבורי, ומתחזקות ע"י הרשות המקומית, דרך היטל התיעול והארנונה.

תחזוקת אמצעי ניהול הנגר בשטחים הציבוריים והפרטיים, אקווטית מבחינה מעשית, של ניהול הנגר ו邏輯ת הצפות במרחב, ובבחינה כלכלית, של הפחתת עלויות הבניה. הסיבה לכך היא שהמשמעות של מערכות ניהול הנגר היא הפחתת העומס על תשתיית התיעול, המאפשרת את צמצום נפח התשתיות, המהווה את ההפחטה המשמעותית בעלות. אולם, מצויים תשתיות התיעול ואיתו הפחתת עלות, יתאפשר רק בתנאי טכנולוגי והרשות המקומית יהיו סמכים ובטוחים שאמצעי ניהול הנגר ימלאו את תפקידם במערכות הניקוז, קרי, יבוצעו ויתחזקו כהכה. על מנת להבטיח תחזקה שוטפת של אמצעי ניהול הנגר, הכרחי וחשוב לייצר מנגנוןים רגולטוריים ברשות המקומית שתפקידם יהיה לבצע, לבקר ולאכוף את הקמה והתחזקה של מתקני ניהול הנגר הן במרקען הציבורי והן בפרט.



## 5.2. מבוא

השינוי המהותי בתיקון تم"א 1, הוא בקביעת יעד כמותי לניהול נגר לתוכנית. עמידה ביעד, יכולה להיעשות באופנים וצורות שונות, דרך מגוון אמצעי ניהול נגר המתעדכנים ומשתפים תDIR. ההחלטה על מהיל אמצעי ניהול הנגר בתוכנית, תלויות בשיקול הדעת של צוות התוכן, ומשתנה בהתאם למאפייני התוכנית ולתנאי הזמן והמקום. האפשריות לבחירה מגוונות, ותלוות באופן ניהול הנגר, בסוג האמצעים ובמיקומם, בשטח הבנייה/ פתח/ ציבורית/ פרטי. שנות זו, מיצרת מנעד אפשרויות רחב לעליות מערכות ניהול הנגר בכל, ובפרט, לעלות היחסית על שימושי הקruk השוניים, הנושאים בשטחם את האמצעים.

כמו כן, בקביעת העליות של מערכות הניקוז שתוכנו, וחלוקת המימון הן שגוראות את העלות הישירה לשימושי הקruk, ובפרט לעלות על יחידת הדיור, ישנו מרחב של קבלת החלטות.

בעבודה ניסינו, בהליך בחירת תוכנית, על בסיסה תוכנו חלופות מערכות הניקוז, ובಹליך קבלת החלטות להערכת העליות וחלוקת המימון, לכוון למקרה משותף רחב זהיר, ומנגד, להציג מגוון אפשרויות, שייהיה בהן להציג טווה עליות ריאלי.

### 5.3. סקירת ספרות

לאורך השנים, מחקרים שונים התייחסו לניהול נגר עירוני, ב"כ כחלק מהתייחסות כוללת למתודולוגיות של פיתוח עצמאיות נמוכה (Low Impact Development), ושל תכנון עירוני רגישות למים. ניתן למצוא בספרות מגוון ניתוחים של ההיבטים הכלכליים של גישות אלו. חלק מהמחקרים כללו מיפוי של סוגים העולים והתועלות הרלוונטיים, וחלקם, כללו ניתוח מקרי מבנן ויישום מתודולוגיות הכוללות בחינה כלכלית. להלן תמצית מסקנות לדוגמא מחקרים שונים:

- **Green-eye (2014), תכנית אב לניקוז תל אביב - נספח הערכה כלכלית סביבתית לנספח ניהול מי נגר, נערך עבור עיריית ת"א יפו**

בתכנית זו הושווה שדרוג מערכת הניקוז בשכונה בצפון ת"א (רמת אביב הירוקה), להתקנת פתרונות ניהול נגר (איגום תחת קרקע). מקרה מבנן זה הצבע על פוטנציאלי לחסכו של 8-22 מלש"ח (כתלות בהנחות העבודה, על בסיס 2 ניתוחים הנדסיים שונים), באגן ניקוז רמת אביב. כמו כן, החזק חסכו עקיף פוטנציאלי של 7.5-10 מלש"ח, הכולל חסכו בעלות מימון ההשקעות שלעיל, וכן מניעת מפגעים הקשורים בתקופת השיפוץ (רעש, זיהום אויר וכו'). צוינו גם תועלות מרכבות לכימוט, כגון: השימוש וההנהה מהגן שישופץ לטובות פתרונות ניהול נגר מקומיים.

הניתוח הנופי-הנדסי גם הצבע על אפשרות לבצע אקסטרפלציה מהתוצאות הנוכחיות לאגן ניקוז נוספים בעיר, והסיק מכך על פוטנציאלי חסכו של כ-25% ביחס לפתרונות ניהול הנגר ביחס לעלות ההשקעה הנדרשת בתכנית האב העירונית לתיעול. פוטנציאלי זה מסתכם בכ-239 מלש"ח של חסכו לתקציב ההשקעה העירוני.

- **רשות ניקוז ירקון ונתבי ישראל (2016), ניהול מי הנגר של אגן הניקוז אילון - בדיקת היתכנותו ניקוז - הוגשה במסגרת תת"ל 33 - 'מסלול רביית באילון'**
  - על מנת להשוות בין חלופות ניהול הנגר שונות באגן האילון, כחלק מהבדיקות המקדיימות לתוכנן מסילה רבייתית לרכיבת באילון, בוצעו מספר סוגים ניתוח:<sup>40</sup>
  - ניתוח עלות מיטבית לעמידה ביעד המחייב לפי הסתברות תcn לשיטפון למרחב
  - ניתוח עלות תועלת של החלופות ביחס למצב קיים וזו, על בסיס אומדן סדרי הגודל של נזקים לרכוש, לגוף ולನפש ושיבוש פעילות המשק כתוצאה מהשבחת עורק תחבורה ראשי
  - ניתוח איכотני של דירוג החלופות מבחינת השפעות חייזניות – כולל היבטי אמינות,
  - ישימות, השפעה על מסדרונות אקוולוגיים, תפוקד נופי וכו'

ניתוח תועלות ניהול הנגר למרחב הعلاה כי הנזקים הפוטנציאליים של השטפון הנמנע באירוע גדול, מוערכים בכ-727 מלש"ח, בערך נוכחי נקי של כלל הנזק בניתוח לשנה 100 שנה, וכ-23 מלש"ח בכספי נזק שניתי משוקלל, ובאזור בינוי כ-424 מלש"ח וכ-13 מלש"ח, בהתאם (ש"ח). (2014).

חשוב לציין כי העובדה שמדובר בפתרון למרחב אורבני שהינו מהצפופים בישראל ולעורך תחבורה ראשי ברמה ארצית, מביאה להערכות נזק גבוהות במיוחד, וכך יש קושי להקיים מאומדנים אלה באופן ישיר למקומות אחרים.

<sup>40</sup> ישلين כי בעבודה של רשות נחל ירקון, בהקשר לתת"ל 33 והמסלול הרביית באילון נבחנו סוגיות הנוגעות לכלל אגן ההיקוות בהתייחס לטא שטח משמעותי יותר מזה הרלוונטי לדין על ניהול הנגר העירוני. לא רק זאת אלא תא שטח בעל מאפיינים רחבים ומגוונים יותר מallow של המרחב העירוני

תה"ל, סיניה נתניהו, מכון ערבה - ליאור אסף, אמפיקייו - עמית טל (2007-2008), **כדיות כלכלית של שימור נגר בדגמים עירוניים ברציפות החוף, עבור נציבות המים, אגף המחקרים**  
מחקר זה מציג ניתוח מפורט של התועלות משימור נגר, הכוללות: הפחחת עומסי מזומנים, תועלות אקולוגיות והידROLוגיות, תועלות בבריאות הציבור (מניעת סחף, זיהום מים), מניעת נזק ברכוש פרטי וציבורי, תועלת אסתטית, הקטנת חבות הנטול על הרשות המקומית (הקטנת תשתיות התיעול), הפחחת הצורך במימון ציבורי לטיפול בשימור מי נגר.

לאחר מכן, מיישמים החוקרים את המתודולוגיה באמצעות בחינה מפורטת בפרויקט שימור נגר בראש"ץ והרצליה. חלק נרחב מוקדש לחסמים לניהול יעל של מי נגר. מסקנות הניתוח הכלכלי הן כי פרויקט שימור מי נגר לטובת גינון ציבורי בעיר ראשון לצוין מחיזיר את עצמו כבר בשנה הראשונה לפרויקט.<sup>41</sup> לגבי שאר הפרויקטים שבוצעו במסגרת שימור נגר, כמו פרויקט האגמים בנפח 7-6 מלםק"ש בראש"ץ, ופרויקטים נוספים בהרצליה, הכספיות הכלכלית שלהם אינה מוצדקת בהתבסס על התרומה למקורות המים העירוניים או הארץים בלבד. מיזמים אלו הופכים לכדיים רק **כאשר נחתת המבט מתחבבת להשפעות שעוברות לתחומי שיפוט עירוניים (מניעת הצפות במורד), וכוללת השפעות על עלייה בערך הנדל"ן, מסחר ותעסוקה כתוצאה מפיתוח נופי ואסתטיקה, המתבססים על פרויקטי איגום מי הנגר.**

• **דב יעקבוביץ (2013), פיתוח באימפקט נמור כמענה לביעית מי הנגר והשלכותיה, סמינר למרמצם הבינתחומי הרצליה**

במסגרת עבודה זו בוצעה סקירת ספרות בה נסקרו 15 מקרי בווחן מארה"ב וקנדה. ברוב המקרים שנסקרו נמצאו חסכנות ממשמעותיים בזמן שלבי פיתוח הפרויקטים, בשל הפחחת העליות במספר רכיבים: הכנסת השטח ויישור הקרקע, מערכות לניהול מי נגר, ריצוף, סיליה ועיצוב הנוף. החסכה שנמצאה בהשקעה הנדרשת בפרויקטים אלה בגין היחסים לפרויקטים מי נגר, נעה בין 80%-15%, ואולם נמצאו גם מקרים יוצאים מן הכלל, בהם יישום פרקטיקות עדכניות לניהול מי נגר העלה את עלות הפרויקט לעומת הגישה השמרנית לניקוז ותיעול.

• **אנוש (2004) מדריך לתכנון ובניה משמרות נגר, עבור משרד הבינוי והשיכון**  
במסמך זה הוצג מודלכלכלי לניתוח עלות-תועלות בתחום ניהול ניר נגר עירוני. לצד העלות הוצגו החזר הון שנתי בגין ההשקעה והתחזוקה השנתית. לעומת זאת, לצד התועלת הוצגו החיסכון מהקטנת עומס על מערכות הניקוז,<sup>42</sup> וכן ערך המים שנייתן היה לחחל לאקוופר (לפי עלות התפלת מים בקיזוז עלות שאיבה).

בנוסף, הוצג גם של אפשרויות הקטנת קווטר צנרת התיעול, כתלות באחוות הנגר העילי שנייתן לנחל במקור. מהתחשייב לדוגמא עולה כי ניתן תיאורטית לחסוך עד 84% מההעלות צנרת המוצא באמצעות ניהול נגר (כ-180 אלף \$ ל-100 דונם, עם 80% נגר לפי 40 מ"מ לשעה).

<sup>41</sup> השימוש במים לגינון עירוני הינו כ-1.9 מלםק"ש בראש"ץ. לפי תעריף מים לגינון ציבורי בעת המחקר - 7.6 ש"ח למ"ק, מדובר במלعلاה מ-14-16 ש"ח הוצאה שנתית. זו גם עלות ההשקעה הנדרשת במערכת האגום לטובת פרויקט ההשקעה שבוצע בראש"ץ, ומכאן שהחזר ההשקעה הייתה כבר בשנה הראשונה לפרויקט.

<sup>42</sup> נתון מרכזי במשואה שיש קושי לאמוד, הוא שווי של נפח ניקוז נחסר, ולגביו לא הוצג חישוב אלא הנחה בלבד (0.4\$ לקוב)

לסיום, המחקרים השונים שבוצעו לאורך השנים מצביעים על כך שמערכות ניהול מי נגר עירוני יכולות להיות כדאיות כלכלית, בתנאי לאייתור **שימושים נוספים** למים, ולא רק כערך ההשבה של המים למערכת הטבעה. בדרך כלל התנאי לכך הוא ביצוע של הנитוח הכלכלי בצורה הוליסטית, כך שניתן יהיה לבטא כלכלית גם תועלות עיקריות למשק. ניתוח מלא של התועלות העיקריות הוא מורכב (בעיקר בתחום נזקים ובטיחות), אולם הוא מעמיד את פעילות ניהול הנגר בצדאות ברורה. מסקנה זו תלויות מיקום (ויתכן ונכונה לנקודות שטוחים בהם הטופוגרפיה אינה מייצרת הצפות), ולכן רצוי לבחון כל מקרה לגופו.

לשם כך, מוצג במסמך זה ניתוח כלכלי של מקרה מבחן מייצג, שנitin להסיק ממנו, הן על המethodולוגיה המתאימה לניתוח והן על תוצאותיו של הניתוח בתנאים מסוימים, כפי שיפורט להלן.



## 5.4. מתודולוגיה

מטרת העבודה הייתה להציג ניתוח כלכלי של יישום שינוי סעיף 7.1 המוצע לתמ"א 1 בהיבט ניהול הנגר, ביחס למצב התוכנוני הנוכחי. 43 הניתוח מtabסס על אמידת הלוויות מצד התועלות, וכן אמידת תוספת הלוויות לבנית יח"ד. לשם כך, תוכנו, על בסיס תכנית זהה, (תמ"ל 1001), ארבע מערכות ניקוז שונות. הראשונה, משקפת את המצב התוכנוני הנוכחי, 44 ללא חובה כמותית לניהול נגר, והוא ניקוז שווה. כוללת תשתיות תיעול בלבד. שלוש האחרות, משקפות את המצב התוכנוני המוצע, קרי, ישנה חובה לניהול יעד נגר כמותי. השני בין ממערכות הניקוז בשלוש הלוויות האחרונות, הוא בתמיהל אמצעי ניהול הנגר ובמיומן במגשרי הפיתוח הפרטיים או הציבוריים. בנוסף, על מנת לשקף את השונות המרחבית, מערכות הניקוז הושמו בשני הקשרים גיאוגרפיים שונים, אקווייפר החוף וакוויפר ההר. בהתאם לכך, התקבלו שמותה מערכות ניקוז שונות להשוואה.

## 5.5. בחירת תכנית

התכנית שנבחרה לשמש כמודל בעבודה היא Tam"l 1001 - תל השומר מרכז. המנגע העיקרי לבחירתה היה אופן תכנונה, בתפישת וברוח מדיניות ניהול הנגר המוצעת. על ידי כך התאפשר לנחל נגר בשיטה התכניתית באופן יעיל וחסכוני, בעיקר באמצעות הטמעה אפקטיבית של אמצעי איגום והשהייה בתחום השצ"פים, שנקבעו מראש, בשטחים בעלי פוטנציאל גבוה לניהול נגר. תכנון אחר, שלא התחשב בהיבטי ניהול נגר או שלא התבסס על נתוניים הידו גיאולוגיים ומורפולוגיים מרחביים, קרוב לוודאי, היה מחייב הטמעת אמצעי ניהול נגר יעילים פחות ובעלות גבוהה יותר, על מנת לעמוד ביעד ניהול הנגר בתכנית. כמו כן, ניתן לומר כי ה프로그램 וציפוי יח"ד של Tam"l 1001, משקפים את הפרקטיות התוכנונית העדכנית למרכז הארץ.

<sup>43</sup> הפרק נכתב טרם אישור השינוי לתמ"א 1

<sup>44</sup> במצב הקיימ (ס' 7.1 לפרק המים בתמ"א 1), חובת ניהול הנגר אינה מעוגנת ביעד כמותי, ولكن ההנחה הייתה שלא יישמה ניהול נגר כלל

## 5.6. חלופות תכנון למערכות ניקוז לתמ"ל 1001

סה"כ תוכנו על בסיס tam"l 1001, ארבע חלופות של מערכות ניקוז, שהיו צריcot לעמוד ביעדי מניעת הצפות הקבועים בתמ"א 1. ההבדלים במערכות הניקוז היו שחלופה 1 שיקפה את המצב התכנוני הקיים, ללא חובת ניהול נגר כמותית, והתבססות על תשתיית תיול בלבד, ושלוש החלטות האחרות, שיקפו את המצב התכנוני המוצע, בו ישנה חובה לניהול יעד נגר כמותי. השונות בחלופות ניהול הנגר (2,3,4), הייתה בתמיהל אמצעי ניהול הנגר שנבחרו, על מנת לעמוד ביעד ניהול הנגר, וכן, בפרישת האמצעים בין שימושי הקרקע בתכנית. תשתיית התיול שתוכננה בחלופות 2,3,4 הייתה זהה, ומאחר שהתבססה על ניהול נגר בשטח התכנונית, הייתה מצומצמת מזו של חלופה 1, שלא כללת אמצעי ניהול נגר.

### 5.6.1. פירוט חלופות מערכות הניקוז

#### • חלופה מס' 1: מערכת ניקוז מבוססת תיול, ללא אמצעי ניהול נגר – 'חלופת האפס'

מערכת ניקוז מבוססת על תשתיית תיול בלבד, ללא אמצעי ניהול נגר. בהתאם להוראות tam"a/b/34, שהיו תקפות באישור התכנונית, התכנית כללה שטחים חדים למים בהיקף של 15% משטחה. אולם לאור הקרקע החולית חרסיתית באזור, המאפשרת ביכולת חלחול ביןונית נמוכה, לא הייתה שימושות לשטחים אלו מבחינת ניהול נגר, ועל כן לא היה בהם להשפיע על תכנון תשתיית התיול. לפיכך, חלופה זו מבוססת על תשתיית תיול בלבד שמטרתה למנוע מניעת הצפות בשטח התכנונית בהסתברות של 1:20 שנים.

#### • חלופות מס' 2,3,4

חלופות אלו מציעות מערכות ניקוז מבוססות על תשתיית תיול מצומצמת, (כתוצאה מניהול הנגר), וטיפול בעיקר מייד ניהול הנגר (70%) בתחום השצ"פים. 70% מייד ניהול הנגר היה הנפק המקסימלי שנדרש בתחום השצ"פים, והסיבה לכך שהוא נשמר בכל החלטות, היא יתרוניותו מבחינת יעילות ועלות. 45 השונות בין החלטות הייתה בהרכב שימושי הקרקע המשותפים בטיפול בשארית יעד הנגר (30%), שיחס חלוקת הנטול בין שימושי הקרקע שהשתתפו בתבוסה על יחס השטחים שלהם. להלן אופן חלוקת שארית ניהול הנגר (30%) בחלופות ניהול הנגר:

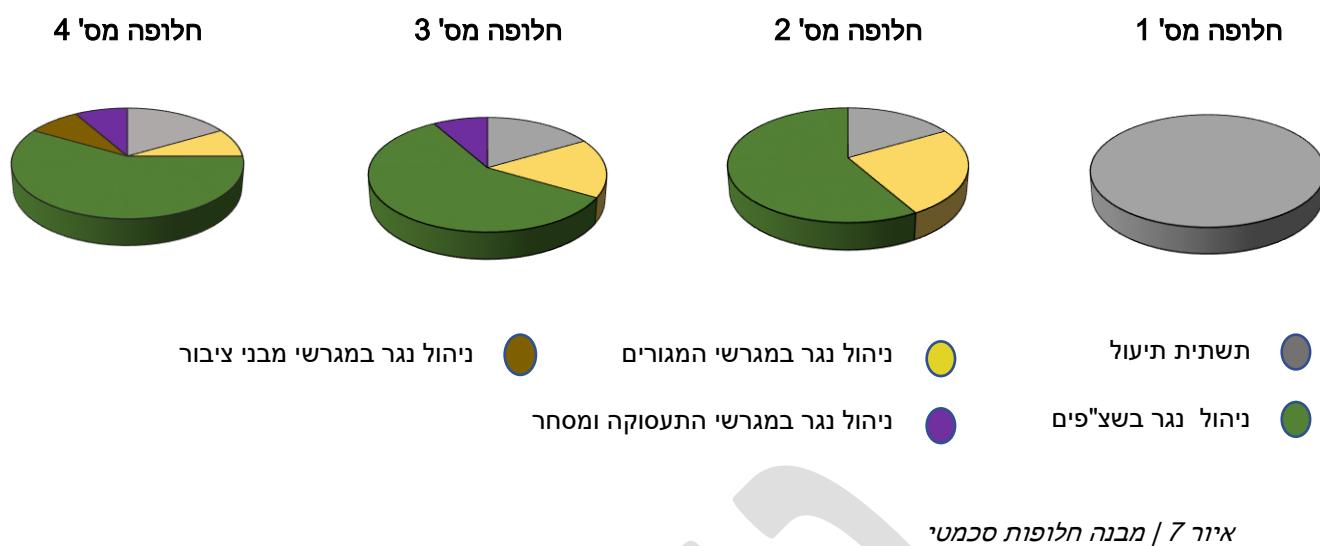
#### • חלופה מס' 2: מגרשי המגוררים

#### • חלופה מס' 3: מגרשי המגוררים, מגרשי המסחר והתעסוקה

#### • חלופה מס' 4: מגרשי המגוררים, מגרשי המסחר והתעסוקה, מגרשי מבני הציבור

<sup>45</sup> ניהול נגר בתחום השצ"פים תורם גם לאיכות המרחב המתוכנן בהוספה וסדרוג שטחים פתוחים

## 5.6.2. מבנה סכמטי של החלופות



טבלה 1: פירוט יחס חלוקת נטול ניהול בכל חלופה, לפי שימושי הקרקע

חלופה 4	חלופה מס' 3	חלופה מס' 2	חלופה מס' 1	
70.0%	70.0%	70.0%	-	שצ"פים
14.5%	21.1%	30.0%	-	מגורים
6.1%	8.9%	-	-	מסחר ותעסוקה
9.4%	-	-	-	מבנה ציבור
100%	100%	100%	-	ניהול נגר (יעד)

כל חלופה נבחנה בהתייחס לשני אזורים גיאוגרפיים שונים, השונות השפעה על הרכב אמצעי ניהול הנגר שנבחרו ועל חומרים של כלל האמצעים, וכן, על עלות העבודה בהנחת תשתיות התיעול ואמצעי ניהול נגר. להלן האזורים הגיאוגרפיים שנבחנו בעבודה:

- **אקווייפר החוף** - מתאפיין בקרקע חולית ובאקווייפר גבורה יותר
- **אקווייפר ההר** - מתאפיין בקרקע סלעית, ובאקווייפר עמוק שלעיתים חסום ע"י הסלע

## 5.7. בסיסי נתונים:

### 5.7.1. תמל"ל 1001, כללי

תמל"ל 1001, תל השומר מרכז, אושרה ביום 19.1.2016, מטרתה הקמת אזור מגורי חדש בשטח מחנה תל השומר המתחנה. התכנית חלה על שטח של כ- 9,500 דונם, וכוללת כ- 1,360 יחידות דיור, מבני ציבור ושטחי תעסוקה ומסחר. צפיפות ייח"ד בתכנית עומדת על צפיפות ברוטו של כ-14 ייח"ד לדונם, וצפיפות נטו של כ-25 ייח"ד לדונם, והוא דומה לצפיפות הנוהגה היום בתכניות בסדר גודל דומה. תמל"ל 1001, חלה באיזור בעל טופוגרפיה מישורית יחסית, מעלה אקווייפר פורוחי (נקובי), המתאים לסביבת מישור החוף.

### 5.7.2. נתונים כמותיים, מצב הנוכחי

נתונים כמותיים מטבלה 3.2 :

כמות	יעד
9,500	מגורים (יח"ד)
997,500	מגורים (מ"ר)
340,216	מבנה ציבור (מ"ר)
303,380	מסחר (מ"ר)
42,681	תעסוקה (מ"ר)
1,683,777	סה"כ (מ"ר)

אחוזים	דונם	יעד
2.42	32.9	דרך מאזרחת
19.91	270.3	דרך מוצעת
18.27	248	מבנים ומוסדות ציבור
23.75	322.4	מגורים ג'
8.76	119	מגורים מסחר ותעסוקה
7.52	102.1	מסחר ותעסוקה
19.36	262.8	שטח ציבורי פתוח
100	1,357	סה"כ שטח התכנית

**טבלה 2: שקלול נתוני ייעודי ושימושי הקרקע השונים לפי שטח, זכויות בניה והיחסים ביניהם<sup>46</sup>**  
**שהיוו בסיס לחלוקת עלויות מערכות הניקוח**

יחס שטחים מגוררים, מסחר ותעסוקה ובנייה ציבור	יחס שטחים מגוררים מסחר ותעסוקה	שטח (دونם)	זכויות בניה (מ"ר)	שימושי קרקע
48.3%	70.3%	322	997,500	'מגוררים'
20.4%	29.7%	119		'מגוררים מסחר ותעסוקה' <sup>47</sup>
		102	346,061	'מסחר ותעסוקה' <sup>48</sup>
31.3%		248	340,216	'בנייה ומוסדות ציבור'
792 (دونם)	544 (دونם)	792	1,683,777	סה"כ

### 5.7.3. יעד נפח הנגר לניהול בתכנית

החינוך העיקרי של תיקון תמ"א 1 הוא חובת ניהול יעד כמותי של נגר לתכנית. בהתאם לכך, לטעם"ל 1001 חושב יעד נפח נגר לניהול, וחלופות מערכות הניקוח שתוכנוו, נדרשו להוכיח עמידה ביעד זה.

יעד נפח הנגר בתמ"ל עמד על 91,078 מ"ק, שהינו 4975% מפח הנגר הימתי בתכנית, לתקופת חזרה של 1:50 שנים, (פח הנגר הימתי עמד על 121,371 מ"ק).

נתוני התכנית לפיהם חושב יעד ניהול הנגר הם:

- שטח התכנית: **1,357 دونם**
- תכסיית אטומה: **713 دونם**
- מיקום התכנית: אזור גשם 'גש דן וראשל"צ'
- סוג קרקע: חרסית חולית / חמרה

<sup>46</sup> ישנה הטעה בין זכויות הבניה לשטחים בתכנית. זכויות הבניה מתיחסות לשימוש בכל הייעודים (ז"א שימוש מגוררים ביעוד 'מגוררים ג' ו'מגוררים ומסחר'), ואילו השטחים בתכנית מתיחסים לייעוד הקרקע עצמה ('מגוררים ג"/'מגוררים מסחר ותעסוקה' ועוד). בהתאם לכך, היחס בינום לא נשמר

<sup>47</sup> חלוקת השטחים בייעוד המעורב 'מגוררים ומסחר ותעסוקה' הייתה 50-50

<sup>48</sup> ביחסו השטחים, שטחי המסחר והתעסוקה נמדדו לפי החלק היחסוי שלהם בייעודים המעורבים

<sup>49</sup> הוראות Tam'a המוצעות, קבועות כי תכנית מתחת ל- 5 דונם צריכה לנחל יעד נגר של 50% מפח הנגר הימתי בתחומה, ותכנית בשטח של מעלתה מ- 5 דונם, צריכה לנחל 75% מפח הנגר הימתי בתחומה. ההבדל נובע מכך שבתכניות גדולות יש יותר שט"פים שניים

<sup>50</sup> חישובים אלו בוצעו באופן אוטומטי ע"י המחשבון שנבנה במסגרת העבודה, לאחר האנת המשתנים הבאים: שטח התכנית, אזור הגשם בו נמצא (מן נפח הגשם הימתי), סוג הקרקע ותכסיית הבינוי המוצעת

## 5.8. הנחות עבודה:

### 5.8.1. תכנון מערכות הניקוז

- מערכת הניקוז בכל הצלופות, תוכנוו לминעת הצפות בתקופת חזרה של 1:20 שנים, בהתאם לטבלה 3 בספח ב'4 (הנחיות ניהול נגר), לפי קטגוריות 'רחבות וכבישים עירוניים'. חופה 1 עמדה בקריטריון זה ע"י תשתיית תיעול בלבד, ואילו חלופות 2-4, ע"י תשתיית תיעול בשילוב מערכות ניהול נגר.
- תכנון מערכות הניקוז נעשה באמצעות מודל ממוחשב מסוג SWMM, המשקל את מערכות ניהול הנגר ותשתיות התיעול.
- רמת מילוי מקסימלית בקוו התיעול, חושבה לפי קритריון תcn של 95%.

### 5.8.2. בחירת אמצעי ניהול נגר

- בחירת האמצעים נתונה לשיקולו של צוות התכנון, ומושפעת ממאפייני התכנית, הזמן והמקום. בחירת אמצעי ניהול הנגר בצלופות 2-4, הتبessa על 4 עקרונות מרכזיים:
- אמצעים המהווים את פוטנציאל העלות תעלת הגבואה ביתר. קרי, האמצעים הייעלים וה'זולים' יותר, מבחינת הקמה ותחזוקה.
  - שאיפה לעמידות גבוהה וצרבי תחזקה נמוכי, כגון רימנעות ממוגנות טכנולוגים ושאיבות מים.
  - שאיפה לפתרונות מבוססי טבע על יתרונותיהם לחיזוק המערכת האקוולוגית ולתרומה למרחב המתוכנן.
  - באזוריים עם עדיפות להחדרה לתוך הרווי הייתה העדפה להטמעת אמצעים הכלולים החלול והחדרה.

### 5.8.3. חישוב מקדמי הנגר

מקדמי הנגר חושבו בשיטת CIA, בהתחשב במקדמי נגר שעתיים.

### 5.8.4. שונות בחישוב עלויות בין אזור החוף לאזור ההר

- השונות בתכנון וביחסוב עלויות מערכות הניקוז באה לידי ביטוי באופן הבא:
- שונות בתמיהיל אמצעי ניהול הנגר במגשרי הפיתוח (מגורים, מסחר ותעסוקה, מבני הציבור), שנבעה מפוטנציאל החלול והחדרה המוגבלים של אקוופר ההר. בפועל, באזור החוף תוכנוו יותר קידושים ואילו בהר תוכנוו יותר מנגנונים לאיגום והשחתת נגר. בתכנון מערכות ניהול הנגר בשצ"פים לא הייתה שונות בין האזוריים.
  - עלות הקמה של תשתיות התיעול באזור ההר חושבה ב- 35% יותר מאשר באזור החוף, עקב הקרקע הסלעית בשטח.
  - באמצעות ניהול הנגר בשצ"פים באזור החוף, בכלל תוכנות הקרקע הרכה, נוספו לחישוב העליות גם בדים גיאו-טכניים, שמטרתם למנוע סחיפת וגידפת חומרים דקים. באזור ההר, לאור הקרקע הסלעית באזור, מרכיב זה אינו נדרש.

### **5.8.5. תכנון תשתיית התיעול**

תכנון תשתיית התיעול התבוסס על העקרונות הבאים:

- תשתיית התיעול שתוכננה בחלופות השונות הייתה תיאורטית, ותוכננה לפי תוואי הקיימים והתייחסה לרכיבים הרלוונטיים לשטח התכנית בלבד, ללא בחינת ההשפעה על תשתיות העל הנדרשות ברמה המרחבית.
- בהתאם לטבלה 3 בנספח ב4', בחלופות 2-4, תשתיית התיעול תוכננה לעמידה בקריטריון מניעת הצפות הקבוע בטבלה 3 בנספח ניהול הנגר.
- תוואי התשתיית תוכנן לפי תוואי הקיימים בתכנית, כאשר התשתיית שמרה על תוואי ואורך זהים בכל החלופות. צמצום תשתיית התיעול בחלופות ניהול נגר (2-4), נובע מלהקטנת קווטר הצנרת ומובילי הניקוז.



## 5.9. חישוב עלויות

### 5.9.1. כללי

- חישוב עלויות תשתיות התיעול ומערכות ניהול הנגר כולל את מרכיבי המערכת, עלות החקמה, התפעול והתחזקה,<sup>51</sup> שנות הקים והחזר ההון.
- א. חישוב עלויות תשתיות התיעול התבבס על תחילת על הערכת עלויות לפי הניסיון והפרקטיקה, ובהמשך על פי מחירן חוק העור של עיריית חולון. במטרה לשיקף עלות ריאלית, המחיר המוחשב כולל את הפרטטים הרלוונטיים לקרה הבוחן, והחסיר את אלו שנמצאו לא רלוונטיים לקרה הבוחן, כגון תוספת עבודה בסביבה בנوية, טיפול בתשתיות תנואה וכדומה.<sup>52</sup>
- ב. עלויות מערכות ניהול נגר חושבו לפי הפרקטיקה הידועה ועפ"י אומדן.
- ג. בחישוב הכספיות הנティיה הייתה לבחור את האפשרות היקרה יותר, מתוך העדפה להערכת עודף מאשר בחסר.
- ד. החזר ההון חושב לפי שיעור ניכוי של 4%. שנות הקים למערכת התיעול נקבעו ל- 35 שנים, ולמתקני ניהול נגר מבנים ל- 11 שנים. עלות התחזקה חושבה לפי 0.5% מההשקעה לתשתיות התיעול ו- 2% מההשקעה למערכות ניהול נגר.
- ה. עלות השקעה במערכות הניקוז והרכבה מרכיבי המערכת ועלות העבודה.
- ו. עלות ההשקעה, בנוסף לרשותי תכנון בהיקף 10% מעלות ההשקעה, ובצ"מ בהיקף של 10% לתשתיות התיעול ו- 20% למערכות ניהול הנגר. השוני באחרון נובע מניסיון והিירות מוגבלים של השוק בישראל עם מערכות ניהול הנגר וטכנולוגיות בתחום.
- ז. הכספיות השנתיות למערכות הניקוז חושבו כהחזרה הון המבוסס על פריסת עלות ההשקעה, בהתאם לשנות הקים והריבית שלעיל, ובתוספת רכיבי התפעול והתחזקה.
- ח. עלות ההשקעה היחסית לדונם נשמרה בכל גודל שטח. השונות הייתה בעלות ניהול נגר ליח"ד / מ"ר, שנבעה ממספר יח"ד / היקף בניית הבניה בשטח.
- ט. בחישוב הכספיות ניהול הנגר בחלוקת השונות, התקבלה הנחתת **לינאריות**, שבאה לידי ביטוי בכך שהעלות המוצעת לניהול נגר בדונם שצ"פ ומגרשי פיתוח נקבע לפי חלופה 3. כל שינוי בנפח הנגר שנוהל במגרשים לפי החלופות השונות וניתוח הרגישות, היה לינארי, קרי, הפחתה של 10% מנפח ניהול הנגר במגרשים מגוריים, הביאה להפחטה של 10% מעלות ניהול הנגר בהם, וכן הלאה.

### 5.9.2. חישוב הכספיות ניהול נגר במגרשי הפיתוח

- א. חישוב עלות מערכות ניהול הנגר במגרשי הפיתוח התבבס על **ממוצע השקעה לדונם** לפי שלוש מערכות ניהול נגר שתוכננו למגרשים בגודלים: 1.5, 5, 10 دونם.
- ב. **ההשקעה היחסית ליח"ד** חושבה לפי ממוצע ההשקעה לדונם לעיל, בחלוקת לצפיפות ממוצעת של 25 יח"ד נטו לדונם, בהתאם לנדרי תמל"ל 1001.

<sup>51</sup> עלויות התחזקה אינן כוללת את עלות האנרגיה (חשמל/גז) לריקון מכלי וייסות, מתוך ההנחה שזה יוכל בהוצאה המשותפת של המבנה/ מרכב ציבוררי

<sup>52</sup> מהוחר הפרטטים של הרכיבים (עלות צינור/שוחה/קולטני מי גשם), נגזר מעלות הרכיב במחירן חוק העור, כך שלא תמיד נשמרה אחדות בעלות הפרטטים השונים בכל הרכיבים

ג. **ההשקעה היחסית למ"ר בניו**, חושבה לפי הูลות הממוצעת ליח"ד בחלוקת לגודל דירה ממוצע בתמ"ל, שעמד על 105 מ"ר<sup>53</sup>.

### 5.9.3. חלוקת עלויות

חלוקת עלויות מערכות הניקוז, על תשתיות התיעול ומערכות ניהול הנגר בהן, התבססה על העקרונות הבאים:

- א. עלות ההשקעה במערכות הניקוז נחלקה בין תשתיות ציבוריות ותשתיות פרטיות, להלן:
  - תשתיות ציבוריות – כללו את תשתיות התיעול וניהול הנגר בשצ"פים
  - תשתיות פרטיות – כללו את מערכות ניהול הנגר במגרשי הפיתוח (מגורים, מסחר ותעסוקה, מבנה ציבורי)
- ב. נשיאת עלויות ההשקעה והעלויות השנתית של מערכות הניקוז נעשתה לפי מדיניות משרד הפנים<sup>54</sup> באופן הבא:
  - תשתיות ציבוריות – שימושי הקרקע 'מגורים' ו'תעשייה', מסחר ותעסוקה' בלבד הם אלו שנשאו בעלות התשתיות הציבוריות. הูลות היחסית למ"ר הייתה זהה, שכן חושבה לפי חלוקה לסך זכויות הבניה המאושרות לשימושים אלו.
  - תשתיות פרטיות – כל שימוש בנפרד ('מגורים', 'תעשייה', מסחר ותעסוקה' ו'מבנים ומוסדות ציבורי'), נשא בעלות היחסית שלו בהתאם לשטח השימוש, ולפי חלוקה לזכויות הבניה המאושרות בו.

<sup>53</sup> בהוראות התמ"ל נקבע שטח ממוצע ליח"ד העומד על 105 (עיקרי). בשיחה עם צוות הוותמ"ל, הובחר כי מדיניות הוועדה לעניין גודל ייח"ד התעדכנה מאז, ונכון להיום באזרחי הביקוש היא עומדת על שטח ממוצע של 95 מ"ר (עיקרי). לאור האמור, הוחלט לקבוע שטח ייח"ד ממוצע בתכנית של 105 מ"ר (עיקרי + שירות).

<sup>54</sup> ['גדר הלאר חישוב היטל סלילה ותיעול במרכז השלטון המקומי'](#), משרד הפנים, 2019 -

## 5.10. חלופות תכנון וחישוב עלויות

### 5.10.1. חלופה מס' 1

מערכת ניהול מבוססת על תשתיית תיעול בלבד.

להלן פירוט נתוני עלות השקעה לחלופה :

טבלה 3: חישוב עלויות (מלש"ח) מערכת ניהול כוללת בחלופה מס' 1:

אזור	קווי תיעול	מובלי תיעול	תוספת תכנון (10%)	תוספת בצ"מ (10%)	עלות השקעה כוללת
חוֹף	13.35	16.22	2.95	2.95	35.48
הר	14.61	18.36	3.3	3.3	39.56

פירוט עלויות רכיבי המערכת והחלופה [ראה נספח מס' 1](#).

### 5.10.2. חלופה מס' 2

מערכות ניהול נגר - ניהול מרבית הנגר בשטחי השצ"פים, ושארית היעד בmgrשי המגורים.

תשתיית תיעול – תשתיית מצומצמת כתוצאה מניהול נגר.

פירוט על תכנון החלופה ועל העליות, [ראה נספח מס' 2](#).

טבלה 4: חישוב עלויות (מלש"ח) מערכת ניהול כוללת בחלופה מס' 2 :

אזור	תשתיית תיעול	mgrשי מגורים שצ"פים	mgrשי מגורים שצ"פים	סה"כ מערכת ניהול ניגר	תוספת תכנון <sup>55</sup>	תוספת בצ"מ <sup>56</sup>	עלות כוללת מערכת ניהול ניגר	עלות כוללת מערכת ניהול ניגר
חוֹף	11.38	2.6	3.65	23.96	2.4	3.65	30.01	30.01
הר	12.51	2.66	4.47	28.61	2.86	4.47	35.94	35.94

<sup>55</sup> לפי 10%

<sup>56</sup> לפי 10% תשתיית תיעול ו- 20% מערכות ניהול ניגר

### 3. חלופה מס' 3

**מערכות ניהול נגר -** ניהול מרבית הנגר בשטחי השצ"פים, ושאריות היעד בmgrשי המגורים ובmgrשי המסחר והתעסוקה.

**תשתיות תייעול -** תשתיית מצומצמת כתוצאה מניהול נגר.

לפירוט על תכנון החלופה ועל העליות, [ראה נספח מס' 3](#)

טבלה 5: חישוב עלויות (מלש"ח) מערכת ניקוז כוללת בחלופה מס' 3 :

עלות כוללת מערכת ניקוז	תוספת בצ"מ <sup>58</sup>	תוספת תכנון <sup>59</sup>	סה"כ מערכת ניקוז	מערכות ניהול נגר			תשתיות תиיעול	אזור
				מסחר ותעסוקה	mgrשי מגורים	שצ"פים		
30.1	3.65	2.4	23.96	2.97	7.01	2.6	11.38	חו"ף
35.94	4.47	2.86	28.61	3.99	9.44	2.66	12.51	הר

### 4. חלופה מס' 4

**מערכות ניהול נגר -** ניהול מרבית הנגר בשטחי השצ"פים, ושאריות היעד בmgrשי המגורים, בmgrשי המסחר והתעסוקה ובmgrשי מבני הציבור.

**תשתיות תייעול -** תשתיית מצומצמת כתוצאה מניהול נגר.

לפירוט על תכנון החלופה ועל העליות, [ראה נספח מס' 4](#)

טבלה 6: חישוב עלויות (מלש"ח) מערכת ניקוז כוללת בחלופה מס' 4 :

עלות כוללת מערכת ניקוז	תוספת בצ"מ <sup>60</sup>	תוספת תכנון <sup>59</sup>	סה"כ מערכת ניקוז	מערכות ניהול נגר				תשתיות תиיעול	אזור
				מבנה ציבור	מסחר ותעסוקה	mgrשי מגורים	שצ"פים		
30.01	3.65	2.4	23.96	3.13	2.04	7.01	2.6	11.38	חו"ף
35.94	4.47	2.86	28.61	4.21	2.74	9.44	2.66	12.51	הר

<sup>57</sup> לפי 10%

<sup>58</sup> לפי 10% לשתיית תייעול ו- 20% למערכות ניהול נגר

<sup>59</sup> לפי 10%

<sup>60</sup> לפי 10% לשתיית תייעול ו- 20% למערכות ניהול נגר

## 5.11. סיכום השקעות בחלופות השונות

לעיל הוצגו ביחס לכל חלופה, עקרונות התכנון וההשקעה הכלולות במערכת הניקוז (תיעול, ניהול נגר).

**טבלה 7: סיכום השקעות (מלש"ח) במערכות הניקוז בכל החלופות:**

חלופה מס' 4		חלופה מס' 3		חלופה מס' 2		חלופה מס' 1		מרכיבי מערכת הניקוז
הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	
15.02	13.66	15.02	13.66	15.02	13.66	43.52	39.57	תיעול
3.46	3.38	3.46	3.38	3.46	3.38	3.46	3.38	ניהול נגר בשצ"פ
8.42	6.26	12.27	9.12	17.46	12.98			ניהול נגר במגוריים
3.56	2.65	5.19	3.86					ניהול נגר במסחר והתעסוקה
5.47	4.07							ניהול נגר במبني ציבור
<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>39.56</b>	<b>35.48</b>	<b>סה"כ</b>

סיכום ההשקעות מראה שההשקעה הכלולת בשלוש חלופות ניהול נגר נמוכה בכ- 30%-20% מהלוּפה מס' 1, הכוללת תשתיות תיעול. ההשקעה זהה בחלופות ניהול נגר נובעת מהמבנה האחד שלhn,

הimbosus על ניהול נפר נגר מקסימלי בשצ"פים (70% מהיעד), וחולקה שונות של שארית היעד (30%), בין מגרשי הפירוטה. השונות בין החלופות, כפי שיפורט בהמשך, הוא בהבדל בנשיאות ההשקעות בין שימושי הקרקע. בהמשך נציג גם את העלות השנתית של החלופות, בה יש יתרון דוחוק לחלופה מס' 1, עקב הצורך הכספי בחדש מערכות ניהול נגר ביחס לתשתיות התיעול.

לחלוּפה מס' 2 קדמה חלוּפה שכלה מערכת ניהול נגר בשטחי השצ"פים בלבד (מעבר למערכת התיעול המצוומצמת), אולם לא הצליחה להגיעה לעיד ניהול נגר שנקבע לתוכנית, ולכן גנזה. במקומה כמה חלוּפה מס' 2 המוצגת, שמנהלה את שארית יעד הנגר שעמד על 30%, בתחום מגרשי המגורים.

בחינת ההשקעות במערכות ניהול נגר מראה יתרונות מובהקים לניהול הנגר בתחום השצ"פים. זאת שכן לרוב ניהול נגר בשצ"פים מבוסס על אמצעים מבוססי טבע, שהינם פשוטים יחסית להקמה ולחזקה שוטפת, וכן, הם בעלי יתרונות נוספים של שימור וחיזוק המערכת האקוולוגית ותרומה לאיכות התכנון והמקום. האפשרות מלכתחילה לנצל היקף כזו משמעותי של נגר בתחום השצ"פים היא תולדה של תכנון שקל מראש ניהול נגר, ומיקם את השצ"פים במקומות בעלי פוטנציאל לכך. תכנית שלא עשתה כן בשלב התכנון, ככל הנראה, לא ניתן יהיה לנצל בתחום השצ"פים אחז כזו משמעותי מיעד הנגר. בסעיף 5.12 יוצג ניתוח רגישות שיבחן השקעות במודלים שונים של מערכות ניקוז מבוססות ניהול נגר, בהם השצ"פים מנהלים פחות נגר.

### 5.11.1. חלוקת השקעות בחלופות השונות

- להלן העקרונות שעמדו בסיס חלוקת השקעות להקמת מערכות הניקוז:
- **תשתיות ציבוריות**, הן תשתיות התיעול ומערכות ניהול הנגר בשצ"פים. הממנים את ההקמה והתחזוקה של תשתיות אלו הם בעלי הזכות השימוש החקיע למגורים ומסחר ותעסוקה. הרשות המקומית היא האחראית לביצוע ההקמה והתחזוקה, ומורות המימון שלה הם בהיטלי הניקוז והארנונה.
  - **תשתיות פרטיות**, הן תשתיות ניהול הנגר במגרשי הפטוחה, (מגורים, מסחר ותעסוקה ובני ציבור). את מימון ההקמה והתחזוקה של תשתיות אלו נושא בעלי הזכות בכל מגרש, לפי בהתאם לאמצעים הכלולים בכל מגרש.

**טבלה 8: נסיאת השקעות לפי שימושי קרקע, לכל רכיב במערכת הניקוז:**

מערכות ניהול נגר					תשתיות תיעול	שימוש הקרקע
מבנה ציבור	מסחר ותעסוקה	מגורים	מגרשי פטוחה	שצ"פים		
-	-	+	+	+	+	מגורים
-	+	-	+	+	+	מסחר ותעסוקה
+	-	-	-	-	-	מבנה ציבור

### 5.11.2. חלוקת השקעות מערכות הניקוז בחלופות לפי שימושי קרקע:

אOPEN נסיאת הבעיות, כפי שמצוג בסעיף הקודם, הכתיב את שימושי הקרקע הנושאים / חולקים את הבעיות לכל רכיב במערכת הניקוז. הבעיות לכל שימוש קרקע נקבעה לפי יחסיו השטחים של השימושים, ונחלקה בכל שימוש לפי סה"כ זכויות הבניה בשימוש. המשמעות היא שההשקעה בתשתיות הציבוריות נחלקו לפי סה"כ זכויות הבניה למגורים ולמסחר ותעסוקה, ואילו בתשתיות הפרטניות, כל ההשקעה בכל רכיב (ניהול נגר במגורים/מסחר ותעסוקה/מבנה ציבור), נחלקה בזכויות הבניה של אותו שימוש קרקע.

טבלה 10 תציג את אופן נשיאות השקעות בכל רכיב של מערכת הניקוז, מבחינת שימושי הקרקע המשתתפים ואיכות הבניה בכל שימוש.

**טבלה 9: נשיאת השקעות ברכיבי מערכת הניקוז:**

מערכות ניהול נגר					תשתיות תיעול
מבנה ציבור	מסחר ותעסוקה	מגשרים מגוריים	שצ"פים		
65E	64D	63C	62B	61A	

בהתאם לעקרונות לעיל, טבלה 11 להלן תפרט את העלות היחסית בכל שימוש קרקע לפי מ"ר ויח"ד. האותיות הלועזיות (E,D,C,B,A), מייצגות בהתאם לטבלה הקודמת, את אופן החישוב של כל רכיב.

**טבלה 10: חלוקת השקעות לפי שימושי קרקע בתכנית, בש"ח למ"ר/יח"ד :**

מבנה עלויות <sup>66</sup>	חולפה מס' 4		חולפה מס' 3		חולפה מס' 2		חולפה מס' 1		שימושי קרקע
	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	
A+B+C	22.20	18.95	26.05	21.82	31.26	25.69	29.4	26.4	מ"ר מגורים
(A+B+C)/105	2,331	1,990	2,735	2,291	3,282	2,697	3,092	2,773	יח"ד
A+B+D	24.05	20.33	28.75	23.83	14.1	13.0	32.4	29.5	מ"ר מסחר ו雇佣ה
E	16.08	11.95							מ"ר מבני ציבור

<sup>61</sup> תשתיות ציבורית - נשיאת עלויות על סך זכויות הבניה בשימושי מגורים, מסחר ו雇佣ה בתמ"ל - 1,343,561 מ"ר

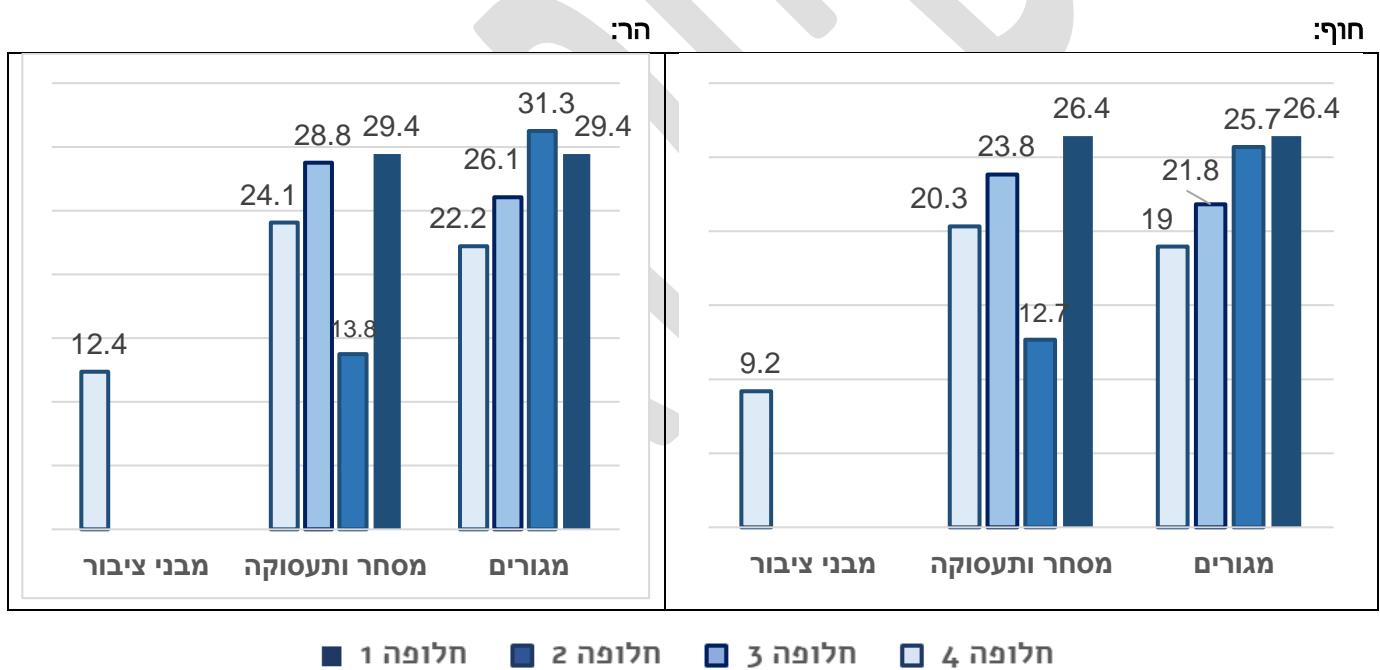
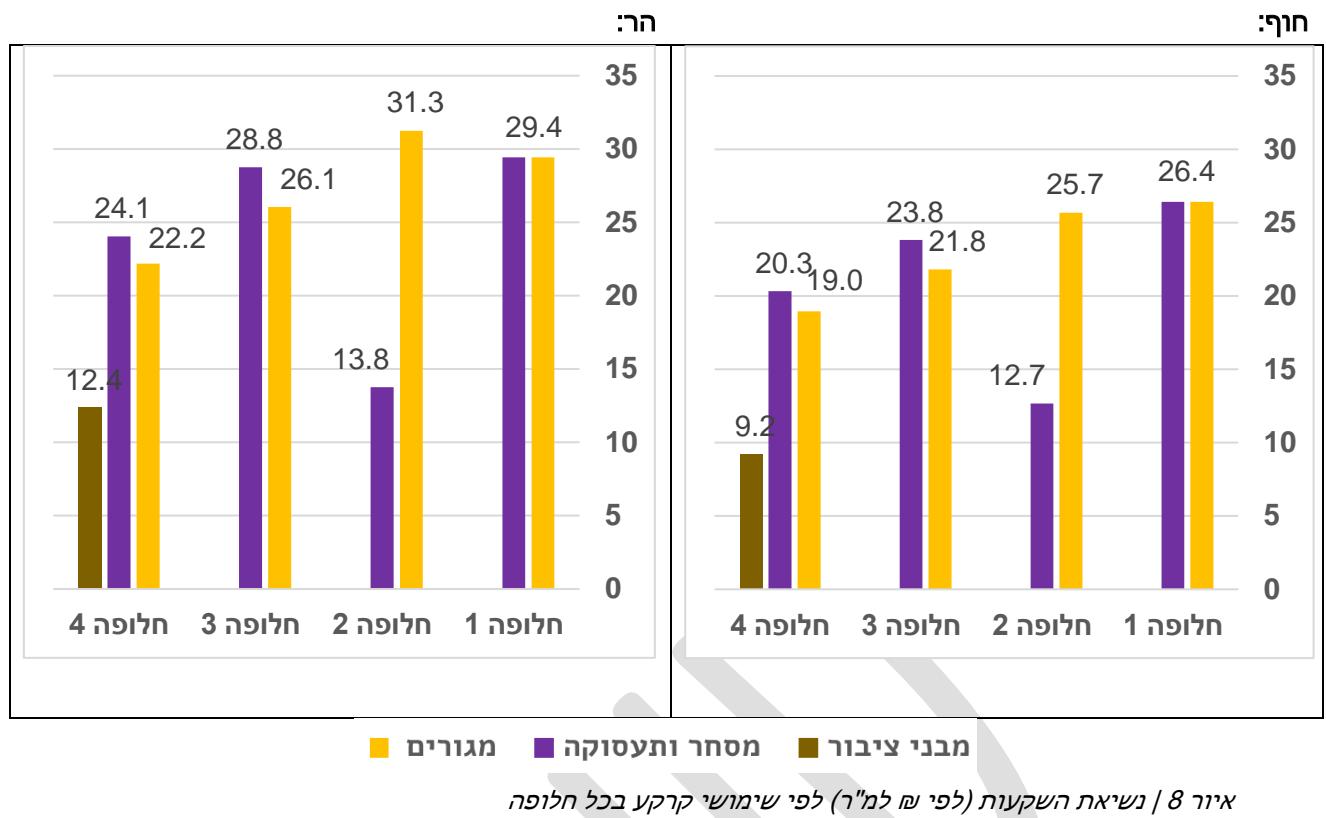
<sup>62</sup> תשתיות ציבורית - נשיאת עלויות על סך זכויות הבניה בשימושי מגורים מסחר ו雇佣ה בתמ"ל - 1,343,561 מ"ר

<sup>63</sup> תשתיות פרטיות, נשיאת עלויות על זכויות הבניה בשימוש מגורים - 9,500 מ"ר / 997,500 מ"ר ליח"ד, לפי 105 מ"ר ליח"ד

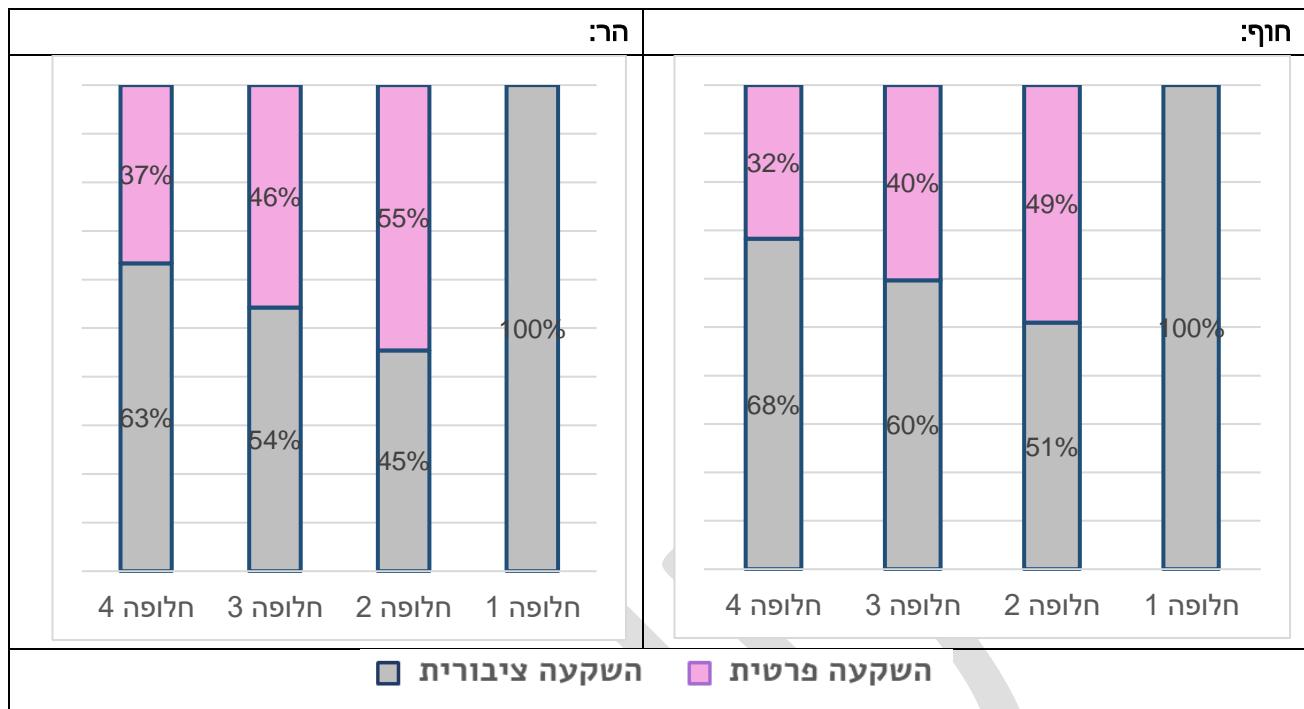
<sup>64</sup> תשתיות פרטיות, נשיאת עלויות על זכויות הבניה בשימוש מסחר ו雇佣ה - 346,061 מ"ר

<sup>65</sup> תשתיות ציבורית מיוחדת – נשיאת עלויות על זכויות הבניה בשימוש מבני ציבור בלבד - 340,216 מ"ר

<sup>66</sup> מבנה העליות בכל חולפה משתנה בהתאם לרכיבי החולפה, כך למשל, בחולפה 1 אין מערכות ניהול נגר במגורים, שכן אלו לא נכללות בהשקעות בחולפה זו. על אותו ערךון, בחולפה מס' 2 אין מערכות ניהול נגר במגשרי המסחר וה雇佣ה ומבני הציבור, וכך הלאה יכללו בהשקעות בחולפה זו



איורים 8-9 מציגים את פרישת ההשקעות בכל חלהפה בין שימושי הקרקע, לפי עלות למ"ר. חלהפה מס' 1, הכוללת תשתיות תיעול בלבד, המייצגת את המצב הנוכחי היום בישראל, היא היקרה ביותר. כמו כן, חלהפה זו, מטילה עלות זהה על שימושי המגורים והמסחר (שט' למ"ר בחוף, שט' 32.4 שט' למ"ר בהר), שכן הוא מייצגת השקעה בתשתיות ציבוריות. חלופות 2-4, שווות בהשקעה הכלולה, ומיעוטות מודלים שונים של ניהול יעד דרך השתתפות שימושי קרקע שונים. באופן טבעי, יצא שככל שיטר שימושי קרקע משתתפים בנטול ניהול הנגר, החלק היחסני של כל אחד מהם מצטמצם.



איור 10 / יחס השקעות פרטיות וציבוריות ליח"ד בכל חלופה

איור מס' 10 מציג את יחס השקעות הפרטיות והציבוריות ליח"ד, כפי שמשתקפות בכל חלופה. החידוש הגדול במדיניות ניהול הנגר, עליה עוד יותר רחב בהמשך, הוא באחריות המגרשים הסחירים (מגורים, מסחר ותעסוקה) ומגרשי הפטוח הציבוריים ( מבני ציבור ), לניהול נגר בתחוםם, חלק ממערך ניקוז המרחב. בכלל, האחריות לניקוז ולמניעת הצפות היא של הרשות המקומית, (חוות העירייה לדאוג ' .. לתיקונו .. וניקזו של רחוב שאינו רכוש הפרט', פקודת העיריות, 1925). מקורות המימון לכך הן היטל התיעול ותשולם הארנונה השוטפים. העברת האחריות דורשת מהרשות המקומית ליצר מנגנון בקרה שיבטיחו את יישום ותחזוקת אמצעי ניהול הנגר, על מנת שימלאו את תפקידם הנקיובי למרחב.

## 5.12. ניתוח רגישיות

בHALIR עבדה ביקשו ליצג את השכיח, על מנת להציג לתוצאות שייהי בהן לשקף את המציאות. אמן, התכנית בה בחרנו, תמל' 1001, תוכננה מראש בריגישות ותבונה, תוך יישום תפישת ניהול נגר מתקדמת. המשמעות היה, שבתחום השטחים הפתוחים בתמל' 1001, ניתן היה לנחל 70% מיעד ניהול הנגר של התכנית.

נכון להיום, מקרה זה אינו מייצג את השכיח, בנוסף, לעיתים המאפיינים הטבעיים של השטח ומגבלוו שונות, אינם אפשריים להציג לניהול נפר נגר שימושותי בתחום השצ"פים. על מנת להבין את המשמעות הכלכלית של ניהול נגר גם במקרים אלו, מצאנו לנוכח מקרים בהם בתחום השצ"פים מנוהל נפר נגר בהיקף נמוך יותר, כך שתארית יעד הנגר הנדרש נשאים מגרשי הפיתוח.

ניתוח הריגישות שלහן, יצא 4 מודלים של חלוקת ניהול יעד הנגר בין שימושי הקרקע השונים. עקרונות החלוקה התבוסטו על שימור יחסוי חלוקת נטול הנגר בין שימושי הקרקע בהתאם ליחס השטחים, כפי שנעשה בעבודה. השונות התבטהה בהפחיתה היקף הנגר שנוהל בשצ"פים נוספים לאחריות שימושי הקרקע האחרים.

להלן דוגמא לניהול 50% מיעד הנגר בשצ"פים, ולנסיאת ההפרש שנגרע מהם (20%), על שימושי הקרקע האחרים, לפי יחס השטחים, בנוסף לנוף הנגר שנוהל בהם מלכתחילה בחלופה.

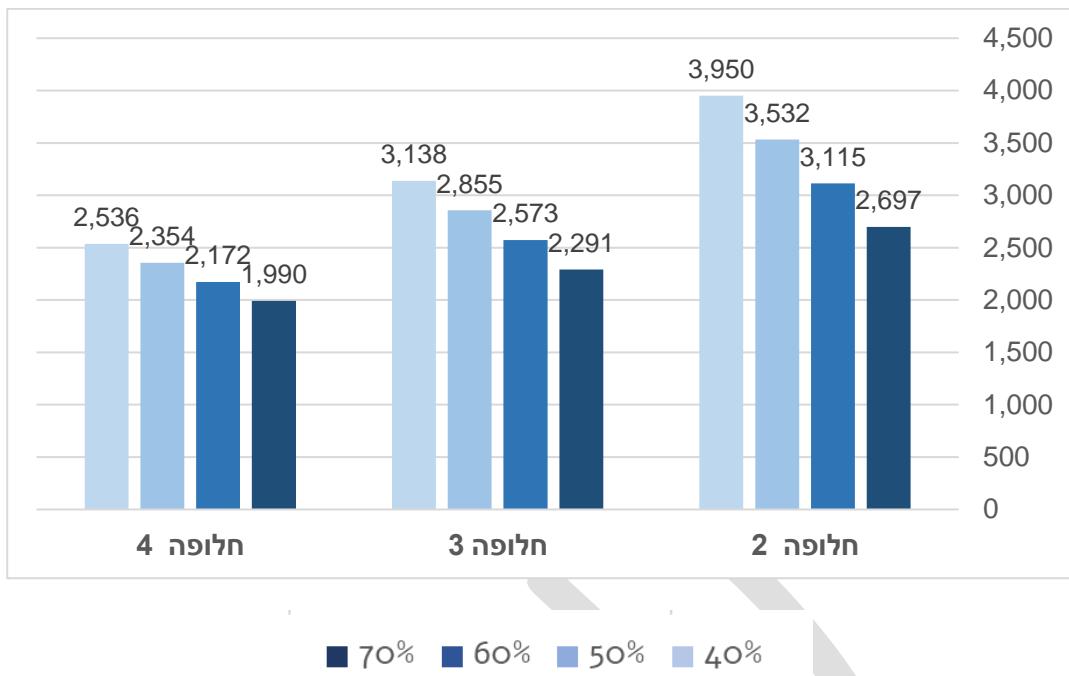
**טבלה 11: חלוקת אחירות לניהול יעד הנגר במצב של ניהול 50% מהיעד בשצ"פים**

חולפה מס' 4	חולפה מס' 3	חולפה מס' 2	
50%	50%	50%	ניהול נגר בשצ"פ
24%	35%	50%	ניהול נגר במגורים
10%	15%		ניהול נגר במסחר ותעסוקה
16%			ניהול נגר במבני ציבור

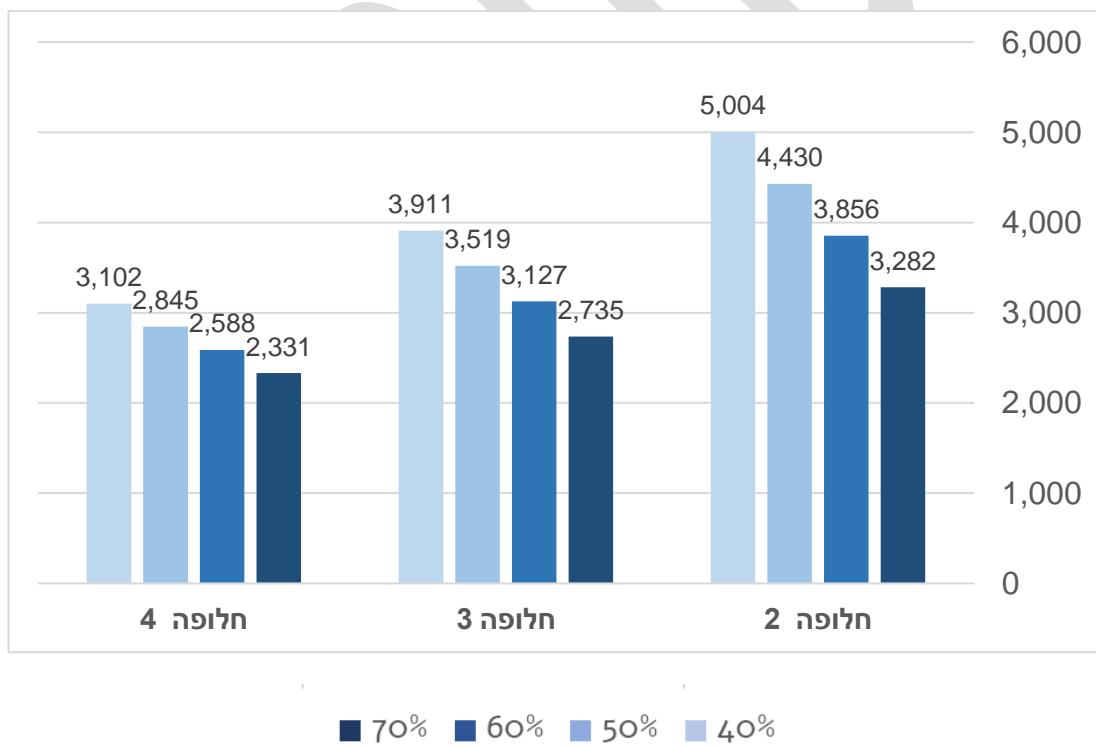
טבלה 12: השקעות ליח"ד ולמ"ר לפי שימושי קרקע ביחס להיקף ניהול הנגר בשצ"פים

חולפה מס' 4		חולפה מס' 3		חולפה מס' 2		עלייהות בש"ח	יחס היקף גג בשצ"פ מהיעד בתכנית
הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף		
2,331	1,990	2,735	2,291	3,282	2,697	עלות ליח"ד בש"ח	70%
13.75	12.68	13.75	12.68	13.75	12.68	עלות למ"ר מסחר	
16.08	11.95					עלות למ"ר מבני ציבור	
2,588	2,172	3,127	2,573	3,856	3,115	עלות ליח"ד בש"ח	60%
27.12	22.53	33.39	27.18	13.39	12.32	עלות למ"ר מסחר	
21.44	15.94					עלות למ"ר מבני ציבור	
2,845	2,354	3,519	2,855	4,430	3,532	עלות ליח"ד בש"ח	50%
30.18	24.72	38.02	30.54	13.02	11.96	עלות למ"ר מסחר	
26.80	19.92					עלות למ"ר מבני ציבור	
3,102	2,536	3,911	3,138	5,004	3,950	עלות ליח"ד בש"ח	40%
33.25	26.91	42.65	33.90	12.65	11.60	עלות למ"ר מסחר	
32.16	23.91					עלות למ"ר מבני ציבור	

בחינת נתוני ניתוח הרגשיות, בהתייחס עלות על ייח"ד, מראה שגם במקרה במקרה הקיצוני ביותר, אותו משקפת חולפה מס' 2 בסביבת ההר, המטילה את אחריות ניהול הנגר למגרשי המגורים, העלות מהוות 1% בלבד מעלות ההקמה של ייח"ד, קרי, עדין שולית באופן יחסי.



איור 11/ השקעה בש"ח ליח"ד בכל חלופה, לפי יחס ניהול הנגר בשצ"פ, אוצר החותם



איור 12/ השקעה בש"ח ליח"ד בכל חלופה, לפי יחס ניהול הנגר בשצ"פ, אוצר ההארה

### 5.13. עלויות سنתיות

להלן סיכום ההש侃ות למערכות הניקוז ברמה سنפית, בכל הchèיפות. לצורך הצגת הנתונים, ההש侃ה תורגמה להחזר הון ונוספה לה עלות תחזוקה سنפית.

**טבלה 13: עלויות سنתיות למערכות הניקוז בכל חלופה:**

חלופה מס' 4		חלופה מס' 3		חלופה מס' 2		חלופה מס' 1		מרכיבי מערכת הניקוז	סוג העלota
הר	חו"ל	הר	חו"ל	הר	חו"ל	הר	חו"ל		
15.02	13.66	15.02	13.66	15.02	13.66	43.52	39.57	תיעול	הש侃ה (מלש"ח)
3.46	3.38	3.46	3.38	3.46	3.38	3.46	3.38	נ"נ בשצ"פים	
8.42	6.26	12.27	9.12	17.46	12.98			נ"נ במכגורים	
3.56	2.65	5.19	3.86					נ"נ מסחר ותעסוקה	
5.47	4.07							נ"נ במבני ציבור	
<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>35.94</b>	<b>30.01</b>	<b>39.56</b>	<b>35.48</b>	<b>סה"כ</b>	
0.80	0.73	0.80	0.73	0.80	0.73	2.12	1.90	תיעול	החזר הון שנתית <sup>67</sup> (מלש"ח)
0.40	0.39	0.40	0.39	0.40	0.39			נ"נ בשצ"פים	
0.96	0.71	1.40	1.04	1.99	1.48			נ"נ במכגורים	
0.41	0.30	0.59	0.44					נ"נ מסחר ותעסוקה	
0.62	0.46							נ"נ במבני ציבור	
<b>3.19</b>	<b>2.60</b>	<b>3.19</b>	<b>2.60</b>	<b>3.19</b>	<b>2.60</b>	<b>2.12</b>	<b>1.90</b>	<b>סה"כ</b>	
0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.20	0.18	תיעול	תחזוקה שנתית <sup>68</sup> (מלש"ח)
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.00	נ"נ בשצ"פים	
0.17	0.13	0.25	0.18	0.35	0.26	0.00	0.00	נ"נ במכגורים	
0.07	0.05	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	נ"נ מסחר ותעסוקה	
0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	נ"נ במבני ציבור	
<b>0.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.49</b>	<b>0.40</b>	<b>0.20</b>	<b>0.18</b>	<b>סה"כ</b>	
0.88	0.80	0.88	0.80	0.88	0.80	2.32	2.08	תיעול	עלות שנתית (מלש"ח) החזר הון + תחזוקה
0.46	0.45	0.46	0.45	0.46	0.45	0.00	0.00	נ"נ בשצ"פים	
1.13	0.84	1.65	1.22	2.34	1.74	0.00	0.00	נ"נ במכגורים	
0.48	0.36	0.70	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	נ"נ מסחר ותעסוקה	
0.73	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	נ"נ במבני ציבור	
<b>3.69</b>	<b>2.99</b>	<b>3.69</b>	<b>2.99</b>	<b>3.69</b>	<b>2.99</b>	<b>2.32</b>	<b>2.08</b>	<b>סה"כ</b>	

<sup>67</sup> החזר הון בוצע לפי שיעור ניכוי של 4%, על בסיס שקלול מחיר ההון הנמור (אם בכלל) של רשות מקומית וריבית ליזמים פרטיים. שנות הקיימם לצנרת הן 35 שנה, ולמתקני ניהול נגור במכגורים ובשצ"פים 11 שנה. אחוז התחזוקה ביחס להש侃ה הוערך לפי 0.5% לצנרת ניקוז, ו-2% למתקני ניהול נגור במכגורים

<sup>68</sup> יש לציין כי צפיה גם תוספת עלות מסוימת בגין אכיפה ורגולציה, שיש קושי לכמותה בשלב זה, והיא תשתנה בין הגופים השונים

ניתוח נתוני טבלה 14 מציג כי ביחס לעליות השנתיות, ישנה עדיפות לחולפה מס' 1 על פני חלופות ניהול הנגר (2,3,4). הסיבה לכך היא עלות התחזוקה השנתית הגבוהה יחסית של אמצעי ניהול הנגר, (העומדים על 2%, לעומת 0.5% בתשתית התיעול). בנוסף, ישנו צורך בחידוש מערכות ניהול הנגר, העומד על מחזור של 11 שנים, לעומת מחזור של 35 שנים לתשתית התיעול. בהקשר זה ראוי לציין, כי תחזוקה נאותה של אמצעי ניהול הנגר, מבטיחה את תפקודם, וכן את הארכת מחזור החיים שלהם. לאחר שמדובר באמצעותים שימושיים פחותים לשוק ולרשויות בישראל, בחרנו בעובדה להיות זהירים ולהניח הנחות מחמירות ושמורניות לגבי העליות.

בנוסף, נשיאות ההש侃ות על שימושי הקרן השלונים, נקבעו ביחס להנחות משרד הפנים, שאינן כוללות את שטחי בניין הציבור במימון ההש侃ות בתשתיות הציבוריות (תיעול וניהול הנגר), למטרות שימושיהם הימצאים במרחב, הרי שהם נגנות מיתרונות של מערכות אלו.

**טבלה 14: השקעות שנתיות (הקמה ותחזוקה), לפי שימושי קרן (ש"ח למ"ר)**

חולפה מס' 4			חולפה מס' 3			חולפה מס' 2			חולפה מס' 1			מרכז ה尼克ח	סוג העלות	
הר	חו"ף	הר	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר	חו"ף	הר			
0.65	0.60	0.65	0.60	0.65	0.60	1.72	1.55					הש侃ה למגורים (ש"ח למ"ר)	תיעול	
0.35	0.34	0.35	0.34	0.35	0.34									
1.13	0.84	1.65	1.23	2.35	1.75									
2.13	1.77	2.65	2.16	3.35	2.68	1.72	1.55							
2,331	1,990	2,735	2,291	3,282	2,697	3,092	2,773					הש侃ה ליח"ד (₪)		
0.47%	0.40%	0.55%	0.46%	0.66%	0.54%	0.62%	0.55%					% מעלות הקמת ייח"ד <sup>69</sup>		
0.65	0.60	0.65	0.60	0.65	0.60	1.72	1.55					הש侃ה למסחר ותעסוקה (ש"ח למ"ר)	תיעול	
0.35	0.34	0.35	0.34	0.35	0.34									
1.38	1.03	2.01	1.50											
2.38	1.96	3.01	2.43	1.0	0.93	1.72	1.55							
2.16	1.60											הש侃ה למבני ציבור (ש"ח למ"ר)		

טבלה 15 מציגה כי עלות ההש侃ה ליח"ד מסתכמת בכ- 2,000-3,300 ₪, לפי חלוקה ולפי אזור, המהווים עד 0.5% מעלות סטנדרטית להקמת ייח"ד, ערך, מדובר בתוספת עלות שליטה יחסית.

<sup>69</sup> עלות הקמת ייח"ד סטנדרטית נאמדת כחצי מלש"ח (הש侃ה בבניה, ללא עלות הקרן)

## 5.14. תועלות

בתחילת הדרך, הרעיון היה לבסס את הבדיקה הכלכלית על ניתוח עלות תועלת של יישום הוראות ניהול הנגר החדשות בתמ"א 1 ביחס למצב הקיים. אולם, בהליך העבודה מצאנו שהערכתה כמותית של תועלות ניהול הנגר אינה אפשרית נכון להיום בשל מחסור בסיסי מידע מוסדרים בנוסאים אלה, שבין היתר, אינם אפשרים לבצע תחזית לגבי היקפי השטפונות החזויים למרחב העירוני. בהתאם לכך, במהלך העבודה הוחלט לבסס את הניתוח על השוואת מערכות הניקוז בחולופות השונות, ביחס להשיקעות בהקמה ולעלויות שנתיות. למרות זאת, מצאנו לנכון, ציין ואך להציג את התועלות האחירות שלא נכללו בניתוח הכלכלי, שתתפישתו מהותיות מאד ומקיפות את היתרונות הרבים בקידום ניהול הנגר בישראל.

## 5.15. תועלות כמותיות - החדרת מים לאקווייפר

חולופות ניהול הנגר, בעיקר באזורי החוף, כוללות החדרת מים לאקווייפר. הערכת התועלת של המים המוחדרים, חושבה לפי כמות הנגר שנitinן להחדרה בשנה ישירות לשכבה הרויה לטובת שימור האקווייפר ושימוש חזרה במים. חישוב כמות הנגר המוחדר חושב כממוצע לפי הערכת מקדמי חידור הקרקע, שימוש ותפקוד מתקני ההחדרה וערך המים.

בפרק זה, תועלות ההחדרה הן התועלות הכמותיות היחידות. החישוב התבוסס על שונות בין אזורי החוף להר במקדי הchlhol<sup>70</sup> וישראל קידוחי ההחדרה,<sup>71</sup> בהתאם אליהם חושב נפח ההחדרה השנתי הפוטנציאלי. ערך המים נקבע לפי ערכי רשות המים להחדרת נגר לשכבה הרויה, ועמד על 2 ש"ח לקוב.<sup>72</sup>

להלן התועלות מהכפלת כמות הנגר השנתית בערך המים

- סביבת החוף:  $203,700 \text{ ש"ח} = 101,850 \times 2$
- סביבת ההר:  $55,226 \text{ ש"ח} = 27,613 \times 2$

### 5.15.1. מניעת נקי הצפות בתכנית ובמוריך

מניעת נקי שיטפונות דרך הקטנת ההסתברות להצפות, הינה תועלת נוספת של ניהול נגר, המהווה את אחת התועלות הכלכליות המשמעותיות יותר. הנקיים הנמנעים כתוצאה מפעולות ניהול נגר, משפייעים ברמה המקומית, על שטח התכנית וסביבתה, וברמה אזורית, על מورد אגן הניקוז, המקבל נפח נגר מופחת או מועסט. בהקשר זה חשוב לציין, שנייהל נגר של תכנית במעלה, כפי המחויב בהנחיות החדשות, מהוות מגנון מהותי, אם כי לא בלבד, להפחחת הסיכון לאירועי הצפה במוריך. הסיבה לכך היא שלמים אין גבולות', והמוריך מנקז אליו אזורים נוספים, שככל שלא ניהלו נגר, עשויים לתרום נגר, שעלול לגרום להצפה. הקשיים לכמת את התועלת מניעת נקי הצפות, נובע בעיקר מחוסר נתונים ואיוכות נתונים, להלן עיקרי הסיבות:

<sup>70</sup> סד"ג של 1 לאזור החוף - 3-4 לאזור ההר

<sup>71</sup> הנחתה יישום של 50% באזורי החוף, ו- 20% באזורי ההר, מדובר בהנחה מחמירות ובמשמעות השכיח שיהיה גבוהה יותר

<sup>72</sup> לפי "כללי המים - תערيفי מים המסופקים מאית מקורות" - תיקון 2018

<sup>73</sup> נכון להיום, תעריף זה חל על חברת מקורות בלבד, להיקפים העולים על 125 אלף"ש

- **תווחלת הנזק:** לא ניתן לחשב את תוחלת הנזק הנמנעת בצורה סטטיסטית, עקב מחסור נתונים, שמקשה על יצירת מתאם בין עצמה ושכיחות אירוע הגשם וسطح ועומק הצפה לגובה הנזק למרחב עירוני.<sup>74</sup>
- **איכות הנתונים:** ככל שישנו מידע לגבי נזק מאירוע הצפה, לרוב הוא אינו מלא, ובפרט חסרים נתונים לגבי אירוע הגשם והכשלים שהובילו להיווצרות ההצפה. מעוד האפשרויות רחבות כולן: אירוע גשם מקומי קיזוצני (מכונה בפי העם 'שבר ענן'); כשל מקומי של מערכת הניקוז (המקרה הטראגי של קצר בעומלה בחורף 2019-20, דרום ת"א); כשל מערכת ניקוז שכונתית/מרחבית (הצפות באשדוד כתוצאה מהערמות מים בנחל לכיש); כשלים אחרים במערכת הניקוז (פריצה של מעביר מים בישוב בת חפר בחורף 2015-16 שהביא להצפות משמעותיות ביישוב); ועוד הסיבה השכיחה ביותר, חוסר התאמה /או יכולת מערכת התיעול, לנקי את הנגר העודף בתחוםה.
- **איסוף נתונים:** בישראל אין גוף אחראי ברמה לאומי ומוקנית, וכן, מתחודה ברורה ורציפה לתיעוד נזקי הצפות למרחב העירוני הבנוי גורם כיון שהמצב הנוכחי אינו מתועד ברמה המקומית או הלאומית, לא ניתן להעיר את השיפור הצפוי.
- **אמינות נתונים:** קיים חוסר נתונים אמינים ורציפים לגבי הצפות ונזקי הצפה ברשויות מקומיות. מקור הנתונים הקיימים הם בעיקר פרסומים בעיתונות, המהווים לרוב אומדן ראשוני וגס של הנזק. מחד, הם אינם משקפים את מלאו הנזק, שנחשי לעיריות רק בחלוף הזמן, וככל, בין היתר, עלויות הנbowות לשיבוש הפעולות המשקית. מאידך, הם עשויים להיות בהערכת יתר, ביחס לעלות השיקום/חידוש הנדרשות, שכן מדובר בד"כ בהערכות כליליות, המוגשות לעיתונים במסגרת תביעות נזקין.
- **על אף האמור, ניתן להעיר כי מדובר בთועלות משמעותיות, על בסיס מספר מקורות מידע ונתונים, לדוגמה:**
- **AIRPOLY ינואר 2020:** אירופי הגשם הקשים שהתרחשו במהלך חודש ינואר 2020, הינם דוגמא עדכנית לנזקים הכבדים שיוכולים הצפות להסב, בעיקר למרחב העירוני הבנוי. הפגיעה היו בנפש וברכוש, והורגשו היטב ברחבי הארץ. מהעותונות ניתן לחלץ אומדנים גסים להערכת הנזקים, לדוגמה: לפי רשות שוק ההון, הערכת חברות הביטוח לנזקים הכלולים הסתכמת בכ-130 מיליון ש"ח;<sup>75</sup> לפי ראש עיריית נהריה, הנזקים לעיר אמרים לכדי כ- 250 מיליון ש"ח;<sup>76</sup> ובבסיס חטור נפגעו מטוסי קרבי של חיל האוויר, שעלות הנזק נאמד ב-30 מיליון ש"ח.<sup>77</sup>
- **הורף 1991-92:** מסד הנתונים של המרכז לחקר אסונות טבע בישראל (מאטי<sup>78</sup>) מתעד נזקי שיטפונות משנהות ה-60 ועד 2016, המגיעים לעיתים עד מאות מיליון ש"ח. הנתונים מציגים ריבוי תביעות בחורף 1991-92, הידוע כאחד החורפים הקשים בישראל.
- **תביעות נזקים לרשות הניקוז והנחלים:** רשות הניקוז והנחלים תיעדו, בין השנים 2005-2016, את התביעות בהן היו מעורבות. הנתונים מציגים את סכומי התביעות שהוגשו לרשות, שהגיעו למאות מיליון ש"ח,<sup>79</sup> כתלות במאפייני האירוע והמקום. בפועל, רוב התביעות מסתיימות בפסקה, שעלות סילוק הנזק בפועל, מהוות כ-13% בממוצע, ביחס

<sup>74</sup> זאת בניגוד למרחב הפתוח מחוץ לעיר, בו ניתן, על בסיס מידע hidrologi סטטיסטי ונויתות מרחבי, לשרטט את פשטי הצפה לפי הסתברויות להצפה

<sup>75</sup> [קישור לחדשות הכנסת, 20 ינואר 2020](#)

<sup>76</sup> [קישור לכתבה בכלכלי](#)

<sup>77</sup> [קישור לכתבה בערבי](#)

<sup>78</sup> [קישור מרכז המידע לחקר אסונות טבע בישראל](#)

<sup>79</sup> לדוגמא השטפונות באזורי רשות ניקוז ונחלים שרון ב-2013, שהතביעות לגבים מוערכים בכ-300 מיליון ש"ח

לעלות הנتابעת.<sup>80</sup> אולם, הפשרה אינה בהכרח מעידה על גובה הנזק, אלא על קביעת בית משפט, בהתאם לחלוקת בין הנتابעים ושיקולים נוספים.<sup>81</sup>

- סקר **שמאים**<sup>82</sup> סקר שמאים שבחן את גובה נקי שיטפונות סטנדרטיים בשימושי קרקע שונים, ניתן למדוד שהנזקים עומדים על אףיו ש"ח למ"ר לשימושי מגוריים ותעשייה, ושרותי אףיו ש"ח לדונם לשימושים חקלאיים שונים. מובן כי ככל שעומק ההצפה גדול יותר, והשימוש אינטנסיבי/ צפוף ורגיש יותר, (בחקלאות, גם כתלות במשך ההצפה) ערך הנזק עולה.

#### 5.15.2. מיצוי פוטנציאלי צפוף עירוני בהילכי התחדשות עירונית

הגדלת פוטנציאל הפיתוח העירוני מהוועה תועלת כלכלית ממשמעותית נוספת. את המרכיב העירוני הקיים מאפיינותו לרוב, מערכות תיעול עירוניות רזויות, כך שתוספות הבינוי, מותנות בהגדלת קיבולת הניקוז של המערכת. אולם, שדרוג מערכת התיעול מתאפיין בעלות גבוהה, בין היתר, עקב מגבלות השטח הבוני, מה שדוחה לרוב את השדרוג, ושל כך, מהוועה חסם לתוספות בניה בכלל ולח"ד בפרט, במסגרת הליכי התחדשות עירונית. במצבים אלו, ניהול נגר מאפשר להסיר חסם זה, ובכך, מביא לניצול עיל יوتر של הקרקע. מצבים כאלה קיימים בעירים שונות בגוש דן למשל, בהן ביצוע הרחבות ושדרוגים למערכות התיעול, במטרה להרחיב את הקיבולת לתוספת הנגר בעקבות תוספת הבינוי, מוגבל בגלל תנאי השטח.

#### 5.15.3. הוספה ופיתוח שטחים ירוקים למרחב העירוני

כפי שנזכר בפרק 3, ישנו פתרונות שונים לניהול נגר. המשמעות של חלק מהפתרונות, היא הוספה שטח/ חזית יrokeה /או מחלחלת מרחב העירוני. לדוגמה גגות ירוקים או כholes, איגום בשצ"פים ואלמנטים נוספים המאפיינים בריבוי תועלות. מעבר לתועלת בהיבט הנגר, לאלמנטים יתרוניות נוספים:

- **עלית ערך הנכסים:** יצירת סביבה עירונית יrokeה ואיכותית מעלה את ערכי הנכסים, בשיעור הנע בין 5-25% מערכו טרם הפיתוח הנופי הסביבתי.<sup>83</sup> עלית הערך מהוועה את הועלות שתושבים מוכנים לשלם עבור פיתוח נופי והקמת פארקים וגנים והסדרת מי הנגר. סקירת מחקרים שפורסמה ע"י אוניברסיטת מונаш באוסטרליה ב-2019,<sup>84</sup> מציגה שירות מחקרים הדונניים המצביעים שפיתוח נופי מעלה את ערך הנכסים.
- **מצומם תופעת איי חום עירוניים:** מרחבים ירוקים ומוצלים במרקם העירוני תורמים לויסות הטמפרטורה המקומית, ובכך מסייעים להקטין את תופעת איי החום העירוני.
- **שירותי המערכת:** תוספת השטחים הירוקים במרקם העירוני, מגדילים את השירותי המערכת האקוולוגית והטבעי העירוני, ומספקים מגוון שירותי לאדם כגון: הנהה אסתטית, תועלות לבリアות הציבור וכו'.

<sup>80</sup> כולל עלות ניהול התקיק, 17% בממוצע בגין עלות הנتابעת

<sup>81</sup> מנתוני חטיבת הביתוח בשוק ההון ביטוח וחסוך לגבי תביעות בגין נזקי טבע, עולה כי התביעות העיקריות בתחום נקי טבע מתחבסות על נזקי רכוש, ובפרט על נזקים לדירות

<sup>82</sup> סקר שנערך במסגרת הכנס מדריך ניהול סיוכני שיטפונות ע"י משרד החקלאות, ראו סעיף 3.4.2.5

<sup>83</sup> נתניאו וחווב' (2014)

<sup>84</sup> Gonawawardena et al, 2019

#### **5.15.4. שיקום האקויפר**

אחד הנזקים העיקריים מבינויו עירוני ואיתום פנוי הקרקע, הוא מניעת חלחול הנגר הטבעי לאקויפר. יחד עם השפעות זיהום ארוך שנים, בפרט באקויפר החוף, תאים שונים אינטראקטיביים עוד לשתייה אקויקים עתה לשיקום, שעלותו גבוהה מאוד, ודורשות שנים ארוכות. מעבר לתפקידו במערכת האקולוגיה, האקויפר משמש כמקור מים לשימושים מגוונים (שתייה, חקלאות, תעשייה), וכן, כמגאר חירום חשוב לספק המים הלאומי, ועל כן החשיבות הרבה לשימורו במצב תקין ובבר שימוש.

תכניות ביוני המאפשרות החדרה וחלחול מי נגר לאקויפר באופן שוטף, יכולות לאורך זמן לסייע לשיקום התאים הרלוונטיים באקויפר, ואף להביאו לשיקומו בטוחה הארוור.

#### **5.15.5. מניעת זיהום נחלים, ים ושטחים פתוחים ממוצאי ניקוז**

מערכות ניהול נגר עירוני מאפשרות הפחתת נפח ועומס מזוהמים בגופי המים ושטחים פתוחים הקולטים את הנגר ממוצאי הניקוז. המזהמים נגרפים ומתנקזים מהמרחב העירוני (מדרכות, כבישים וכו'), ממוצאים או מתנקזים למورد. לכן, ניהול הנגר המקורי, התופס את המים במעלה, מצמצם את כמות הנגר ואת משך הולכתו במרחב העירוני, וכך, עשוי להיות משמעותית למצב הנהלים, הים והשטחים הפתוחים הקולטים את הנגר. בנוסף, ניהול נגר מאפשר הפחתה בתדריות ובחווארה של הצפות מערכות ביוב ועומס על המטה<sup>85</sup>ים, כתוצאה מאירועי גשם (הן באופן ישיר, והן כתוצאה מהיבור לא חוקי של צנרת הניקוז למערכת הביוב). נושא זה נדון בין השאר בנתניהו וחוב' (2014), וניתן ללמידה על סדרי הגודל של העולות למשל מטופענה ייצוגית נגד תאגיד המים "מי כרמל" מ-2014 בנושא הזרמת ביוב לים, שעמדה על 43 מלש"ח.

לסיום, ישנן תועלות משמעותיות לניהול נגר, שאת מרביתן קשה לכמת אותן בשלב זה. בעתיד, ראוי לנסות לכמת תועלות אלו, באמצעות מחקרים עתידיים, הן בשיטות הדוניות (כלומר, על בסיס ניתוח אקונומטרי של ערכי נדל"ן ביחס לפתרונות אלה), בהערכתות מותנות (כלומר, שאלונים מותאמים המאפשר לציבור לספק הערכות לתועלות מנוקדת מבט), ועל בסיס איסוף נתונים מקומי אחיד, שיטתי מكيف. עד אז, חשוב להציג על תועלות אלה ברמה עקרונית, במסגרת נתוחה תועלות ניהול נגר.

<sup>85</sup> צלול "דרכי למניעת נקי הנגר העירוני לנחלים ולים - דוח מצב הים" 2015

## 5.16. תמריצים אפשריים

כפי שעה מהנition בסעיפים הקודמים, לרשות המקומית תפקיד אקטיבי בישום מדיניות ניהול הנגער החדש, שכן היא אחראית להקמה ותחזוקה של אמצעי ניהול הנגער בשצ"פים ובמבנה הציבור, ולבקרה והבטחת הקמתם ותחזוקתם במגרשים הפרטיים.

בחינת המוטיבציה של הרשות לביצוע מערכות ניהול הנגער מכוונת ליישום בתחום השיטה הפרטיה, שכן הםאפשרים לצמצם את תשתית התיעול ומערכות ניהול הנגער שבמימון ואחריות הרשות המקומית, בתחום השצ"פים ומגרשי מבני הציבור. מנגד, ניהול נגער בשצ"פים יתרונוט משמעויות מבחן השקעות ואיכות תכנון המרחב. על מנת לעודד ולתמוך את יישום המדיניות החדשה, ולהבטיח הקמה ותחזוקה של אמצעי ניהול נגער, נדרש להשתמש בכלים של רגולציה עירונית. להלן הצעות לתמריצים רגולטוריים ומימוניים:

### 5.16.1. היטל ניקוז

המס העירוני היישר היחיד המוטל בגין ניקוז, הוא היטל ניקוז (נגבה חלק מהיטלי הפיתוח, נקרא לעיתים היטל תיעול), מה שעושה אותו המועמד הטבעי לצירת תמרץ כלכלי.<sup>86</sup> היטל ניקוז נגבה בהתאם לחוק העזר העירוני, ומוטל על כל בעלי הנכסים. היטל ניקוז נוצר מתקנית האב העירוני לניקוז, ומהושב, בד"כ, ביחס לשטח הקרקע או המבנה (הראשון בהנחת התשתיית, והשני בתנתן היתר בניה). היטל יכול להיגבות באופן חד פעמי או חלק מתשלומי הארנונה. היטל מוטל בתחילת בייצור עבודות תיעול באזור האיסוף שבו מצוי הנכס, בעת אישור בקשה להיתר בניה או בשל בנייה חורגת בכוס.

ניתן להפוך את היטל ניקוז לתמרץ לביצוע ניהול נגער במגרשים הפרטיים, על בסיס הוכחת עמידה בהתקנות אמצעי ניהול נגער במגרש, והערכת החיסכון הצפוי לרשות כתוכאה מכך (בהקטנת עלות מערכת התיעול או מערכות ניהול הנגער בשצ"פים או במבני ציבור).

לחופין/ במקביל, ניתן להשתמש במנגנון זה, על מנת להגדיל את היטל ניקוז, במקרה של אי בייצור פועלות ניהול נגער, כך שהחוב ישקף את הูลות הנוסף לרשות בגין הטיפול בגין שמקורו במגרשים הפרטיים.

### 5.16.2. פיתוח מערכת השיפוי ברשות המים

קידום ושכלול מנגנון התשלומים של רשות המים בגין החדרת נגער לאקויפר (כיום, כאמור, מדובר על אפשרות לשפות ב-2 ש"ח לקוב עבור החדרת מים בלבד), וכן עבור איום שיאפשר שימוש חוזר במים, ובכך יקטין את צרכות המים ויגדל את המאגרים, יכול להיות תמרץ כלכלי משלים. ככל שהפיצוי לרשות המקומית או ליזמים יהיה משמעותי יותר ומוגן יותר באמצעות שיטות, תגדל האפקטיביות שלו בקידום מערכות ניהול נגער.

### 5.16.3. הנחות ביטוח נקי הצפה

לאור היתרונות בניהול נגער במקור לטובת מניעה וצמצום של נזקי הצפות, חברות הביטוח יכולות להציג הנחות בביטוח נקי הצפות ובביטוח רכבים, באזוריים או מבנים הכלולים מערכות ניהול נגער.

<sup>86</sup> הנושא נדון פעמים רבות לאורך השנים. לדוגמה: במחקר "ביקורת והתאמתה של הפיתוח בערים נמוכה" מ-2009, שבוצע ע"י רAOBn לסטר, רם אלמוג, דני ליבני ומירן רוזנטל, עבור רשות המים

#### **5.16.4. מטלות זם:**

על מנת להטמע את תפישת ניהול הנגר במרחב בישראל, ניתן להשתמש בכלים של מטלות זם, לביצוע אמצעי ניהול נגר בהלכתי הפייטהו.

#### **5.16.5. ייעוד חלקי של היטל הנקז לטובת ניהול נגר**

על מנת לחיבב רשותות מקומיות לבצע ולחזק אמצעי ניהול נגר, ניתן לחיבן, לשרין חלק קבוע מעלהו היטל הנקז, לטובת ניהול נגר.

#### **5.16.6. קרן שטחים פתוחים:**

יתרונות מניעת זיהום גופי מים ושטחים פתוחים, אפשריים בחינה של יצירתה קרן או מנגנון כלכלי ראשוני, מתכזבי קרן שטחים פתוחים, לטובת עידוד ותמרוץ השמת מנגנוני ניהול נגר.

#### **5.16.7. עידוד פיתוחים טכנולוגיים מתקדמים**

לקידום ופיתוח טכנולוגיות מתקדמות לנושא ניהול נגר, תפקיד חשוב בקידום הנושא בישראל. לכן, מוצע לבחון דרכיים לעודד פיתוח מיזמים העוסקים בנושא. המיזמים יכולים לעסוק בכלים עבודה ומודלים מתקדמים לחישוב סיכון הצפות ברמה מרחבית; בכלים עבודה מתקדמים להטמעת שיקולי ניהול נגר ולהערכת נפח ניהול המנהלה בתכנית; איסוף ושימוש נתונים גשם והצפות ובניית מערכת חיזוי והתרעה מפני הצפות בטכנולוגיית AI; חישנים שיידעו להתריע על עומס ספיקה בцентр התיעול ועוד. המימון יכול להיות משותף למשרדיו הממשלה הרלוונטיים ולחברות הביטוח. המיזמים יכולים להגיע מהשוק הפרט או באמצעות "הקהומות" שיארגנו באוניברסיטאות ובמכינות, על ידי המדינה.

## 5.17 סיכום ומסקנות

בעבודה זו נבחנו ארבע חלופות של מערכות ניקוח, באזור מישור החוף ובאזור ההר המזרחי. חולפה 1, הכוללת מערכת תיעול, ושלוש חלופות נוספות, המישמת את הנחיות ניהול הנגר החדשות בתמ"א 1.

מטרת ההשוואה הייתה לבחון את השפעת השינוי המוצע ואת שימושו הכלכלי הכלכלי ביחס למצב התכנוני הנוכחיים. נפתח בכך שתיקון Tam'a 1 המוצע כובע חובת ניהול יעד נגר מינימלי, אשר הכתיב את תכנון מערכות הניקוח. אולם, ניתן להניח כי ניהול נגר בהיקף רחב יותר, יכול היה להציג אף תועלות משמעותיות יותר.

טרם ההתייחסות מפורטת לתוצאות ההשוואה, ראוי לציין כי התוספת היחסית לעלות הבניה ליח"ד בשלוש החלופות שיישמו את חובת ניהול הנגר, הייתה שולית (עד 0.66% מעלו הבניה ליח"ד). ככלומר, התיקון המוצע משפייע בלבד על עלות הבניה, מה שעורשה את ניהול הנגר, פתרון פרקטני, שהשפעתו על שוק הבניה זניחה.

עם זאת, העלות השנתית של חלופות ניהול הנגר הייתה יותר בכ- 50% מחלוקת מס' 1, עקב עלויות התחזקה, האבותות יותר, ומהזורי החיים, הנמוכים יותר, של אמצעי ניהול הנגר. ההנחות בעבודה לגבי עלות התחזקה ומהזורי החיים כאמור, היו שמרניות ומחמירות, וע"י בקרה ותחזקה שנתית הולמים, בהחלט ניתן להאריך את מחזור החיים של אמצעי ניהול נגר ובכך לצמצם את העלות השנתית.

בעבודה הتمקדמו בבדיקה ההשוائية ביחס לעליות הבניה, כיוון לא ניתן היה לעורר השוואת עלות תועלת כוללת, עקב בסיסי מידע חסרים וחלקים, שלא מאפשרים הערכה מהימנה של צד התועלות, ובפרט עלות חזיה של מניעת נזקי ההצפות.

בין היתרונות של מערכות ניהול נגר עירוניות, הוא ניהול סיכון, שכן, מערכת ניקוח המבוססת על מגוון אמצעים (מערכות ניהול נגר, תשתיית תיעול), מקטינה את הסיכון מכשל נקודתי, אך בהשקשה והן בתחזקה.

חשוב להזכיר כי ניתוח החלופות מראה יתרונות מובהקים למיצוי פוטנציאלי ניהול הנגר בתחום השצ"פים, שההשקעה היחסית בהם הייתה כ 20% בלבד מההשקעה במגרשי הפיתוח. זאת מבלי להתייחס ולכמת את היתרונות הרבים בתוספת השצ"פים מגוונים למרחב העירוני. מיצוי פוטנציאלי ניהול הנגר בשצ"פים מחייב הטמעה של שיקולי ניהול הנגר כבר בהלכי התכנון הראשוניים. אולם, ישנים מקרים בהם תנאי המיקום מראש אינם מאפשרים להביא לניהול היקף משמעותי הנגר בשצ"פים. לטובת זאת, ביצענו ניתוח רגשות שרהאה שגם במקרים בהם היכולת לנחל נפח נגר בתחום השצ"פים מוגבלת, עדין נמצא שהיקף ההשקעה לניהול נגר בתחום מגרשי הפיתוח, אינו ממשוני לעלות הבניה.

החסכו המשמעותי בשלוש חלופות ניהול הנגר ביחס לחלוקת מס' 1, נבע מצמצום תשתיית התיעול, שהתאפשרה לאור הקטנת הספיקות מיישום מערכות ניהול הנגר. הקטנת תשתיית התיעול ואיתה מצומם ההשקעה, יכולה להתקיים רק בהינתן וודאות לגבי יישום והבטחת תפוקדם של אמצעי ניהול הנגר, ע"י הקמה מאותה ותחזוקתם השוטפת. אם כיום, הקמה ותחזקה של תשתיות ניקוז היא בשטחים הציבוריים ובאחריות הרשות המקומית, המדיניות המוצעת מכוונת ליישום מערכות ניהול הנגר בתחום המגרשים הסחריים ומוסדות ציבוריים. لكن, על מנת להבטיח תחזקה שוטפת של אמצעי

ניהול הנגר, הכרחי וחשוב לייצר מנגנונים רגולטוריים ברשותות המקומיות שתפקידם יהיה לבצע, לבקר ולאכוף את החקמה והתחזוקה של מתכני ניהול הנגר הון במרקען הציבורי ורhn בפרט.

**לסיכום**, ניתוח כלכלי השוואתי של יישום הנחיות ניהול הנגר בתמ"א 1 הראה כי ההשפעה על גובה ההשקעה הנדרשת ליח"ד שולית (עד 0.66%). עקב מגבלות של זמינות ואיכות נתוניים, בפרט מצד התועלות, לא ניתן היה לעורר בחינת עלות תועלת משקית.

הפרקטייה והמחקר בעולם המערבי כבר מצאים ומיישמים מדיניות מתקדמת לניהול נגר למרחב הבינוי, אם מתוך ניסיון כואב או כהיערכות מוקדמת. הפיתוח המואץ בישראל, שמייצג את מגמות גידול האוכלוסייה, ההזדקנות והעירור, צפוי להמשיך ולגדול. הישנות מקרית ההצפה למרחב העירוני בישראל, חומרתם ההולכת וגדרה, היא הוכחה לכך, שנכון להיום, מאפייני הפיתוח בישראל, לא רק שאינם נתונים האגנה מפני מזג האוויר, הם ממש מסוכנים ובעלי השכלות כלכליות עצומות למשק. ככל שלא יתקיים שינוי במוגמות הפיתוח, ניתן רק לשער שהങקים ילכו ויחמירו. הניתוח הכלכלי שהצענו, מראש החסיר את התועלות העקרופות והמשמעות של הטמעת אמצעי ניהול נגר למרחב העירוני, וכן לא כולל את תוחלת הנזק הנמנעת, זאת לאור היעדר נתוניים. ולמרות זאת, עדין תוספת ההשקעה ליח"ד בכל החלופות ובבנייה הרגישות, יצאאה שולית. אנו מקווים שתוצאות הניתוח, בצד הבנת מעטפת היתרונות האיכוחניים ומניעת הנזק מהצפות, יקדמו את יישום מדיניות ניהול נגר למרחב בישראל, וכי בעתיד יישלם מסד נתונים שיאפשר בחינת עלות תועלת משקית מלאה.

## 6. כלים ובסיסי נתונים הידרולוגיים לתכנון

מטרת פרק זה היא להוות בסיס מקצועי להטמעת מדיניות ניהול הנגר בכלל, ובפרט למילוי נספח הנחיות לניהול הנגר (ב'4), בקשר הידרולוגיים ויוועצי ניקוז. בפרק הסברים על אופן מילוי סעפי הנספח השונים, לרבות רקע מקצועי, שיטות חישוב והמלצות לשימוש במודלים.

### 6.1. ריכוז הנחיות לחישובים הידרולוגיים

פרק זה מרכז הנחיות לביצוע החישובים הידרולוגיים, העומדים בסיס תכנית הנדרשת להגיש נספח ניהול הנגר. להלן אופן ערך התכנית החישובים שיוצגו בפרק:

- עצמות גשם לתכנון
- זמן ריכוז
- ספיקת השיא של הנגר - יוצגו 3 שיטות וכן הנחיות متى להשתמש בכל שיטה
- נפח הנגר
- ספיקת הנגר העודף
- פשוטי ורומי הצפה

### 6.2. עצמות גשם לתכנון

בכדי להשתמש בעוצמות הגשם המחוושבות,<sup>87</sup> יש לשירק את התכנית הנדרונה לאזור הגשם בו היא נמצאת, בהתאם למפה **שבשגיאה!** מקור ההפנייה לא נמצא.. שכבת ממ"ג של אזורי הגשם ניתנת לצפייה באתר התכנית האסטרטגית של מינהל התכנון, בשכבה 'שטחים לשימור משאבמים'.<sup>88</sup> לאחר מכן, יש לאתר את עצמת הגשם הרלוונטי לשטח התכנית, בהתאם לתקופת החזרה הנדרשת ולזמן הרכז (ראה סעיף 0 להלן) של האגן הנדרון. את עצמת הגשם הרלוונטי לשטח התכנית ניתן למצוא בקובץ, בנספח מס' 5 - 'בסיס נתונים עצמות גשם'.

#### 6.2.1. מקדם הפחיתה מרוחבית

עצמות הגשם חושבו מתוך נתונים שהתקבלו מתחנות הידרולוגיות המודדות את הגשם בנקודה אחת. באגנים שגודלם עולה על 1 קמ"ר, שוקל אלמנט נוסף, הנקרא הפחיתה מרוחבית. תאי גשם הינם מוגבלים בגודלם וככל שעוצמת הגשם גדולה יותר, כך גודלו של תא הגשם קטן. לכן, ככל שהשטח הנדרון גדול יותר, עצמת הגשם הממווצעת על פני כל השטח, קטנה (הלווי, ואחרים, 2016). יש לציין כי השפעה של מקדם הפחיתה המרוחבית קטנה ככל שמארירוע הגשם הנדרון גדול (EPFL, 2006

(p. Figure 10.12

באגנים שזמן הרכז שלהם (ראה סעיף 5.3 להלן) קטן משמעותית וגודלם נע בין 1 ל-6 קמ"ר, יש להכפיל את עצמת הגשם במקדם לפי משווה 1. באגן שגודלו שני קמ"ר לדוגמה, יש להכפיל את עצמת הגשם במקדם של 0.9. יצוין כי העבודה שבוצעה בישראל בנושא ראשונית בלבד ומהיבת מחקר נוספת (הלווי, ואחרים, 2016 עמ' 62). חלק מהמחקרים בעולם הعلاו ממצאים דומים, אך רובם ה证实ו באגנים גדולים בהרבה מקמ"ר בודדים (EPFL, 2006).

<sup>87</sup> המתודולוגיה לחישוב עצמות הגשם מפורטת בנספח מס' 5, 'עצמות גשם לתכנון'

<https://pnimgis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fafbc19993f5466c88d1e474b62c4285> <sup>88</sup>

**משואה 1:** מקדם הפחתה מרוחבית לאגנים שגודלם 6-1 קמ"ר ולאירועי גשם שימושם קטן משמעות (להלן,  
ואחרים, 2016 עמ' 62)

$$d_0 = 1.0005 \times A^{-0.157}$$

כאשר:

- 0p - מקדם הפחתה מרוחבי
- A - שטח האגן בקמ"ר

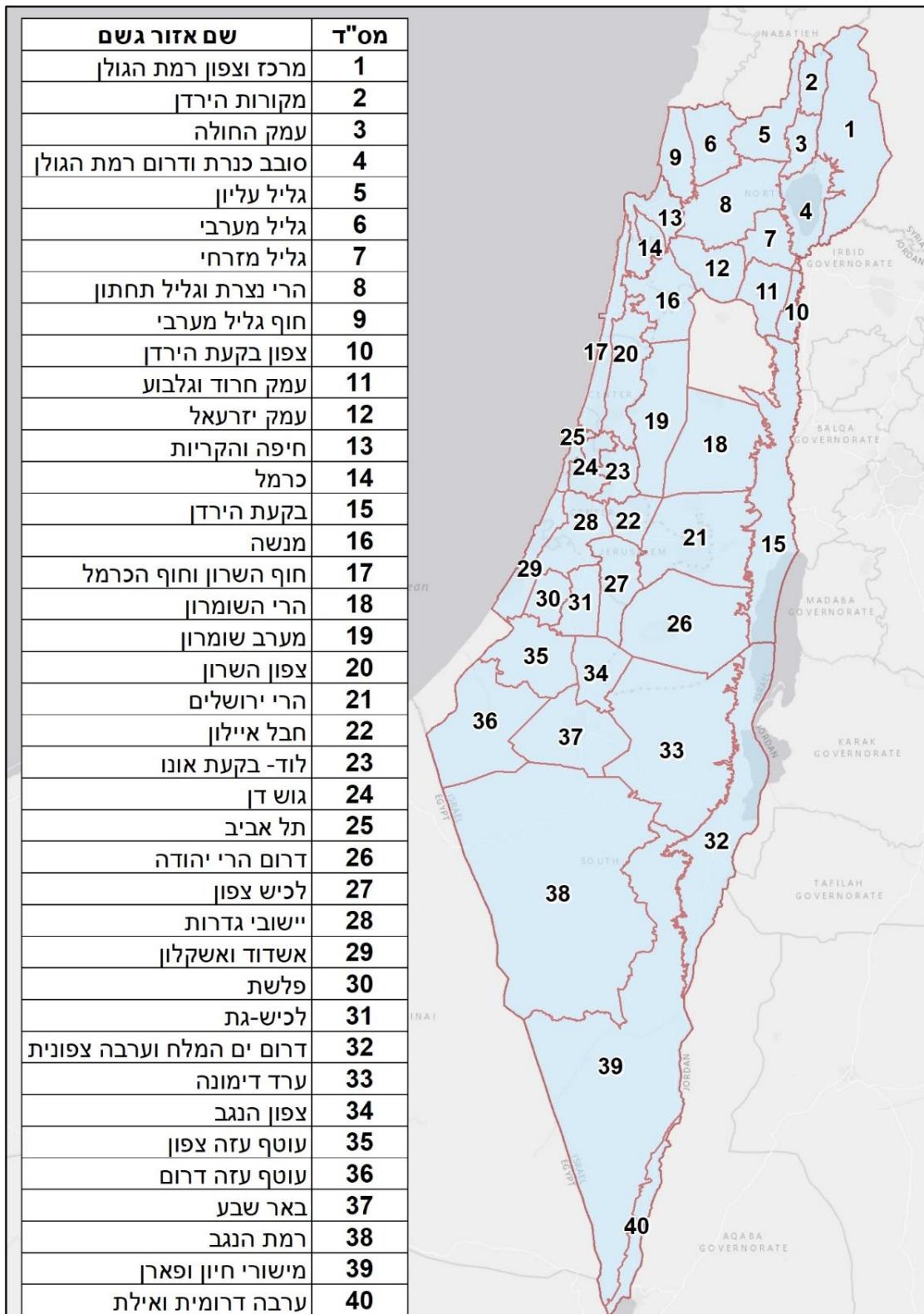
### 6.2.2. אירוע גשם

במידה ונדרש אירוע גשם לתאליך התכנון,<sup>89</sup> נתוני עצמות הגוף מספקים גם אירוע גשם מלאכותי, המיצג סוג אחד של תרחיש. לצורך תכנון, מומלץ לבנות אירועי גשם נוספים על בסיס מדידות גשם רציפות של אירועי קיצון מתחנת הגוף הרלוונטית. בכך קיבל את תקופת החזרה הרצויה ניתנת להכפיל את אירועי המודדים בפקטור, בהתאם לעובי הגוף המצוין בקובץ בסיס הנתונים.

באגנים שגודלם עולה על 2 קמ"ר בהם נדרש להציב מודל גשם-נגר רציף, לא מומלץ להניח שהगשם יורד באופן אחיד על פני כל האגן. לכן ראוי לבנות את פירוס הגוף למרחב באמצעות צירוף של כמה תחנות גשם וחיבורן באמצעות כלי הניתוח המרוחביים Thiessen, Inverse Distance, או כל שיטת אינטראפולציה מקובלת אחרת.

---

<sup>89</sup> למשל, כקלט למודל גשם-נגר, מתאים להלן בסעיף M 5.4.4 94



איור 13/ מפת אזורי הגשם בישראל

### 6.3. זמן ריכוז

זמן ריכוז מוגדר כמשך הזמן הנדרש לנגר עליי לזרום מהנקודה המרוחקת ביותר באגן עד למוצא האגן. זמן הריכוז משמש לקביעת משכי הגשם לתכנון. כלומר, זמן הריכוז הוא משתנה בקביעת עוצמת הגשם ו/או אירוע הגשם לתכנון.

יש לחשב זמן ריכוז ע"י סימון תוואי הזרימה הארוך ביותר באגן וחולקו ל-3 מקטעים. לאחר מכן יש לחשב את משך הזרימה בכל מקטע ולסכמו בהתאם לשגיאה! מקור ההפנייה לא נמצא.<sup>2</sup> מדובר במודל שפותח ב-NRCS מבוסס על מאות מחקרים ומדידות, ומוקובל לשימוש בארה"ב (NRCS, 2010) ובמקומות אחרים בעולם (Quweensland Goveronment, 2013).

#### משוואה 2: חישוב זמן ריכוז

$$T_c = t_i + t_s + t_t$$

כאשר:

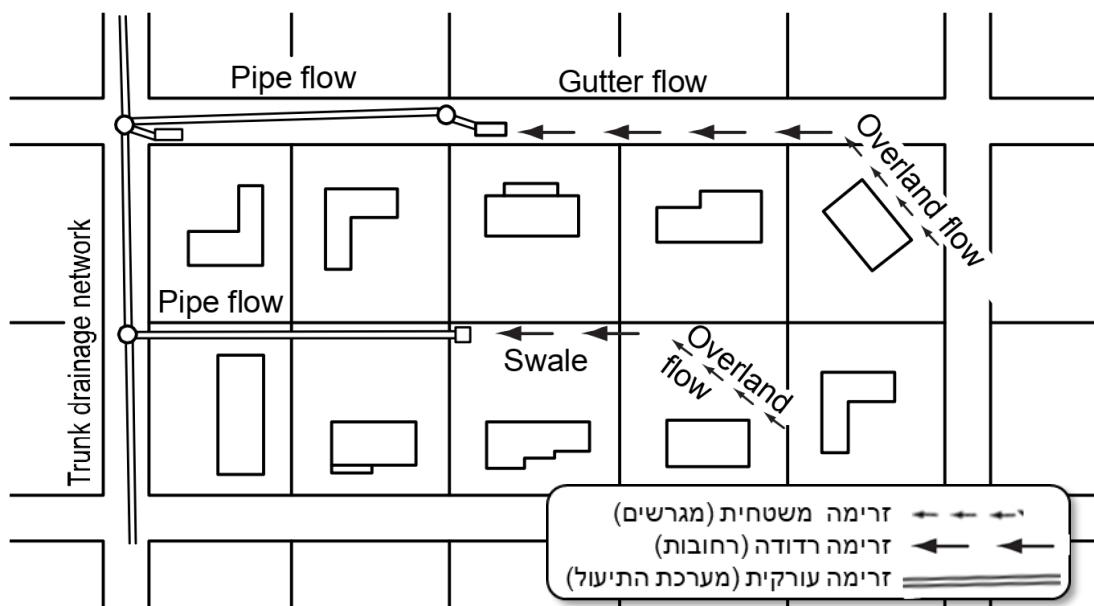
- $T_c$  - זמן הריכוז הכלול בדקות
- $t_i$  - זרימה משטחית (Overland/sheet flow)<sup>90</sup>
- $t_s$  - זרימה רדודה (Gutter flow)
- $t_t$  - זרימה עורקית (Channelized flow)

איור 14 מציג סכמה של שכונת מגורים עירונית, עם דוגמא טיפוסית להבנה בין שלושת סוגי זרימה, להלן:

- א. זרימה משטחית (Sheet flow או Overland flow) היא זרימה על פני שטח פתוח ומתאפיינת בעומק של 3 ס"מ או פחות. באזוריים עירוניים מדובר לרוב בזרימה בשטח המגשרים עצמם.
- ב. זרימה רדודה (Gutter flow) או shallow concentrated flow מטרים של זרימה משטחית והיא מוגדרת כזרימה בעומק של 3-15 ס"מ. מדובר בזרימה שיכולה להיווצר על פני השטח או לאורך מדרכות, פLAGIM וערוצים קטנים. באזוריים עירוניים לרוב מדובר בזרימה שבכבישים עד לכינסה לקולטן.
- ג. זרימה עורקית (Channelized flow או Pipe flow) מתרחשת בעורקי הוהלה שהם מובילי הניקוז או תעלות.

<sup>90</sup> ישנו אגן בו הם המגשרים אינם מחוברים ישירות למערכת התיעול העירונית והנגר מהם מגיע במובוק אחרי הנגר משאר האגן. במקרים אלו, הכללת זרימת המשטחית תאריך את זמן הריכוז ותוריד תוצאתית את ספיקת השיא (ראה הרחבה בסעיף **שגיאה! מקור ההפנייה לא נמצא**). במצב זה, ניתן להשיט מתחשב את מרכיב הזרימת המשטחית, ולהישאר עם זרימת רדודה ועורקית בלבד, בהתאם לשיקול הדעת של המתכנן

להלן פירוט דרך חישוב זמן הריכוז לכל אחד משלושת סוגי הזרימה:



איור 14/ הבחנה בין שלושת סוגי הזרימה בשכונות מגורים עירונית (Quweensland Government, 2013)

### 6.3.1. זרימה משטחית

יש לחשב את משך הזרימה המשטחית באמצעות משווואה 3<sup>91:3</sup>

משוואה 3: חישוב זרימה משטחית (Colorado, 2018, pp. Eq. 6-3)

$$t_i = \frac{0.715 * (1.1 - C_0) * \sqrt{L_{i(m)}}}{S_0^{0.33}}$$

כאשר:

- $t_i$  - זרימה משטחית (Overland flow) בדקות
- $C_0$  - מקדם הנגר עברו עצמת גשם של 0-20 מ"מ, כמפורט בסעיף 6.4.1
- $S_0$  - שיפוע ממוצע של פני השטח עליהם מתקיימת זרימה משטחית

משווואה 33 מתאימה למקטעי זרימה של עד 100 מטר באזורי בנויים, ועד 150 מטר באזורי שאינים מפותחים. בשטחים עירוניים זרימה משטחית טיפוסית מתרחשת בעיקר בתחום מغارשים והיא קצרה בהרבה מ- 100 מ'. על המתכנן לבחון את המקורה הנדרון ולקבוע את אורך הזרימה המשטחית בהתאם לתנאי השטח.

### 6.3.2. זרימה רדודה עד קולtan

זרימה רדודה מרוכזת, גם אם היא נוצרת על פני השטח, מאופיינת בתוואי זרימה מוגדר (למשל, בטור מישעת הכביש סמוך לשפט המדרכה). משך הזרימה הרדודה המרוכזת מחושב על ידי חלוקת אורך תוואי הזרימה ב מהירות הזרימה הממוצעת. מהירות הזרימה מחושבת באמצעות **שגיאה!** מקור ההפנייה לא נמצא.4. לאחר מכן ניתן לחשב את משך הזרימה ע"י **שגיאה!** מקור ההפנייה לא נמצא.5. זרימה רדודה יכולה להתקיים באזוריים נטולי תשתיות ניקוז גם לאורכים של עד 400 מטר.

**משווהה 4: חישוב מהירות זרימה רדודה מרוכזת, פותח מ- NRCS, 2010, עמ' 8-15 טבלה 3-15)**

$$V_s = K * \sqrt{S_0}$$

כאשר:

- $V_s$  - מהירות ממוצעת של הזרימה הרדודה המרוכזת במטר לשנייה
- $K$  - מקדם זרימה מתוך טבלה 15
- $S_0$  - שיפוע השטח או ערוץ הזרימה במטר למטר

**טבלה 15 - פקטור K לזרימה רדודה מרוכזת, פותח מ- NRCS, 2010, עמ' 15-8 15-3 טבלה 3-15)**

סיווג פני שטח	מקדם זרימה K לשגיאה! מקור ההפנייה לא נמצא. 4
צמחייה עשבונית מפותחת	0.77
שדה או שטח ח:rightosh	1.53
מדשאות	2.12
קרקע חסופה או כמעט חסופה	3.04
תעלת עם צמחייה (כגון תעלת שתילה)	4.92
מיסעה סלולה או מבוטנת	6.2

**משווהה 5: חישוב משך זרימה רדודה מרוכזת**

$$t_s = \frac{L_t}{60 * V_s}$$

כאשר:

- $t_s$  - משך הזרימה הרדודה המרוכזת בדקות
- $L_t$  - אורך מקטע הזרימה במטרים
- $V_s$  - מהירות ממוצעת של הזרימה הרדודה המרוכזת במטר לשנייה

### 6.3.3. זרימה עורקית

זרימה עורקית מתרחשת בתוך ערוץ זרימה מובנה, כגון מוביל ניקוז או תעלת פתווחה. חישוב מהירות הזרימה בעורקים נעשה באמצעות נוסחת מאנינג (Manning equation) המוצגת **בשגיאה!** מקור ההפעיה לא נמצא. 6. לאחר מכן ניתן לחשב את משך הזרימה ע"י **שגיאה!** מקור ההפעיה לא נמצא. 5.

**משוואת מאנינג לחישוב מהירות זרים בתעלות (CFRC, 2006)**

$$V_t = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S_0}}{n}$$

כאשר:

- $V_t$  - מהירות הזרימה העורקית במטר לשניה
- R - רדיוס הידראולי
- S - השיפוע הארכי של העורק במטר למטר
- n - מקדם החיכוך של מאנינג (CFRC, 2006)

### 6.3.4. זמן ריכוך מזרעי

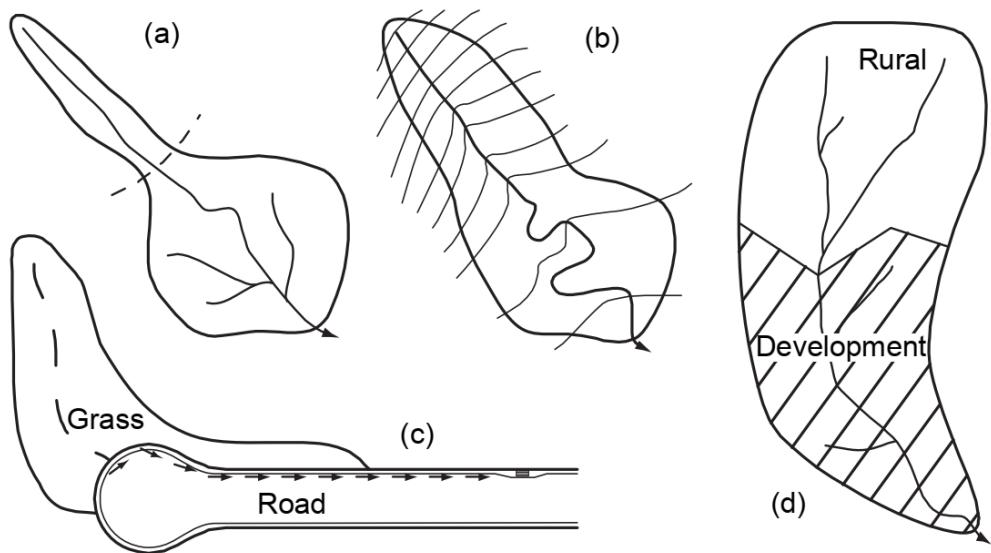
בעת עבודה על אגנים קטנים, ניתן ויתקבלו זמני ריכוך של מספר דקות בלבד. זמן הריכוך המינימלי יהיה 10 דקות. באגנים שטחים קטן מ-5 דונם, ניתן להניח שזמן הריכוך הוא 10 דקות, ללא צורך בחישוב.

### 6.3.5. זמן ריכוך באגנים בהם עיקרי תרומת הנגר ונוצרת רק בחלוקת מהשיטה

ברוב המקרים זמן הריכוך יחוسب לפי תווואי הזרימה הארוך ביותר שאפשרי באגן. ישנו מקרים מסוימים בהם עיקרי תרומות הנגר מתקבלת רק מחלק מהאגן ובهم זמן הריכוך צריך להיות מחושב מתיוואי זרימה חלק. **שגיאה!** מקור ההפעיה לא נמצא. מציג מספר דוגמאות למקדים כאלה. לרוב מדובר באגנים בעלי צורה מאורכת ושימושי קרקע מעורבים, שהחלק הבינוי נמצא במורד והחלק הפתוח במעלה, או במקרים בהם המגרשים אינם מחוברים לשירות מערכת התיעול.

על המתכנן להיות ער לאפשרות זו ולבדוק שבאגן הנדון לא נוצרת עיקרי התרומה ביותר רק בחלוקת מהשיטה. במידה וכן, יש לחשב זמן ריכוך רק לפי החלק הרלוונטי של האגן תוך השמתה הזרימה המשטחית. לחופין, ניתן לחלק את האגן לשניים ולהשאבת ספיקת השיא בנפרד לכל אחד מהחלקים. במקרה של חלוקת האגן מומלץ לחשב את ספיקת השיא בשיטה המאפשרת חישוב הילוך

ಗאות



איור 15/ דוגמאות לאגן שביהם אפשר וספיקת השיא נוצרת רק בחלק מהשטח (Quweensland )  
*(Government, 2013)*

#### 6.3.6. זמן פיגור

זמן הפיגור (Lag time) הוא משך הזמן שעובר ממרכז אירוע הגשם ועד להיווצרות ספיקת השיא בmouth האגן. ישנים מודלים, כגון HU SCS (ראה סעיף 6.4.3 להלן), שדורשים זמן פיגור קבוע. במקרים אלה יוחשב זמן הפיגור באמצעות **שגיאה!** מקור ההפנייה לא נמצא.

**משוואה 7: חישוב זמן פיגור (NRCS, 2010, עמ' 15-3 , משווהה 15-3)**

$$L = 0.6 * T_c$$

כאשר:

- L - זמן הפיגור
- $T_c$  - זמן הריכוך

### 6.3.7. שיטות לא מומלצות לחישוב זמן ריכוז

במחצית הראשונה של המאה ה-20 פותחו מספר שיטות אמפיריות לחישוב זמן ריכוז על סמך מספר מוגבל של תוצאות. שיטות אלה היו מקובלות בעבר, ככל הנראה מכיוון שהיו היחידות בזמנן. כיום שיטות אלו נתפסות כלל מדויקות בספרות המקצועית (Grimaldi, et al., 2012). لكن שיטות אמפיריות כבר לא מופיעות במסמכי ההנחיות והרגולציה מהמאה ה-21.

דוגמה בולטת לשיטה ישנה, שעדיין ניתן לראותה בישראל, היא שיטת קירפיך (Kirpich). שיטת קירפיך פורסמה ב-1940 על ידי ה-Soil Conservation Survey של ארה"ב, (שהפך ל-NRCS בברבות השנים), על בסיס מדידות משבעה אגני היקוות כלליים בטנסי, בהיקף שטחים של 500-5 דונם, עם שיפועים הנעים בין 3-8% (Chow, ואחרים, 1988). לעומת זאת שיטת קירפיך לא יודעת לשימוש באגנים עירוניים. עם השנים פותחו אמנים מקדמי התאמה לאגנים עירוניים, אך לא לכל המקרים, ומכל מקום, שיטה זו אינה מומלצת כיוון אפילו ע"י NRCS שפרסם אותה לראשונה מקשאה אחת, דוגמת קירפיך ודומותיה.

### 6.4. חישוב ספיקת השיא של הנגר

ספקת השיא תחשב באחת מהשיטות המפורטות בטבלה 16. העמודה האמצעית בטבלה מציבה מגבלה של גודל שטח האגן הנדרון, בעוד העמודה השמאלית מסבירה מילולית את המקרים בהם שיטת החישוב מתאימה לצרכי תכנון.

טבלה 16: שיטות מקובלות לחישוב נגר

שיטת	שטח האגן בדונם	הערות/ מגבלות נוספת
השיטה הרציונאלית המעודכנת	0-200	לחישוב המצב הנוכחי, ניתן להשתמש בשיטה הרציונאלית גם בשטחים גדולים יותר עד 5 קמ"ר ובבד שאין במצב הנוכחי ניהול נגר. לחישוב במצב המוצע, מתאים מרמת המגרש עד רמת הרחוב, כל עוד אין בתכנית אמצעי המועד להשתיה נגר
הידרוגרפיה יחידה	לא מגבלה	כאשר מושלבים בתכנון אמצעי ניהול נגר, יש לבנות שני הידרוגרפי יחידה עבור כל אמצעי, אחד לפני האמצעי ושני אחריו, עם חישוב ניהול הנגר
מודל גשם-נגר רציף 92	לא מגבלה	תכנון ניהול נגר מרמת השכונה/אגן עירוני ומעלה ובוודאי שתכניות אב עירונית, צרכיות להישות במודל ממוחשב ולא בשיטה אחרת

<sup>92</sup> המודל הנפוץ בעולם הוא SWMM, שהוא חינמי. ישנו מודלים מסוימים אחרים, שנitin להשתמש בהם ובבד שהם שווי ערך ל-MM-EPA SWMM.

להלן פירוט לגבי השיטות השונות:

#### 6.4.1. השיטה הרציונאלית העדכנית

השיטה הרציונאלית המעודכנת (LA County, 2006 pp. 59-62), המכונה באנגלית MODRAT (Modified rational method), הינה פיתוח של השיטה הרציונאלית המוחושבת במשווה: 8:

**משווה 8: חישוב ספיקת שיא בשיטה הרציונאלית**

$$Q \left[ \frac{m^3}{s} \right] = \frac{C \times I \left[ \frac{mm}{h} \right] \times A \left[ km^2 \right]}{3.6}$$

כאשר:

- A הוא שטח האגן בקמ"ר
- I הוא עצמת הגוף לפי זמן הריכוז במ"מ לשעה.
- C הוא מקדם הנגר

מקדם הנגר מוחושב באמצעות משווה 9::

**משווה 9: חישוב מקדם הנגר בשיטה הרציונאלית המעודכנת**

$$C = (0.9 * IMP) + (1 - IMP) * Cu$$

כאשר:

- C הוא מקדם הנגר

- IMP הוא אחוז השטח האטום

Cu הוא מקדם הנגר בשטח הפתוח (באגנים עירוניים בהם מרכיב השטח האטום הוא הדומיננטי, ניתן להשמיט את מרכיב השטח הפתוח אם תרומתו זניחה, או שבאופן מובהק הנגר ממנו מגיע מאוחר יותר מאשר זה של השטח האטום (ראה הרחבה בסעיף 6.3.5 הדבר נתון לשיקול דעת המתכנן)).

כלומר, בשיטה זו השטח תורם הנגר באגן נחלק לשניים: השטח האטום (גגות, כבישים, חניות ועוד') והשטח הפתוח (שטח לא מפותח, גינון ועוד'). מקדם הנגר של השטח האטום הוא תמיד 0.9. מקדם הנגר של השטח הפתוח (Cu) הינו תלוי בחבורת הקרקע ובעוצמת הגוף הרלוונטי, כמפורט ב

מקדם לפי עובי גשם במ"מ ליום											סוג כללי	תיאור כללי
>100	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	0-20			
0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.04	0.01	טרה רוסה	A	
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	רנדזינה	B	
0.26	0.23	0.19	0.15	0.13	0.09	0.08	0.04	0.03	0.01	חמרה	E	
0.48	0.43	0.38	0.33	0.30	0.23	0.15	0.13	0.09	0.06	גראמוסול	H	
0.18	0.15	0.13	0.10	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	חול	V	

0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-	-	לס	(-)
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	אדמה גננית	

טבלה 17.

טבלה 17: מקדמי נגר לקרקעות בישראל כתלות בעובי הנגר היומי

מקדם לפי עובי גשם במ"מ ליום											סוג-general	תיאור-general
>100	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	0-20			
0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.04	0.01	טרה רוסה	A	
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	רנדזינה	B	
0.26	0.23	0.19	0.15	0.13	0.09	0.08	0.04	0.03	0.01	חמרה	E	
0.48	0.43	0.38	0.33	0.30	0.23	0.15	0.13	0.09	0.06	גرومוסול	H	
0.18	0.15	0.13	0.10	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	חול	V	
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-	-	לס <sup>93</sup>	(-)	
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	אדמה גננית <sup>94</sup>		

במידה ויש יותר מסוג קרקע אחד, ניתן להשתמש בסוג הקרקע הדומיננטי באגן. במידה ואין סוג קרקע אחד דומיננטי במובhawk, נדרש לחלק את השטח ע"פ סוג הקרקע השונים ולהשאיב לכל אחד מהם את מקדם ה-Cu שלו ואז לחשב את מקדם ה-Cu הכללי לפי שטח היחסי של הקרקע. במידה והקרקע הדומיננטית באגן אינה מופיעה ב

מקדם לפי עובי גשם במ"מ ליום											סוג-general	תיאור-general
>100	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	0-20			
0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.04	0.01	טרה רוסה	A	
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	רנדזינה	B	
0.26	0.23	0.19	0.15	0.13	0.09	0.08	0.04	0.03	0.01	חמרה	E	
0.48	0.43	0.38	0.33	0.30	0.23	0.15	0.13	0.09	0.06	גرومוסול	H	
0.18	0.15	0.13	0.10	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	חול	V	

<sup>93</sup> קרקעות לס מופיעות במספר סיוגים, לרבות N, R, S, M ועוד מיני קרקעות מעורבות.<sup>94</sup> המקדם לאדמה גננית הונח לפני ערך 'רנדזינה', יש לבירר, בכל מקרה לאגוף, את תקופת ההנחתה

0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	-	-	לס	(-)
0.35	0.30	0.25	0.20	0.17	0.12	0.10	0.05	0.04	0.01	אדמה גניתית	

טבלה 17, המתכן ישמש במקדים ממקורות אחרים תוך ציון המקור ממנו נלקח המקדם.

יש לשים לב שמקדם הנגר בשיטה זו אינו תלוי בתכנית. כמובן, לא משנה אם השטח האטום הואאג או אספלט ואם השטח הפתוח מכוסה בצמחייה או לא. הסיבה היא שבairoוUi תכנן בעלי תקופת חזרה של עשרות שנים ויתר, הנחת העבודה ריא שהתכנית רוויה ואניונה משפיעה על ספיקת השיא. היתרונו הגדול של השיטה הרציונאלית היא בפשטותה, אך השימוש בה באגנים עירוניים מוגבל לגודל של עד 200 דונם (NRCS, 1988 p. 15). באזורי שאינם עירוניים, ניתן להשתמש בשיטה באגנים שגודלם עד 800 דונם (Thompson, 2006), תלוי במורכבות האגן ועל המתכן להעיר ולסביר את תקופות השיטה במקורה בו נעשה בה שימוש באגנים גדולים.

עבור הצגת ספיקת הנגר במצב הקיים, כפי שנדרש בסעיף 5.3.4 בנספח ניהול הנגר, ניתן להשתמש בשיטה הרציונאלית גם באגנים שגודלם עד 5 קמ"ר,<sup>95</sup> לאחר שאין בכר השפעה על התכנון. השיטה הרציונאלית אינה מומלצת במקרים בהם קיימים / מתוכננים בשטח אמצעי ניהול נגר, כיוון שלא ניתן להתחשב ברישון והפחחות נגר בשיטה זו.

<sup>95</sup> טל-ברזיל, ואחרים, 2018, עמ' 10

#### 6.4.2. הידרוגרפיה

המושג של "הידרוגרפיה היחידה", שהוצע לראשונה על ידי Sherman בשנת 1932, גורס ש לכל אגן היקוות יש "פונקציית תרגום" אופיינית המשקלה את תוכנות האגן, וממנה ניתן לחשב יחס גשם-נבר, בהנחה שהगשם יורד באופן אחיד על כל האגן.

הידרוגרפיה היחידה ממיר עובי גשם אפקטיבי<sup>96</sup> להידרוגרפיה בפועל האגן, באמצעות מודל לינארי פשוט של אגן הניקוז. היתרון בהשואה לשיטה הרציונאלית הוא שהידרוגרפיה היחידה מתארת את כל מהלך הנבר הסופתי ובכך הוא מאפשר תכנון של אוגר להשתיה נבר, לעומת השיטה הרציונאלית שנوتנת ספיקת שיא בלבד. כמו כן, להידרוגרפיה היחידה אין מגבלת גודל. עם זאת, הידרוגרפיה היחידה מחייב חישובים מורכבים יותר ביחס לשיטה הרציונאלית.

יתרון של הידרוגרפיה היחידה מול מודל גשם-נבר הוא שהוא פשוט יותר להצבה. יתרון זה עשוי להפוך לחיסרון כאשר מעורב בתכנון אמצעי ניהול נבר. עבור כל אמצעי ניהול נבר, יש לבנות שני הידרוגרפיים ייחידה, אחד לפני האמצעי והשני לאחר האמצעי עם התחשבות בניהול הנבר. כאשר באגן מושלבים מספר אמצעים לניהול נבר, המערכת הופכת ללא ליניארית<sup>97</sup>. תכנון בשיטת הידרוגרפיה היחידה נדרש התייחסות ליחסים גומליים בין אמצעי ניהול הנבר, עשויים להשנות בהתאם לתרחישי התכנון ולתקופות החזרה. במקרים כאלה סביר להניח שהייה יותר פשוט להציב מודל גשם-נבר.

פרק זה מספק מבוא ומספר דגשים לשתי משפחות של הידרוגרפיה היחידה, אך אינם מהווים מדריך מלא. ככל שנעשה שימוש בשיטות אלו, יש להסתמך על ספרות מקצועית בנושא. הפניות בספרות מקצועית יוצאו בהמשך.

<sup>96</sup> גשם אפקטיבי הוא סך כל הגשם בניוכו אובדן של חלחול ואידוי, כולל החלק בגשם שיוצר נבר

<sup>97</sup> מערכת שלא ניתן להגדירה כסכום מרכיביה

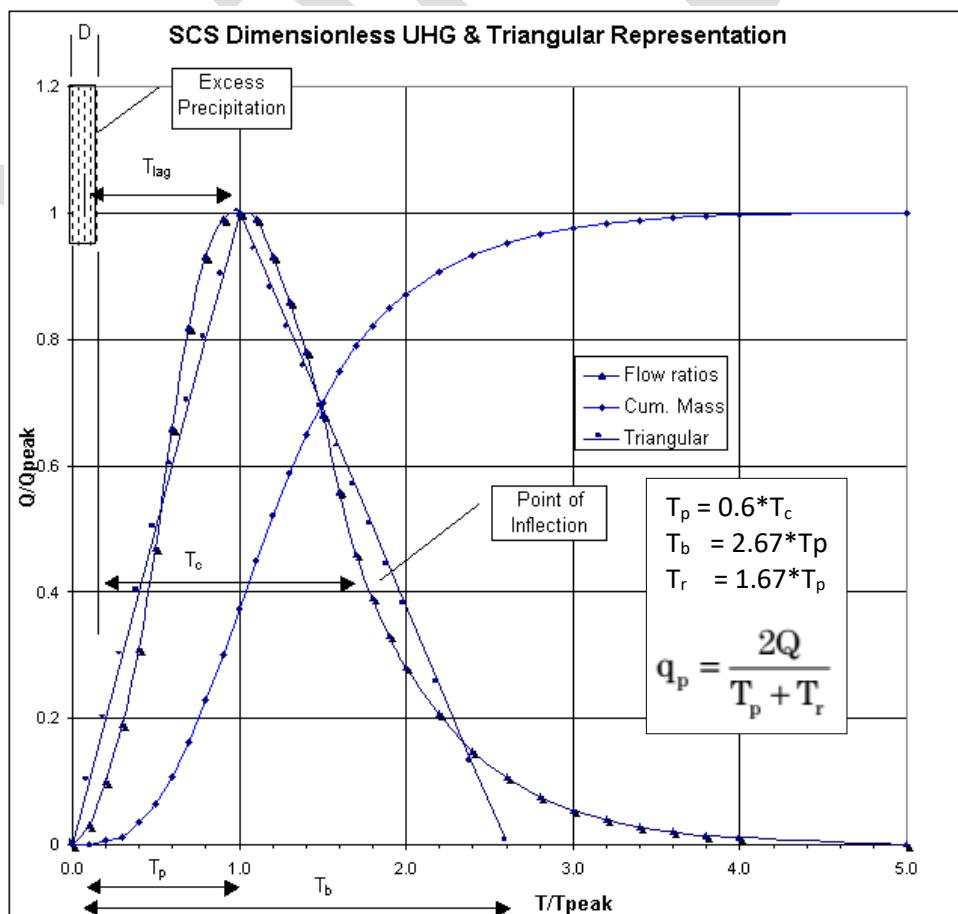
#### 6.4.3. הידרוגרפיה ייחודית סינטטי בשיטה אempirical

העדיפות היא לפתח הידרוגרפיה ייחודית מתחום מדידות של גשם ונגר בשטח, או גם ברוב המוחלט של המקרים אין בנמצא מדידות כלשהי וכן פותחו מספר שיטות לחישוב הידרוגרפיה ייחודית סינטטי. השיטות נסמכות על ההנחה שהתגובה הידROLוגית של אגן הניקוז ליחידת גשם היא פרופורציונאלית לעובי הגשם וניתן לפשתה לצורת משולש, תוך הערכת מספר מועט יחסית של פרמטרים. איור 16 להלן מציג הידרוגרפיה ייחודית סינטטי בשיטת HU SCS, שהיא אחת השיטות הנפוצות. הפרמטרים לקביעת צורת המשולש של הידרוגרפיה הם:

- זמן הפיגור (T<sub>p</sub>) או Lag time - משך הזמן שעובר בין מרכז הגשם לבין ספיקת השיא בموقع האגן
- זמן הבסיס (T<sub>b</sub>) - משך בסיס הידרוגרפיה
- ספיקת השיא (q<sub>p</sub>)

שני הפרמטרים הראשונים הם פונקציה של זמן הריכוז, אותו ניתן לחשב כמתואר בסעיף 0. לפרמטר האחרון, ספיקת השיא, ישנה נוסחה, שהיא פונקציה של צורת המשולש ונפח הנגר. חישוב נפח הנגר מתואר בסעיף 6.5 להלן. מומלץ לבדוק את ספיקת השיא מול חישוב מקביל בשיטה הרצינואלית.

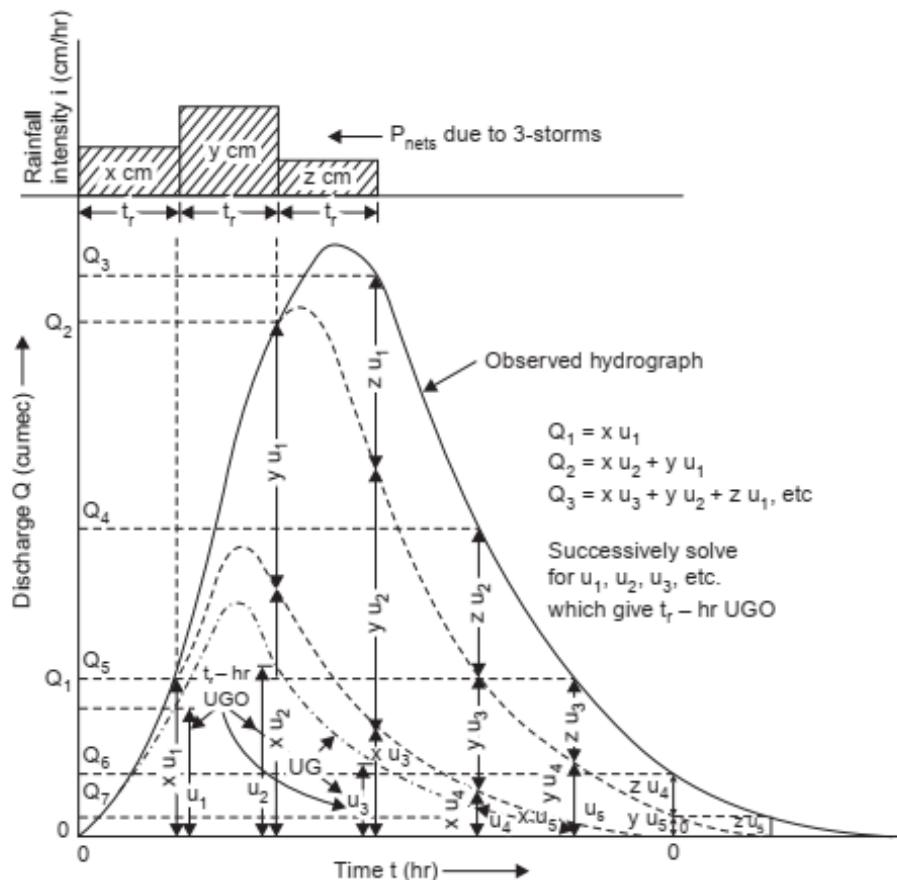
הסביר מלא על שיטת HU SCS נמצא ב-(NRCS, 2007 עמ' A16). הסבר תמציתי ניתן למצוא ב- (NOAA, 2005). מחשבון אקסל, ביחסות אימפריאליות, ניתן להורדה ב-(NRCS, 2019).



אייר 16 / הידרוגרפיה ייחודית מסוג HU SCS (NOAA, 2005)

קובץ השיטות נקראת אמפירית, משומש שהן מדירות את הפוטופורציות של המשולש על סמך מדידות גשם-נגר שבוצעו באגנים רבים, רובן ככולן בארץ"ב בחצי הראשון של המאה ה-20. ישנן שיטות נוספות מלבד SCS (למשל Taylor & Schwarz, Synder או Gamma-1) וכל שיטה פותחה לפי אגןים בעלי מאפיינים מסוימים. ניתן להשתמש בשיטות אחרות מקור מוסמך בספרות, אך יש לוודא כי השיטה מתאימה לאגן הנדון. בהתאם לתכונות האגן, לעיתים ישנו מועד התאמת אותו יש לישם וחשוב לשים לכך לב וכן לתעד זאת בדו"ח.

לאחר שנבנה הידרוגרפיה היחידה לאגן הנדון, יש להרכיב באמצעותו את הידרוגרפיה המתאים לאירוע גשם, לאור זאת שהגשם בפועל אינו בעל עצמה איחוד והוא משתנה לאורך זמן. לשם כך נעזרים בהנחה שהחכרה לעיל, שהtagובה הידרולוגית היא פוטופורציאלית לעובי הגשם. ככלומר, אם אגן הניקוז מגיב ל-1 מ"מ גשם אפקטיבי בצורה מסוימת, הרי שהtagובה ל-2 מ"מ גשם אפקטיבי תהיה כפולת. באירוע בעל כמה אורדינטות של גשם, ניתן להשתמש בעיקנון הסופרפרזיציה, על פי הידרוגרפיה שיתקבל הוא סכום כל הידרוגרפים של כל האורדינטות, כמו צבאיו 17. לשם הרחבת לגבי צורת החישוב ניתן לפנות לפסקט 5.5 ב- (Raghunath, 2006).

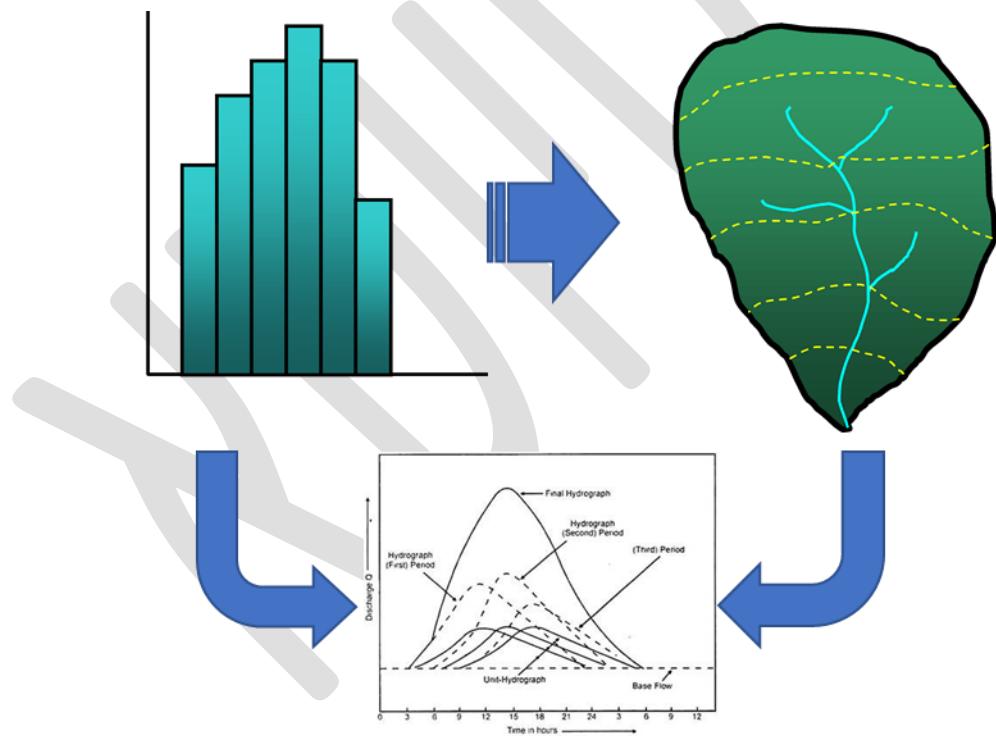


איור 17/ הידרוגרפיה היחידה מורכבת למספר אורדינטות של גשם (5.5.132 מתוך Raghunath, 2006 פרק 5)

#### 6.4.3.1. הידרוגרפיה יחידה בשיטת HU

ב-1945 פיתח קלארק (Clark, 1945) הידרוגרפיה יחידה הנקרא (Instantaneous Unit Hydrograph). השיטה שנטה את האגן למספר אזורי משנה (אין להתבלבל עם אגני משנה). החלוקה תיעשה לפי קווי הילוך גיאוטריניות (איזוכרונות) בעלי משך זהה לאירוע הגשם, כל אודיננט גשם בכל אזור, תוחשב הספיקת לפי משך הזמן שלוקת לנגר להגעה למצאו האגן. לכל אודיננט גשם תוחשב הספיקת הנוצרת מהגשם האפקטיבי ובמוצאו האגן יצורפו ספיקות השיא בתזמון המתאימים להילובי הגיאות של האזוריים (איור 18).

היתרון בשיטת HU לעומת שיטות האמפיריות הוא, שאין צורך בהנחה של גשם אחד על פני האגן והוא תקף לכל סוג של אגן ללא תלות במדידות אמפיריות. עם זאת, בכדי שהhidrograph יהיה מושען, יש צורך לפחות שתי איזוכרונות (שלושה אזוריים). בהנחה שרולוציות הגשם היא 5 דקות, נדרש אגן בעל זמן ריכוז של 15 דקות לפחות על מנת שייהי טעם בשיטת HU.



איור 18/ הידרוגרפיה יחידה HU בשיטת HU

#### 6.4.3.2. שלבי העבודה לבניית hidrograph יחידה בשיטת HU:

- בנייה אירוע גשם – ראה סעיף 6.2.
- شرطוט ערוצי הזרימה העיקריים באגן וчисלוב משך הזרימה בהם. ניתן לעשות זאת במשוואת מאנינג, ראה סעיף 6.3.3.
- شرطוט איזוכרונות ברוחולציה 5 דקות (בהתאם לרוחולציה אירouri הגשם בישראל).
- חלוקת האגן לאזורי משנה לפי האיזוכרונות וчисלוב גודל האזוריים ומוקדם הנגר שלהם (ניתן להשתמש במקדמי הנגר בסעיף 6.4.1).

- .ה. חישוב הגשם האפקטיבי וספיקות השיא של הנגר הנוצרות בכל אזור ובכל צעד זמן.
- .ג. צירוף כל הספיקות להידרוגרפיה אחד במנוצא.

פירוט מלא על השיטה וצורת החישוב ניתן למצוא ב- (Raghunath, 2006, עמ' 393, פרק 17). הסבר תמציתי ניתן למצוא ב- (Ponce, et al., 2013).

#### **6.4.4. מודל גשם-נגר רציף**

מודל גשם-נגר ממוחשב מקבל כקלט אירוע גשם ומחשב את הנגר הנוצר. המודל הנפוץ בעולם לתוכנון מערכות ניהול נגר עירוניות פותח ע"י הסוכנות הסביבתית של ארה"ב (US EPA) ונקרא SWMM (Storm Water Management Model). ניתן להשתמש במודל זה עבור כל אגן ניקוז, וחובה להשתמש בו (או במודל שווה ערך) באגנים שגודלם עולה על 200 דונם, או בתכניות היכולות אוגר שתכליתו להשרות נגר.<sup>98</sup>

לצורך שימוש במודל, יש להציב מודל פיזי של אזור העבודה הכלול את חלוקתו לאגני משנה, וכן את מערכת הניקוז המוליכה את הנגר עד למצוא. יש לאפיין את אזור העבודה בשלבים הבאים:

- .א. חלוקת אזור העבודה לאגני משנה;
- .ב. אפיון תוכנות אגני משנה;
- .ג. הצבת מערכת הניקוז הקיימת;
- .ד. בניית אירופי תכנן של גשם;
- .ה. כיוול המודל.

##### **6.4.4.1. בניית מודל SWMM**

להלן העבודה לבניית המודל כולל את חלוקת אזור העבודה לאגני משנה, כאשר חלוקת האגנים וגודלם, נתונה לשיקולו של המתכנן, תחת מספר עקרונות:

- החלוקה לאגנים צריכה להיעשות למול מערכת הולכהקיימת, (טבעית או מערכת תיעול), כך שלכל אגן משנה יהיה מוצא אחד אל מערכת הולכה. לא יכול להיות אגן עם יותר מעורק אחד. מוצאי אגני המשנה הם צמתים ושותות ניקוז במערכת הולכה.
- החלוקה צריכה להיעשות כך שיתקבלו אגנים איחדים בתכונותיהם. בעיקר הדברים אמרורים לגבי שיפוע, סוג קרקע ותכסיית. במידה ומתקבל אגן שאין אחד (למשל, שיפוע תלול שהופך למתון, או יותר מסווג קרקע אחד), יש לפצלו כך שיתקבלו אגני משנה איחדים.

##### **6.4.4.2. אפיון תוכנות אגני המשנה**

לאחר שאזור העבודה חולק לאגני משנה, יש לאפיין את תוכנותיהם של האגנים. להלן הנחיות לתוכנות העיקריות אותן יש לאפיין:

- שיפוע (Slope) - השיפוע הממוצע של פני השטח באגן הניקוז. חשוב להבדיל בין שיפוע פני השטח לשיפוע מערכת הולכה, ואין להכניס ערף של שיפוע מוביל הניקוז. ישנים כלים אוטומטיים במערכת-GIS לחישוב השיפוע מתוך מtower DTM (Digital Terrain Model).

<sup>98</sup> המודל הוא חינמי ונitin להורדה בכתבota <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

- אחוז השטח האטום (%) - יש לסכום את השטחים האטומים בפועל (אגות, כבישים, חניות וכו') ולחلك בשטח אגן המשנה. בעבר היה נהוג להעריך את השטח האטום מהתוצאות מקדמים התלויים בייעוד הקרקע, אולם כיום עדיף לחשב את השטח האטום באמצעות כליה classification (בממ"ג).
- מקדם חיכוך מאנינג - את מקדם החיכוך יש להעריך בנפרד עבור השטח האטום והשטח החדר, ע"פ התכסית ובהתאם לטבלאות מקובלות בספרות. יש לשים לב שלוקחים את המקדם מטבלה המתארת זרימה על פני השטח ולא מטבלה המיועדת לתעלת או צינור.
- חלחול - החלחול רלוונטי רק לשטח החדר ומתעלם מהשטח האטום. המודל מאפשר לבחור בין כמה שיטות לחחלול ויש לבחור בשיטה Green & Ampf. הערכאים נקבעים לפי סוג הקרקע ויש לקחתם מ





טבלה 18: סיווג קרקע ותכונותיה הפיזיקליות (Rawls, et al., 1983)

סוג קרקע ע"פ סיווג יואל דן	נקבוביות Porosity	יניקה (מ"מ)	מוליכות הידראולית ברוחה (מ"מ לשעה)	סוג קרקע באנגלית
חולות נודדים	44%	49.02	120.34	Sand
חמרה	44%	60.96	29.97	Loamy Sand
סילן חולי	45%	109.98	10.92	Sandy Loam
רנדזינה חומות ובהירות	46%	88.9	3.3	Loam
קרקעות חומות בהירות לסיוות	50%	169.93	6.6	Silt Loam
טרה רוסה	40%	219.96	1.52	Sandy Clay Loam
קרקעות חומות ים תיכוניות, קרקעות אלוביוט מדבריות דקות גרגר	46%	210.06	1.02	Clay Loam
לייטוסולים חומיים וסיר齊וםיים לסימ	47%	270	1.02	Silty Clay Loam
קרקעות חומות כהות	43%	240.03	0.51	Sandy Clay
לייטוסולים חומיים וקרקעות חומות בhairoot לסיוות, סיר齊ום גירניים	48%	290.07	0.51	Silty Clay
גרמוסולים, פרוטוגרמוסולים בזלתיים, קרקעות חומות בהירות ולסיות	47.5%	320.04	0.25	Clay

#### 6.4.4.3. הצבתה מערכת הניקוז הקיימת

מערכת הניקוז מתוארת באמצעות אלמנטים שלושה סוגים: צמתים, עורקים ואמצעים לריסון נגר<sup>99</sup>. האמנטים במערכת עירונית הם לרוב שוחות ניקוז, שמחברות במודל (וגם במציאות) בין צינורות. שתי התוכנות החשובות ביותר בשוחות הן:

- אינורט - רום תחתית השווה, הוא הקובע את שיוף המובלים שבין השוחות.
- עומק - המרחק בין האינורט לירום הקרקע.

העורקים יכולים להיות תעלות פתוחות או מובלים סגורים בשל צורות ויש להציב במודל את המערכת בצורה שתיצג את המציאות נאמנה. ארבעת התוכנות החשובות ביותר בתיאור העורקים הן:

- האורך - ניתן למדוד ב-CAD או GIS
- מקדם החיכוך - יש לשים לב לחת מתבלה מתאימה בספרות למוביל סגור או תעלה פתוחה, בהתאם להקשר. במודל של המצב הנוכחי מקדם החיכוך מהויה לרוב פרגמטרי עיקרי לכיוול (ראה סעיף 6.4.4.5 להלן). במודל של המצב הנוכחי יש להעלות את מקדם החיכוך ב-25% מול המצב הנוכחי. במובלים חדשים יש לחת את הטווח העליון שמופיע בטבלה (למשל, אם מקדם החיכוך המקביל לצינורות בטון הוא 0.011-0.015, אז יש לחת מקדם  $=0.015$  לצורך תכנון)
- חתך רוחב - יש במודל אפשרות בחירה רבות לסוגים שונים של מובלים ותעלות.
- היסט כניסה או יציאה - ישנים מקרים בהם מוביל הניקוז מחוברים לשוחות מעל האינורט (כלומר, לא בתחום השווה). חשוב למפות מקרים כאלה במערכת וליצגם נאמנה במודל, שכן הם משפיעים על שיופי האורך של העורקים.

בנוסף לצמתים ולמובלים, מודל SWMM ודומיו מאפשרים ייצוג של אלמנטים לריסון נגר, במספר רב של מתראים שונים.

#### 6.4.4.4. בניית אירורי תכנן של גשם

יש להכניס למודל אירורי גשם בהסתברות המתאימה בהתאם ליעד נפח ניהול הנגר הנדרש בתכנון. אירור הגשם ייבנה בהתאם לרשום בסעיף 6.2 לעיל.

#### 6.4.4.5. כיוול המודל

סעיף זה הינו רלוונטי במיוחד לתכניות אב עירוניות. המודל צריך להיות מכיל מול מדידות, על מנת לשקר את המציאות כמה שניתן. על הכיוול להיעשות מול מספר אירורי גשם שונים באופירם, כאשר שומרים כמה אירועים קבועות ביקורת לוודא שהכיוול צלח. תנאי הכרחי לכיוול הוא קיום תחנת גשם צייפה ואמינה באזורי העבודה.

ניתן לכיוול את המודל מול 3 סוגי נתונים וכדי לשלב ביניהם:

- מדידות מפלס או ספיקה במערכת הניקוז - השיטה הטובה והמדויקת ביותר לכיוול היא מול מדידות מפלס. לשם כך יש להציב מדי זרימה/מפלס במספר שוחות ברחבי האגן הרלוונטי במשר חורף אחד לפחות. לאחר מכן מכך מציבים במודל את אירורי הגשם המדווק ומכילים אל מול מפלסי הזרימה המחוושבים במודל. שיטה זו היא הטובה ביותר, שכן היא מאפשרת כיוול של מפלס השיא, משך האירוע, צורת ההידרוגרפ והילוק הגאות במערכת.

<sup>99</sup> ישם אלמנטים נוספים, כמו קולטנים, שהצטטם במודל נתונה לשיקולו של המתכנן

ב. סימני מים - במידה ולא ניתן להציב מדי מפלס, האופציה השנייה בטיבה היא למדוד סימני מים לאחר אירועי גגר. לשם כך יש צורך לפתח שוחות מיד לאחר אירועי זרימה ולמדוד את סימני המים שנשארו לאחר האירוע. בוג懂得 למדידות מפלס רציפות, סימני מים נותנים רק את מפלס השיא ולא את כל הhidrograff ולבן ניתן לכיל רק את ספיקת השיא.

ג. דיווחי הצפה - אפשרות שלישית היא למפות את דיווחי ההצפה שהתקבלו בשנים האחרונות במקד העירוני, להריץ את אירועי הגשם הרלוונטיים במודל ולבודא שמתקבלות הצפות בדומה למציאות. חשוב לסנן הצפות עקב סתיימה בקולטנים או במודלים ולא לנסתות לכיל מולן.

## 6.5. חישוב נפח הנגר

בכל אגן בו מתוכנן איגום, השהייה, או החדרת גגר; חובה לחשב גם את נפח הנגר השעיתי והיומי. באגנים שזמן הריכוז שלהם קטן משעה אחת, נפח הנגר יכול להיות מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$V_{[m^3]} = C \times I_{[mm]} \times A_{[Dunam]}$$

כאשר:

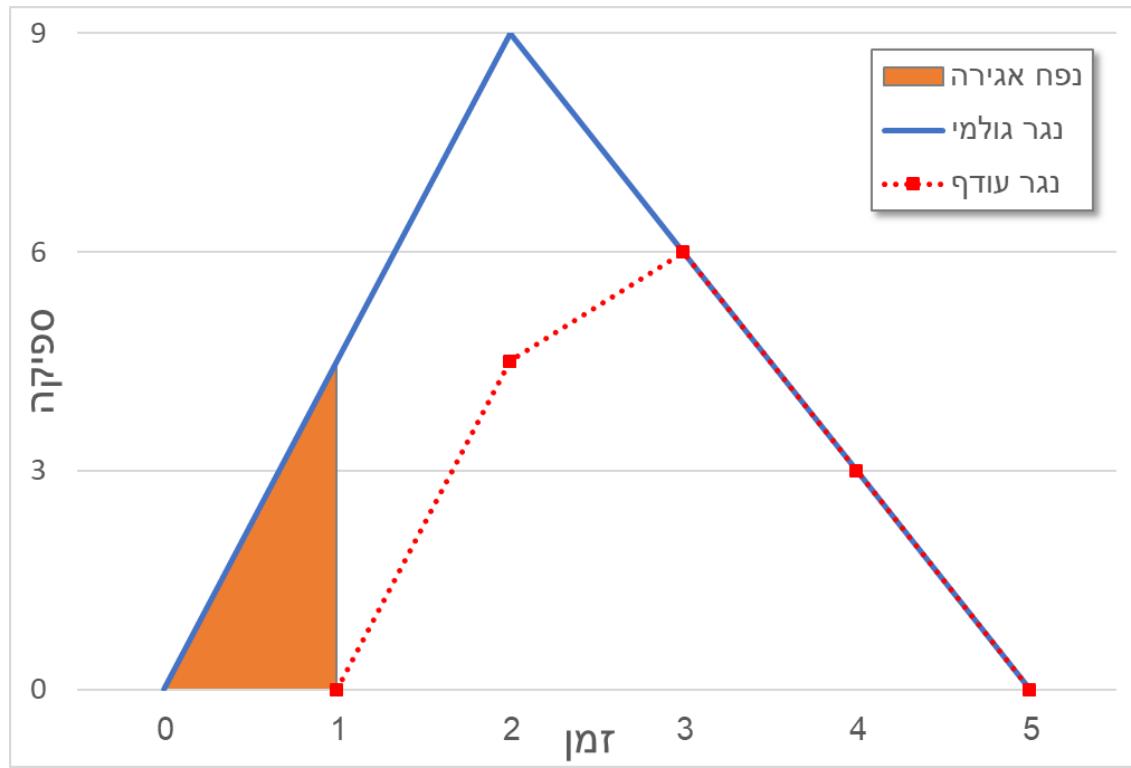
- A הוא שטח האגן בדונם
- I הוא עובי הגשם השעיתי או היומי במ"מ.
- C הוא מקדם הנגר

מקדם הנגר C ייחסב בדומה למודג' בסעיף 6.4.1 בכל אגן שזמן הריכוז שלהם קטן משעה אחת. הנפח השעיתי ייחסב עם עובי גשם שעתי והנפח היומי ייחסב עם עובי גשם יומי. במידה וזמן הריכוז גדול משעה אחת או במידה ונבנה מודל גשם-נגר, נפח הנגר ייחסב באמצעות המודל.

## 6.6. חישוב ספיקת רגעים של נגר עדרף

בוג懂得 לחישוב הנפח, כאשר מחשבים ספיקת רגעים, המנגנון החשוב הוא נפח האיגום, כיוון שההסתע המים בתת הקרקע היא איטית מהஹזרות הנגר. יש להתחשב בכל הנפח הזמין בمتוקני האיגום והויסות ובזמן המילוי שלהם, כיוון שככל עוד אלו לא מתמלאים (כולל מערכות חיזור מי נגר) לא יוצר נגר עדרף.

איור 19 מדגים בצורה סכמתית את העקרון של חישוב ספיקת השיא של הנגר העדרף, בו הספיקת היוצאת מתחילה רק אחרי שנפח האגירה (המשולש הכתום) התמלא. מרגע זה הנגר העדרף מתחילה מספיקת אפס ועולה במקביל להידרוגרפ הכניסה (הנגר הגלומי) עד לנקודת השיא. ספיקת השיא של הנגר העדרף מתרחשת בנקודת המפגש עם הצד היורד של הנגר הגלומי. מנקודת השיא, שני ההידרוגרפים יורדים ביחס בוג懂得 שמדובר באוגר שהוא יעד סופי (כמוג' באירור 19).



איור 19/ סכמת גראפית של העיקרונות של חישוב הנגר עודף עבור איגום ללא ויסות

בכדי לבצע את החישוב, יש לבנות תחילה הידרוגרפּ כניטה, שהוא הנגר הגולמי (אפשר באמצעות הידרוגרפּ ייחידה כמתואר לעיל). הנגר העודף יחשב בקבועי זמן (time steps) בצעדים כדלקמן:

- א. להפוך את הספיקה לנפח ע"י הכפלת הספיקה ביחסית הזמן
- ב. לחשב ספיקה מצטברת לאורך זמן
- ג. לחשב את נקודת הזמן בה הספיקה הממצטברת משתווה לנפח האוגר מנקודת זו, לחשב את נפח הנגר העודף הממצטבר
- ד. לחשב את הנפח העודף לכל נקודת זמן מתוך הנפח הממצטבר
- ה. לחשב את הספיקה ע"י חלוקת הנפח בקבוע הזמן

מספר העורות לחישוב המתואר לעיל:

- יש לחתך טווח ביטחון ולהכפיל את נפח האוגר ב-0.8, משום שהנגר העודף מתחילה עוד לפני שהוא מתמלא לחלוtin.
- כאשר מדובר במתיקן ויסות, יש להוסיף לחישוב לעיל שני אלמנטים המתווספים לנגר העודף: 1) הספיקה היוצאת. לדוגמה, במקרה, במקרה של חריר שבתחלת המתקן, יש לחשב למתקן גם עוקום רום-נפח, להגדיר לכל קבוע זמן את רום המים ובהתאם לו לחשב את הספיקה היוצאת מהחריר<sup>100</sup> ו-2) נפח האיגום אותו יש להוסיף לצד היורד של הידרוגרפּ, כאשר הספיקה פוחתת מהספיקה בה החל הנגר העודף (באירוע 7 מדובר בספיקה של 4.5).
- קבוע הזמן של החישוב עשוי להיות השפעה מסוימת על ספיקת השיא והדבר נתון לשיקול המתכן.

<sup>100</sup> מחשבון לספיקה דרך חריר: [https://www.ajdesigner.com/phporifice/orifice\\_equation\\_flow\\_rate.php](https://www.ajdesigner.com/phporifice/orifice_equation_flow_rate.php) מקדם

ברירת המחדל הוא 0.6, אולם יש לבדוק את התאמתו לנקודה הנדרשת

- כאשר קצב הסעת המים בקרקע הינו נמוך, ניתן להזניח חלחול/החדרה/ספיקה בקרקע וואז החישוב יהיה שמנני. במידה וקצב הסעת המים בקרקע הוא משמעותי, אפשר להוציאו לנפח האיגום, תוך פריסתו בהתאם לקבועי הזמן של החישוב. לדוגמה, עבור קידוח שקצב החדרה שלו הוא 60 מ"ש וכאשר קבוע הזמן הוא 5 דקות, אז לכל צעד בחישוב ניתן להוציא נפח של 5 מ"ק. הזנחה או לקיחה בחשבון של חלחול/החדרה/ספיקה, נתונות לשיקול הדעת של המתכנן.



## 6.7. פשטי ורומי הצפה

חישוב פשטי ורומי הצפה במרחב, דורש הצבת מודל זרימה דו-ממדי, המתייחס לספקות מכל אגן הניקוז. מדובר בחישוב מרחבוי מורכב, הנדרש להיעשות במסגרת תכניות ניקוז עירוניות ואגניות. עם זאת, במקרים בהם מוצעת בניה בתת הקרקע באזוריים בעלי סיוכני הצפות (שקל אבסולוטי, פשט הצפה, אзор הידעו בהיסטורית הצפות), נספח ניהול הנגר מחייב הצגה של פשטי ורומי הצפה, גם אם המידע הדרוש אינו קיים. לעניין זה ראו הסבר בסעיף 6.3.5.

כל שנדרש להציג את רומי הצפה ואין בנמצא נתונים זמינים, יש לחשבם. לצורך כך, יש להשתמש בפשטי הצפה המסומנים בתמ"א 1, תמ"מ או תכנית עירונית, ולהעריך את רום הנטה ע"י הצלבת גבול פשט עם הטופוגרפיה, כך שהגובה בו הטופוגרפיה מצטלבת עם גבול פשט הנטה, הוא רום הנטה. החישוב יהיה לפי גובה פני הקרקע, שיילקח מגבול פשט הנטה, בנקודת הקרובה ביותר לאזור הרלוונטי. לשם כך, נתוני הטופוגרפיה צריים להיות עדכניים ובראולוציה מתאימה. מומלץ לבדוק עוד מספר נקודות קרובות בגבול פשט הנטה, כדי להימנע מטעות הנובעת מכשל נקודתי בנתונים.

לגביו פשטי ורומי הנטה שאינם קשורים לנחל, ככל שנבנה מודל גשם-נгер, הדרך הטובה ביותר לחשבם היא באמצעות הוספת שכבה 2D למודל שכבר נבנה. יכולת זו קיימת במספר תוכנות מסחריות. את תוכאות המודל יש לתקף, ככל האפשר, במידע מהשטח, כגון דיווחי הנטה, מידע על בתים שהוצפו, חיפוש ברשות של הנטות ברשות המקומית וסיוור בשטח, בכדי לוודא שאות מהימנות המידע. במידה ולא נבנה מודל או שאין ברשות המתכנן תוכנה מסחרית כאמור, יש להעריך את רום ופשט הנטה בצורה מחמירה, בהתאם לטופוגרפיה כדלקמן:

- במקרה של שקל אבסולוטי, פשט ורום הנטה המרבי ייקבעו לפי קו הגובה של גבול השקל האבסולוטי בתוספת 10 ס"מ.
- כאשר מדובר באיזור בעל היסטוריה ידועה של הנטות, יש לבצע תחקיר ברשות המקומית וברשות על דיווחי הנטות, אולם יש להציג עם סיור שטח ותשאלת התושבים לגבי הרכבת גבולות הנטה. כמו כן, יש להעריך את תקופות החזרה של אירופי הגשם שייצרו את הנטות, ע"פ מדידות של תחנת גשם רציפה סמוכה. פשט ורום הנטה יסומנו בהתאם להערכות שימצאו, בתוספת 50 ס"מ.

## 7. סל אמצעי ניהול נגר

המודיניות המוצעת קוראת לשלב היבטי ניהול נגר ולגבש תפישה לנושא, כבר בשלבי התכנון הראשוניים, שהביטוי העיקרי שלה הוא בפריסת השטחים הפתוחים, באופן שיאפשר הטמעה מושכלת ויעילה של אמצעי ניהול נגר נופיים והנדסיים (ראה פרק 4 'תכניות מפורטות'). שילוב השניים, הבסיס התכנוני והטמעת האמצעים, יוצרם יחד חשיבה תכנונית שלמה בנושא ניהול הנגר.

האפשרויות לבחירת אמצעי ניהול בשלב קידום תכנית או טרם מתן היתר בנייה הין מגוונות, ומשתנות בהתאם לשטח התכנית, הקשר המרחבי והתנאים המקומיים. בחירת אמצעי ניהול הנגר תעשה לאור יעד ניהול הנגר על התכנית/ההיתר לנחל ובהתאם לתשתיות והוראות התכנית, מאפייני השטח והסבירה, וברקע בסיסי הנתונים והמידע של נספח ניהול הנגר. מומלץ, לבחירת אמצעי ניהול הנגר תעשה בשותף ע"י אדריכל הנוף והидROLוג (יועץ הניקוז), בשיתוף עם צוות התכנון. כמו כן, אמצעי ניהול הנגר, יכולם להיות מפורטים ומוגדים, בפירוט שונה, בהוראות ותשritis התכנית, וכן בנספח ניהול מי הנגר, הנספח הנופי ונספח הפיתוח והבניו.

מטרת פרק זה היא להציג למתכנן ולמוסד התכנון סט מגוון של כלים לניהול נגר, לטובת בחירה ושילוב מושכלים שלהם בתכנית או בהיתר בנייה. הפרק מתייחס מפирוט וסביר על אופני ניהול הנגר השונים, כך שבכל אופן ניהול נגר, מוצעים מגוון אמצעים, מרמת התכנית עד לרמת המגרש. כל אמצעי מוצג ברקע הסבר ורחבה עליון, מאפייניו, שילובו בשטח, יתרונותיו, חסרונותיו ואיורים מלאוים.

### הקדמה

גיבוש תפישה לניהול מי נגר בתכנית מפורטת משלב עקרונות לפריסת השטחים הפתוחים, בשילוב עם אמצעי ניהול נגר היוצרים ייחודי חשיבה תכנונית שלמה בנושא. לאחר שתורגמה התפיסה התכנונית למשמעות התכנית (ראה סעיף 4.3.4.4. 'תכניות מפורטות'), והוטמעה פריסת השטחים הפתוחים בתשתיות ייוזדי הקרקע, יש לפרט את אמצעי ניהול הנגר, (בهم עסק פרק זה), במסמכים הבאים: נספח ניהול מי הנגר, הנספח הנופי, נספח הבינוי והוראות התקנון (ראה סעיף 4.4).

האמצעים לניהול מי נגר פועלים במספר מישורים ומשלימים זה את זה, כאשר ישנים אמצעים רבים אשר נתונים מענה ליותר מתפקיד אחד. נהוג לאפיין את אמצעי ניהול הנגר לפי התפקיד העיקרי של האמצעי, אולם למעשה, רוב האמצעים נתונים מענה ליותר תפקיד אחד. כך לדוגמה, התפקיד העיקרי של אמצעי 'גנן' גשם' הינו 'חולול', אך הוא נותן מענה גם לתפקידו 'אגום והשהייה' של נגר.

סל אמצעי ניהול הנגר מחולק לאמצעים שעיקר תפקידם הוא (1) הולכת נגר (2) השהייה ואגום (3) חלחול לתוך הבלתי רווי (4) החדרה לתוך הרwoי (5) טיפול איכות הנגר. להלן נציג כל תפקיד:

**הולכת נגר** עוסקת באמצעים להובלת הנגר, באופן המאפשר את פיזורו המיטבי באתר, עד להשתלבותו באמצעות ניהול נגר אחרים.

**השהייה ואגום** הם אמצעים המאפשרים היקוות של הנגר. במקרה של איגום, מדובר במקום היקוות סופי, בעוד שהשהייה מאפשרת שחרור הדרגתית של הנגר, עד להשתלבותו באמצעות ניהול נגר אחרים.

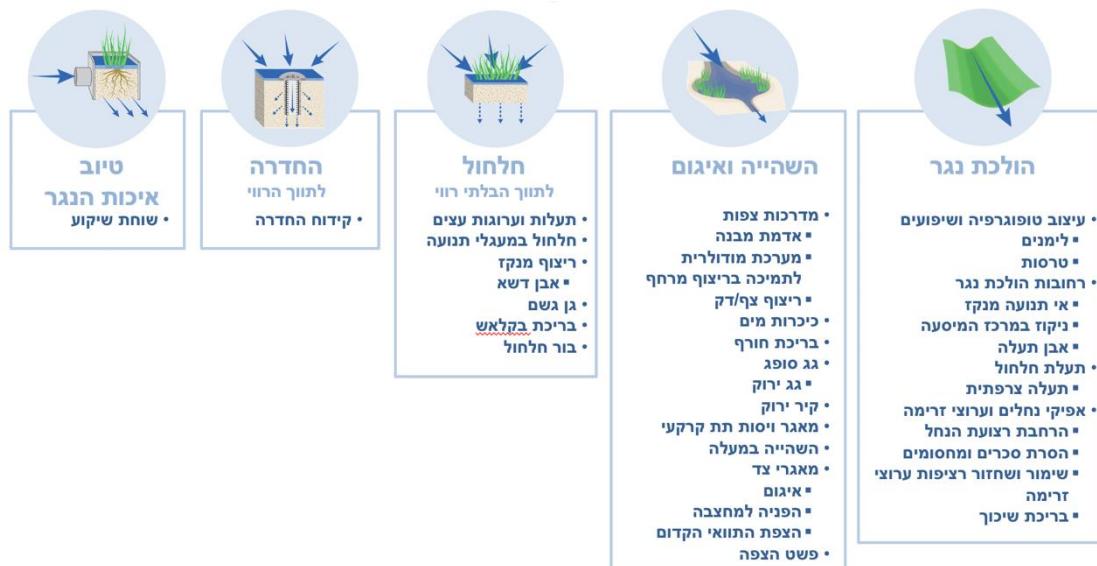
**חלחול לתוך הבלתי רווי<sup>101</sup>** הכוונה למנגנון החלחול הטבעי של הנגר לקרקע, שמאפשר תהליכי סינון טבעי לנגר. בהתאם לגובה מי התהום וסוג הקרקע, הנגר יכול גם להגיע ולהעשיר את שכבות מי

<sup>101</sup> התווך הבלתי רווי הוא האזור מתחת לקרקע שנמצא בין פני הקרקע למי התהום ואינו רווי במים

התהום. שימוש במנגנוני חלחול מחייב בדינה של איכות הקרקע ורמת הזיהום בה, במטרה להימנע מהחדירה של מזחמים לקרקע ולמי התהום.

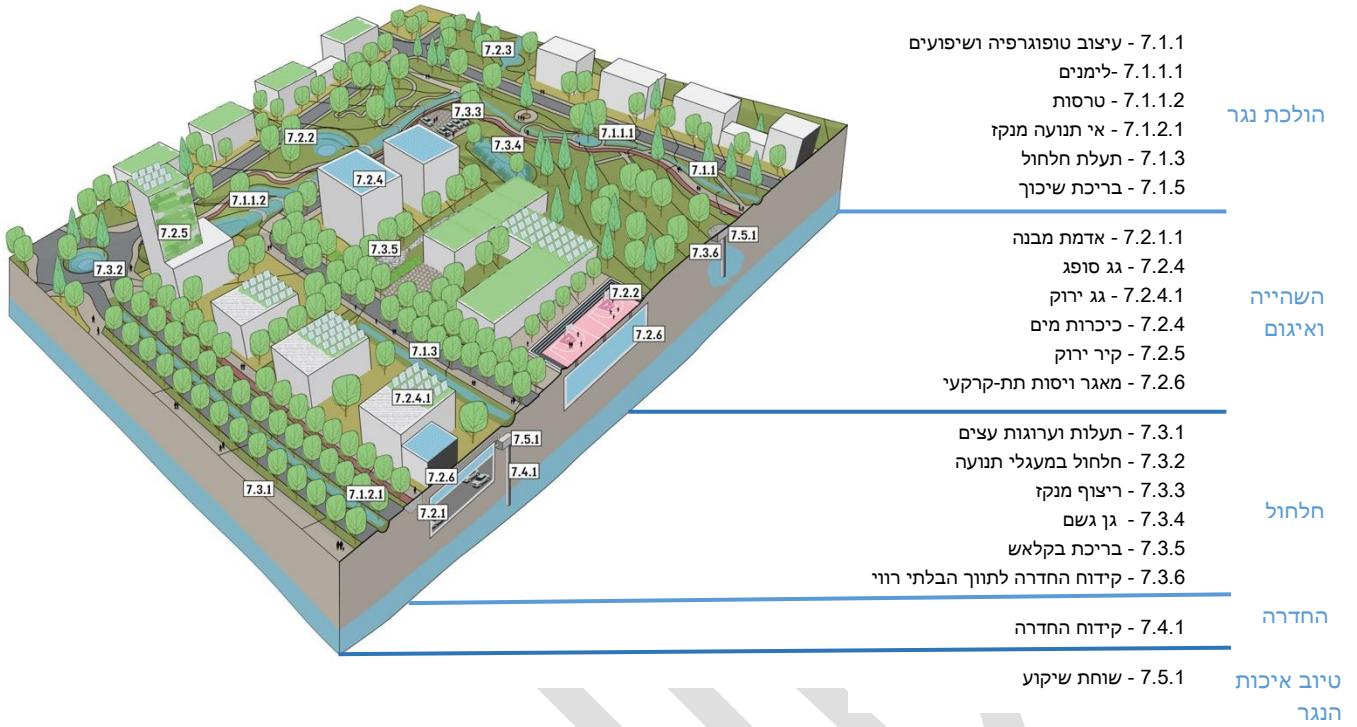
החדירה לתווך הרווי<sup>102</sup> הינה הזרמה מלאכותית של הנגר מפני הקרקע ישירות למי התהום באמצעות קידוח בקרקע. שימוש במנגנוני החדירה מחייב בדינה של איכות הנגר המוחדר, מחשש לסכנת זיהום מי תהום.

טיפול איכות הנגר הינו אמצעי משלים לאמצעי ניהול מי גיר אחרים, שתפקידו לפרק ולהרחיק מזחמים המצויים בנגר, טרם חלחול ו/או החדירה אל הקרקע וממי התהום.



איור 20 / חלוקה לאמצעי ניהול נגר לפי תפקיד עיקרי

<sup>102</sup> התווך הרווי מתייחס לאזורי מתחת לקרקע שהינם רווים בידי תהום והגבול העליון שלהם הוא שפת מי התהום



איור 21 | המחשת שילוב אמצעי ניהול נגר בתכנון עירוני

## 7. הולכת נגר (Flow Control)

1 האמצעי העיקרי להולכת נגר כיום הינו התיעול הקלסטי באמצעות צנרת, מובלים ותעלות. עם זאת, ניתן להוילר מי נגר במגוון אמצעים, באופן המאפשר פיזור מיטבי שלהם באתר, עד להגעתם לאמצעי ניהול נגר אחרים - אזורי איגום/ השהייה/ חלחול/ החדרה/ טיפול אינטגרטיבי הנגר או להובילתו למערכת התיעול. התפישה המקיימת של ניהול נגר עירוני, מתעדפת פתרונות נוספים, המשתלבים באופן רגיון ומושכל בסביבה ובמערכות האקולוגיות הקיימות, ומקטינים את נפח הנגר וספיקות השיא. בנוסף, לפתרונות הנופיים, יתרונות בהיבטי הסביבה, הכלכלנה והחברה, והם מהווים ניצול מיטבי של הקרקע, שהינה משאב במחסור בישראל. **עיצוב**

### טופוגרפיה ושיפורים

#### א. הסבר כללי

מי נגר הם מי הגשם המצטברים על פני הקרקע, לאחר שחלקו התאדו וחלקו החללו לקרקע, עד קצה גבול יכולת הספיגה של האדמה. ככל שהקרקע רוויה יותר, האדמה חDIRה פחות למים, ככלומר החול מועט ואין המים מספיקים להיספג באדמה. ככל שפני השטח משופעים יותר, מוצבר מהר יותר נגר בmorph, ובנופחים גדולים יותר. נגר עליי הוא מרכיב עיקרי במחוזר המים, וגורם עיקרי לשחיקת אדמה כתוצאה ממים.

ככל, העדיפות היא להתבסס על תנאי הטופוגרפיה הנוכחיים של הקרקע, עם התערבות מינימלית, ככל הנינתן. תכנון נופי של טופוגרפיה, ( הפרשי הגובה בין נקודות שונות בשטח), עם דגש על מיקום השטחים הפתוחים ויצירת שיפורים נוספים (תהליכי בו נעים מים ממקום גבוה לנמוך), שמטרתו הובלת הנגר למקומות הנמוכים, מהויה בסיס ממשלים להטמעת אמצעי ניהול נגר נוספים.

#### ב. שילוב בתכנית

בעיצוב הטופוגרפיה של שטח התכנית, השטחים הנמוכים, ימוקמו באזורי הקרקע המתאימים לחולול והחדרה. שבילים ומעברים יפותחו במפלס גובה ממפלס הגינון, עם הסדרת שיפורים ניקוז לגינון. הפרשי הגבהים יתוכנו בשיפור מינימאלי של 2% ( 2 ס"מ למטר אורך ), ככל הנינתן, הנדרש להבטחת ניקוז תקין. בנוסף, תשולב צמחייה בשטח, במטרה לאחיזה את האדמה ולמנוע סחף קרקע.

#### ג. יתרונות

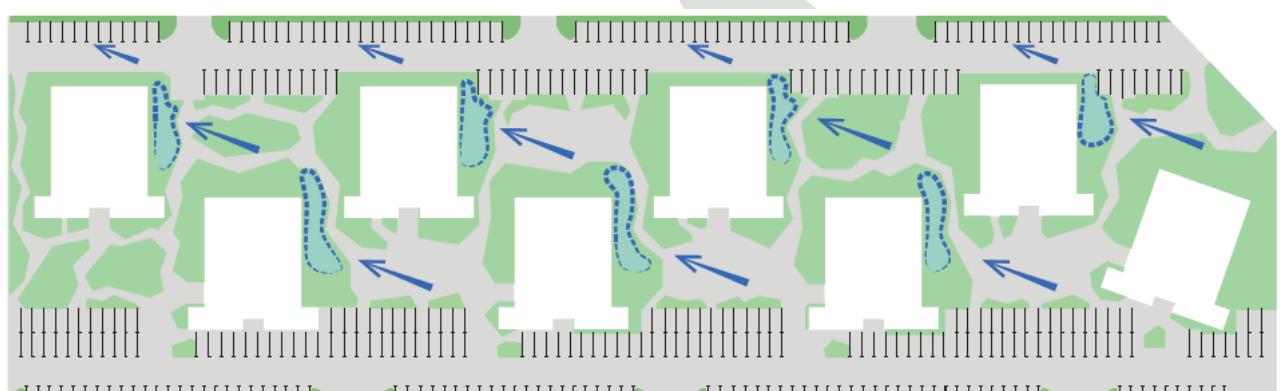
עיצוב טופוגרפיה רינו כלי תכנוני נופי שיוכל להשתלב בכל תכנית, ושימוש מיטבי בו, אפשר ניהול נגר עיל בתקנית, בעליות נמוכות. תכנון הטופוגרפיה בתחילת הליך התכנון ובאופן שמתיחס לערוCIי הזרימה הטבעיים, תורם לנירול נגר עיל, מונע סחף קרקע (תנועת חלקי הקרקע כתוצאה מתנועת מים מהירה על-פני הקרקע), ומצמצם עלויות עבודה עפר, מערכות הנדסיות, תחזוקה לאורור זמן וצורך בקירות תמך. תכנון שגוי של הטופוגרפיה עלול לצמצם וליקר את מגוון אמצעי ניהול הנגר הרלוונטיים לתכנית, וכן, לייצר בעיות ניקוז והצפות בשטח, שהיא קשה לפתור בעתיד.

#### ד. חסכנות

תכנון ערכוי זרימה חדשים, השונים מtarוצי ערכוי האזימה הטבעיים, במהלך הזמן, יוצרם התוצאות של זרימת המים בקרקע, שמנסים לשוב ולזרום בתיבת המקור. האופן שבו נתפס ביום כליה הוא אמצעי נופי, שאיןנו אמצעי ניהול מי נגר, ועל כן, פעמים רבות אינו נכון בחישוב הכלול של פתרונות מי נגר ומcean נוצרת כפילות עם תכנון מערכות הנדסיות, שימושיות עלויות תכנון, הקמה ותחזקה.

בקשר זה נצין כי בכל הנוגע לשילוב אמצעי ניהול נגר בשטחים פתוחים, לצד תועלות ניהול הנגר יש לבחון גם את ההשלכות והענק הצפוי לسببת הטבעה, על מנת לקבל החלטה מושכלת, ולמעשה, כמו שניתן, נקים עתידיים.

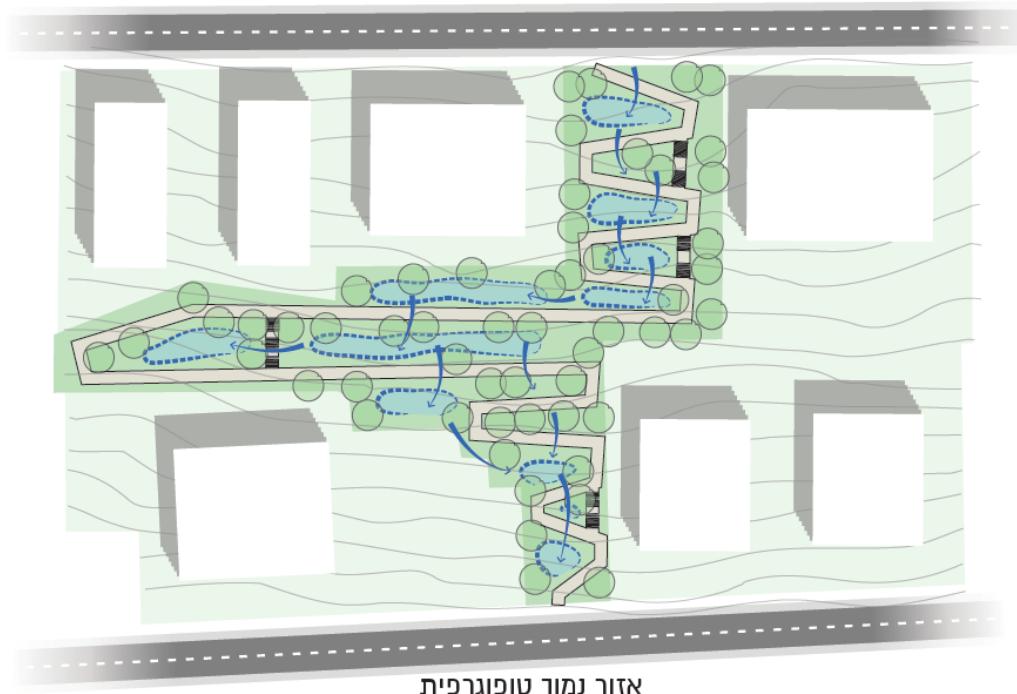
#### יצירת נקודות מגננות לאיסוף והשהיית נגר



אייר 22 / הכונות מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה לאזורים הנמוכים

#### הכוונה מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה

אזור גובה טופוגרפיה



אזור נמוך טופוגרפיה

איור 23 / הכוונת מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה

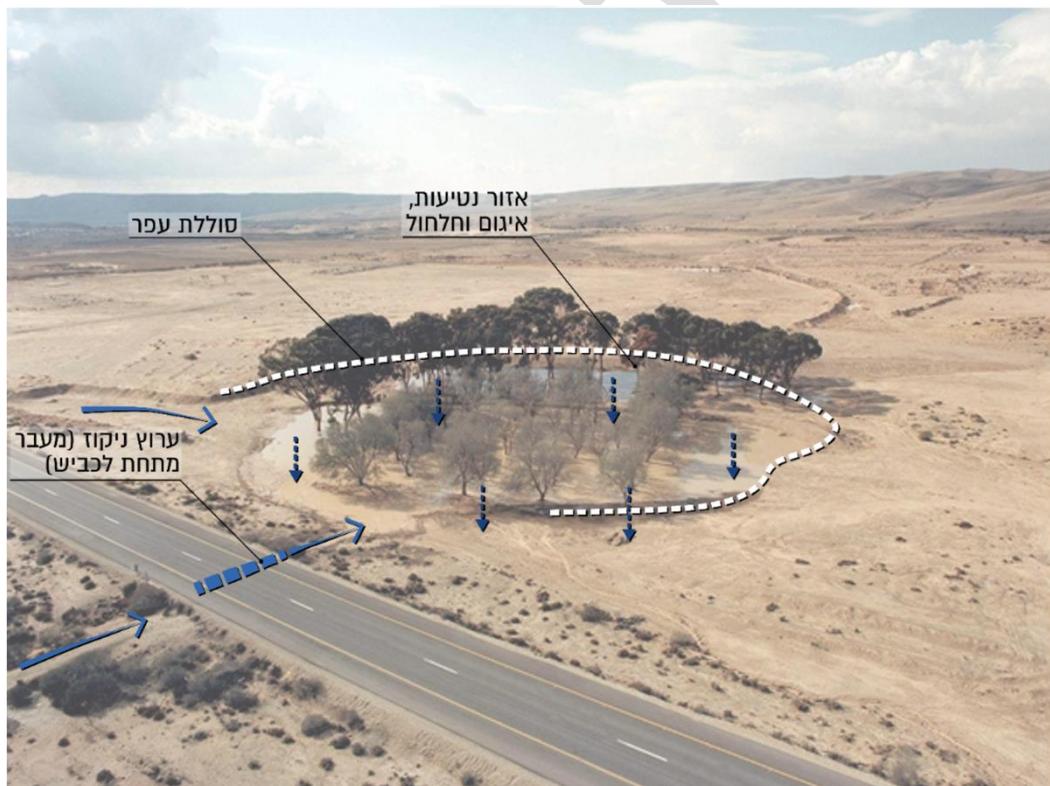


איור 24 / הכוונת מי הנגר באמצעות עיצוב טופוגרפיה



### 7.1.1.1 לימנים

לימן היא מערכת טبيعית לכלידת מי שטפונות, בהשראת שיטות השקיה נבטיות, המשמש לאיגום מי גשם באזורי מדבריים. הלימן נוצר על ידי סוללת עפר מלאכוטית / בולדרים / גבוניים, הנבנום באפיק נחל אכזב. מדובר בסוללה עפר בצורת האות "ח" שבבסיסה משוקע, ומפתח הסוללה פונה אל מעלה אפיק הנחל. בעת זרימה בנחל, הסוללה מאטת את הזרימה הנגדית, ווצרת סחף, וכן מאפשרת איגום נגר להשקיה עצם, לפי גובה הסוללה ועומק הגומחה בבסיסה. הלימן בניית מأدמתה מקומית, ועובדת התחזקה העיקרית שלו היא פינוי הסחף, שיכל להיעשות אחת לחורף או במספר חורפים. השילוב בין מיקום הלימן בערוץ הזרימה לקרקע האטומה, יוצר את התנאים המיטיבים לתפקודו. בתכנון הלימן, יש לבחון גם את משכי הזמן הפוטנציאליים לאגירת הנגר, על מנת שלא ייווצרו 'מלכודות אקלוגיות' מקומיות, דוגמת משך זמן ארוך דיו על מנת למשוך דו חיות להטיל ביצים וגם להשלים גלגול חיים. שימוש בלימן מתאים בפרט בנחל אכזב ובשתחים פתוחים נרחבים, עם זאת ניתן לישום בכל חלקי הארץ, בקני מידה מגוונים.



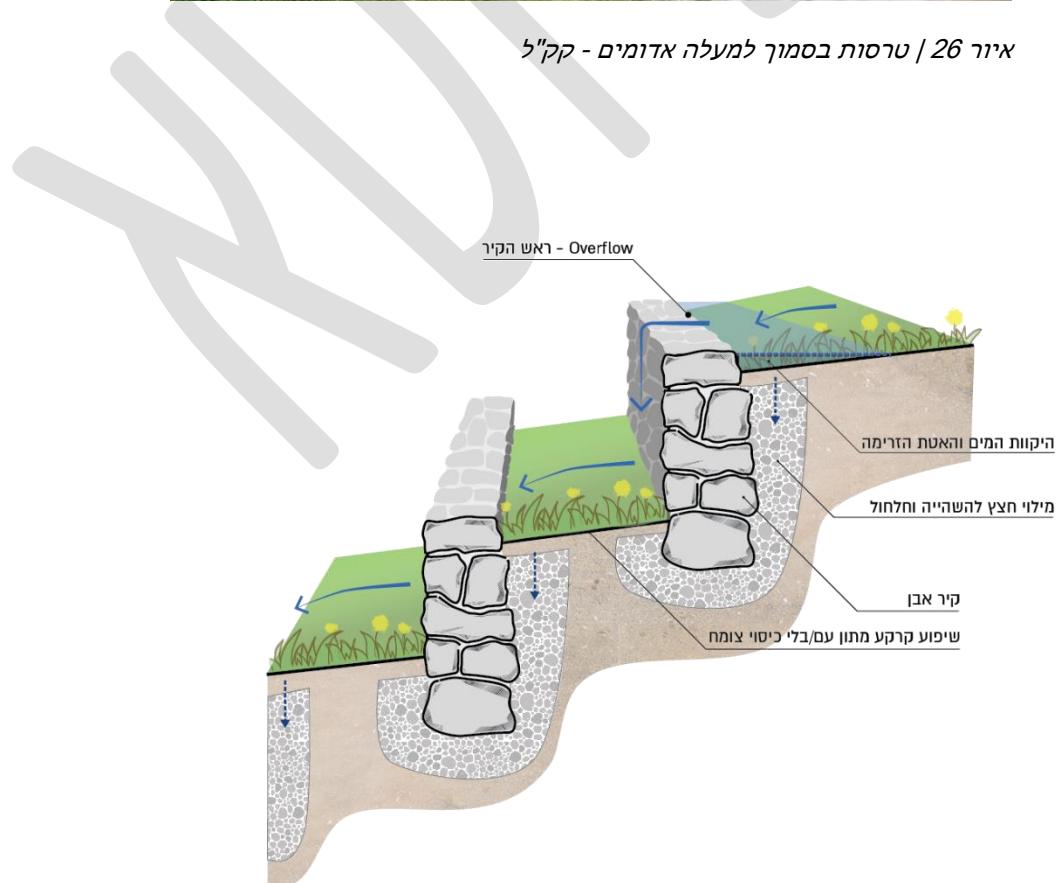
איור 25 / לימן בנגב. צילום: קק"ל

### 7.1.1.2 טرسות

טרסה היא 'מדרגה חקלאית', המשמשת אמצעי לוויסות זרימה ולחולול נגר, ומקורה בשיטות חקלאות מסורתיות. הטרסות ממוקמות באזוריים תלולים / משופעים, ובנויות כקירות תמר נמוכים, הממוקמים בשיפוע נגדי לכיוון זרימת המים. מיקום ומבנה הטרסה מאפשר את צמצום והאטת זרימת הנגר, מונע סחף קרקע, ומאפשר חלול, כתלות בסוג הקרקע. ניתן לשלב בבסיס הטרסה גם קידוחי החדרה, וכן, ישנה עדיפות לבנות את הטרסה מאבן מקומית. בתכנון והטמעת טרסות בשטחים פתוחים, ייבחנו יתרונות ניהול הנגר אל מול הפגיעה הפוטנציאלית הייחסית בהתערבותה בשטח הטבעי.



איור 26 / טרסות בסמוך למעלה אדומים - קק"ל



איור 27 / הולכת נגר באמצעות טרסות

## 7.1.2 הולכת נגר ברחובות

### א. הסבר כללי

מדיניות ניהול הנגר נולדה, בין היתר, מהעלויות והמורכבות הגבוהה בתכנון ובשדרוג של מערכות הניקוז (תיעול) ברחובות, וכן, מהकושי שלן לתחזק למניעת הצפות באזוריים עירוניים אינטנסיביים ומתחדשים. גם מערכות התיעול העירוניות הטובות בעולם, באירועי קיזון, אין מסוגלות לטפל בנסיבות הנגר בתחוםן, והتوزאה היא הצפת רחובות וכבשיהם. תכנון רחובות נכון, היינו פתרון חכם ויעיל להולכת עודפי נגר לשכי זמן קצרים בעת אירוע קיזון, מוביל לגורום נזק לסביבתם. יתרה מכך, הספיקות הפוטנציאליות שרחוב יכול להויל גדלות בהרבה מהספקות בציינורות תיעול סגורים.

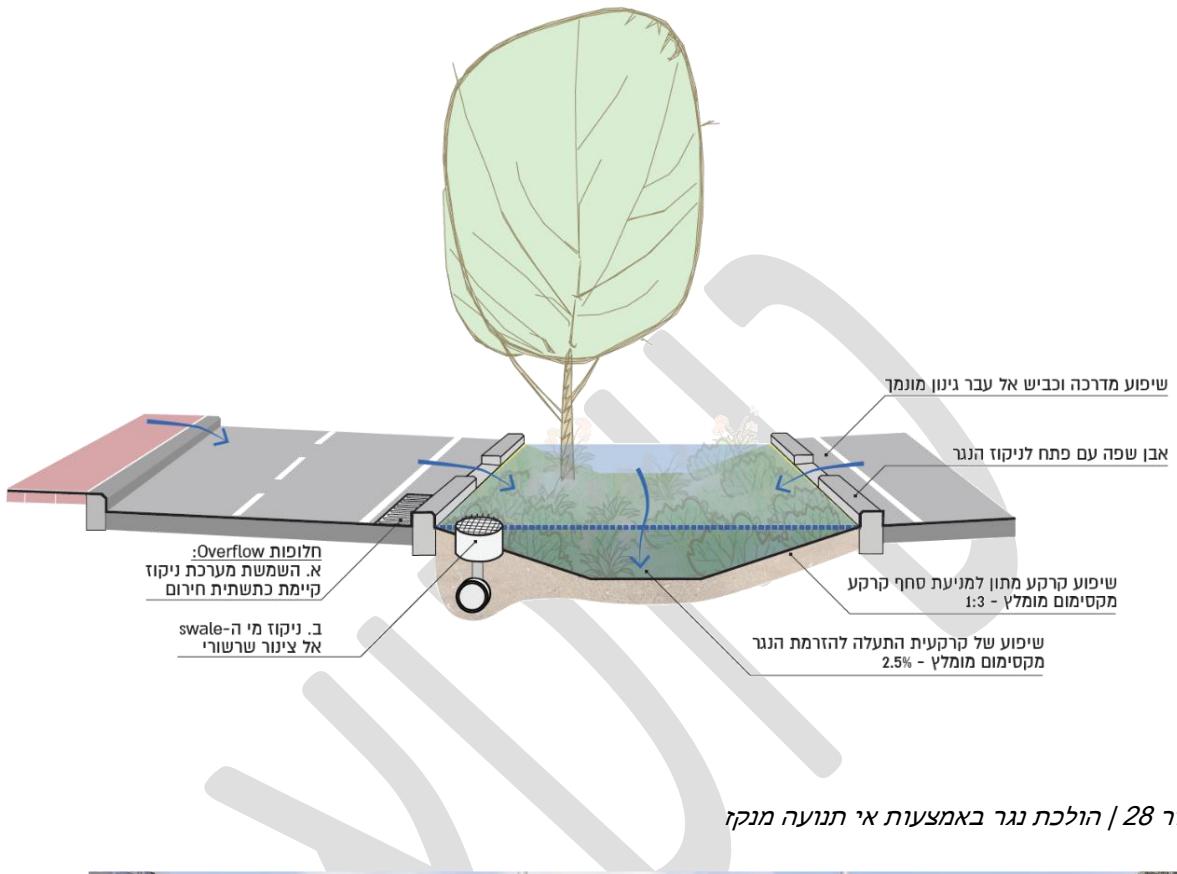
הולכת נגר ברחובות היא כלי לניהול נגר המתבסס על המרכיב הקיים, ועל כן היא יעילה וחסכונית. אמצעי זה יכול לצמצם את הצורך בהקמה וshedrog של מערכת תשתיות התיעול העירונית וכן, יוכל לסייע במידה רבה בעמידה ייעדי מניעת ההצפות הקבועים בנוסף הנחיות ב<sup>4</sup>.

להלן התנאים ההכרחיים לאפשר הולכת נגר ברחובות:

- שיפוע אורכי כביש של 0.5% לפחות, ללא שקעים אבסולוטיים (ס"מ 500 מ')
- מפתחי הכניסה לחניות מתחת לקרקע יהיו גבוהים לפחות 25 ס"מ מציר הכביש

### 7.1.2.1 אי תנועה מנקי

ברחובות רחבים, בהם משולב אי תנועה מרכזי, ניתן להפנות את שיפוע המסעות למרכז הדרון, כך שייתאפשר שקו עיבוד ביחס אליו ויקלוטו את מי הנגר. אי התנועה יתוכנן כ'תעלת חלחול' (ראה פירוט לעיל), יאוסף, יוביל, ישאה ויתרור לחחלול מי הנגר, ובכך יפחית את ספיקות הנגר. במקרים בהם קיימים חשש לפגיעה בשכבות מבנה הכביש, ניתן לשלב פתרונות מקובלים למניעת זרימת מים אופקית, כמו קובל בתכנון רחובות (ערוגות ופתחי נטיעה).



איור 28 / הולכת נגר באמצעות אי תנועה מנקי

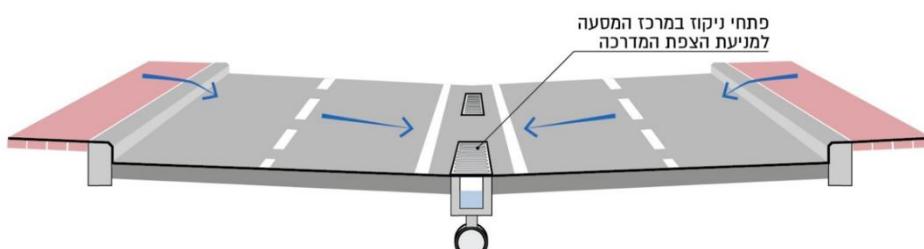


איור 29 | תעלת חלחול לפני שתילת צמחיה, רחוב האגדע בפרדס חנה. תכנון הידרולוגי וצלום: אוררי מרון

### 7.1.2.2 ניקוז במרכז המסעה

גם ברחובות בהם אין אי תנועה, ניתן להוביל נגר על ידי הפניה שיפוע הרחוב והנמכת הציר המרוצי לאורך הכביש, והטמעת צנרת התיעול בבסיסו. בשגורה, הנגר מהכביש יצטבר במרכז הציר ויופנה למערכת התיעול. באירועי גשם חריגים, כשתמגרת התיעול לא עמדו בהולכת כמות הנגר שנוצרה, עדפי הנגר יזרמו לאורך מרכז הכביש, לפרק זמן קצר. ישן מספר תועלות מתכונן הרחוב באופן זה:

- מניעת התזת מים על הולכי הרגל במדרכה
- הרחקת ערוץ זרימת המים מהמדרכות, החניות והבינוי
- צמצום ויעול הקולטנים לאורך הכביש - דרוש קולטן אחד במרכז הכביש במקומות שניים בצדדיו. בנוסף, ניתן לתכנן את הקולטן בצורה חריצ' לאורך הכביש, שהינו פתח יעיל יותר מבחינה הידראולית ומועד פחות לסתימות.

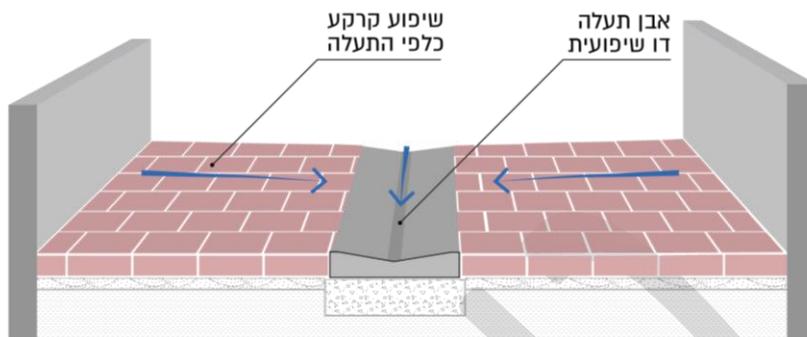


איור 30 / הולכת נגר באמצעות תעלת ניקוז במרכז הכביש



### 7.1.2.3 אבן תעלת

שילוב אבן תעלת בחצר הרחוב, מתאים לרחובות צרים או לשבילים. מטרת האמצעי להרחיק את המים מהמבנים והמגרשים הפרטיים. בנוסף, ע"י ריכוז זרימת הנגר לאורך התעלה, ניתן לשמור על רצויות הליכה מוגנות מההצפות. הפונית מי הנגר לתעלה תעשה באמצעות תכנון שיפועים, שגובה התעלה יהיה נמוך מסביבתה.



איור 31 / חולכת נגר באמצעות אבן תעלת

### 7.1.3 תעלת חלחול

#### א. הסבר כללי

ערוץ זרימה מגוון וمتוון, קיים או מתוכנן, שתפקידו להשווות ולהחלחל נגר, תוך כדי הובלתו לאזור איגום, חלחול החדרה של נגר או למצא ניקוז. התעלות יכולות להיות מכוסות בדשא או עשביה גבוהה, שיכולים גם לחפות על עומק התעלה.

#### ב. שילוב בתכננית

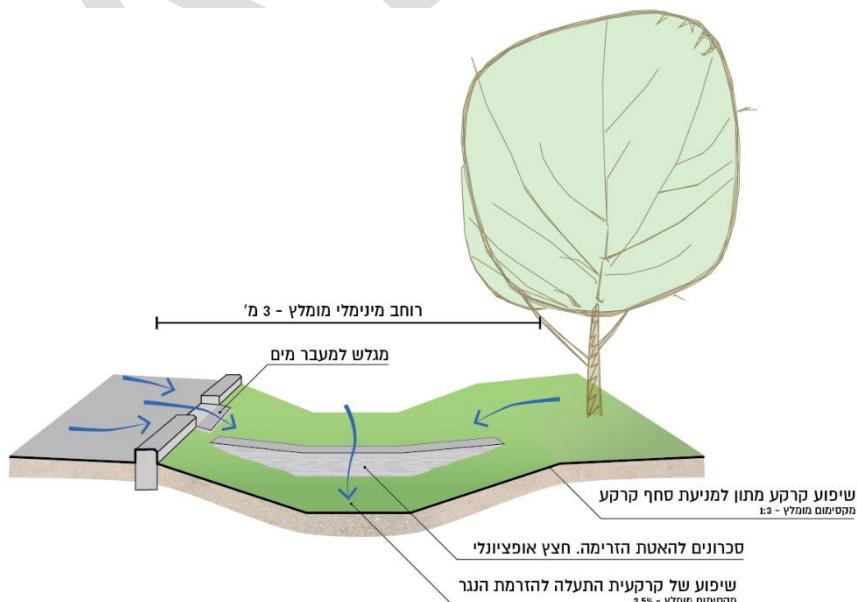
ניתן לתכנן את התעלה כחלק משטח ציבורי רחוב יותר, שיימש גם כפשת הצפה בעת אירועי קיצון. התעלה יכולה להשתלב בצדדים דרכיהם בשטח יירוק לגינון ונוי. שילוב התעלה ישנה בהתאם לטופוגרפיה של השטח, וביחס לציריו הניקוז ולסוג הקרקע ויכולת החלחול שלה, (אך שנייתן להחליף קרקע). ניתן לשלב את התעלה בשטחים ציבוריים שיכולים להכיל רצאות לינאריות, כגון: צידי כבישים ודריכים, מגרשי חנייה ופארקים. במקרים מסוימים התעלה יכולה להחליף תיעול תחת קרקע. ככל שהתכננית או ההיירר כוללים תווארי ורצועת דרך, תכנונית, ישנה עדיפות למקום אותם בסמיכות ולאורך ציריו הניקוז הטבעיים. בשנה הראשונה להקמת התעלה, טרם התבוססות השורשים, יש חשש לסחף קרקע בתעלה. לכן כדאי להקים את תעלות החלחול באביב, ולשזרע ולהשקיותן בקיץ הראשון.

#### ג. יתרונות

מוססת את זרימת הנגר, משמש לחלחול והעשרה מי תהום ומונע סחף קרקע. הנגר מהווה השקיה טבעית לצמחייה בתעלת החלחול, ובכך תומך בהתפתחותה. חיזוק בתו הגידול בשטח העירוני תורמים לאיכות האוויר והקרקע וمعدד יצירת בתים גידול طبيعيים. לאחר שמדובר באמצעות ניפוי רך, ניתן להטמע את תעלות החלחול במרחבים בניוינים הסובלים מהצפות, בהתאם לתנאי ומאפייני השטח, ובשילוב אנשי מקצוע מתחום הניקוז והקרקע.

#### ד. חסכנות

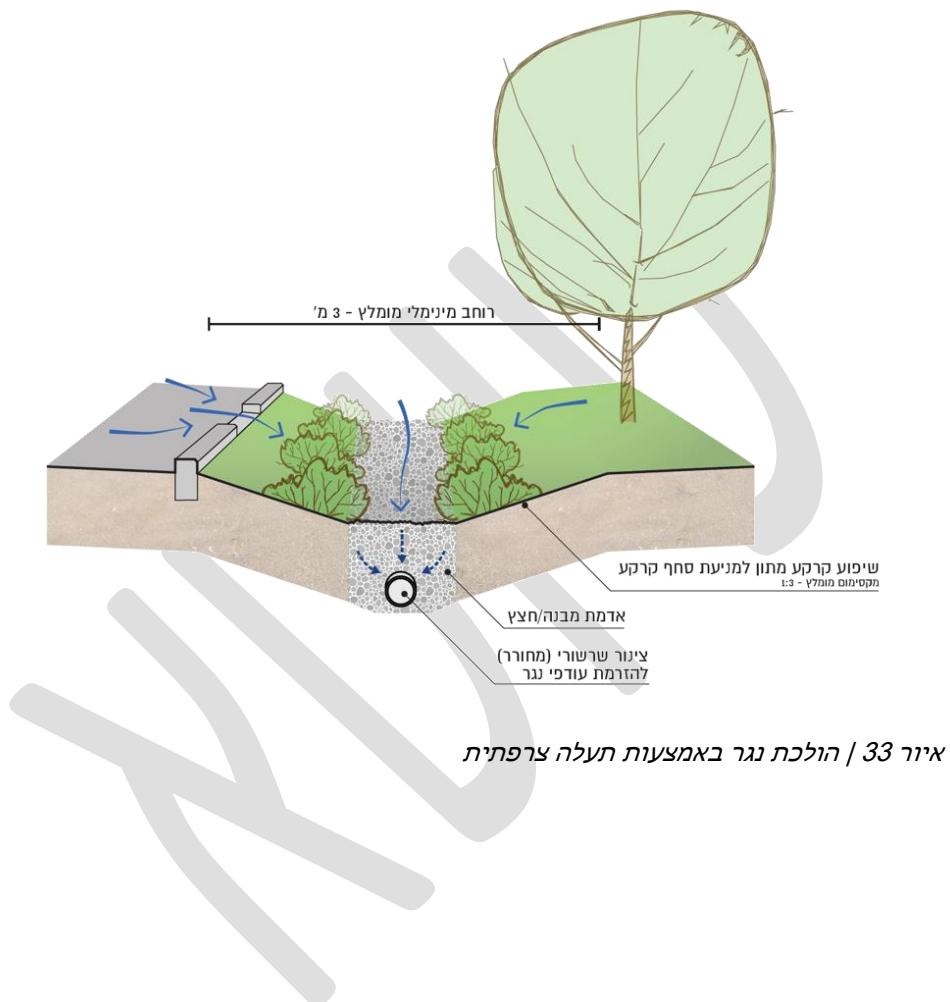
אחר שמדובר באמצעות ניפוי רך, באזוריים בהם ישנה קרקע מתנפחת, קיים חשש לפגיעה ביציבותו בגיןו ותשויות סמוכים לתעלה. נדרש ניקוי עונתי או לאחר אירוע גשם שהביא עמו סחף וזיהום.



איו 32 / הולכת נגר באמצעות תעלת חלחול

### 7.1.3.1 תעלת צרפתית (Infiltration Trench)

תעלת צרפתית היא תעלת חלחול (ס' 6.2.4), שכוללת ערוץ עמוק יותר שנמצא בבסיסה, ומטרתו לשמש כמצע סופג נוספת לסינון וחחלול נגר, ללא שינוי פני הקרקע. כמו כן, ניתן להגדיל את כושר ההולכה של התעלת הצרפתית ע"י הנחת צינור שרשמי (מחורר) בבסיסה, שינזק את הנגר שניצב בתחוםה.



איור 33 / הולכת נגר באמצעות תעלת צרפתית

## 7.1.4 אפיקי נחלים וערוצי זרימה

### א. הסבר כללי

הנחל, יובליו וערוצי הזרימה המובילים אליו, משמשים להסעת מים הנקיים ברוחבי אגן הניקוז, עד לשפך הנחל. אפיקי נחלים וערוצי זרימה, שאינם מוגדרים בתמ"א 1, עוברים בשטחים פתוחים והבניוניים, הן למרחב העירוני והן למרחב החקלאי. עוצמת המים והתפשטותם למרחב הבניוי עלולה לייצר סכנה ממשית לחיה-אדם, לרכוש ולתשתיות.

לאורך העורוץ זרימת המים מושפעת מהתוואי, חתך הנחל, השיפוע האורכי ואופי כיסוי הגdots והקרקעיות. מאפיינים אלו משפיעים על תפקודו של הנחל השונים, ויכולים לתמוך ביצירת המערכת האקוולוגית הנזונה ממנו ומקיימת אותו. ערוצי זרימה ונחלים רבים ברוחבי הארץ תועלו באמצעות הנדסיים, שהשפיעו על צורתם הטבעית ופגעו בתפקודים אלו. בנוסף לניתוק הנחל מסביבתו, הקטין התיעול את חלול המים בעורצים עצם, (מרכיב חשוב ברישון גמר, במיזח באזורי ההר, אך לא רק), והגביר את מהירות זרימת המים למורד האגן. בכך גדלו הזרימות לנחלים הן בספיקת השיא והן בנפח הכלול של המים. שחזור מאפייניו הטבעיים של הנחל מסייע בהשגת תפקודו האקוולוגיים וرتימתם להאטת הזרימה ולוויסות ספיקות שיא באירועי קיצון.

### ב. שילוב בתכנית

על מנת להשיב את תוארי הנחל וערוצי הזרימה למצבם הטבעי, ולהשתמש בהם כאמצעי להולכה ולוויסות גמר, יש להתייחס להיבטים הבאים:

- מצב קיימ - מיפוי האגנים למרחב התכנית ויזויו הנחלים וערוצי הזרימה. בהתאם למיפוי ישולבו גם תעלות ומובלים חפורים המשתתפים בפעולות ניקוז השטח באירועי סופה משמעותיים.
- מצב ההיסטורי / טבעי - במידה האפשר, יש למפות את מצב הנחל טרם התערבותה אנושית. תוארי הנחל ההיסטורי מופיע פעמים רבות במפות מדטוריות בקנה"מ 1:20,000. ניתן גם ללמוד על מצב העורוץ מתח"אות היסטוריות וטכנולוגיות עדות של הביצוע, ככל שישנן.
- ספיקות תכנן - חישוב זרימות התכנן (ספקות שיא, נפחים והידרוגרפ) בעורצים עבר או רומי שטפוניים בהסתברויות שונות (1:50 שנים או יותר). יש לקחת בחשבון את השינויים (בעיקר הבינוי) שעבר אגן הניקוז הרלוונטי וכן את השינויים שהאגן עתיד לעבור (תכניות עתידות). החישוב יבוצע ע"י הידרולוג וכלול התאמת של האמצעים הנכונים לויסותם.
- קביעת זרימות סביבתיות - זרימות סביבתיות הן אופייני זרימה (aicoot מים, מהירות זרימה, מפלסים ושינויים בעונות השנה), המאפשרות קיום בית הגידול בעורץ. הזרימות הסביבתיות ייקבעו ע"י אקוולוג אקווטרי.

איסוף המידע מאפשר את הבסיס לתוכנן מחדש של מרחב הנחל ולשחזר ערוצי הזרימה הטבעיים. התוכנן יכלול את תוארי הזרימה, עומק הקרקעיות, חתך התעללה, שיפועה, רוחב אפיק הנחל והגדות, וכן מילוי/חפירה של מרחב הנחל, לפי הצורך. ככל, פתרונות רבים במעלה ולאורך תוארי הנחל עדיפים על פתרונות קצה גדולים במורד.

שחזר ערוצי זרימה טבעיות יכול לאורך זמן את שיקום המערכות האקוולוגיות וייזקו ויגוננו את בתיה הגידול הלחים באגן. חשוב לציין, שתהליכי השיקום הטבעיים אינם מיידיים ויש להכין תוכנית הדרגתית המתחשכת בתקופת המעבר הנחוצה להשגת התפקיד הידרולוגי המלא של הנחל.

#### ג. יתרונות

כיסוי הגdots בצמחייה, הארכת התוואי והסרת חסמים לאורך העroz מקטינים את הספיקות במורד, מונעים הצברות סחף וכן דורשים פעולות תחזקה תקופתיות בלבד. שיקום הנחל יתמוך גם בתפקיד המערכת האקולוגית בסביבת הנחל ובאגן, ויביא ליצירת מרחב נחל נעימים ומזמינים כבסיס לפעילויות פנאי ונופש בחויק הטבע, פעילות חינוכית ועוד.

#### ד. חסרונות

השבת ערכז זרימה טבעים ורחבת הגdots עשויה להגביל בייעודים ושימושים אחרים. הפרויקט מתחילתו ועד לשיקום הנחל עלול להימשך מספר שנים.

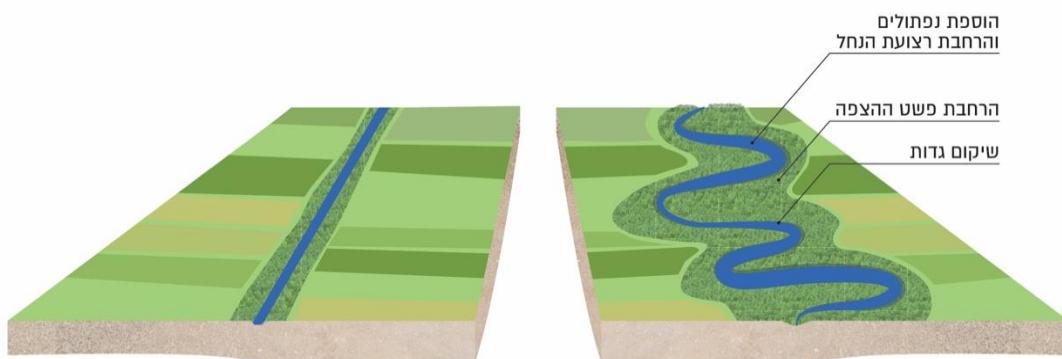
### 7.1.4.1 דוגמאות להולכה באפיקי נחלים וערוצי זרימה

#### א. רחבות רצועת הנחל

מיთון שיפועי הגdots על ידי הרחבות חתך הנחל ושמירה על שטח החתך, תורם לייצוב הקרקע ולהגדלת המגע בין המים הזורמים לקרקעית הנחל והגdots. עלית המפלס מגדילה את שטח המגע של המים עם הגdots ובכך מייצרת וויסות טבעי לספיקות חזקות באירועי קיצון. הגדלת המורכבות בחתך הנחל ולאורכו יוצרת שטח מגע גדול יותר, שוברת את זרימת המים ומיטה אותה. הרחבות הרצואה, בcontra שגדילה את שטח החתך וכתוכאה מכיר את נפח העroz, מגדילה את יכולת האיגום שלו.

#### ב. שיקום תוואי הנחל והשבת נפתחלים

לרוב ערכז זרימה ונחלים מהתוואי הטבעי שלהם, הוסדרו מחדש כתעלות בטון ישירות. בטבע, פריצת תוואי ערכז זרימה ונחלים מתחווה לאורך שנים, באופן המשפיע ומוספע מתנאי השטח, כך שנוצרות הטוויות ונפתחלים לאורכו. פיתוליות התוואי הטבעי מגדילה את אורך התוואי וכן מקטינה את מהירות הזרימה ובכך מארכיבה את משך זרימת המים בו ומקטינה את עצמת הזרימה. התנאים הגיאוגרפיים לאורך התוואי יכולים לסייע לתכנון וייצוב הגdots, לדוגמא, קרקעית הנחלים שנבנתה לאורך אלף שנים על ידי סחף גס (קולובילי), יציבה ועמידה יותר. בנוסף השבת הנחל לתוואי הטבעי שלו, מאפשרת גם למערכת האקולוגית המקומית, שהתפתחה לאורכו במשך אלפי שנים, להשתקם ולהתחדש.



איור 34 / השבת נפתחלים



איור 35 / שיקום תוואי הנחל והשבת נפתולים, עון נמפית. תכנון: ליגם פרויקטים סביבתיים

#### ג. מיתון גdots ויצוב באמצעות שיקום צמחי

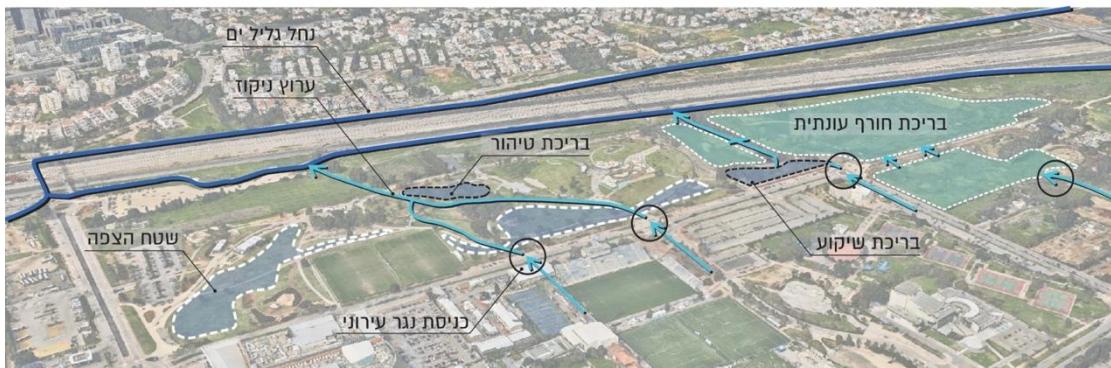
שייפורים מתונים של חתך הערוז, מרחיבים את שטח הרצואה הלחנה הנוצרת ע"י זרימות הבסיס בנהר. הצמחייה החיה והיבשה אוחזת את הקרקע ועל ידי כך מאטנת את הזרימה העוברת דרכה, ומהווה אמצעי משלים לויסות ספיקות והשקעה של סחף קרקע. שימוש במינים מקומיים של צומח טבול וצמחייה גdots, מהוות בסיס לשיקום בתיה גידול לחם ברצועה הנחל ולחיזוק תפקודה כמסדרון אקולוגי החוצה את אגן ההיקוות.



איור 36 / שיקום ורחבת חתך הנחל, נחל חביבה. צילום רשות ניקוז שרון

#### ד. שיחזור אגמים או ביצות

בעבר, מישורי החוף התאפיינו בביצות שתרמו לויסות זרימות שטפוניות ולשמירה על איכות המים במורדות הנחל. בית גידול ביצתי בתוואי הנחל הוא למעשה תוצר של גdotות נחל רחבות בשיפוע זניה. פועלות הניקוז של תחילת המאה ה-20 ייבשו וצמצמו את בית הגידול הביצתיים מהנוף המקומי, עד כדי סכנת הכהדה. שיחזור מרחבים המשמשים כבריכות חורף יספק נפח אגירה לירISON נגר. כמו כן, השבת בתי גידול אלו והגווון הביוולוגי הרב המאפיין אותם, תתרום רבות להעשרה הנוף הטבעי ולמערכת האקוולוגית של מרחבי הנחלים בארץ. בערים, שיחזור מרחבים טבעיות אלו יתרום לפיתוח אתרי טבע עירוניים לפעילויות חינוך, פנאי ונופש. כמו כן, מרחבים המשמשים כבריכות חורף מספקים נפח אגירה לירISON נגר.



איור 37 / שיחזור אגמים או ביצות, פארק הרצליה. תכנון: שלמה אהרוןסון אדריכלים

#### ה. מאגר גיא

יצירת סכר בערוץ זרימה או נחל בשטח הררי ומחרוץ, יכולה לשמש להשיהה של זרימות שטפוניות בתוואי הערוץ. באזורי הרים גבוהים גdotות והשיפוע של הנגזרים ישירות מהטופוגרפיה הטבעית. בשל הצורך לשמור על רצף הידרולוגי קבוע לקיום המערכת האקוולוגית בנחל, נדרש סכר עם פתח תחתית (חריר), שאינו מפריע לרזרמות הבסיס. בדומה זו ניתן הסכਰ את ספיקות השיא בלבד, בהলן המים יושהו בגיא הנחל. גובה הסכר, שיפוע הנחל וחותך הערוץ יקבעו את נפח האיגום. ספיקות הבסיס של הנחל וגודלו הפוך ישפיעו על משך ריקון המאגר. פתיחה תחתית הסכר מונעת הצטברות סחף בקרקעית, ובכך מצמצמת מאד את עלויות התחזקה.

## ו. הסרת סקרים ומחסומים של זרימות הבסיס

איגום והאטה של זרימת המים באמצעות סכירות ערוצים קוטעת את הרצף הידרולוגי ולכך בעלת השפעות אקולוגיות שליליות. הקמת סכר עשויה לגרום לירוב מورد הנהל אף להביא להצפות במעלה. סוללת הסכר דורשת תחזקה תקופתית, לרבות פינוי סחף. מסיבות אלו, וכן, מהסכמה הנשקפת במקרים של פריצת סקרים במהלך זרימות שטפוניות, אמצעי זה אינו מומלץ כחלק מערכ ניהול הנגר באגן. השבת ערוצי הזרימה לתוואי הטבעי היא התשתית עליה נשמכת המערכת האקולוגית ושיקום רצועת הנהל.

## ז. שיקום וחיבור מחדש של נחל אכזב (עונתיים)

רשת הנחלים וערוצי הזרימה באגני הניקוז מורכבת בעיקר מנהלי אכזב וערוצי זרימה מקומיים, חלקם גדול אין מסומן בתמ"א 1. מופע העروצים תלוי בעונה ובמשטר הגשמי השנתי, כך שבעונות שחונות מופע העروצים עלול להיטשטש עד כדי כך שתואשר בניית על האפיק. משמעות הבניה היא חסימה / הסתת תוואי הזרימה / סגירת העורוץ בתעלות ניקוז. שיקום נחל אכזב והשבת מאפייניהם הטבעיים, חשוב ברישנות וחיבור מחדש של המערכת האקולוגית ברחבי האגן, ובפרט של בתיה הגידוליים הלחימים. השבת תפקוד רשת הנחלים במעלה וביחד במרקם הבניוי המופר כאמצעי להשיה וניהול הנגר יסייעו רבות בהפחחת העומס על תשתיות הניקוז במورد.



איור 38 / שיקום וחיבור מחדש של נחל פרדים בסמוך לשכונת נווה-שרה בתל-אביב. תכנון וצילומים: ליאב שלם.

## 7.1.5 בריכת שיכון

### א. הסבר כללי

בריכה או חפיר מלאים באבני גגדלים שונים, המשמשים לוויסות זרימה, לאיגום ולהשחת נגר. עוצמתה הזרית של המים נשברת במצע האבנים, ולאחר מכן, המים מלאים את החללים בין האבנים, וכך לבריכה תפקיד משמעותי בריסון וויסות הנגר.

### ב. שילוב בתכנית

ניתן מקום במקומות בהם יש התמודדות עם יציאת נגר בעוצמות גבוות, לדוגמה, במקרים בין מוצא ניקוז עירוני לשטח הפתוח (כדוגמת נחל, יער). בנוסף, הבריכה יכולה לשמש בקני מידת שונים, גם כאמצעי לשיכוך זרימה, איגום והשחתה, תוך שcz"פם עירוניים.

### ג. יתרונות

ניתן לייצר חפיר عمוקה מבלי להידרש להיבטי הבטיחות הנלווה לבריכה למרחב הציבורי, לאחר והחפירה מלאה באבני. אפשר שימוש בחומריים מקומיים והשתלבות בסביבה.



אייר 39 / שילוב בריכות ותעלות שיכון בשטחים פתוחים בעיר ירושלים. צילום: רחל קולסקי

## **7.2 השהייה ואיוגם (Retention-Detention)**

מנגנוני השהייה או איוגם נגר, מבוססים על אלמנטים המכילים את הנגר, ובכך מאפשרים את אגירתו, או לחלופין, שחרור הדרגתי של הנגר, לפני העברתו לפתרונות ניהול נגר משלימים. ההבדל בין השהייה לאיוגם הוא שאיוגם הוא מקום ההיקוות הסופי של הנגר, כך שנפח הנגר היוצא קטן, בעוד שהשהייה היא מיקום זמני לנגר, אשר אינה משנה את נפח הנגר (למעט אבדנים), אלא משחררת את המים בקצב איטי יותר, ביחס לזרימה הטבעית.

### **7.2.1 מדרכות צפות**

#### **א. הסבר כללי**

מערכת להשהייה וחולול נגר, הבנויה מתחת לריצוף חדייר. המנגנון הוא של קולטן דו כיווני, שראשית, מעביר את הנגר אל מתחת למדרכה, ואת הנגר העודף שנוצר (overflow), מוליך לפתרון קטן, קידוח החדרה או למערכת התיעול.

#### **ב. שילוב בתכנית**

מדרכה צפה מסוגלת לאחז מים בכל השטח עליו בנוייה לרבות ברצועת התשתיות הסמוכה, וניתנת ליישום ברחובות, כיכרות, שטחי חניה וגגות ירווקים.

#### **ג. יתרונות**

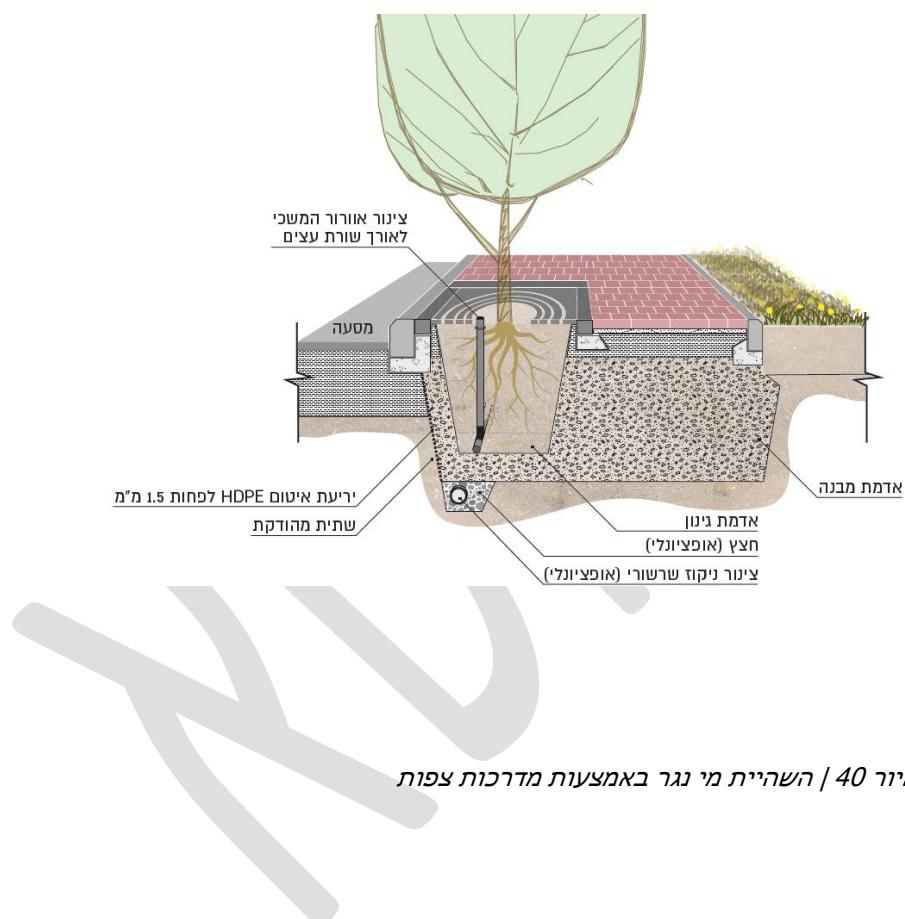
ניתול יעיל של הקרקע העירוני האינטנסיבית, בשימוש רב שכתי בשטחים המרוצפים, ללא הפרעה לתפקודם בשגרה ובאיירוע הגשם, בנוסף, לאפשרות ניהול נפח נגר שימושית בשטחים אלו, ע"י השהייה והולכת נפח נגר תחתיהם. ניתן לשלב באופן מיטבי, בין אזורי ההשהייה לבתי גידול לעצים ושטח מעבר תשתיות.

#### **ד. חסכנות**

עלויות הקמה גבוהות באופן ייחסי.

### 7.2.1.1 אדמה מבנה

מצע תשתית יציב למדרכות ולמיסעות, המבוסס על שכבות אגרגטים בגודלים שונים. האגרגטים נneedleים אחד עם השני בתהליך הכבישה, שנעשה ללא הידוק מלא, יוצרם מצע יציב בעל חללים בהם ניתן להשנות גגר ולהאפשר חלחול הדרוגתי לקרקע. אדמה המבנה מאפשרת שתילת עצים מתחת לתשתיות הדורשות מצע יציב, כגון כבישים, חניות ומדרכות, דבר שלא ניתן לעשות מעל בורות שתילה רגילים. פתרון זה מאפשר את צמצום ההפרעה של בתיה השורשים על יציבות המדרכה. אדמה מבנה יכולה להיות הפתרון המתאים ביותר לניהול גגר ברחובות עירוניים צפופים, שאין בהם אפשרות לפתרונות אחרים.

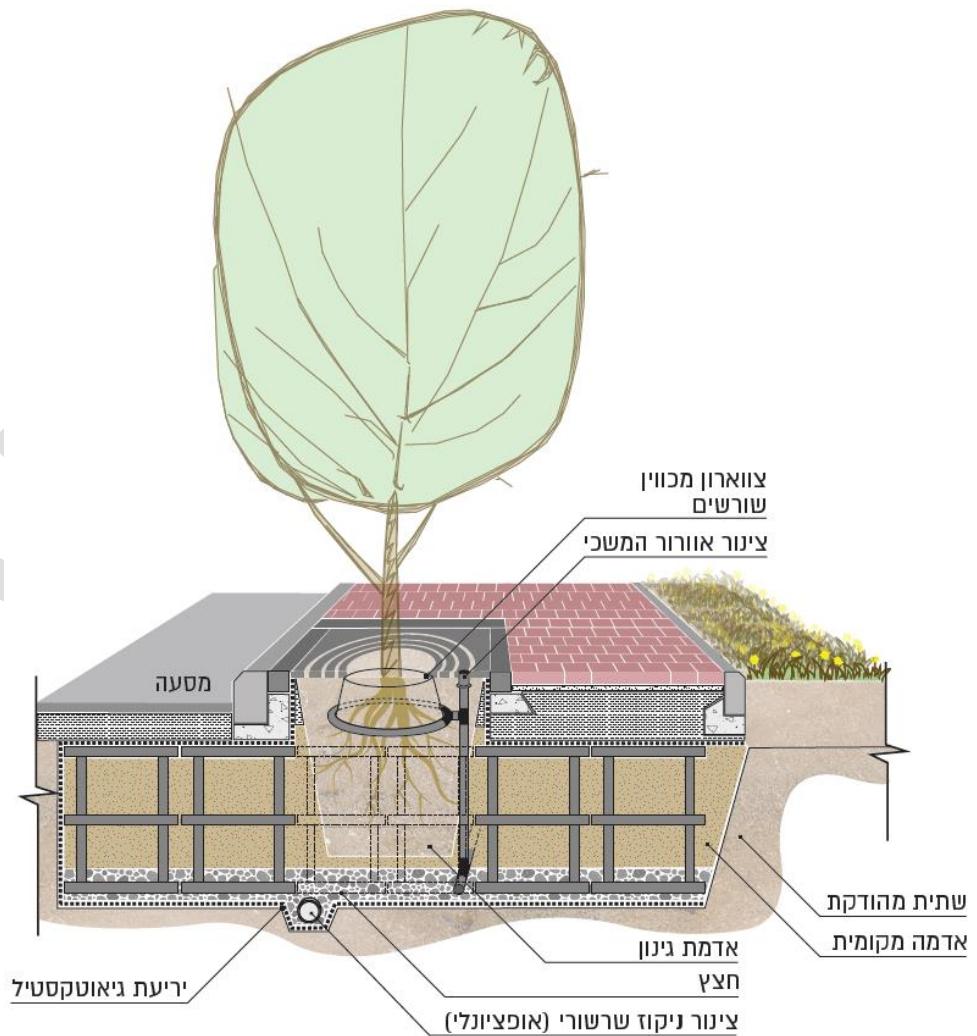


איור 40 / השהיית מי גגר באמצעות מדרכות צפות

### 7.2.1.2 מערכת מודולרית לתמיכת בריצוף מרוחף

מערכת להשיה וחלחול נגר, המבוססת על שלד מודולרי קונסטרוקטיבי, שיושב בתת הקרקע, ועליו מונח ריצוף, כך שלא נדרש היידוק הקרקע. פתרון זה מאפשר שההיהת מי נגר בהתאם (חללים) שנוצרים ואת חלחול הנגר לקרקע. בנוסף, המערכת מאפשרת מעבר חופשי של תשתיות לאורך ולרוחב התאים, וכן, ניתן להשתמש בקרקע המקומית למילוי הקונסטרוקציה.

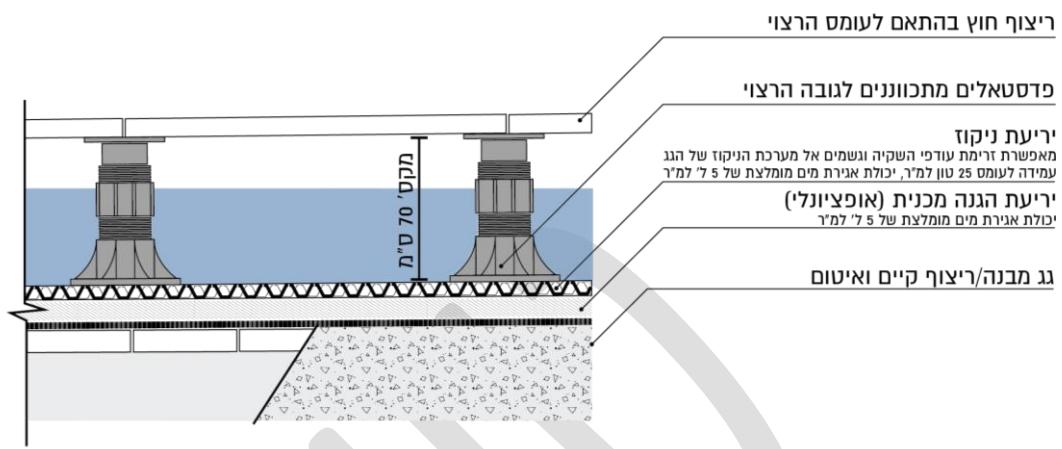
המערכת המודולרית מרחיבה את מרחב הגידול של עצים הרחוב. לנוף העץ ועלותו יתרונות בתפיסת נגר והגדלת האידוי, בנוסף, שורשי העץ משפרים את המוליכות ההידראולית של הקרקע, ובכך קצב ונפח החולול גדלים. כמו כן, הפתרון מאפשר שימוש הפרטות של בית השורשים על יציבות המדרכה.



איור 41 / השהייה מי נגר באמצעות מערכת מודולרית לתמיכת בריצוף מרוחף

### 7.2.1.3 ריצוף צף / דק

ריצוף המותקן על גבי רגליות או קונסטרוקציה קלה אחרת, המאפשר מרוחה בין תקרת מרתף לבין משורר הריצוף. המרווח מאפשר השהייה ואיוגם של מי נגר. פתרון זה מתאים לרחבות מרצפות; מציריך עלויות הקמה ותחזוקה גבוהות יחסית; ותשומת לב מיוחדת לניקוז מיטבי של הגג / משורר הריצוף, למניעת מקרים של מים עומדים.



איור 42 / השהייה מי נגר באמצעות ריצוף צף



איור 43 / ריצוף צף על גבי פדרסטלים

## 7.2.2 כיכרות מים

### א. הסבר כללי

שטח פתוח בסביבה הירונית הבנויה, שבגירה מתפקיד כרחבת ציבורית לשימושים שונים (כיכר עירונית, מגרש ספורט, אמפי וכו'), ובמהלך אירוע גשם, מוצף ומתחמלא בוגר. בהצפת השטח הוא מתפקיד כאזור איגום והשהייה, עד להובלתו להמשר טיפול באזורי איגום/השהייה/חולחול/חדרה/טיוב, או במערכת התיעול. כיכר מים משלבת אגמי איגום והשהייה בעומקיהם ונפחים שונים, ונותנת מענה להשהייה נגר בשיא האירוע, ובכך מסייעת למערכת התיעול העירונית להתמודד עם נפחי הנגר בשיא אירוע גשם.

### ב. שילוב בתכנין

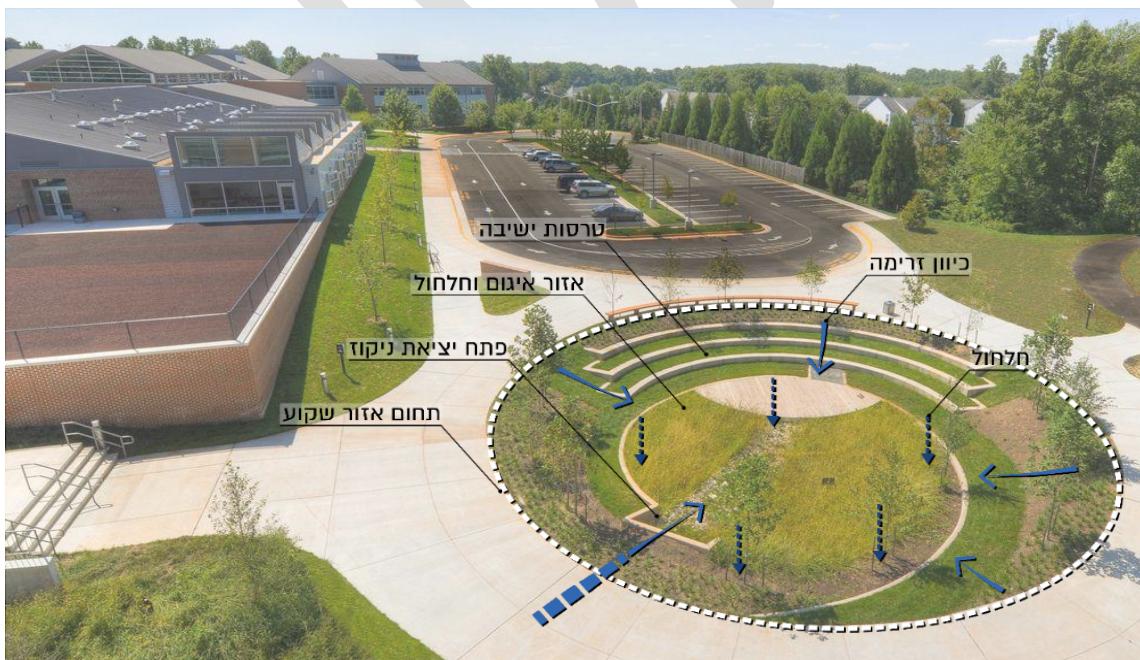
תכנון הגבאים של המרחבים הירוניים יפנה אליהם את מי הנגר, וימנע האזרמת נגר ישירות לכਬישים ולמערכת התיעול הירונית. חומרה הגמר שיבחרו לפיתוח מרחבים אלה צריים להיות עמידים בפני הצטברות מים למספר שעות. חומרה הגמר שיבחרו לפיתוח מרחבים אלו, צריים להיות עמידים בפני הצטברות מים למספר שעות.

### ג. יתרונות

פתרון המאפשר שילוב מיטבי בין ניהול מי נגר ובפרט הגנה מפני הצפות, יחד עם מרחב פתוח עירוני פעיל. בימים יבשים הכיכר מתפקדת כמרחב ציבורי רב תכליתי. ביום רטובים, המים נותרים בכיכר שמשנה את פניה וכוך תורמת לייצור נוף דינامي וכחול בעיר.

### ד. חסרונות

מאחר שמדובר באיגום מים בשטח פתוח, יש לפעול לפי תקני בטיחות.



איור / 44 O'shea + Willson Siteworks, וירג'יניה, ארחה - B, Manassas park elementary school



איור 45 / איגום מי גשם בכיכר עירונית, רוטרדם, הולנד  
*Water Square Bentemplein, Rotterdam, Netherlands*

### 7.2.3 בריכת חורף (Vernal Pond)

#### א. הסבר כללי

בריכת חורף היא גוף מים עונתי, הניזון בעיקר ממי נגר, אך לעיתים גם ממי תהום רדודים. ברכיכות החורף עונתיות, ובקיים מתיישבות חלק מהחורף טבעי. בריכת החורף אוגרת את המים למשך זמן רב, מה שהופך אותה לחלק ניכר ממשאבי הנוף והטבע העירוניים, ומאפשר לה לשמש בית גידול למיני צומח וחיה ייחודיים במשך מרבית השנה.

#### ב. שילוב בתכנית

ניתן מקום בריכת חורף בשקעי קרקע, בהם יכולים להיקוות מי נגר. רצוי לאתרה במקום בו הנגר נקווה באופן טבעי. פרק הזמן הדרוש לדו-חיים בבריכה להשלים את גלגול החיים הוא כ-4 חודשים ולכן יש להשנות את המים לפחות לתקופה. ניתן להאריך את משך האיגום בבריכה, על ידי העמקת הבריכה וריבודה בקרקע חרסיתית שאינה מחלחלת לצמחיים איבוד המים. עם זאת יש להקפיד על ייבוש מוחלט של הבריכה עד סוף הקיץ על מנת לשמור על הדינמיקה של בית הגידול.

שטח הבריכה יהיה לפחות חצי דונם, ויאסף מי נגר מסביבתו. ניתן להוביל מים בתעלות ניקוז אל הבריכה, וכן יש לדאוג לאפשרות גלישה של עודפי מים (over flow).

כל שצורת הבריכה מפותלת יותר ומעוצבת בעומקים משתנים, נוצרים תנאים גידול מגוונים יותר, שיכולים להתאים למינים שונים.

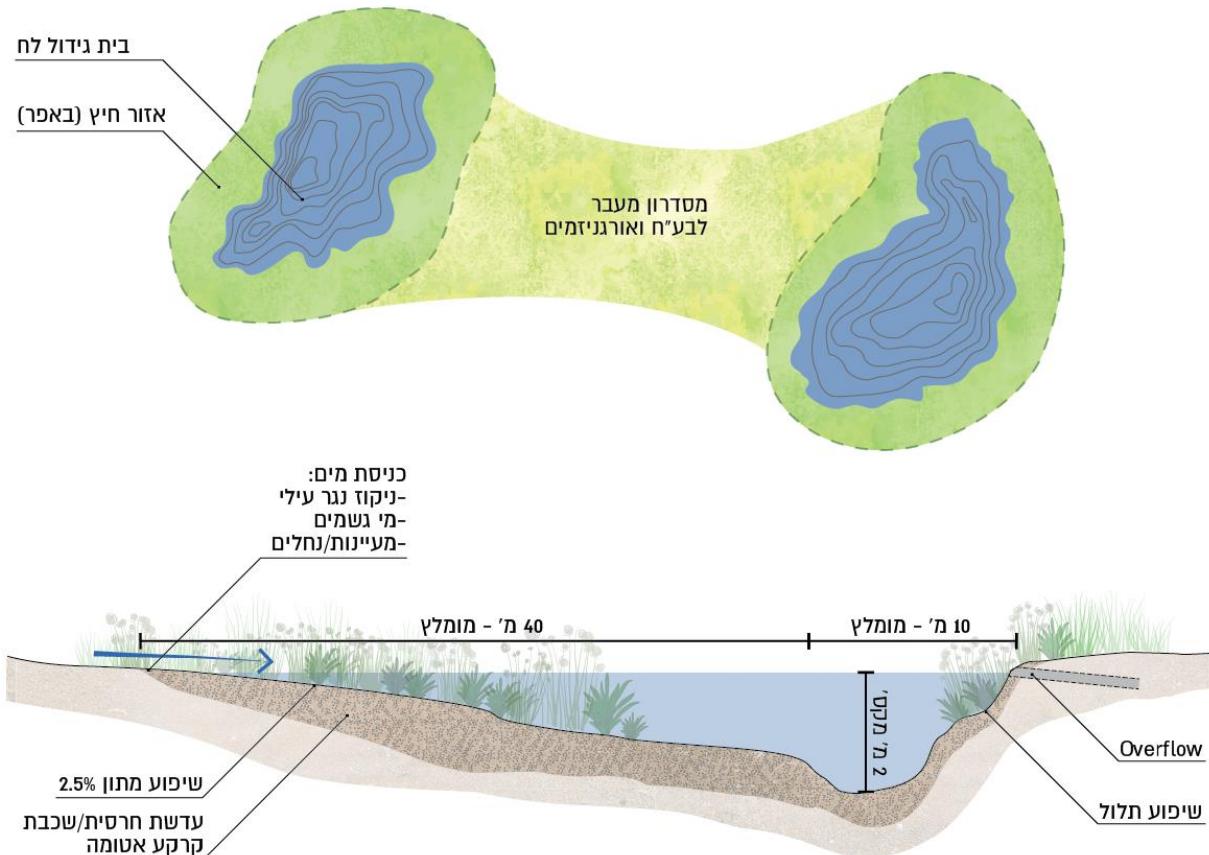
בריכות חורף יכולות לשמש כمוקדי פעילות פנאי בחיק הטבע וכאתרי טבע עירוני. ישנה חשיבות לייצור מקבצים של בריכות חורף למרחק של עד כמה קילומטרים זו מזו, לצורך שמירה על חוסן בתי הגידול.

#### ג. יתרונות

טיבוב איזוטה המים, קיבוע פחמן מהאוויר ומיתון השפעות אקלים. הבריכה תומכת, מעודדת ומעשירה את המגוון הביוולוגי, לרבות מיני בעלי חיים וצמחים נדירים. יצירת בתי גידול לחים תומכת במגוון ביולוגי ושמירת את ערכי הטבע של צמחייה, בע"ח או בתים גידול מקומיים וייחודיים לסביבתם. יתרון נוסף יצירת פארקים התורמים לרוחחה ולבリアיות הציבור. מגע ישיר ובלתי אמצעי עם הטבע מביא עמו תועלות חברותיות, בריאותיות וחינוכיות.

#### ד. חסרונות

אחר שמדובר בבריכה פתוחה בשטח ציבורי, יש לפעול לפי תקני בטיחות. בשל הריגושים האקולוגית נדרשת איזוטה מים גבוהה ללא סכונה של גלישות ביוב וחיוהומים אחרים.



איור 46 / חשיבותה וายוגם באמצעות בריכת חורף



איור 47 / בריכת החורף לב שרון. תכנון וצילום: ליאב שלם

## 7.2.4 גג סופג

### א. הסבר כללי

החזית החמישית ותקרות המרתפים של הבינוי הם יצרני הנגר המשמעותיים במאגרש, בשל העובדה שהם אוטומים לחלוון, כך שכמעט כל הגוף שיורד עליהם מתחווה לנגר. בהתאם לכך, לגג ולתקרות המרתפים חשיבות ופוטנציאל גדולים בניהול הנגר במאגרש.

**גג סופג**, קולט ומשהה את הנגר לטובת הפחתת העומס בשיא האירוע, ולהחרור מבוקר של הנגר למאגרש, לטיפול במיכל אגירה, בור חלחול, קידוח החדרה או מערכת תיעול עירונית. המערכת מורכבת משכבות שונות: מצעים סופגים, פתחים וסקרים שתופסים את הנגר הנקלט בגג, ומערכת וויסות שמשחררת את הנגר הנאסף.

כאשר המערכת הסופגת הנמצאת בחיפוי הגג מבוססת על משטחים לתפיסת נגר בלבד, היא תכוונה **גג כחול**; מערכת שתשלב גם מצע אינרטי (לא השפעה כימית במגע עם מים), הכוללת מערכת פתחים וסקרים, תכוונה **גג סופג**; מערכת שתשלב שכבות לתפיסת נגר ומצע גידול לגינון לחקלאות או נוי תכוונה **גג יירוק**, וכך אשר מדובר בצמחייה טבעיות, היא תכוונה **גג חי**.

מערכת הגג הסופג מסייעת בניקוז וויסות זרימת הגוף מהगג אל המרצבים, ובכך מסייעת במניעת הצפות. המערכת משלבת שכבות סופגות ואוגרות של מצע אינרטי (חצץ, חלוקי נחל, מיכלי אגירה וכדומה), שכבות תלת ממדיות לתפיסת נגר (גמישות או קשיות), שכבות איטום לבנה ומערכת וויסות שמשחררת את הנגר החוצה.

הערה: אפשר לייצר 'גג כחול' שניהל נגר במאגרש, בעלות מינימלית ולא התקנת מערכות ספיגה או השהייה נגר, ע"י הקטנת קווטר המרצבים והתקנת פתח ה-overflow בגובה 11 ס"מ מעל פני הגג העליונים.

### ב. שילוב בתכנינה

ניתן לשלב גגות סופגים (כחולים/ירוקים) על גבי גגות המבנים או מעל חניונים, כאשר פתרון הקצה לנגר, ייקבע בהתאם לתנאי השטח והקרקע. אין מניעה ואף מומלץ, לשלב את הגג הסופג עם מערכות הנדסיות נוספות, כגון, דודו שימוש או פאנלים סולאריים<sup>103</sup>, שנitinן להניחם על גבי מצע הגג הסופג.

### ג. יתרונות

מי נגר המושרים בגג ובמרפסות נקיים ואיכותיים במיוחד, שכן אינם במגע עם מזחמים ברחוב, וניתן להחדירם ישירות לתוך הרווי. הגגות הסופגים מהווים פתרון יעיל ולא יקר, במיוחד במאגרשים ושכונות בהם אין שטח מספק להשהייה נגר. כמו כן, השימוש בהם מהורם ניצול של שטח עירוני (חזית חמישית ותקרות מרתפים), שלעיתים נמצא במצב מוחנה ובשימוש חלקו ביותר.

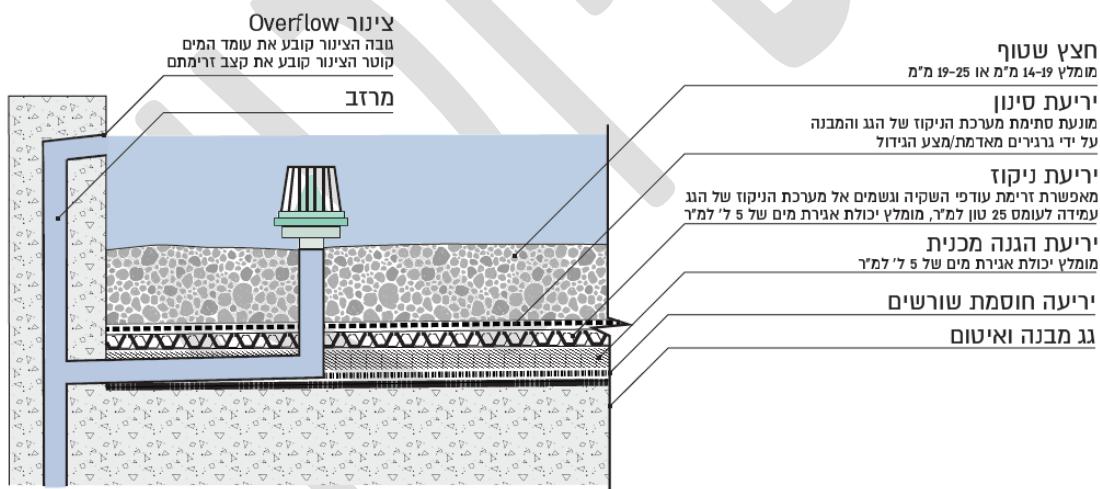
הגגות דורשים תחזקה מינימאלית, שעיקרה במניעת סתיימות בפתחי הניקוז. הגגות תורמים להגנה ולחיזוק האיטום המבנה, שכן, שכבת האיטום מכוסה באבני חצץ בהירות המganות מפני פגיאות ונזקי שימוש. בנוסף, האיטום האפקטיבי משפר את וויסות הטמפרטורה במבנה,

<sup>103</sup> מחקר שנערך באונ' חיפה, מצא שלא רק שהג יירוק יכול להשתלב עם פאנלים סולאריים, הם אף תורמים אחד לשני. הסיבה היא שהפאנלים הופכים יעילים יותר, בכך שהם נ謝רים קריררים, ע"י אידיוי המים מהצמחים. מחקרים בארה"ב הראו עליה של 6% ביצור החשמל במערכת סולארית על גג יירוק בהשוואה לגג רגיל.

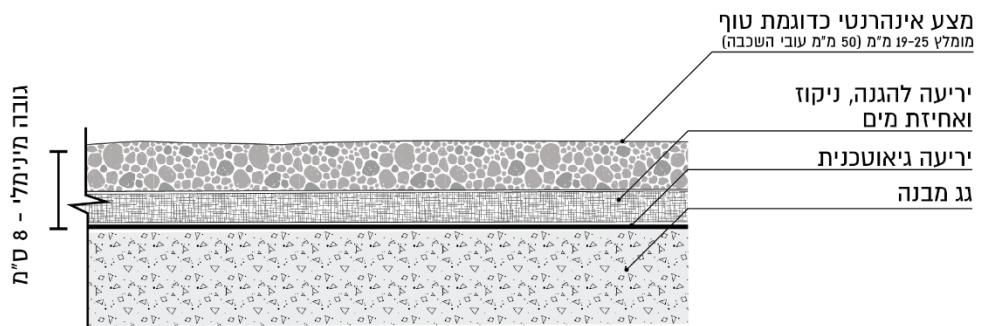
כך שבקיים, שכבת האיטום מגנה מפני השימוש הישירה, ובוחרף מונעת את קירור המבנה כתוצאה מגע עם האוויר הקרים. וויסות הטמפרטורה, מפחית את הדרישות לקירור וחימום המבנה, וע"י מצמצם את צריכה האנרגיה של המבנה ואת היקף הפליטות ממנו, ובזאת, מסיע להפחחת תופעת אי החום העירוני. בנוסף, הגנות הירוקים והחומיים מהווים שטח פתוח, ירוק, ומוגן לשימוש דיירי הבניין לפנאי, מפגש, חקלאות עירונית, משפרים את איכות האוויר, תורמים לייצור בתים צמיחה וגידול לחים ומעשירים את המגוון הביולוגי. חיפוי הגג משתלב אף תורם ליעילותם של פאנלים סולאריים, בשל צינון הטמפרטורה בגג. בנוסף, בגגות סופגים, חיפוי הגג באבני חוץ בהירות, תורם לחיסכון באנרגיה על יד החזר קרינה.

#### ד. חסכנות

חומר ניסיון בתחום הגגות הסופגיים בישראל יוצר חששות לא מבוססים, ובכך מקשה על כניסה וIMPLEMENTATION האמצעי. ניתן לזכור שהיתרונות והיעילות של הגגות יוצרים את השימוש בהם. יש לוודא כי המערכת מותקנת על גבי אITEM תקין. במבנה קלה, דוגמת חלק מהמבנים התעשייתיים, לא ניתן לבנות גג סופג עקב משקלו.



איור 48 / השהיית מי נגר באמצעות מערכת מודולרית לגג סופג



איור 49 / השהיית מי גגר באמצעות גג סופג



איור 50 / שילוב של גג ירוק וגגר כחול בברונקס, ניו יורק, ארה"ב - Hazen and Sawye

#### 7.2.4.1 גג יירוק (Green Roof)

גג יירוק הוא גג סופג המcosaה במלואו או בחלקו בצמחייה. הגג עשוי שכבת צמחיה שנמצאת מעל מערכת ניקוז. גג יירוק יכול להיות אינטנסיבי או אקסטנסיבי, תלוי בעומק שכבת הגידול, מערכות ההשקייה וסוג הצמחייה.

הגג האקסטנסיבי נקרא גם 'גג חל' או 'גג חום', והוא מדמה מצב קרקע וצמחייה מקומיים טבעיות, ויתרונותיו בהשקעה ובתחזקה המינימליים. הגג הירוק הוא משפחת הגגות האינטנסיביים, שכן הוא כולל צמחייה (לפי בחירה), ומערכת השקיה. יתרונותיו בחופש ובגיוון הצמחייה לאורך כל השנה, וחסרוונותו, בהשקעה הגדולה יותר, הנגרת מהאיטום, מהתחזקה ומעליות ההשקיה.

עומק שכבת הגידול המומלץ הינו נזרת של סוג הצמחייה המתוכנן. עבור צמחי כיסוי מומלץ עומק מינימאלי של 20 ס"מ, עבור שיחים מומלץ עומק מינימאלי של 40 ס"מ ועבור נטיעת עצים, מומלץ עומק מינימאלי של 80 ס"מ, כתלות בסוג העץ וברציפות בית הגידול, כך שנפה נטיעה שלא יקטן מ- 2.5 מ"ק.

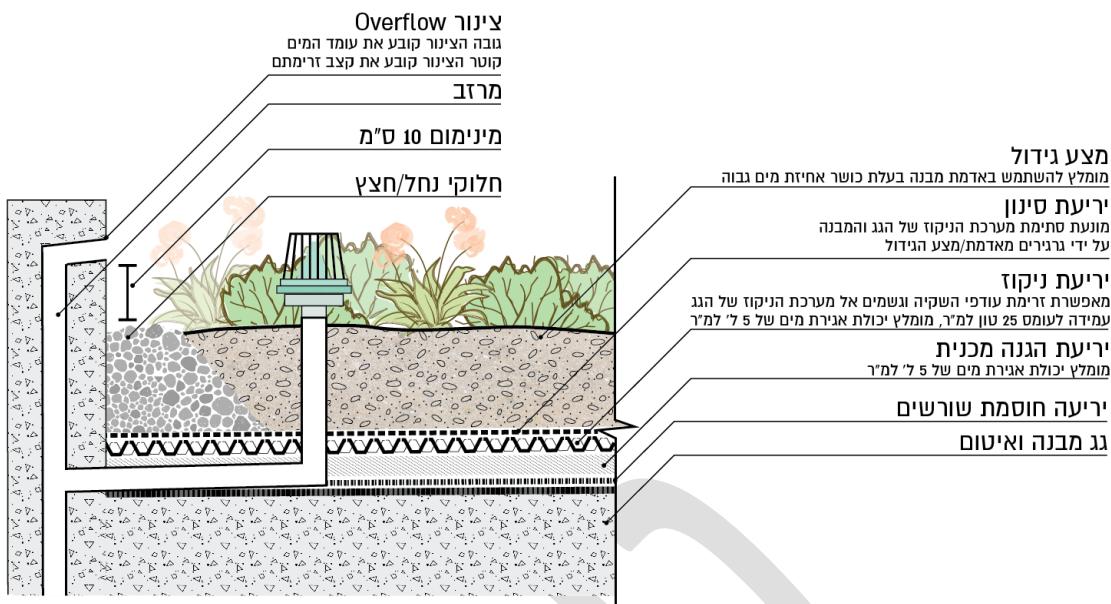
הגג הירוק מהווה ביוספרה המזינה אליה ציפורים, פרפרים ובעלי חיים אחרים. הוא מסייע בשימור תחושת הטבע בעיר ובהעשרה המגוון הביולוגי. צמחייה הגג מסננת רעלים ומזהמים מהهوיר וממי הגוף. היא סופחת מהهوיר פחמן דו חמצני, גזים רעלים ואבק ומיצרת חמצן. סינון רעלים מי הרים מונע את הגעתם למי התהום.

ניתן לשלב בין גג כחול לגג יירוק באופן אנכי, בהנחה מציע הסיפה מתחת לאדמה, או באופן אופקי, בחלוקת שטח הגג לשטח כחול וירוק.

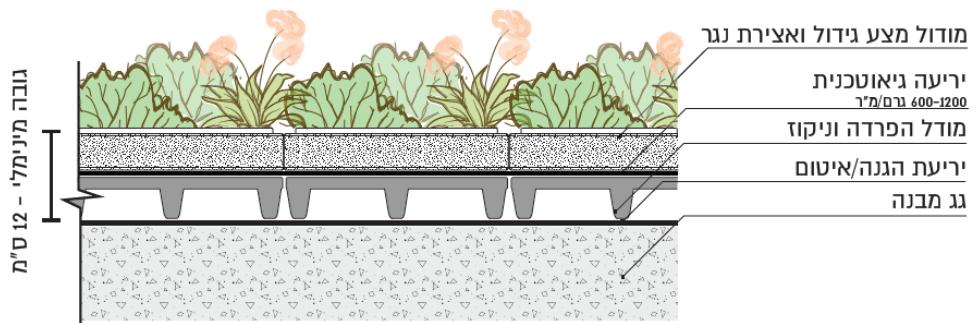
מבחינה הידרולוגית אין הבדל משמעותי בין גג יירוק לכחול. עם זאת, נגר היוצא מגג יירוק אינו ראוי להחדרה לתוך הרווי, עקב חשש מזיהום מי התהום בנטורייניטים אך ניתן לحلול את הנגר לתוך הלא רווי. ניתן להשתמש בגגות יירוקים גם בחרשות מגוננות מעל מרתקים.



איור 51 / גג יירוק בשילוב תאים פוטו-וולטאים, בנין חברת *Bauder*, לונדון, אנגליה



איור 52 / השהיית מי נגר באמצעות גן ירוק



איור 53 / השהיית מי נגר באמצעות מערכת מודולרית לגן ירוק

## 7.2.5 קיר ירוק (Green Wall)

### א. הסבר כללי

קירות ירוקים הם קירות בהם מגדלים צמחים על גבי משטחים ארכיטקטוניים הצמודים או סמוכים לקירות מבנים. פתרון זה מאפשר>Create> מים, ע"י לכידת מי הגשם באמצעות צמחייה, וכן, איזורי, השהייה והשקייה של הצמחייה.

קיימות מספר אפשרויות ליצירת קיר ירוק כגון צמחים מטפסים ששורשיים באדמה, לרבות, הקירות הירוקים משלבים מצעים מנוקקים, המותקנים על הקיר, לעיתים, כגידולים הידרופוניים או על גבי פאנלים המכילים מצע גידול בכיסים בלבד לבד ובדריכים אחרות, תוך שימוש במגוון טכנולוגיות וחומרים.

### ב. שילוב בתכנינה

פתרון המתאים במרקם של בניית גובה ושטחי גאות מצומצמים, כך שהחזית המבנה מאפשרות קליטת נפח נגר משמעותי. ישנה עדיפות למיקום הקיר בחזית מערבית, לאור משטר הגשמי האופייני בארץ.

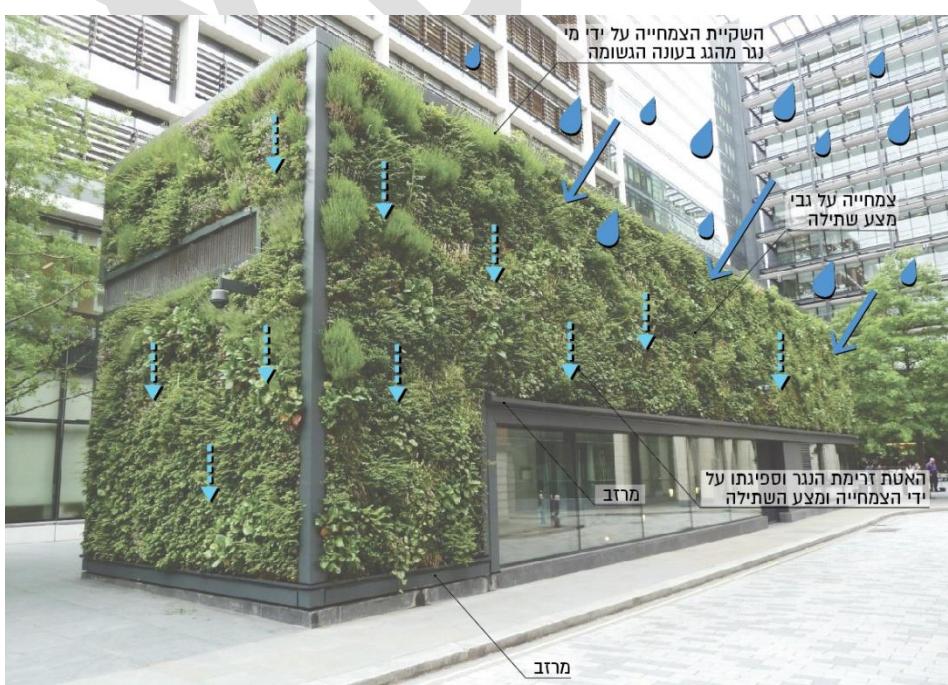
### ג. יתרונות

הקרונות הירוקים תורמים ולמבנה עצמו ולסביבה הקרובה. הקיר הירוק מגן מהשימוש, מוססת את הטמפרטורה במבנה באמצעות שכבת הבידוד שיווצר. כך לצריכת האנרגיה במבנה פוחתת, ובהתאם גם היקף הפליטות. בנוסף, הקיר הירוק מפחית רעש ויזום אויר ומהווה אלמנט נופי ויעוצבי.

הקרונות הירוקים תורמים לחיסכון במים – לאחר והשתלים גדלים זה מעל זה, נעשה שימוש יעיל במים המחללים מהצמח העליון לאלו שתחתיו. קירות ירוקים יכולים גם לשמש לצורך גידולים חקלאיים.

### ד. חסכנות

דורש תחזקה גבוהה יחסית, השקיה ברוב השנה, ולרוב מחייב גם דישון.



איור 54 | קיר ירוק בלונדון, אנגליה. תכנון: New Street Square, Holborn. Biotechture

## 7.2.6 מאגר ויסות תת-קרקעי

### א. הסבר כללי

התפקיד העיקרי של מאגר ויסות הוא ליצר נפח גדול בו ניתן להשנות נגר באופן זמני בעת שיא אירוע הגשם, ולשחרר אותו בצורה מבוקרת בשורף הסערה. התפקיד המשני, כתלות במקור המים הנאספים למאגר הוא העשתה מי תהום ע"י השארת מקטע מחלחל בקרקעית או החדרת מי הנגר אל מי התהום, כאשר מקורות במים הנאספים על גגות ומרפסות. המאגר יכול להיות על קרקע או תחת קרקע, כמפורט להלן.

### ב. שילוב בתכנית

מאגר הויסות תופס נפח גדול, ועל מנת לצמצם את נפחו ושטחו, מומלץ לתכנן את מתקן הכניסה אליו בצורה כזו שייתאפשר רק את שיא הנגר, למשל ע"י כך שההטיה אליו תתחיל בהיסט מקרקעית הצינור. ניתן ליצור מאגר על קרקע באמצעות עיצוב טופוגרפיה ושיפועים (אמצעי 1.1 'עיצוב טופוגרפיה ושיפועים'), מגשרי ספורט, גיניות משחקים או כיכרות עירוניות (אמצעי 2.3 'כיכרות מים'). באופן זה ניתן ליצור איזוגם בעומק של כמה עשרות סנטימטרים מגוננים או מרוצפים, שיכולים לשמש כפשת הצפה באירועי קיצון. לעיתים, בעיקר במקרים בניוניים, אין ברירה אלא לבנות אוגר תת-קרקעי. גם כאן יש שיקולים של נפח מול שטח. דרך אחת היא שימוש במוצרים סטנדרטיים, בדרך כלל מפלסטיק, דוגמת Drainboxes (או שיטות נוספות), שיתרונן בביצוע מהיר ונקי. מכיוון שמגבלת הגובה של אמצעים אלה היא 2.5 מ' והעומס בהם יכולם לשאת הינו מוגבל, ניתן לבנות מאגר תת-קרקעי מבטון, אשר מוגבלות אלה אינן חלות עליו ואף מאפשרות את צמצום שטחו.

### ג. יתרונות

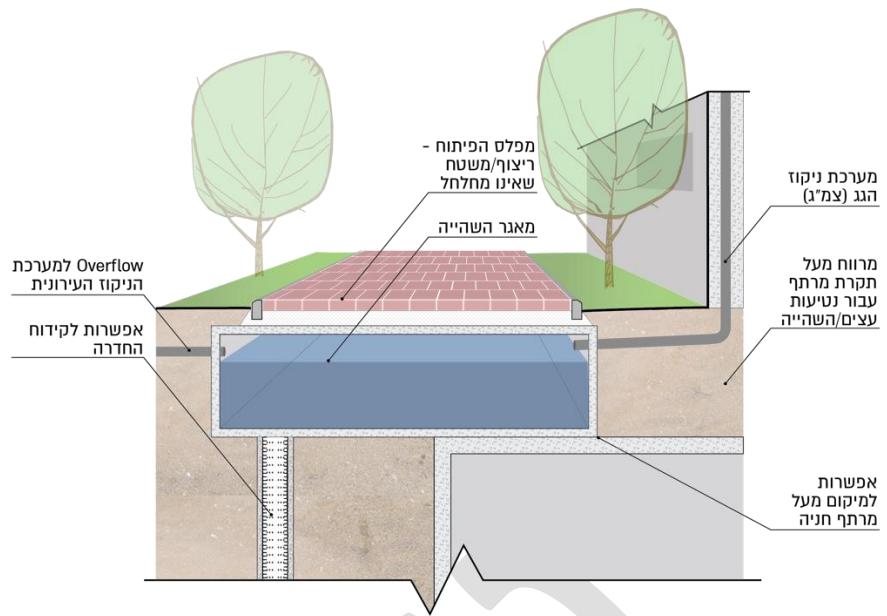
אמצעי זה מאפשר ויסות והשהייה נפח נגר משמעותי יחסית לאמצעים אחרים. מאגר ויסות גדול דיו הממוקם נכון, יכול להיות פתרון אזרחי ולפתור בעיות הצפה בשכונה שלמה, אך ייעיל גם ברמת הבניין בלבד. במקרים בהם מדובר בפתרון מרכזי שבאחריות הרשות המקומית, התפעול והתחזקה פשוטים וזולים ייחסית.

### ד. חסרונות

דורש שטח זמין במקום מתאים וכן עלותו גבוהה ייחסית לאמצעי ניהול נגר אחרים, וכן, קיימים ניסיון מועט בביצוע בארץ, ועל כן יכול להרתיע.



איור 55 / מאגר תת-קרקעי לויסות נגר מתחת לפארק Joan Miró בברצלונה, ספרד



איור 56 / מאגר ויסות תת-קרקעי בין קומת המרתף ומפלס הרחוב

## 7.2.7 השהיה במעלה

### א. הסבר כללי

התחלת הטיפול בנגר בשטחים במעלה האגן באמצעות אזורי השהייה, תצמצם את הספיקות במورد, בכר שתמנע הסעה, הצבירות וצבירת תאוצה של תנועת נגר למورد. שטחי פארקים, יערות ושדות חקלאיים מהווים חלק משמעותי מסך השטחים הפתוחים בכל אגן ניקוז. בתכנון ופעול מושכל של שטחים אלו, ניתן יהיה להשתמש בהם לטובת השהייה נפרוי נגר שימושיים, ועל ידי כך להביא לצמצום נקי נגר במورد, במקביל להעשרה והזנת הקרקע. תכנית הצמחייה בשטחים הפתוחים משפיעה על כמות המים שיקלטו ואך על נתיבי הזרימה שלהם מעל הקרקע, כגון עלי, בנוסף לתת-הקרקע. כיסוי קרקע מלא וחומר אורגני בשלבי פירוק שונים שומרים על מבנה קром הקרקע ויכולתו לספוח מים, סביבת שורשים מפותחת תורמת לחדרת מים לעומק הקרקע והגדלת אוגר המים. מלבד תכנית הקרקע תוואי השטח עשוי לשמש למיתון וניטוב זרימות ולהשהייה נגר קצרה וארוכת מועד.

### ב. שילוב בתכנית

על מנת לשלב שטחי השהייה בתכנית, ראשית יש להזין במעלה יחידות שימושיות של שטחים פתוחים רלוונטיים, כגון פארקים, יערות ושטחים חקלאיים. את השטחים שנמצאו יש לנתח מבחינות שיפועים, סוג קרקע, אחוז כיסוי צמחי, אגמי היקות וערוצי זרימה ברמה המקומית. על בסיס הניתוח, ניתן להזמין ולצמצם אזורים תורמי נגר כגון משטחי סלע ובינוי, קרחות יער, עיבוד חקלאי, כרי מרעה, דרכיים, חניונים ורצועות מגן למניעת שריפות. בכדי שלא ליצור ערוצי זרימה מהמעלה, יש להימנע ממיקום אזוריים תורמיים הנגר באופן רציף ובמקביל לקויה הגובה. כמו כן, לטובת זיהוי שטחים מועדים לשחף קרקע, ניתן להיעזר **במפת סיוני שחיפה של משרד החקלאות**.

המערכת האקוואידרולוגית בשטחי פארקים ויערות הינה מורכבת מאד ושונה מהתביבה העירונית או המרחב החקלאי. לשם הבטחת פעילות המערכת ותורמתה למערכת האקוואולוגיה בטוחה הארו, יש להתייעץ עם מומחים בתחום הרלוונטיים.

لطובת שימוש בשטחים חקלאיים להשהייה נגר, יש לאפיין את הגידולים והמסק החקלאי (ג"ש, פלהה ומטעים), גודל השדות, סוג הקרקע והמשקים המישומים. בהתאם לאלו, ולאחר המלצות יועץ חקלאי ובחינת זכאות לתמיכה כספית<sup>104</sup>, יש לקבוע את הממשק המתאים בתכנית.

### ג. יתרונות

השהייה נגר באזורי המיעדים לפארקים ויערות מענירה את המערכת האקוואולוגית והנוופית של מרחב הפארק. קרקע לא מהדקה ושורשים עמוקים יוצרים מוליכות מים טובת וצתת לצד מערכת אקוואולוגית מפותחת, המשמשת כפילטר ביולוגי, והופכת את העיר לאזור השהייה והחרדה מעודף.

חקלאות המתוכננת באופן המשמר נגר, הינה, מעבר להיבטים של השהייה וחולול מי הנגר, בעל יתרונות רבים בהיבט החקלאי. שימוש נכון במשקים חקלאיים משמרי נגר תורם לבリアות ופוריות הקרקע וכן, מצמצם את זיהום הנהלים בכימיקלים שמקורם בענף החקלאות. תפיסת מי הגשמים מגדילה את אוגר המים הדרוש עבור הגידולים החקלאיים ומקטינה שחף

<sup>104</sup> תמיוכות הניתנות ע"י משרד החקלאות במסגרת קול קורא לתמיכה בפעולות שימור קרקע ומים

קרקע מהשדה. מניעת סחף ושמור קרום הקרקע תורמים בטיעוב סביבת השורש ושמירת חומרי הרזנה בשדה.

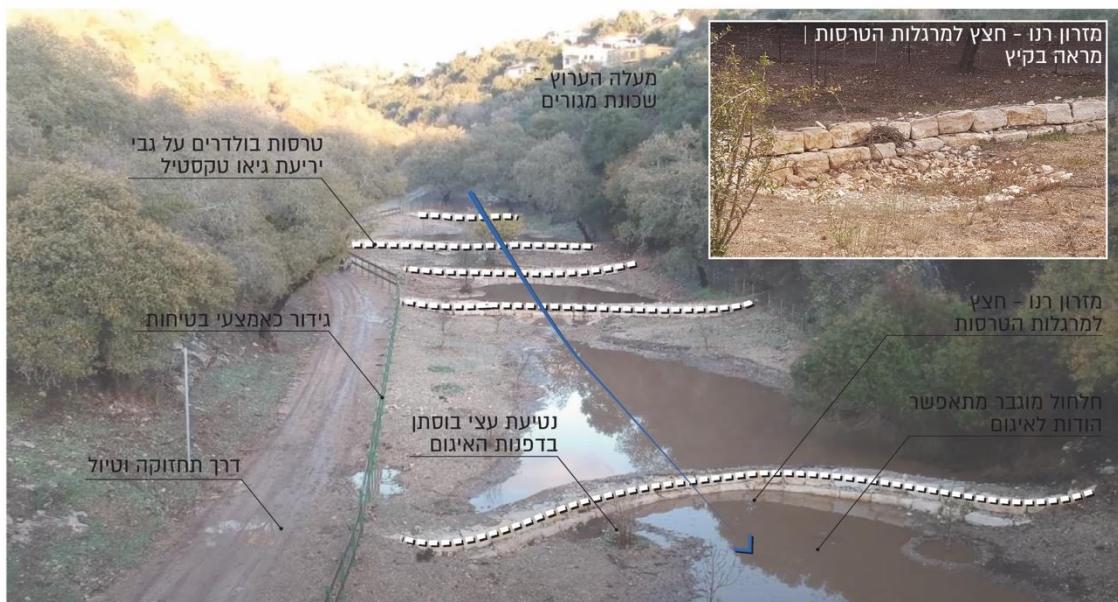
#### ד. חסכנות

באזורים בהם כמות הגשם السنوية אין גובהות יש להתייחס להשפעה של הפחתת הנגר במورد ולודא כי לא עתיד להיגרם מכך נזק. על אף היתונות המוסכמים של מושקים לשמור נגר בחקלאות, בחינה של עלות תועלת לישוםם, שinaire מתיחסת לתועלות ניהול הנגר ומונעת הנזקים במورد, עשויה להצביע על שinaire משתלמת כלכלית. גם במקרים בהם קיימת כדאיות כלכלית, עלויות ההסבה למושק עיבוד חדש עשויות להוות חסם נוסף.

#### 7.2.7.1 דוגמאות לשהייה נגר בעיר ופארקים

##### א. השהייה נגר באמצעות נתicutות בשטחים חשופים

נתicutות במדרוןות חשופים ישפרו את אחיזת הקרקע ובניתה. עם הזמן, קרקע זו תאפשר שגשוג של צומח רב-שנתי ועשביוני, שכבות נוספות של כיסוי צמחי. שורשי עצים عمוקים ועשבייה מקומית, יגבירו את הולכת המים ואת האוגר בקרקע. פעולות אלו יקטינו את מקדם הנגר ויפחיתו את עצמות הזרימות במورد ויצמצו סחף קרקע. שילוב הנתicutות עם פעולות לדירוג השטח כגון טרסות, שיעצימו את השפעתן.



איור 57 / השהייה באמצעות נתicutות בשטחים חשופים, נחל דושה. תכנון וbianco: קק"ל

## 7.2.7.2 דוגמאות להשהיות נגר בשטחים חקלאיים

### א. עיבוד לאורך קווי הגובה בשדה

קווי חריש או תלמים המשיקים לקווי הגובה שוברים את נתיבי המים ומחזירים אותם לאורך השדה. הסחיפה המשטחית קיימת אף נמוכה, ותואצתה נבלמת לאורך המדרון ע"י בליטות הקרקע שמייצר משק העיבוד. לעומת זאת, עיבודו של החותכים את קווי הגובה מנזקם את המים לעורצים מקומיים ומאפשרים להם לזרום במדרון ללא הפרעה. סחיפה ערוצית מסוג זה מייצרת סחף קרקע מקומי לאורך נתיב הזרימה וגורמת להעמקה שלו ולהגברת אנרגיית הזרימה והסחף בערוץ. בשיטות גבהים ניתן לדרג את השטח באמצעות אמצעים שונים כגון גדודיות, לימנים או טرسות לאורך קווי הגובה.



איור 58 / דירוג שטח חקלאי משופע באמצעות טרסות בנחל יונאי

### ב. חיפוי קרקע צמחי או יבש

טיפולו הגשם המכות על קרקע חשופה אוטומטית ומהדקות אותה. שכוך הנפילה ע"י כיסוי צומח שומר על מרכיב הקרקע ויכולתה לספוח מים. כיסוי צמחי יבש יסייע במיתון זרימות מקומיות העוברות מעליו. כיסוי חי של צמחיה בעלת שורשים, יתרום גם בהחדרת המים לעומק הקרקע.

## 7.2.8 מאגרי צד

### א. הסבר כללי

מאגרי צד הם גופי מים בעלי נפח ממשמעותי, המתמלאים על-ידי הפניה של זרימות שטפוניות מאפיק הנחל. האנרגיה המהדרים מפחיתה את נפח המים שעובר באפיק הנחל באירועי קיצון ובכך מקטינה את ספיקות השיא במורוד. איגום המים עשוי לשמש שירות לחקלאות, או להעשרת מי התהום, וכן, לצירמת ערכים נופיים ובתי גידול לחים בסביבת המאגר והתעלות המזינות אותו. האוגר האפקטיבי המשמש ב惋נות הספיקות בנחל תלוי בשטח המאגר והפרש הגובה בין מפלס המים בתחילת אירוע והוביל המקסימלי. עם מילוי המאגר, עומק המים וקצב החלול של הקרקע יקבעו את משך מופע המים. במידה הצורך, ניתן לחפור תעלת ניקוז החסומה בסכר שתאפשר לרוקן את המים אל הנחל שבמורוד בתום האירוע, על מנת לנפח נפח אגירה לקרה אירוע הגשם הבא.

### ב. שילוב בתכנית

לצורך שילוב מאגרי צד בתכנית, יש למפות את מרחב הנחל לטובות זיהוי שטחים המתאים לאיגום או השהייה זמנית של מים באירועים שטפוניים, דוגמת מלחצבות, פארקים, שטחים חקלאיים ושטחים פתוחים נוספים בדוגמאות המשך. שטח וחדר המאגר ונפח האגירה הרצוי, יקבעו בהתאם לחישוב נפח הגאות.

המגלאש ותעלת ההטייה למאגר יתוכנו בהתאם למפלסי הזרימה בנחל בספיקות התיכון הנדרשות, תוך תיעיסות לפונקציית המטרה. תיתכנה למשל, דרישות להשתתת זרימת בסיס במורוד לשם קיום זרימות סבירות. שיקול נוסף נפח האגירה הזמין בגין נפח הגאות הצפויים. ככל שהנפח הזמין קטן מידי, ניתן לתכנן את ההטייה כך שתתפס רק את שיא הזרימה, על מנת שלא לשבז נפח בספיקות נמוכות. אפשר ויהיו גם מגבלות מקומיות כגון אזורים עליהם יש לשמור מהצפה בהסתברויות שונות, (למשל, איזור פעיל מול איזור לא פעיל במחצבה). כל התערבות במשטרי הזרימה של הנחל תיעשה תוך בחינת השינויים הצפויים ברצועת ההשפעה של הנחל ושמירה על בית הגידול הטבעיים שבה.

תכנון ביתי הגידול והשימושים הרצויים במאגר יתחשב בהידרופריזה (משך האיגום או ההשהייה של המים במהלך עונות השנה) ובשינויים ותקופות חזרה רב-שנתיים. הסטה מים מאפיק הנחל תתמקד ב惋נות אירועי שיא ותמנע מפגעה בזרימת הבסיס. כל התערבות במשטרי הזרימה של הנחל תיעשה תוך בחינת השינויים הצפויים ברצועת ההשפעה של הנחל ושמירה על בית הגידול הטבעיים שבה.

### ג. יתרונות

המאגר הפתוח וסביבתו תומכים ומעודדים יצירתיות ערכים נופיים ואקוולוגיים למרחב, בדגש על תעלות ההזנה והניקוז המשמשים כמסדרון הידרולוגי ואקוולוגי וכמסלולי טiol למרחב הנחל. מופע המים המשתנה לאורך השנה והמערכות האקוולוגיות של בית גידול לח מעשירים את הסביבה הטבעית של המאגר וכן את חווית הנוף והפנאי בשטחים אלו. מאגרי צד נוטים להתמלא בפחות סחף ועל כן דורשים תחזקה נמוכה יותר בהשוואה למאגרים בערוץ הנחל.

## 7.2.8.1 דוגמאות למשקים של מאגרי צד

### א. חפירת מאגר חדש

חפירת מאגר מאפשרת לבחור את מיקום המאגר, סוג הקרקע (לאפשר חלחול או אגירה), נפח המאגר ותוכנו החתכים הרצויים.



איור 59 / בריכות חורף בתחום מחלף תל קשיש, כביש 6, ניקא שטחי המחלף וייצרת ערך אקולוגי

### ב. מאגר מחצבה

מחצבות רבות נחפרו בערוצי נחלים או בקרבתם, ובתום תקופת פעילות האתר, ניתן להשתחש בבורות החציבה כמאגרים להשהייה וחלחול. השימוש במחצבה לטובת מאגרי מים צריך לכלול פועלות שיקום וייצוב על מנת להימנע מקריסת מדרכנות וחיהום מי תהום.



איור 60 / מחצבת פולג ששוכנעה כאגם בעל מאפיינים טבעיות. תכנון: ברוידא-מעוז. צילום: מדבא מדידות והנדסה בע"מ

#### ג. הצפת התוואי ההיסטורי הטבעי

נחלים ועוזחי זרימה רבים הוסדרו בתעלות עמוקות ושרות. בכלל, תנועת המים בעורוץ תשאף לחזור לצורתה הטבעית. במקרים רבים תוואי הזרימה הטבעיים עדין נוכחים בשטח, ועל ידי הסרת חסמים בנקודות החיבור עם תעלת הנחל, ניתן לשלבם חזרה לתוואי הנחל הטבעי. ככל שלא התבכעה הפרה משמעותית, התוואי ההיסטורי יהיה נמור ביחס לשטח ויכול לשמש כמאגר לינאי זמין.

#### ד. תעלות הגנה

תעלות המוליכות את עופדי-המים (Overflow) מהאזור המוצף למورد העורוץ הראשי. התעלות חוצצות בין השטח המוצף למרחבים הסובבים אותו, ומגינות עליהם במצב של עלייה קיצונית במפלס המים. תכנון מאפיינים טבעיים לתעלה (תוואי, חתר וכיסוי קרקעית וגdot), מאפשר ייצור של בית גידול חדש, התומך בתפקוד המערכת האקוולוגית של מרחב הנחל. עם זאת, נדרש התחשבות לצורך ההידרולוגיה של הולכה עיליה של המים למورد גם באירועי קיצון.

## 7.2.9 פשט הצפה

### א. הסבר כללי

לכל עירץ נחל כשור הולכה מוגבל, הנקבע לפי מידות החתך והשיפוע האורכי הקבועים, והספיקה ומקדם החיקור המשתנים. בעליית המפלס לגובה הגdots נפרצים ערוצי זרימה חדשים וזרימות רדודות מתחילה לחיצף שטחים נרחבים, הנקראים פости ההצפה של הנחל. מחוורי ההצפה של פשט הנחל תורמים לייצור המערכת האקולוגית בסביבתו, והם חלק טבעי ורצוי בוויסות משטר הזרימה במورد. שטחים מיישוריים בפשט ההצפה של הנחל משמשים להשיה וחלאול של נפח מים גדולים לפרק זמן קצרים. משך ההצפה יכול לנوع בין דקות לימים ספורים, ומושפע בעיקר מנפח ההצפה, ממקדם החלול של הקרקע, מגובה המים וכן מהאפשרות של המים להתנקז חוזרת לעירץ הזרימה, עם ירידת המפלס בתעלת.

### ב. שילוב בתכנית

נפח ההצפה האפקטיבי נוצר מגובה המפלס וגודל השטח המוצף, ובמידה פחותה, מקצב החלול של הקרקע. למציאת רום ההצפה. על מנת לחשב את גובה ושטח ההצפה, יש להציב מודל הידראולי דו-מימדי של הנחל והשיטה הרלוונטי לפשט ההצפה, לפי תקופות חוראה שונות. החישוב יתייחס גם לתוואי הזרילה של המים מהעירץ הראשי, לאורך מקטעים שלמים או בתעלות.

לצורך איתור פости ההצפה פוטנציאליים, יש למפות את שימושי הקרקע למרחב הנחל, ולבחון את השימושים שיוכלים להתקיים בסביבה מוצפת. שצ"פים עירוניים, שדות חקלאיים, פארקים וכן, שטחים פתוחים נוספים יכולים לשמש להצפה מלאה, מבלי שתפקידם העיקרי ייגע. עם זאת, נדרש התאמנה פרטנית לגבי הצריכים השונים של כל שטח, (שטח חקלאי מול שטח פתוח לדוגמה) ומשך ההצפה הצפוי. ניתן לראות הרחבה בסעיף 7.2.7 'השיהה במעלה'.

שילוב תשתיות בשטח פости ההצפה, יבחן ביחס להבטחת עמידותן באירועי הצפה. בנוסף, יש להציב בשטח שילוט המזהיר מתנועה במקום במהלך אירועי גשם והצפות. כמו כן, ניתן להשתמש באמצעות שיטות, כגון תעלות/סוללות הגנה ועוד, לטובת תיחום והגבלת שטח ועוצמת ההצפה. ככל שימושים נוספים, סוללות וסכרים, יש לשקל בעת הליך התכנון גם היבטי תפעול, תחזקה ובקרה לפני, בעת ואחרי אירועי הגשם.

### ג. יתרונות

שימוש מושכל בשטחים פתוחים גם לטובת השיהה וחלאול באירועי שייא, ללא פגיעה בתפקוד העיקרי שלהם, מהוועה תכונן מתקדם ווחכם, המאפשר ניצול מיטבי של משאב הקרקע, בהשוואה לתכונן מאגרים ושטחים נייחול נגר בכל. בנוסף, תכונן זה מאפשר תפיסה של הנגר, באמצעות איגום וחלול, ושימוש בנגר להחדרה או השקיה שטחים חקלאיים וטבעיים. הרחבת הרצואה הלהה לצד אפיק הנחל מחזקת את התפקידים השונים של רצועת השפה.

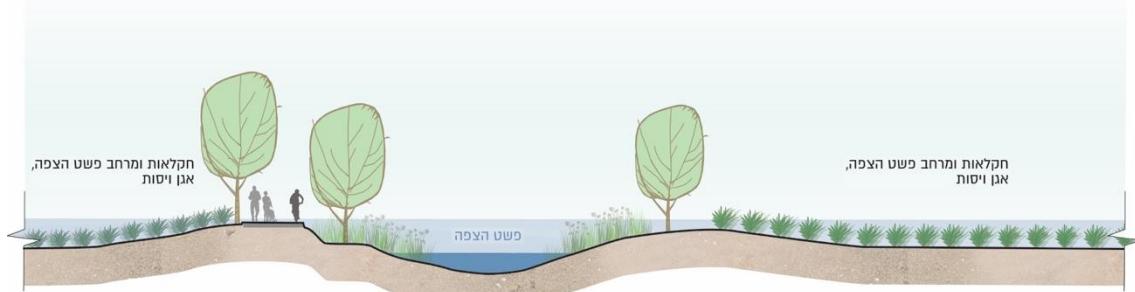
### ד. חסרונות

ההצפה דורשת שטחים רחבים למשך זמן משתנים, ויש לבחון שאינה פוגעת בשימושים הנוספים המתוכננים של השטח.

### 7.2.9.1 דוגמאות ליישומים של פשטי הצפה

#### א. פשט הצפה בשטחי חקלאות

בעבר הפנית זרימות רדודות לשדות חקלאיים הייתה משק חקלאי מקובל. הזרימה השטפונית העשירה את הקרקע ומשמשת להשקיה. בחקלאות המודרנית אין צורך בהצפת השטחים, ואף קיים צורך לנתק ליבולים, בהתאם לסוג הגידולים, עומק ומשך ההצפה. כיום, בשטחי חקלאות הנמצאים בתחום פשט הצפה ומשמשים להשהייה נגר, נדרש תיאום ובקרה על מנת לשמור על תפקודם. בחירה של שטחים חקלאיים שיישמו כפשטי הצפה (ע"י הסטה מכוונת של נגר אליו), תהיה בהתייחס להשפעה הצפוייה לשטח, מבחינת הקרקע והתוכרת החקלאית, במטרה ומקסם את התורמה לקרקע ולצמצם את היקף הנזק. תכנון להצפת שטחים חקלאיים ייעשה בתיאום מלא עם החקלאים, וכך כל שמדובר בשטחים נרחבים, התיאום יהיה גם עם משרד החקלאות.



איור 61 / פשט הצפה בשטחים חקלאיים

#### ב. פשט הצפה בשטחים פתוחים

שטחים פתוחים כמו עיר, פארק, שצ"פ וכו' בקרבת אפיק הנחל, הינם בעלי פוטנציאל לתפקיד גם כפשת הצפה. התפקיד כפשת הצפה יהיה בהתייחס לתכסיית השטח, על מנת למנוע פגיעה מהצפה מתמשכת. תכנון השטח המוצף בשילוב יצירת בתים גידול חדשים ומופעמים משתנה, יכולים להעשיר את סביבת השטח הפתוח מבחינה נופית ואקולוגית. תכנון שימושים עמידים להצפה ותכסיית קרקע שאינה אטימה, מאפשר לשטחים אלו דוא"שימושיות, וחשיבות בניהול משטרו האזימת ומרחב הנחל.



איור 62 / הצפה של פארקים ותחתיות טילות ונופש, נחל אלכסנדר

### 7.3 חלחול לתוך הבלתי רוי

מקור מי התהום מתחת לקרקע (אקוויפרים), הוא מלחול גשמי ומעינות. המים הנצברים, מרroys ונשמרים בין חללי הסלעים, בדומה לספג הרוי במים. מניעת הזרמה טבעית לשכבות האקוויפר עלולה להביא לזיהומו ובכך להוציאו מתפקוד כמקור מים.

מלחול לתוך הבלתי רוי הוא מלחול טבעי של הנגר עד לעומק של 3 מטר מעל מי התהום. המלחול מאפשר לנגר לעبور תהליכי טיהור טבעיות, ולכן, בשונה מהחדורה לתוך הרוי, בה ניתן להשתמש בנגר עירוני נקי בלבד, במלחול ניתן לעשות שימוש בנגר עירוני שמקורו בדרכים ובגינות. מהתווך הלא רוי, בהתאם לגובה מי התהום, יחוללו המים בהדרגה ויעשרו את מי התהום (התווך הרוי).

#### 7.3.1 תעלות וערוגות עצים

##### א. הסבר כללי

הפניית מי נגר ממדרכות ומשטחים מרצפים לערוגות שתילה, ע"י מיקום הערוגות נמוך ממפלס הריצוף, לצורך השהייה ומלחול מי נגר. לעיתים נדרש לשלב מגביל שורשים.

##### ב. שילוב בתכננית

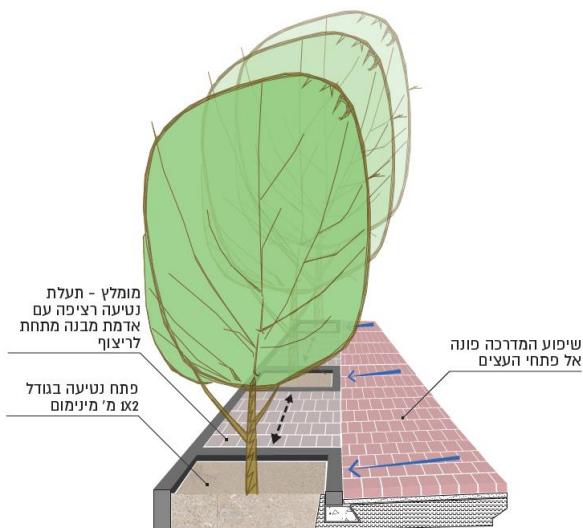
חתך הרוחב הティופוסי שלב רצועת תשתיות לאורך אבני השפה. רצועות אלו יכולות להיות משולבת בפתחי נתיחה ארוכים או ערוגות לינאריות, ברוחב מינימאלי של 1 מ', (תווך שמירה על רציפות בית גידול), אליהם יאספו מי הנגר. הפניה מי נגר מרחבות וכיירות אל ערוגות צמחייה ונטיעות. מגרשי חנייה משלבים רצועות גינון לינאריות אליהם נאספים מי הנגר. על מנת לשמור על גישות, יש לאפשר מעברים מקומות חניה או חניה של הרחוב. בפתרונות המשלבים בתים גידול לעצים, מומלץ להשאיר את סביבת העץ פנויה מריצוף אוטום, על מנת להבטיח מרחב גידול מיטבי לעץ ובכך גם לשפר את יכולת ניהול הנגר והמלחול לקרקע.

##### ג. יתרונות

מייזור מי נגר להשקיה צמחייה ונטיעות, וחסכו בהוצאות השקיה. העצמת השילד הירוק ברחובות, שיפור ושימור איכות הנגר והקרקע.

##### ד. חסרונות

קורסיב בתחזקה שוטפת של רצועות מגוננות צרות ולא רציפות במרחב הציבורי



איור 63 / מלחול לתוך הבלתי רוי באמצעות  
תעלות וערוגות עצים

### 7.3.2 מעגלי תנועה

#### א. הסבר כללי

מעגל תנועה הוא אלמנט תחבורה נפוץ לוויסות תנועה. שטח הכביש הפנימי ברוב המקרים אינו שימושי להוציא תועלות חזותיות. ניתן להשתמש בשטח זה גם לניהול נגר, בשילוב אמצעי השהייה וחלחול.

#### ב. שילוב בתכנון

ברוב המקרים, מעגל תנועה המתוכנן לנחל נגר, יתוכנן במפלס נמוך מסביבתו וכן יקלוט את הנגר מהכਬיש המקיף אותו. המים יזרמו למעגל התנועה באמצעות קולטן ייעודי, או דרך הריצוף החוצץ בין הכביש למעגל, שעליו להיות במפלס מתאים.

בתת הקרקע מתחת למעגל יש לבסס מצע מחלחל, שמננו תהיה יציאה למערכת התיעול או לאמצעי ניהול נגר אחר. ככל שהנגר יוזם למערכת התיעול, כושר ההולכה של המוצא יתחשב בנפח המים שניתן לאגור בכיכר, על מנת להבטיח מניעת הצפה בכבישי.<sup>105</sup> כמו כן, אין להתחשב בקצב החלחול בחישוב כושר ההולכה, מכיוון שהינו קטן בסדרי גודל מקצב היוצרות הנגר בעת אירוע שיא.

מומלץ לבנות את הכביש עם אלמנט מחלחל הדומה לבריכת שיכון (ראו סעיף 6.3.2, 'בריכת שיכון'). במידה ושכבות הקרקע העליונות מתאימות לחלחול, ניתן לבסס מצע מחלחל.

כלל, שנדרש לחדר שכבת חרסית בצדיה להגיא לשכבה המטריה בתת הקרקע, או שורצים להאייז את קצב החלחול, ניתן לשלב גם מספר בורות חלאול בתחום. כמו כן, לאחר שמדובר בנגר כבישים שאסור בהחדרה, יש לשים לב כי החלחול לא יעבור לתווך הרומי.

יש לודא כי הנגר הנזכר נכו מScheduler על מנת שלא יסתום את הכביש. אם הנגר נכנס לכיכר בזירה עילית, הרי שהדבר פחות חשוב, כיוון שקל יהיה לנוקות את הסחופת ולעתים אף ניתן לתוכנן את הכביש בכוונה שתשתמש כמלכודות לסחופת.

במידה והנגר מחלחל לקרקע, ניתן לצמצם את הסחופת באמצעות מלכודות בקוטניים. במידה ומפנים הנגר מערכת התיעול לכיכר, יש לעשות זאת לאחר בור שיקוע וכן בציינור שיתחיל בהיסט מקרעית מערכת התיעול.

במידה והקרקע אינה מחלחלת בקצב מספק והמים יישארו במתokin, עלול להיווצר ביופילים (בוצה), שתשകע לקרעית ותכסה אותה בשכבה אטימה שתעכב החלחול עתידי. במקרה זה יהיה צורך בפעולות תחזוקה תכופות כוגן תיחוח או הסרת הבוצה. על מנת למנוע זאת, יש לתוכנן את המתokin כך שיתרוקן לאחר 24 שעות, לכל היותר. אם לא ניתן לעשות זאת באמצעות החלחול או צינור יציאה בקרעית, יש לתמוך ברכיבן באמצעות משאבה.

במידה ויישנו מעגל תנועה גדול במיוחד, או שמקימים תחתיו איגום תת קרקי, ניתן להפנות אליו הנגר מקו ניקוז סמור ולפתורן אзорוי לניהול נגר.

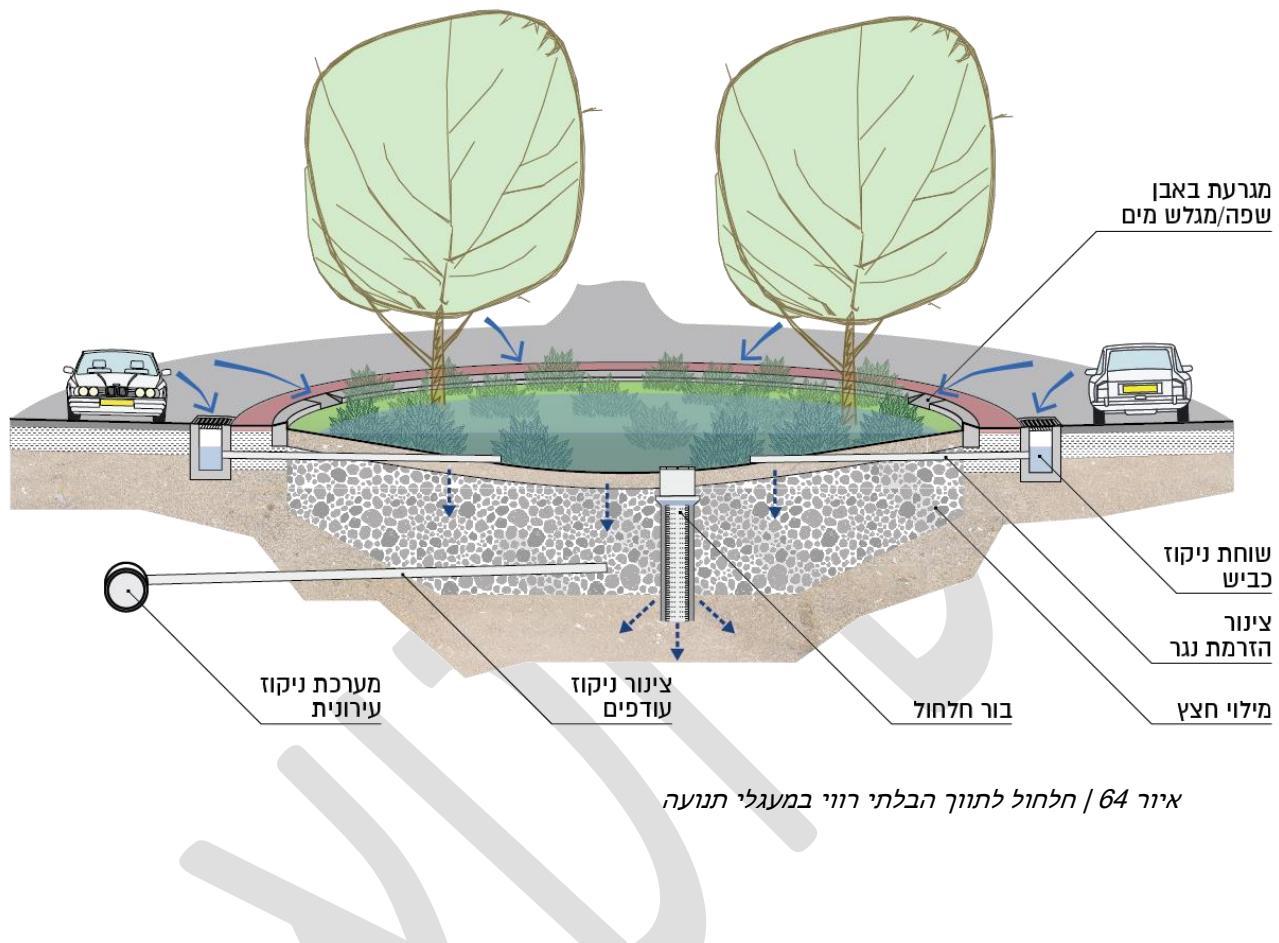
#### ג. יתרונות

ניתול יעיל של שטח נופי. ניתן לנחל בכיכר כמיות נגר משמעותיות, במקרה של הצפה, הכביש שמסביב למעגל יספק חוץ נוסף בין ההצפה לבתים, ובכך יגדיל את ההגנה על הרחובות והבתים.

<sup>105</sup> לפי הסתברות הקובעה בתמ"א 1:20 - 1 שנה

#### ד. חסכנות

גודל המתקן מוגבל לגודל המעלג התנועה. במקרה של אירוע גדול מארוע התכנון, או תכנון שגוי, או תחזקה לקויה, עלול לגרום להצפה בכביש.



אирו 65 | כיכר מחלחלת בפרדס חנה (טרם שתילת הצמחייה). תכנון הידרולוגי וצלום: אורן מורן

### 7.3.3 ריצוף מנקי

#### א. הסבר כללי

ריצוף רחוב, חנייה או שביל, המשמש כسطح גסף לקליטה והשהייה מי נגר, חלחול או הובלה למערכת הניקוז. החלחול מתאפשר ע"י מעבר הנגר בין ארכוי הריצוף, שמנוחים במרוחים מתאימים. הריצוף עצמו מונח על שכבת חומר אנרטוי מדורג, (אגרגטים בגודלים שונים), שמתתתיתו ירידעת איטום לניקוז הנגר והעברתו למערכת התיעול או לטיפול אחר. ריצוף מחלחל הינו ריצוף מנקי שאיןו כולל ירידעת איטום, ולכן לאפשר חלחול נגר.

#### ב. שילוב בתכנית

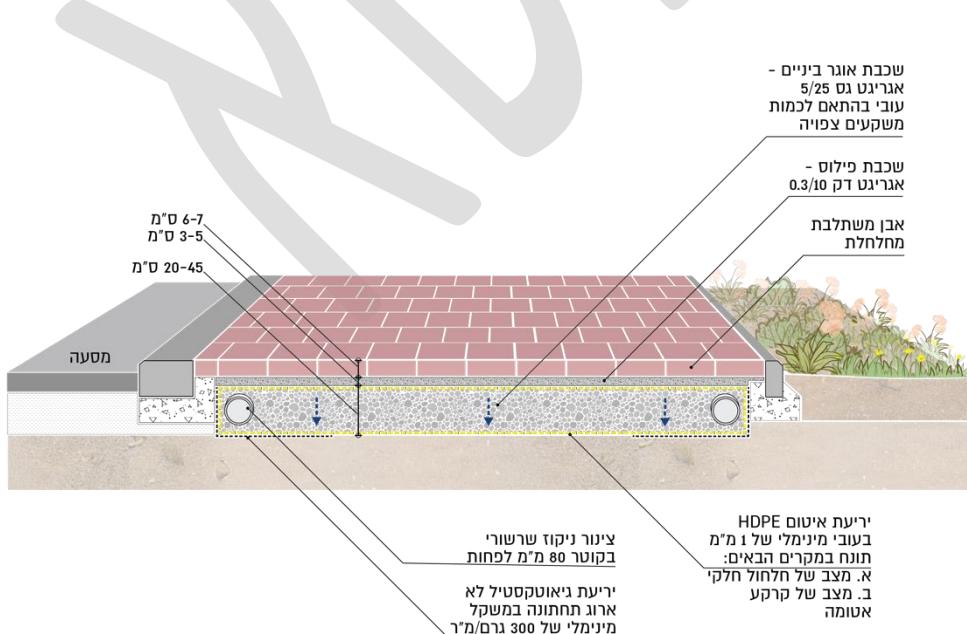
ניתן לשימוש בחיפוי משטחים גדולים בהם ניתן להשרות מים לפרקי זמן קצרים, כגון מגשרי חנייה או ברציפות חנייה ברחובות. כתלות ביכולת החלחול של הקרקע, ניתן להשתמש בריצוף מחלחל, על מנת להוביל את הנגר הנזכר ישירות לקרקע. מומלץ לשימוש בריצוף משולב נתיעות, כל שיתרמו לכידת אבק ובכך למנוע סתיימת הפוגות בריצוף.

#### ג. יתרונות

ニיטול שטחים עירוניים האוטומים בד"כ, לטובת ניהול נגר.

#### ד. חסרונות

כמו אבק ומיוט גשמי בישראל מגדיל את הסיכון לסתימת המרווחים בין המרצפות. תפקוד הריצוף המנקז תלוי באופן הנחת שכבות המצעים (שכבת חומר אנרטוי), כך שבניה לא נכונה מסכנת את תפקוד הריצוף, ועלולה להפוך אותו למפגע. ישנה תפישה מוטעית לגבי הצורך תחזוקה תכופה, הנובעת מישום שגוי של האמצעי שנעשה בעבר בישראל, שמקורו בשימוש במצעים במקום אגרגטים, שאטמו את הקרקע.

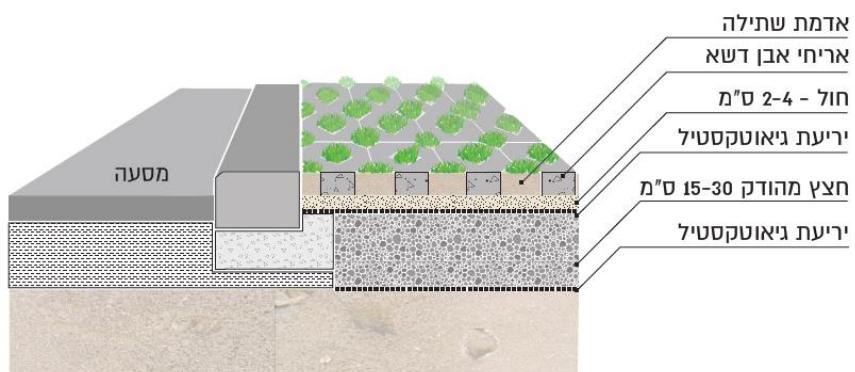


איור 66 / חלחול לתוך הבلتוי רווי באמצעות ריצוף מנקי

### 7.3.3.1 אבן דשא

אריחי דשא הינם אריחים מחרוררים, הבנויים בצורת 'כוורת' או בצורה אחרת המאפשרת לשוטל דשא בחריצים או למלאם בחיפוי קרקע גראנולרי. פתרון זה מאפשר חלחול מים לקרקע. האריחים מאפשרים ריצוף שבילים וחניות לרכב קל ותשתיות גישה יציבה בחרום לשאית כיבוי אש, (לכל אחד מהיישומים נדרש ביסוס שונה).

לאריחים יתרון בכך שהם פחות נוטים להיסתם מהריצוף המנקז. החסרון נובעים מהאקלים המקומי אשר יוצר סתיימות של החריצים מאבק. כמו כן, האריחים אינם מתאימים לריצוף שבילים הדורשים נגישות לכיסאות גלגלים או עגלות, ובקיים הם עלולים להיראות פחות טוב, ללא השקיה.



איור 67 / חלחול לתוך הבלתי רווי באמצעות אבן דשא



איור 68 / דוגמא לאבן דשא המשמשת לחניה

### (Rain Garden) 7.3.4 גן גשם

#### א. הסבר כללי

פיתוח נופי המשלב שקעים רדודים בקרקע טبيعית, במקומות הנמוכים בגן, בהם שתולות צמחייה. אזורים אלה מושתים את זרימת הנגר אוגנים את הנגר ומאפשרים חלחול לקרקע. הגן מתוכנן באופן הדומה לשטח פתוח טבעי, בכך שהינו ישב בקייז ואילו בעונות גשומות, מי הנגר משקם את הקרקע ותרום להתחפות הצמחייה.

#### ב. שילוב בתכנון

גן גשם יכול להיות משולב בנקודות הנמוכות בשטחים פתוחים מגוונים, כגון שטחים ציבוריים פתוחים, כיכר עירונית, גינות פרטיות.

ניתן לאין בתכnon בין שילוב קרקע בעלת כושר חלחול נמוך, אשר תשאה את המים למשך זמן ארוך יותר, תיצור מופע מים בגן ותתרום להעשרה הצמחייה, לבין שילוב בור חלחול לשיפור החלחול לקרקע.

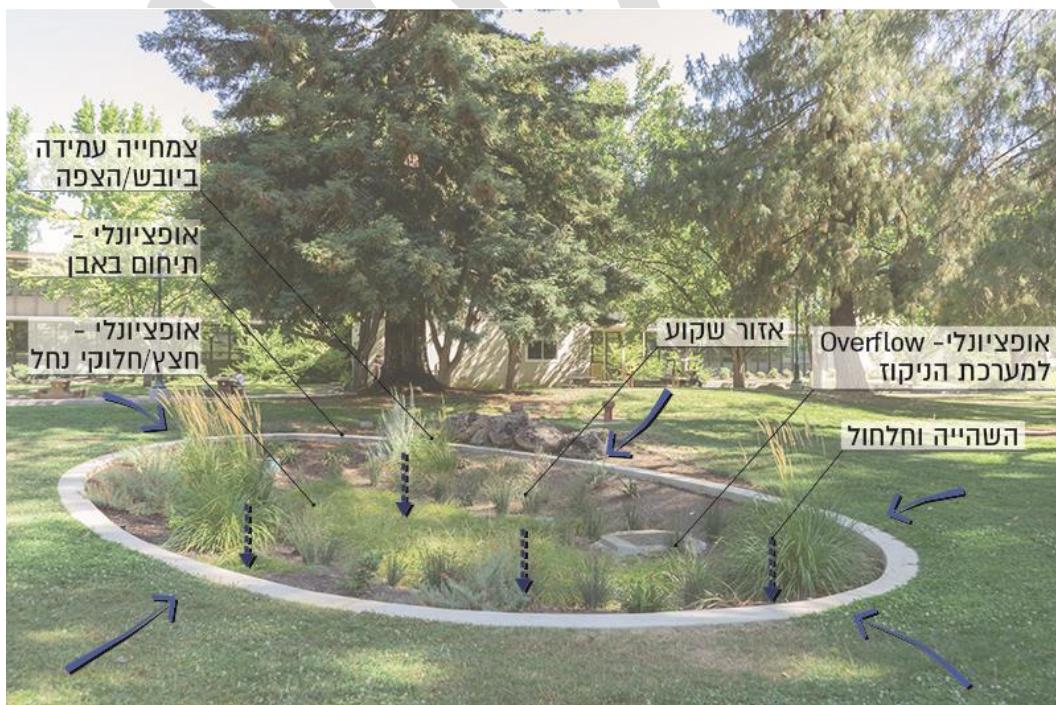
יש מקום פתח יציאה נוספת לנגר העודף (OVERFLOW), על מנת למנוע הצפה של אזורים סמוכים באירועי קיצון.

#### ג. יתרונות

מייחזר מי הנגר, באמצעות אספקת השקיה טבעית לצמחייה, מהוות ערך נוסף להחדרתם לקרקע. עלות הקמה נמוכה, יכול להכיל מגוון שימושים, משפר את איכות האויר ותרום לייצור בית גידול חי ולצמיחה התורמים למגוון הבiology.

#### ד. חסרונות

פיתוח אקסטנסיבי לעיטים פחות מתאים לגיניות עירוניות בשטחים מצומצמים. מצריך תחזוקה הכוללת הסרת עשביה לא רצiosa ואפשרות להשקיה בקייז.



אייר 69 / גן גשם ב-*b*, סקרמנטו, קליפורניה, ארה"ב

### 7.3.5 בריכת בקאלש

#### א. הסבר כללי

אגן ראשון המשמש לקליטה והשהיית נגר ולשיקוע סחף קרקע ופסולת. האגן מכוסה שברי אבן (בקאלש וחצץ), המאפשר השהיית נגר בין החללים, ומעבר הנגר לחולול לקרקע, (כתלות בסוג הקרקע). האגן יכול להיות בניו ציר או כמתחים דקורטיבי, וудפי הנגר ממנו יכולים להיות מוחרמים לאמצעי ניהול נגר אחר.

#### ב. שילוב בתכנונית

ניתן לשלב בגין רובי, עירוני או בשטחים פתוחים. יש לוודא את מקורות הנגר כולל אפשרות של גלישת ביוב למניעת זיהום תת-הקרקע. בהתחשב באיכות המים ניתן לשלב קידוח, ובכך לאפשר גם החדרה לתוך הרoxy.

#### ג. יתרונות

עלות הקמה ותחזוקה נמוכים, בניו מחומרם טבעי שיוכלים להיות גם מקומיים. ספיגת הנגר בתת-הקרקע יכולה לשמש להשקיה עצים וצמחים מעמיקי שורש לאורך השנה.

#### ד. חסרונות

מתאים כתלות באיכות מים טובה ונקייה מזיהומיים.



איור 70 / חורשת בויאר, תל אביב (טרם שתילת הצמחייה). תכנון וצילום: ליאב שלם

### 7.3.6 קידוח החדרה לתווך הבלתי רוי

#### א. הסבר כללי

מערכת המאפשרת חלחול מי גשם או עופפי נגר אל התווך הבלתי רוי.<sup>106</sup> השימוש במערכת הוא לקרים בהם מי התהום עמוק או שנמצאים באזורי אקווייפר ההר, ולכן קידוח החדרה לתווך הרוי עלול להיות מורכב ויקר. גם במקרים בהם הנגר אין נקי, לדוגמה נגר שמקורו בגימות, רוחבות, מגרשי חניה ועוד, (בשונה מגגות), ולא ניתן להחדרו ישירות למי התהום. ככל שמדובר בנגר נקי, ישנה עדיפות להחדרו ישירות למי התהום, (ראו הסבר בסעיף 7.4).

המערכת הבנויה על איסוף נגר מפני הקרקע לנוקודה נמוכה, בה ממוקם הקידוח, ומשם הובלת הנגר באמצעות צינור שרשרי (צינור מחורר), מתחת לקרקע. לפני כניסה הנגר לקידוח, יש לשלב מתן ויסות, שתפקידו להוריד את ספיקת הנגר, והוא חשוב במיוחד בהחדרה לתווך הבלתי רוי, כיוון שקצב החדרה בו נמוך ביחס לתווך הרוי. בנוסף, יש לשלב שוחת סינון / שיקוע, לטובת שיפור איכות הנגר המוחדר, והארכת חיי הקידוח, שתתאפשר ע"י מניעה של כניסה מוצקים, פסולת וסחופת לקידוח, הגורמים לסתימות ולבלי. השוחה תיבנה בהתאם למתקואר בסעיף 7.5.1 להלן.

#### ב. שילוב בתכנית

קידוח החדרה לתווך הבלתי רוי משתמש כפתרון למצבים בהם החדרה ישירה לתווך הרוי אינה עדיפה מבחינה מרחק מי התהום או מקור הנגר ומצב הקרקע המשפיעים על אפשרות הנגר. הקידוח הוא אמצעי נקודתי, הממוקם במקומות הנמוכים, ומתאים לסיטואציות מגוונות, דוגמת ניקוז גינות ציבוריות ופרטיות ומגרשי חניה. כמו כן, במקומות בהם קיימת שכבה מחלחלת הנמצאת מתחת לשכבה קרקע אטימית, קידוח החדרה משתמש אמצעי לעבריר את המים לשכבה המחלחלת, ויכול להיות מושלב בתתיתית אמצעי אחר לניהול נגר, על מנת להגדיל את נפח ספיקת הנגר המנוהל, ע"י הגדלת נפח וקצב הchlחול.

הבחירה להתקין את הבור, צריכה להיות בהתאם לתנאי ומאפייני השטח - סוג הקרקע, מרחק מי התהום, מרחק מיסודות המבנה ומערכת התיעול, לפיהם יקבע מיקום ועומק הבור.

יש לתת תשומת לב מיוחדת למניעת סתיימה של הקידוח, ע"י תחזקה שוטפת של שוחת השיקוע הצמודה לקידוח. כמו כן, בעת ביצוע עבודות הפירוח, סתיימה של הקידוח יכולה להיווצר מאדמת המגרשים שעוד לא מוצבת, חומרני בנייה וכדומה. הגנה על הקידוח יכולה להיות באמצעות כיסוי זמני בשלב העבודה או בהתקנת הבור בסיוםן.

#### ג. יתרונות

קומפקטי, יכול להיטמע בשטחי גינון בצורה טובה.

אפשר חלחול נגר עירוני מקורות מגוונים.

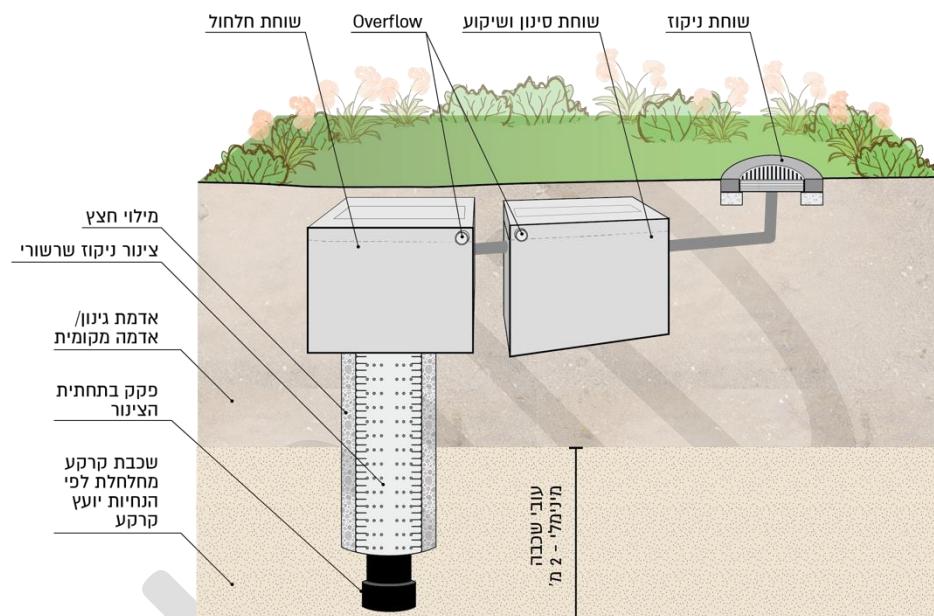
אפשר החדרת מי גגות במגרש הפרטיזן והציבורי מעלה אקווייפר ההר ובאזורים באקווייפר החוף בהם התווך הרוי עמוק.

#### ד. חסרונות

השלטה על מיקום ועומק הקידוח צריכה להיעשות בשיתוף עם יועץ קרקע, בהתייחס להשפעה על יסודות המבנה.

<sup>106</sup> האזורים מתחת לקרקע שאין בהם רווים מי תהום, ונמצאים במרחק של שני מטר מעל מפלס מי התהום בעונת האביב

מצרי ניקוי שוחות הסינון / השיקוע בrama עונתית או אחרי אירוע גשם. בנוסף, אחת לשנה, לקרהת הגשמי, נדרש ניקוי בשטיפה של הקידוח עצמו, לחילופין, ניתן לוודא את פעילות הקידוח ע"י מעקב רציף אחר קצב החדרה. במצב של תחזקה נמוכה, הקידוח וסביבתו עשויים להתמלא במים עומדים, בשל סתיימת הקידוח ועלייה המים על גדותיו.



אייר 71 / חללן לתוך הבלתי רווי באמצעות קידוח חדרה

## 7.4 החדרה לתווך הרווי

הזרמה מלאכותית של נגר מפני הקרקע ישירות אל התווך הרווי<sup>107</sup> באמצעות קידוח. היתרונו של החדרה לתווך הרווי על פני התווך اللا רוי, הוא שקצב החדרה גבוה יותר, (עקב מוקדם החיכון הנמוך), וכן, שהקידוחים לתווך הרווי גוטים פחות להיסתם. החיסרון הוא שהחדרה לתווך הרווי רגישה יותר לזרמיים, ולכן החדרת נגר ישירות למי התהום יכולה להת��ים רק במקרים בהם הנגר נקי, וכןון להיום המשמעותו היא שמקור הנגר הוא מגאות בלבד.<sup>108</sup>

כל שנמצאה סכנה לזרום מי התהום, מסיבת איכות הנגר או זיהום בקרקע, יש להימנע משימוש בקידוחי החדרה, או לבחון פתרונות לטיהור המים, שייהיו בהתאימות עם רשות המים והמשרד להגנת הסביבה. כמו כן, חוק המים, תש"ט, 1959, קובע את הצורך בקבלת רישיון החדרה מרשות המים, לטובת ביצוע קידוחים.

בקידוחי החדרה באזורי בנויים, יש לבחון פתרון לעודפי הנגר (overflow), בעדיפות להפניהם לשטח מחלחל או ישירות למערכת התיעול. גם בקידוחים לתווך הרווי יש צורך בוויסות ספיקה וסינון מקדים. כאשר מדובר במי גאות, מתכן הויסות יכול להיות במצב גג כחול (לא ירוק), או כשותה ייעודית בעלת נפח.

### 7.4.1 קידוחי החדרה

#### א. הסבר כללי

קידוח החדרה הוא מתקן גלילי הממוקם מתחת לקרקע, שמטרתו לקלוט נגר ולהעבירו ישירות לשכבות מי התהום.

#### ב. שילוב בתכנית

קידוח החדרה הוא פתרון יעיל לניהול נגר, חסכווי בשטח ותומך ומעシリ את מי התהום. במקומות ובביצוע נכונים, קידוח החדרה בודד, יכול לתת מענה לייעד ניהול נגר של מגרש שלם.

בהתאם לפרק המים בתמ"א<sup>109</sup> את קידוחי החדרה יש לשלב באזורי עדיפות להعشרת מי תהום, כפי שנופיעים במפת 'אזורים להعشרת מי תהום'.<sup>110</sup> בנוסף, קידוחי החדרה נותנים מענה לניהול נפח נגר משמעותיים גם במקומות עירוניים צפופים החסרים בשטחים פתוחים.

מקום קידוח החדרה יהיה בהתאם לשכבות הקרקע, בין היתר, על מנת להימנע מהחדרת מים לשכבות קרקע אטומות. בנוסף, הקידוח ימוקם למרחק מקירות דיפון. קידוח החדרה הינו אמצעי רגיון, ועל מנת לשמור את פעילותו לאורך זמן, יש לדאוג שלא יוצרו סתיימות. לצורך כך, נדרש להקצות לצד כל קידוח, שטח לשוחת סינון ושיקוע, לפתרון לעודפי הנגר.

<sup>107</sup> התווך הרווי הם אזורים מתחת לקרקע שהינם רווים במי תהום ובבולם העליון מהווה את שפת מי התהום

<sup>108</sup> לעניין זה, גגות ירוקים וכחולים, הכוללים מצע גינון המטופל בחומרדי דישון אסורים

<sup>109</sup> ראו סעיף 7.1.8

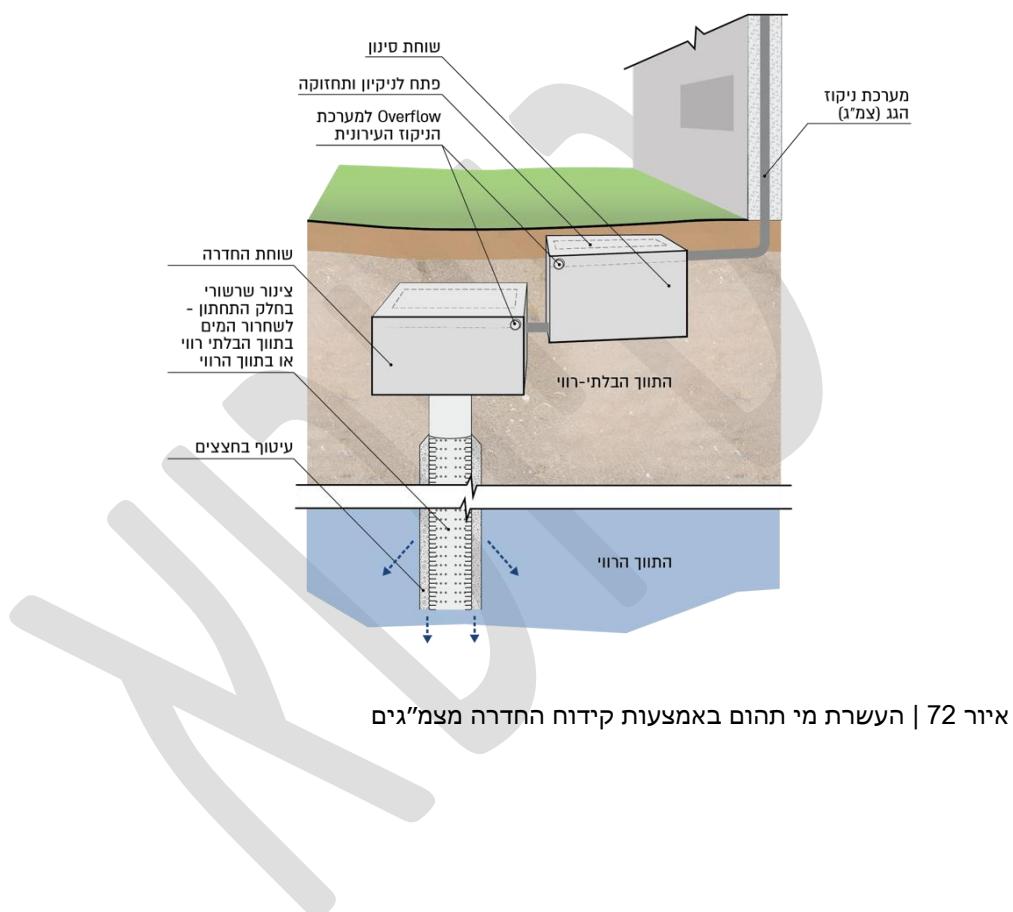
<sup>110</sup> כפי שהיא מפורסמת על ידי רשות המים באתר [data.gov.il](http://data.gov.il), בקישור הבא

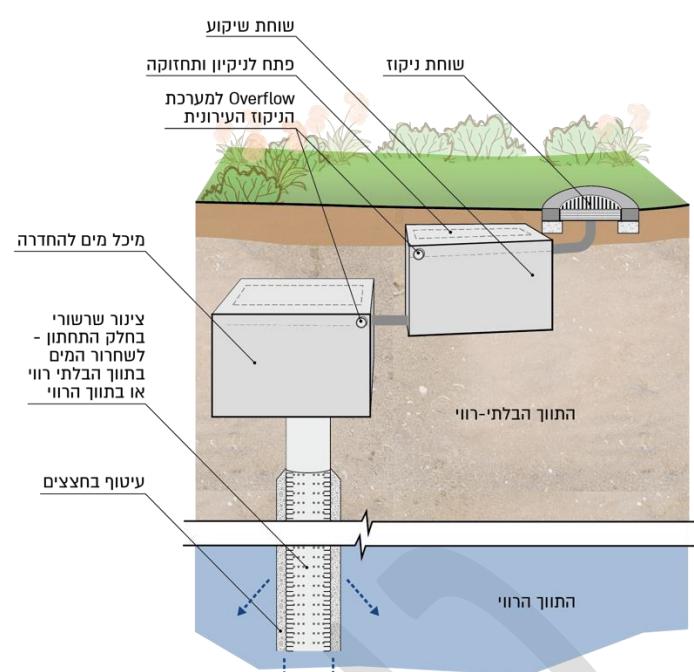
## ג. יתרונות

טיפול בכמויות גדולות של נגר בשטח קטן; מתן מענה לניהול נגר באזוריים עירוניים אינטנסיביים; העשרה מי התהום.

#### ד. חסרוןנות

עלויות הקמה גבוהות יחסית, בהתחשב בכך שקידוח אחד יכול לנחל נגר משטח של דונמים ספורים לכל היוטר. אמצעי רגיש שתפקידו תלוי בתחזקה שוטפת. לא ניתן לשלב קידוח החדרה בשטחים מבוקנים מתחת לקרקע, בשל החשש מעלייה והצטברות של מים מהקידוח בחול התת קרקעי, באופן שישכן את משתמשים.





איור 71 | העשרה מי תהום באמצעות קידוח החדרה בשטחים הפתוחים

## 7.5 טיפול איקות הנגר (Treatment)

הנגר הזורם על פני השטח עלול לספוח אליו חומרים מזוהמים (מוחקים, נוטריינטים, מתחכות כבדות ופטוגניים), המציגים בסביבה העירונית בכמותות ובריכוזים גבוהים, ובכך להביא לזיהום של הקרקע ומילוי התהום.

השימוש בקרקע ממנה מגיע הנגר, משפייע על סוג וריכוז המזוהמים שנושא הנגר. טיהור הנגר הינו אמצעי משלים לפתרונות ניהול הנגר, ומאפשר לפרק ולהרחיק את המזוהמים טרם העברתם לאמצעי ניהול הנגר אחרים.

עיקר המזוהמים מגיעים בגל הראשון של הנגר (First Flush), שלאחריו מי הנגר לרוב נקיים יותר. במדיניות בהן הגוף מתפרש על פני כל השנה, הגל הראשון של הגוף, קורה רק בתחילת עונת הגוף ולפעמים גם זה לא. בישראל, בה גם באמצעות החורף ישנו שבועות וחודשים ללא גשם, זיהום מהגל הראשון עלול להתרכש כמו פעמים בעונה.

### 7.5.1 שוחות שיקוע

#### א. הסבר כללי

שוחות שיקוע הוא מתקן תחת קרקע קטן, שנפחו לרוב איינו עולה על מ'ק אחד, שתפקידו לשפר את איקות הנגר באמצעות שיקוע מוחקים, פסולת וסחופת, ולעתים גם ע"י תפיסת פסולת צפה כגון שמנים, ופלסטייק. פרט לשוחות שיקוע סטנדרטי (ראן אירור מס' 46), משקע את המזוהמים בתא הראשון, לוכד שמנים ושותנים צפים בתא השני ומזרים הלאה מים נקיים יותר. ישנו גם מוצרים ממחקרים המבוססים על הפרדת מזוהמים באמצעות מערבולות (Vortex).

#### ב. שילוב בתכנית

שוחות שיקוע מושלבות לרוב מתקנים מקדים לאמצעי ניהול הנגר, על מנת לשמור על איקות מי הנגר המחללים/מוחדרים אל הקרקע/מי התהום. שוחות השיקוע צוברת מזוהמים בעת אירוע הגוף ולאחר האירוע, (או לאחר מספר אירועים או אף בתום החורף, תלוי במקרה), لكن חשוב לתכנן את המתקן כך שייחזק את המזוהמים גם בשיא האירוע. את המזוהמים הנוגדים יש לנוקות ע"י שאיבה למערכת הביבוב, בריקון למתקן פסולת או באמצעות אחר.

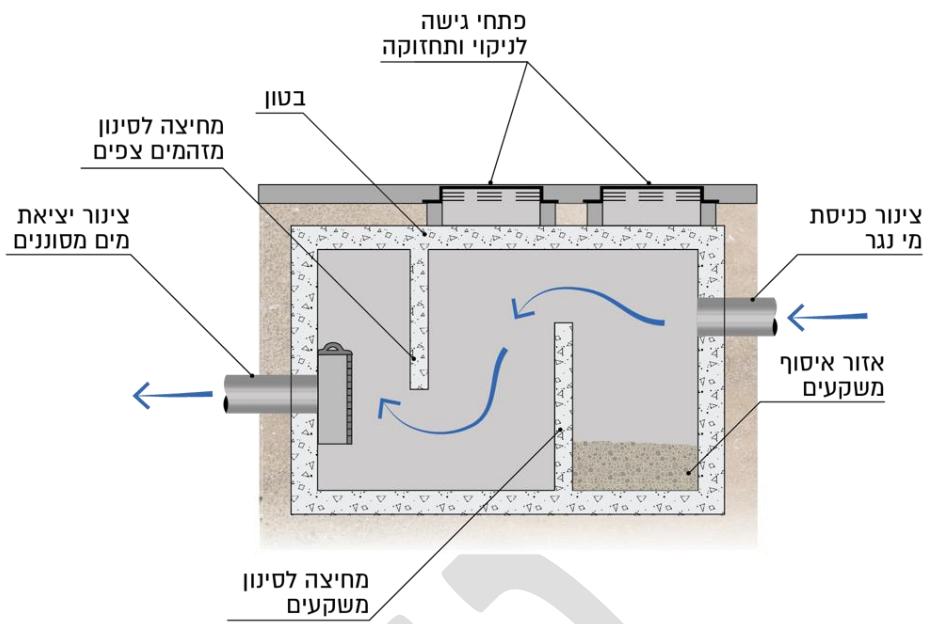
שוחות שיקוע יכולה לטפל בספיקה גבוהה יחסית ולкан מתאימה גם לשימוש בשטחים ציבוריים המנקזים שטח גדול.

#### ג. יתרונות

שיפור איקות מי הנגר לשם הגנה על מתקנים אחרים לניהול הנגר, מניעת סתיימות וצמצום תחזוקתם וכן שמירה על איקות מי התהום והקרקע. שוחות שיקוע יכולה לטפל בספיקות גבוהות, להבדיל מאמצעים אחרים לטיפוב איקות הנגר.

#### ד. חסרונות

השוחה בפני עצמה אינה תורמת כמעט לנפח ניהול הנגר, אלא באה בנוסף למתקן המנהל את הנגר. השוחה דורשת ריקון של מזוהמים, אחרת היא עלולה להיסתם בעצמה ולגרום להצפות. שוחה, אף אם היא מתוכנת טוב, תסיר את רוב המוחקים המרחפים, אך לא את כולם. לכן יש לנוקוט במשנה זהירות בעת יישום לפני אמצעים שריגיים לסתימות כגון קידוח החדרה.



איור 71 / טווב איקות מי הנגר בשטחים פתוחים באמצעות שוחת שיקוע

## 7.5.2 שוחת סינון

### א. הסבר כללי

בודמה לשוחת השיקוע, מטרת שוחת סינון היא למכוד את המזהמים בנגר, והוא משמשת כאמצעי מקדים בכר שהיא מטيبة את איכות הנגר. שוחת השיקוע היא קופסה לא גדולה, שיכולה להיות על הקרקע או מתחת הקרקע. הסינון בשוחה מתבצע באמצעות מערכות של מסננים עם ציפויות רשת הולכת וגדלה, כאשר המסנן האחורי הוא באד גיאוטכני (איור 72).

### ב. שילוב בתכנית

מטרת שוחת הסינון היא ניקוי הנגר, טרם כניסה לקידוח החדרה. לאחר שהמסננות מגבילות את כושר הולכת השוחה, יש להתקן לפני השוחה מתבן ויסות, שיפחית את הספיקה הנכסנת. על מנת למנוע סתיימות תקופות של השוחה, עדיף גם שהngr יהיה נקי יחסית (מי גגות). בהתאם לכך, שוחת הסינון מתאימה בעיקר כאמצעי מקדים לקידוח החדרה לתוך הרווי במגרשים פרטיים (או שב"צים), ופחות לשטחים ציבוריים בהם הספיקה גבוהה והngr מולך יותר.

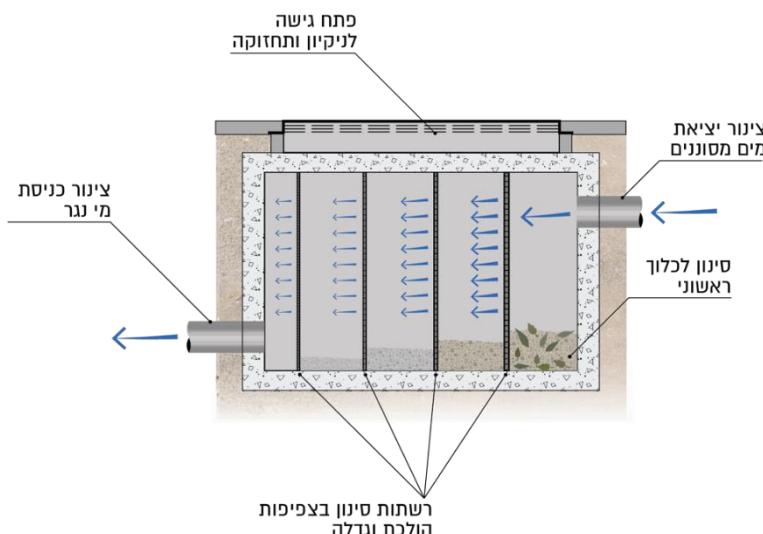
### ג. יתרונות

אמצעי פשוט להתקנה בעל שטח קטן, שימושם בקידוחים.

### ד. חסרונות

אין תורם לניהול הנגר לכשעצמו ואין מתאים לשטחים ציבוריים.  
השוחה דורשת תחזקה מינימלית של ניקוי תקופתי של מסננים שהינה פעולה מכנית ופשוطة למדי. שוחה שלא תתחזק עלולה להיסתם וליצור הצפות סביבה.

איור 73 / שוחת שיקוע במכון הווולקני בבית דגן, מתוך מחקר של רשות המים. סדרת מסננים ביציפויות הולכת וגדלה של אחריהם הנגר מוזרם ישירות לקידוח החדרה (אין כוונה לשילוב שוחה מעל לפני קרקע, אלא כפי שמופיע בפרט, באיוור הבא (74)).



איור 74 / טיפול איקות מי הנגר מצמ"גים  
באמצעות שוחת סינון

## 8. אמצעים משלימים לקידום ניהול נגר בישראל<sup>111</sup>

### 8.1. השלמת תכנון אגני ומקומי

ניהול נגר חייב להתחיל מלמעלה, ולהכטיב את התפישה והמסגרת העקרונית והכמותית לתכנון המרחב, שמננה ייגזר התכנון המקומי, התכנון המפורט והיתר הבניה. בהתאם לכך, על מנת לנהל נגר באופן מדויק ויעיל, נדרש קודם ראיית את בסיסי התכנון - **תכניות האב האגניות**,<sup>112</sup> ע"י רשות הניקוז. לאור התכנון האגני, יש לקדם את **תכניות האב המקומיות**,<sup>113</sup> ע"י הרשותות המקומיות, בשיתוף ותיאום עם רשותות הניקוז. לאחר מכן, ומtower המסרתת, המדיניות והכללים, יערכו התכניות המפורטות והיתרי הבניה, שתפישת ניהול הנגר המקומית והאגנית תשלב בהם באופן קוהרנטי. לפיכך, האמצעים המשלימים המהוויות ביותר לקידום נושא ניהול נגר בישראל הוא קידום התכנון האגני והמקומי. וככל שאלה לא יקודמו בסדר זה, או לא יושלמו באופן אחד מבחינה מרחבית, יש למצות באופן הטוב ביותר את ניהול הנגר, אם בrama המקומית ואם ברמת התכנית מפורטת, דרך עירכת נספח ניהול הנגר.

**8.2. אימוץ תכניות האב האגניות והמקומיות ע"י מוסדות התכנון המחויזים והמקומיים**  
כל שתכנית אב לניהול נגר, אגנית או מקומית לא תהיה מוכרת למוסד התכנון, הרא לא תבוא לידי ביטוי בקבלת החלטות בתכניות וביתרי בנייה. כמו כן, ייתכן שתכניות האב אינן מתישבת עם מדיניות התכנון המחויזה או המקומית או עם התכנון המאושר. על כן, כבר בשלב עירכת תכניות האב יש לערב את מוסדות התכנון, ועם גיבושה, יש לדון בה בועדת התכנון לצורך אימוץה.

### 8.3. קידום תמ"א משלימה לניהול סיכון שיטפונות בשטחים פתוחים

חלק ממערך תכנון ניהול נגר ברמה האגנית, נדרש פתרונות לויסות ורישון שיטפונות הנוצררים בנחלים בשטח הפתוח, על מנת לצמצם את ההשפעה על השטחים העירוניים. קודמה הצעה בשיתוף משרד החקלאות ורשותות הניקוז, לקידום תמ"א שמטרתה לחתת מענה לניהול סיכון שיטפונות ברמה האגנית, תוך התחשבות בצפי גידול האוכלוסייה, יעדיה התכנית האסטרטגית לדיזור ושינויי האקלים. ניתנה הוראה לעירכת התמ"א כאמור, בישיבת המועצה ביום 1.12.2020.

### 8.4. חקיקה

השלב התכוני האחרון והקרוב ביותר לשטח, הוא היתר הבניה. היתר הבניה הוא שיכתיב ויבטיח את השימוש והביצוע של אמצעי ניהול הנגר. בהתאם לכך, יש לתת את הדעת על ביתוי תפישת ניהול הנגר והאמצעים שלבים הבאים: בתכנית, בהיתר הבניה, בבנייה בפועל, בגמר הבניה ובתחזוקה השוטפת. לשם כך, במקביל לעבודה מוצע לקידום תיקונים לתקנות הבאות:

1. תיקון 'תקנות התכנון והבנייה' (הקמת מכון בקרה ודרכי עבודה), תשע"ח-2018', שענינו בהנחיות להכנת נספח ניקוז בהיתר (סעיף 8, 'נספח ניקוז', התוספת הראשונה), ולפרק ט, 'תחומי הבדיקה', העוסק בתחום בקרה ובקורת ביצוע. בנוסף, יקודמו מפרטי עבודה לבקרה הבניה של אמצעי ניהול הנגר השונים.
2. תיקון 'תקנות התכנון והבנייה' - תכנון הבניה (תברואה) - 2019, הקובעות בין היתר, את סילוק הנגר ממקור הגאות והמרפסות במגרש הפרטி לרוחב, והפניות העדפים לבזבוב. מטרת התקון הוא לעודד את שימור הנגר ולמנוע הזרמותו למערכת השפכים.
3. קידום תקנות חדשות לחיזוק החדרה לנגר ממי גאות ומרפסות, במבנהים רב-קומתיים.

<sup>111</sup> אמצעים משלימים נוספים ניתן למצוא בפרק מס' 5 - בחינה כלכלית

<sup>112</sup> כפי שמפורט בסעיף 4.3.3.1

<sup>113</sup> שם

## 9. מילון מונחים

המונח	הסביר
<b>אם ניקח / היקוות</b>	אור גיאוגרפי שהמשקעים היורדים בו מתנקזים למוצא משותף אחד
<b>איירוע גשם</b>	רכץ גשם בעל מאפיינים מסוימים
<b>איוגם נגר</b>	מנעה מכונת של תנואה וחלול נגר בכלי של שיקוע, מיכל ייעודי, איטום שטח ועוד
<b>אוזור גשם</b>	יחידת שטח בעלת מאפייני גשם ייחודיים, שלפיה נעשה המיפוי הידרוגולוגי במסנן
<b>אקווייפר</b>	שכבה סלע נקבובית, המכילה מים ומאפשרת זרימה באופן שניתן להפיק אותן ממנה לבארות
<b>אקווייפר החוף</b>	שטח המתאפיין בקרקע סלעית ובמאגרי מים عمוקים, בשל כך יכולת חלאול והחדרה הנגר למי התהום בו מוגבלת, ותלויה באופי המסלע וגודל הסדקים שלו.
<b>אקווייפר נגר</b>	אזור המתאפיין בקרקע חולית ובמאגרי מים נוכחים יותר ועל כן גישים יותר
<b>החדרת נגר</b>	פעולה מלאכותית להחדרת נגר מתחת לקרקע לשכבות רוויות הנעשית בדרך"כ דרך קידוח
<b>השחיתת נגר</b>	איוגם זמני של נגר לטובת טיפול בו או העברתו למקום אחר
<b>זמן הריכמת</b>	משך הזמן הנדרש לנגר עילי לאורום מהנוקודה המרוחקת ביותר בגין עד למוצא האגן
<b>חלול נגר</b>	פעולה טבעיות של חלאול נגר בקרקע חשופה
<b>עד ניהול נגר</b>	עד כמותי לנפר נגר לניהול בתכנית, המחשב ע"י מחשבון ייעודי לפי פרמטרים של גודל תכנית, אזור הגשם, שטח אטום, סוג הקרקע/ מקדם הנגר.
<b>כשרrizדור</b>	קצב המילוי החזרי (חלול) של הנגר העילי אל מי התהום.
<b>מעלה / מורד</b>	מיוקם טופוגרפי - גבוה או נמוך, המצביע את זרימת הנגר. המורד הוא שב"כ נפגע מהנגר, ואילו במעלה ניתן למנוע את הפגיעה במורד, ע"י יישום אמצעי ניהול נגר
<b>מקדם נגר</b>	קצב החדרת המים הנקבע לפי סוג הקרקע ויכולת החלול שלה
<b>נגר, נגר עלי</b>	הצטברות אరימת מים על פני השטח, עקב ירידת גשםים, לאחר האידיוי לאטמוספירה וחידור לקרקע
<b>נפח נגר</b>	יחידת מידת כמותית לחישוב נגר, לרוב משתמשים במטר קוב.
<b>עוצמת נגר</b>	יחידת מידת לחישוב כמות נגר הזורם בתוואי נתון, מחושבת במטר קוב לשניה - נפח הנגר שעובר בשנייה בתוואי נחל, תעלת או מזח.
<b>TOP SOIL</b>	שכבה הקרקע העליונה המכטיבה את יכולת חלאול הקרקע ואת מקדם הנגר
<b>ספיקת תבן</b>	יכולת תוואי נחל, מקטע תעלת או מוצא ניקוז להעביר נגר ביחידת זמן. נמדד לפי מטר קוב לשניה.
<b>עוצמת גשם</b>	כמות הגשם שיורד בזמן מסוים. מחושב לפי דקה, 10 דקות, שעה, 4 שעות.
<b>ערוץ זרימה במאובט הטבעי</b>	בחינת תוואי הזרימה במצב הטבעי של השטח, טרם התרבות אנושית. הסיבה להתיחסות זו היא נתיית המים, לחזור לזרימות הטבעית.
<b>הפן הבינוני</b>	אזור מגע בין מי תהום מתוקים למי תהום מליחים, הממוקם באוזור החוף. הפרשי המלחות יורדים בהדרגה בשכבה בעובי של מספר מטרים. באוזור הפן הבינוני רצוי שלא להחדר נגר על מנת שלא להפר את האיזון, ולהימנע מהמלחחת מי התהום המתוקים.
<b>ספיקת שיא / ספיקות קיצון מדדיות</b>	נקודות השיא הגבוהה ביותר שימושה כמות הנגר הגבוהה ביותר לחישוב באירוע
<b>ריגניות</b>	אזור עם עדיפות להחדרת נגר, עקב גישות שכבו מי התהום
<b>התווך הרווי</b>	אזורים מתחת לקרקע הרwoים במי תהום, שבগولם העליון מהווים את שפת מי התהום
<b>התווך הבלתי רווי</b>	אזורים מתחת לקרקע הנמצאים בין פני הקרקע למי התהום ואינם רווי במים
<b>תקופת חזרה</b>	שכיחות סטטיסטיות לחזרת אירוע גשם או עובי גשם כמותי שנמדד. המשמעות של תק' חזרה של 1:50 שנים, היא היתכנות סטטיסטית להתרחשויות אירוע הגשם/ עובי גשם ימתי מדויד, פעם אחת ב- 50 שנים.

## 10. נספחים

נספחים לפרק הכלכלי

נספח מס' 1 פירוט עלויות חלופה מס' 1

. 1. תשתיות תייעול

טבלה 19: עלויות כוללת לתשתיות התייעול במלש"ח

אזור	קווי תייעול	מובלי תייעול	תוספת תכנון (10%)	תוספת בצ"מ (10%)	עלות השקעה כוללת
חוֹף	13.35	16.22	2.95	2.95	35.48
הר	14.61	18.36	3.3	3.3	39.56

טבלה 20: מצאי קווי תייעול וועלותם

קווטר (ס"מ)	עלות למטר (₪) (חוֹף)	עלות למטר (₪) (הר)	אורך (מטר)	עלות כוללת (חולף) (מלש"ח)	עלות כוללת (הר) (מלש"ח)
50	1,023	1,116	4,674	4.78	5.22
60	1,213	1,318	1,779	2.16	2.34
70	1,388	1,528	516	0.72	0.79
80	1,562	1,711	636	0.99	1.09
100	1,885	2,074	813	1.53	1.69
125	2,402	2,648	548	1.32	1.45
150	2,833	3,103	526	1.49	1.63
180	3,429	3,746	107	0.37	0.40
סה"כ					14.61

טבלה 21: מצאי מוביל תיעול ועלותם

עלות כוללת (הר) (מלש"ח)	עלות כוללת (חוֹף) (מלש"ח)	אורך (מטר)	עלות למ' (הר) (₪)	עלות למ' (חוֹף) (₪)	גובה (ס"מ)	רוחב (ס"מ)
3.21	2.82	699	4,592	4,026	150	150
1.12	0.99	194	5,770	5,079	150	200
4.26	3.78	609	7,000	6,211	150	250
0.86	0.75	109	7,863	6,860	150	300
0.29	0.26	31	9,570	8,440	150	320
3.61	3.19	358	10,090	8,914	150	350
5.00	4.43	477	10,479	9,292	150	400
18.36	16.22	2477.9			סה"כ	

**טבלה 22:** עלות ייחידה לתשתיות תיעול תחת קרקעיות - צינורות עגולים, סביבת חוף

עלות תשתיות ניקח (מלש"ח)	אורך בתכנית (מטר)	עלות כוללת (₪ למטר)	חיבורו/ קוטר נייח (₪ למטר)	קוטר נייח שם (₪)	עלות שוחה (₪)	צפיפות שוחה (מ')	עלות חפירה (₪ למטר)	עלות צינור (₪ למטר)	קוטר (ס"מ)
4.78	4,674	1,023	7,018	2,139	4,679	30	267	294	50
2.16	1,779	1,213	7,816	2,382	5,657	30	298	387	60
0.72	516	1,388	8,423	2,567	6,418	40	401	481	70
0.99	636	1,562	8,916	2,717	7,132	40	425	594	80
1.53	813	1,885	9,470	2,886	7,937	50	541	812	100
1.32	548	2,402	11,170	3,404	9,787	50	702	1,064	125
1.49	526	2,833	12,301	3,749	10,778	50	773	1,359	150
0.37	107	3,429	14,413	4,392	12,628	50	906	1,702	180
13.35	סה"כ עלות								

טבלה 23: עלות ייחידה לתשתיות תיעול תחת קרקעיות - צינורות עגולים, סביבת הר

עלות תשתיות ניקוז (מלש"ח)	אורר בתכנית (מטר)	עלות כוללת (₪ למטר)	шибורי קולטנים (₪ למטר)	קולטני מי גשם (₪)	עלות שוחה (₪)	צפיפות שוחה (מ')	עלות חפירה (₪ למטר)	עלות צינור (₪ למטר)	קורט (ס"מ)
5.22	4,674	1,116	7,018	2,139	4,679	30	361	294	50
2.34	1,779	1,318	7,816	2,382	5,657	30	402	387	60
0.79	516	1,528	8,423	2,567	6,418	40	541	481	70
1.09	636	1,711	8,916	2,717	7,132	40	573	594	80
1.69	813	2,074	9,470	2,886	7,937	50	731	812	100
1.45	548	2,648	11,170	3,404	9,787	50	948	1,064	125
1.63	526	3,103	12,301	3,749	10,778	50	1,044	1,359	150
0.40	107	3,746	14,413	4,392	12,628	50	1,223	1,702	180
14.61	סה"כ עלות								

טבלה 24: עלות ייחידה לתשתיות תיעול תת קרקעיות - מובלים מלכניים, סביבת חוף :

עלות תשתיות ניקח (מלש"ח)	אורך בתוכנית (מטר)	עלות כוללת (₪ למטר)	יחסורי колоוניות (₪ למטר)	קוטני מי gas (₪)	עלות shawha (₪)	ציפויות shawha (מ')	עלות חפירה (₪ למטר)	עלות móvel <sup>1</sup> (₪ למטר)	גובה (ס"מ)	רוחב (ס"מ)
3.41	699.43	4,871	7,088	1,600	4,000	50	1,957	2,446	150	150
1.19	194.26	6,146	7,088	1,600	4,000	50	2,389	3,185	150	200
4.58	608.85	7,515	7,088	1,600	5,000	50	2,727	4,091	150	250
0.91	109.42	8,301	7,088	1,600	5,000	50	3,469	4,240	150	300
0.31	30.63	10,213	7,088	1,600	5,000	50	3,905	5,641	150	320
3.86	358.19	10,786	7,088	1,600	5,000	50	4,065	6,097	150	350
5.36	477.15	11,243	7,088	1,600	6,000	50	4,104	6,529	150	400
19.63	סה"כ עלות									

טבלה 25: עלות ייחידה לתשתיות תיעול תחת קרקעיות - מובלמים מלכניים, סביבת הר:

עלות תשתיות ניקח (מלש"ח)	אורך בתוכנית (מטר)	עלות כוללת (₪ למטר)	חיבורו קופלטים (₪ למטר)	קופלטני מי שם (₪)	עלות שוחה (₪)	צפיפות שוחה (מ')	עלות חפירה (₪ למטר)	עלות МОבל (₪ למטר)	גובה (ס"מ)	רוחב (ס"מ)
3.80	699.43	5,436	7,088	1,600	4,000	50	2,642	2,446	150	150
1.31	194.26	6,759	7,088	1,600	4,000	50	3,225	3,185	150	200
4.96	608.85	8,140	7,088	1,600	5,000	50	3,682	4,091	150	250
1.02	109.42	9,291	7,088	1,600	5,000	50	4,683	4,240	150	300
0.35	30.63	11,282	7,088	1,600	5,000	50	5,272	5,641	150	320
4.28	358.19	11,953	7,088	1,600	5,000	50	5,488	6,097	150	350
5.94	477.15	12,458	7,088	1,600	6,000	50	5,540	6,529	150	400
21.66	סה"כ עלות									

**נספח מס' 2 - פירוט עלויות חלופה מס' 2**

**1. תשתיות תיעול :**

**טבלה 26: מצאי קווי התיעול ועלותם :**

עלות כוללת (הר) (מלש"ח)	עלות כוללת (חוֹף) (מלש"ח)	אורך (מטר)	עלות למטר (הר) (₪)	עלות למטר (חוֹף) (₪)	קוטר (ס"מ)
3.56	3.26	3,187	1,116	1,023	50
1.76	1.62	1,334	1,318	1,213	60
1.32	1.20	861	1,528	1,388	70
0.89	0.82	522	1,711	1,562	80
2.65	2.41	1,276	2,074	1,885	100
0.33	0.30	107	3,103	2,833	150
10.5	9.6		<b>סה"כ</b>		

**טבלה 27: מצאי מובילי התיעול ועלותם :**

עלות כוללת (הר) (מלש"ח)	עלות כוללת (חוֹף) (מלש"ח)	אורך (מטר)	עלות למ' (הר)	עלות למ' (חוֹף) (₪)	גובה (ס"מ)	רוחב (ס"מ)
1.56	1.38	222	7,000	6,211	150	250
0.46	0.40	45	10,090	8,914	150	350
2.01	1.78		<b>סה"כ</b>			

## 2. מערכות ניהול נגר

### 2.1. מערכות ניהול נגר בשצ"פים

טבלה 28: עלות מערכת ניהול נגר בשצ"פים

אזור	תועלות (₪)	איגום עילי (₪)	שכבת בקלש <sup>114</sup> (₪)	גיאוטכנים (₪)	בדים (₪)	מתקנים	עלות כוללת (מלש"ח)
חו"ף	311,244	434,160	738,582	342,369	770,000	2.60	2.60
הר	420,180	586,116	886,299	0	770,000	2.66	2.66

### 2.2. מערכות ניהול הנגר במגרשי המגורים:

ניהול הנגר במגרשי המגורים חושב לפי ממוצע עלויות לדונם ביחסם לאמצעי ניהול נגר, במגרשי מגורים בגודלים שונים (1.5, 5, 10 דונם), ולפי ציפויות של 25 ייח"ד לדונם נתו. התכנון כלל תמהיל אמצעי ניהול נגר שהותאמו לאזור החוף וההר, לאור פוטנציאל החולול וההחדירה המוגבל באזור ההר. כך שבאזור החוף נכללו קידוחי החדרה בשילוב אמצעי שירוי וויסות. ובסביבת הר, לאור עלויות הקידוח הגבוהות ויעילות ההחדירה המוגבלת, עקב הרכב המסלע ומרחק ממי התהום, האמצעים שנבחרו התבוסטו על וויסות ושירוי.

להלן רשימת אמצעי ניהול הנגר, שמתוכה נבחר לכל סביבה, תמהיל האמצעים המתאים ביזטר:

- א. קידוחי החדרה: קידוחי החדרה למי תהום, נכלל בעיקר באזור החוף
- ב. **עלות ספיה (DRY-PIT):** עדנית מגוננת, אוטומת לחולול, שוקלעת את מי הצמ"ג (צינור מרופסות וגגות), ומוקמת בחצר הבניין.
- ג. **בור איגום:** בורות לאיגום מים, הcoliלים חלחול וקידוחי החדרה
- ד. **איגום לצרכי וויסות :** גגות סופגים (ירוק/ כחול/ חיו)

<sup>114</sup> בקלש הוא אבן גראניט/ חצץ

טבלה 29: מצאי ועלוות רכיבי ניהול נגר בmgrשי מגורים בסביבת החוף

מוצע עלות יישום ממוצע לדונם <sup>116</sup> (אלש"ח)	סה"כ עלות (אלש"ח)	מערכת מי גשם (אלש"ח למ"ר)	כמות	Dry pit (אלש"ח)	מס'	ממוצע לשאייה (אלש"ח)	כמות	בור איגום (אלש"ח ליח')	נפח בור איגום (מ'ק)	קידוחים (אלש"ח ליח')	כמות	שטח mgrש
41.25	82.5	10	1	8	1	35	1	9.5	20	20	1	1.5
20.79	207.9	12	4	8	3	39.4	1	18.5	50	26	3	5
16.79	335.5	15	5	8	5	43.7	1	16.8	70	32	5	10
<b>26.27</b>												
<b>ממוצע עלות יישום אמצעי ניהול נגר לדונם בסביבת החוף</b>												

טבלה 30: מצאי ועלוות רכיבי ניהול נגר בmgrשי מגורים בסביבת החר

מוצע עלות יישום ממוצע לדונם (אלש"ח)	מערכת מי גשם (אלש"ח למ"ר)	עלות למ"ר (ש"ח) <sup>117</sup>	מס'	מ"ר גג	מ"ר גג	ממוצע לשאייה (אלש"ח)	מס'	בור איגום (אלש"ח ליח')	נפח בור איגום (מ'ק)	קידוחים (אלש"ח ליח')	מס'	שטח mgrש
41.76	10	1	288	60	43.7	1	12.5	35	45	0	0	1.5
35.18	12	4	320	500	43.7	1	25	70	75	1	1	5
29.08	15	5	450	800	43.7	1	27.9	150	75	1	1	10
<b>35.34</b>												
<b>ממוצע עלות יישום אמצעי ניהול נגר לדונם בסביבת החר</b>												

<sup>115</sup> עלות הקידוח חושבה ביחס לעומק וקוטר הקידוח

<sup>116</sup> ממוצע העלות חושב על בסיס הערות המינימלית והמקסימלית של תמהילי אמצעים שונים לנירול נגר, (מתוך הרשימה), שיש בהם לעמוד יחד ביעד נפח הנגר הרלוונטי למגרש

<sup>117</sup> השוני בעלות היחסית למ"ר נגר עומק הג המוצע

**נספח מס' 3 - פירוט עלויות חלופה מס' 3**

**3. תשתיות תיעול :**

**תכנון תשתיות התיעול ועלותה זהים לחלופה מס' 2**

**4. מערכות ניהול נגר**

**2.1. מערכות ניהול נגר בשצ"פים:**

תכנון ועלות מערכת ניהול הנגר בשצ"פים זהה לחלופה מס' 2

**טבלה 31: עלות כוללת של מערכות ניהול נגר בשצ"פים :**

הר	חו"ף
2.66	2.6

**א. מערכות ניהול הנגר במגרשי המגורים:**

תכנון ועלות מערכת ניהול הנגר במגרשי המגורים היו 70% ממערכת ניהול הנגר במגרשי מגורים בחלופה מס' 3, בהתאם ליחס השטחים בניהם.

**טבלה 32: עלות כוללת של מערכות ניהול נגר במגרשי המגורים :**

הר	חו"ף
9.44	7.01

**טבלה 33: עלות בש"ח של יישום אמצעי ניהול נגר במגרשי המגורים, לפי ייח"ד ומ"ר, בכל אזור:**

סבירות הר (₪)	סבירות חוות (₪)	עלות יישום אמצעי ניהול נגר
993	738	ייח"ד <sup>118</sup>
9.46	7.03	מ"ר <sup>119</sup>

**ב. מערכות ניהול נגר במגרשי המסחר והתעסוקה:**

תכנון ועלות מערכת ניהול הנגר במגרשי המסחר והתעסוקה היו 30% ממערכת ניהול הנגר במגרשי מגורים בחלופה מס' 3, בהתאם ליחס השטחים בניהם.

סבירות הר (₪)	סבירות חוות (₪)	עלות יישום אמצעי ניהול נגר
11.54	8.58	מ"ר <sup>120</sup>

<sup>118</sup> לפי צפיפות של 25 ייח"ד לדונם נתו

<sup>119</sup> לפי ממוצע שטח ייח"ד של 105 מ"ר

<sup>120</sup> לפי סה"כ זכויות בניה בהיקף – 346,061 מ"ר

#### **נספח מס' 4 - פירוט עלויות חלופה מס' 4**

**עקרונות לתוכנית:** מערכת הניקוז מבוססת על תשתיית תייעול מצומצמת כתוצאה מניהול נגר. ניהול נגר בשטחי השצ"פים (המראח הציבורי), במגרשי המגורים ובמגרשי המסחר והתעסוקה (המראח הפרטי) ובמגרשי מבני הציבור (מראח ציבוררי מיוחד).

**ניהול הנגר:** ניהול יעד הנגר בתכנית נחלק באופן הבא: 70% נעשה בתחום השצ"פים ו- 15% במגרשי המגורים' 6% במגרשי המסחר והתעסוקה, ו- 9% במגרשי מבני הציבור. היחס קבוע לפי מקסימום פרוטנציאלי ניהול הנגר בשצ"פ, שעמד על 70%, וחלוקת השארית (30%), לפי יחס השטחים של שימושי המגורים, המסחר והתעסוקה ומבני הציבור שעמד על 48%-31%-21%, בהתאם.

##### **4.4.1. תשתיות תייעול :**

תכנית תשתיות התייעול ועלותה זהה לחלופה מס' 3, ראה סעיף 4.8.2.

**טבלה 34: סיכום עלות כוללת במלש"ח של תשתיות התייעול, לפי אזור :**

הר	חו"ף
12.51	11.38

##### **4.4.2. מערכות ניהול נגר**

###### **א. מערכות ניהול נגר בשצ"פים:**

תכנית וועלות מערכת ניהול הנגר בשצ"פים זהה לחלופה מס' 3, ראה סעיף 4.8.2.

**טבלה 35: עלות כוללת במלש"ח של מערכות ניהול נגר בשצ"פים**

הר	חו"ף
2.66	2.6

###### **ב. מערכות ניהול הנגר במגרשי המגורים:**

תכנית וועלות מערכת ניהול הנגר במגרשי המגורים היו 48.3% 48.3% ממערכת ניהול הנגר במגרשי מגורים בחלופה מס' 3, בהתאם ליחס השטחים בין השימושים שחלקו את נטל ניהול הנגר בחלופה זו.

**טבלה 36: עלות כוללת במלש"ח של מערכות ניהול נגר במגרשי המגורים**

הר	חו"ף
6.48	4.82

טבלה 37: עלות בש"ח של יישום אמצעי ניהול נגר בmgrשי המגורים, לח"ד ולמ"ר, בכל אזור:

סביבת הרים (₪)	סביבת חוף (₪)	עלות יישום אמצעי ניהול נגר
682	507	יח"ד <sup>121</sup>
6.5	4.83	מ"ר <sup>122</sup>

ג. מערכות ניהול נגר בmgrשי המסחר והתעסוקה:

תכנון ועלות מערכת ניהול הנגר בmgrשי המסחר והתעסוקה היוו 20.4% ממערכת ניהול הנגר בmgrשי המגורים בחלופה מס' 3, בהתאם ליחס השטחים בניהם.

טבלה 38: עלות כוללת במלש"ח של מערכות ניהול נגר בmgrשי המסחר והתעסוקה:

הר	חוף
2.74	2.04

טבלה 39: עלות בש"ח של יישום אמצעי ניהול נגר בmgrשי המסחר והתעסוקה לדונם ולמ"ר, בכל אזור:

סביבת הרים (₪)	סביבת חוף (₪)	עלות יישום אמצעי ניהול נגר
7,216	5,364	دونם
7.92	5.89	מ"ר <sup>123</sup>

ד. מערכות ניהול נגר בmgrשי מבני הציבור:

תכנון ועלות מערכת ניהול הנגר בmgrשי המסחר והתעסוקה היוו 31.3% ממערכת ניהול הנגר בmgrשי המגורים בחלופה מס' 3, בהתאם ליחס השטחים בניהם.

טבלה 40: עלות כוללת של מערכות ניהול נגר בmgrשי המסחר והתעסוקה

הר	חוף
4.21	3.13

טבלה 41: עלות בש"ח של יישום אמצעי ניהול נגר בmgrשי המסחר והתעסוקה למ"ר, בכל אזור:

סביבת הרים (₪)	סביבת חוף (₪)	עלות יישום אמצעי ניהול נגר
12.37	9.19	מ"ר <sup>124</sup>

<sup>121</sup> לפי צפיפות של 25 יח"ד לדונם נתנו

<sup>122</sup> לפי ממוצע שטיח"ד של 105 מ"ר

<sup>123</sup> לפי סה"כ זכויות בניה בהיקף – 346,061 מ"ר

<sup>124</sup> לפי סה"כ זכויות בניה בהיקף – 340,216 מ"ר

## **נספח מס' 5: בסיס נתונים עצומות גשם לתוכנו בישראל**

נספח זה מתאר את המетодולוגיה ששימשה לבניית בסיס הנתונים של עצומות הגשם.

רקע: הנתונים עליהם מתבססת העבודה נלקחו ממגר נתוני השירות המטאורולוגי (שם"ט). במהלך העבודה התגלו אי בהירות לגבי נתונים התחנות המדידת הhidrologיות ההיסטוריות (עד לשנת 2006), והנושא נמצא עתה בבדיקה מקצועית שלשם"ט. ככל שיהיו שינויים נתונים כאמור, צפויות להשתנות גם עצומות הגשם ואולי אף חלוקה לאזורי גשם. בנוסף, סדרות הזמן של רוב התחנות בישראל הן קצרות, וכן, ישנים אזורים בארץ קיימות תחנות חדשות בלבד, שעדיין לא ניתן להשרותם באורך תקופה הנתונים שלהם לחישוב סטטיסטי. בהתאם לכך, ייתכן שעוצמות הגשם ואזורי הגשם יעודכנו בעתיד, לאור חישובים חדשים.

הפרק יחולקת לפי שלבי העבודה, להלן:

- א. בניית סדרות זמן שנתיות
- ב. חישוב סטטיסטי של עצומות גשם
- ג. חלוקת הארץ לאזורי גשם
- ד. חישוב עוביי גשם יממהתיים
- ה. פרישת עוביי הגשם היממהתיים לאירועי גשם

### **בנייה סדרות זמן שנתיות של נתוני רציפים**

נתוני הגשם התקבלו עבור אלף תחנות, חילקן פעילות וחילקן אין פעילות, המייצגות בפועל מספר מצומצם יותר של נקודות למרחב (בנוקודה אחת יכולות להיות מספר תחנות לאורך שנים). לצורך חישוב סטטיסטי של נתוני גשם, יש תחילה לייצר סדרה שנתית אחת עבור כל נקודה למרחב.

גורת רישום הנתונים היסטוריים הכתיבה את צורת העבודה. עד שנת 2005 כולל, נתוני הגשם שהתקבלו רשומים כאירועי גשם, כאשר לכל אירוע שורה אחת בה מפורטים עצמות הגשם המרביות לפרק זמן של 5 עד 240 דקות (5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 דקות). לשם שימוש נתונים ההיסטוריים, טבלאות עצמות הגשם נבנו בפורמט זהה. השלב הראשון היה בניית סדרת מקסימום שנתית לכל משך זמן מתוך סדרות האירועים.

משנת 2006 ואילך התקבלו נתונים של מדיגיטליים המייצרים סדרת זמן לא סדירה ברווחוציה של דקה אחת. מדידות אלה توcano ע"פ הוראות היצרך של מדיגיטליים Lambrecht Meteo בהתאם לרשום .

בחלק מהתחנות בין השנים 2006-2011 התקבלו נתונים 10 דקות בלבד. נמצא כי לא ניתן לתקן נתונים אלה בהתאם ל

וכי תוצאותם נמכה באופן שיטתי מהנתונים הדקתיים ולכן הוחלט לא להשתמש בנתונים 10 دقתיים. לאחר בחירת הנתונים הדיגיטליים ותיקונם, נבנו סדרות שנתיות<sup>125</sup> למשך זמן בין 5 ל-240 دقחות (כמו הנתונים ההיסטוריים).

בנוסף לחולקה בין נתונים ההיסטוריים ונתונים דיגיטליים, תחנות הגשם בישראל נוטות להתחלף מעת לעת ואף לזמן במקומות. כך יצא שהתקבלו מספר סדרות לכל נקודה למרחב, לעיתים עם שנים חופפות בין הסדרות. לכן נדרש לוזה סדרות שמייצגות את אותה נקודה וליצור מהן סדרה אחת ארוכה ככל האפשר. הכללiae להאיחוד סדרות היה שהמרקח לא יעלה על 1 ק"מ והרום של התחנה יהיה דומה. במקרים של סתירות נתונים בין הסדרות בשנים חופפות, נבחרה העוצמה הגבוהה ביותר.

טבלה 42: טבלת תיקון ערכות גשם לתחנות גשם רשות מטeo-Lambrecht

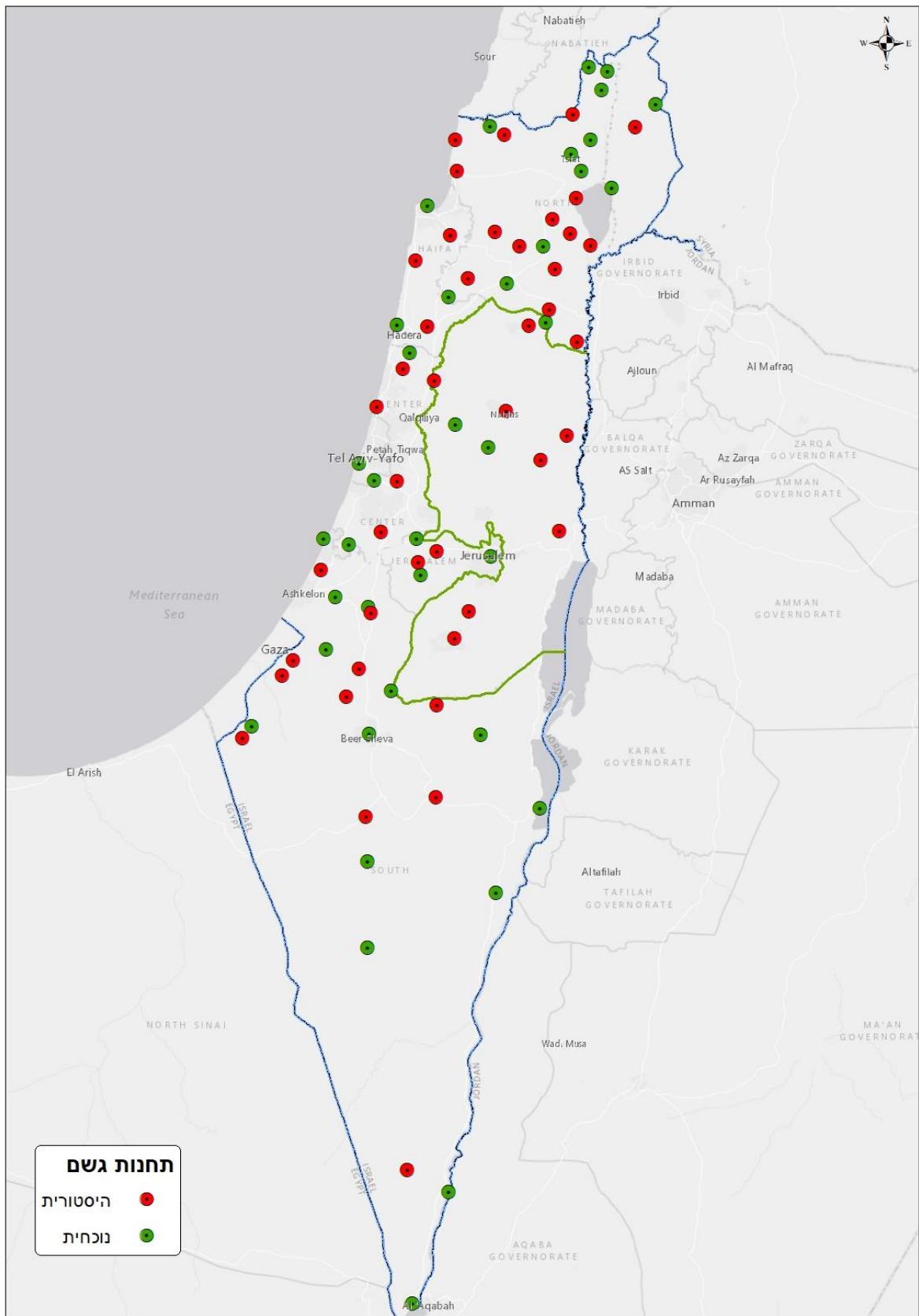
---

<sup>125</sup> כלומר, סדרות זמן בהן לכל שנה מטריון הערך המרבי שנמדד בשנה זו

הgasם בפועל (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )	ד"יווֹח עוצמות gasם gasם (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )	הgasם בפועל (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )	ד"יווֹח עוצמות gasם gasם (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )	הgasם בפועל (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )	ד"יווֹח עוצמות gasם gasם (מ"מ <sup>2</sup> מ"מ <sup>2</sup> )
6.3	4.8	2.73	2.4	0	0
6.46	4.9	2.86	2.5	0.1	0.1
6.63	5	2.99	2.6	0.2	0.2
6.79	5.1	3.13	2.7	0.3	0.3
6.96	5.2	3.26	2.8	0.4	0.4
7.13	5.3	3.4	2.9	0.5	0.5
7.3	5.4	3.54	3	0.6	0.6
7.48	5.5	3.68	3.1	0.71	0.7
7.65	5.6	3.82	3.2	0.81	0.8
7.82	5.7	3.97	3.3	0.92	0.9
8	5.8	4.11	3.4	1.03	1
8.18	5.9	4.26	3.5	1.14	1.1
8.35	6	4.41	3.6	1.26	1.2
8.53	6.1	4.56	3.7	1.37	1.3
8.71	6.2	4.71	3.8	1.49	1.4
8.89	6.3	4.86	3.9	1.6	1.5
9.07	6.4	5.02	4	1.72	1.6
9.25	6.5	5.17	4.1	1.84	1.7
9.43	6.6	5.33	4.2	1.96	1.8
9.61	6.7	5.49	4.3	2.09	1.9
9.8	6.8	5.65	4.4	2.21	2
9.98	6.9	5.81	4.5	2.34	2.1
10.08	7	5.97	4.6	2.47	2.2
		6.13	4.7	2.59	2.3

הוחלט שchiישוב עוצמות הגוף יבוצע רק עבור תחנות שיש להן יותר מ-10 שנים נתוניות. יצוין כי בעולם מקובל להשתמש בסדרות נתוניות של 30 שנה ומעלה, אך בישראל סדרות הנתוניות הן קצרות יותר ומספר של 30 שנים היה משאכיר חורפים גדולים מדי בכיסוי המרחבי של המדידות. גם הספר של 10 שנים הותיר תחנות פעילות רבות מחוץ למשך. בכך לקיבול סדרות נתוניות ארוכות ככל האפשר, הוחלט לאחד נתוני תחנות שונות, אשר הן סמוכות גיאוגרפית ונמצאות ברום דומה. התחנות שאוחדו הן:

- חווות בשור וניר יצחק
- עין כרם וגבუ כרמל
- גת ושדה משה
- גלגל ויריחו
- כפר נחום וגינוסר
- נאות סמדר ושדה תעופה עובדה
- ניצן ונייצנים
- שדה אליהו וטירת צבי
- צמח ודאגניה א'
- צומת הנגב ומושאבי שדה
- חיפה נמל וחיפה ב'ן



איור 73/ מיקום תחנות הגשם ההיסטוריות והוכשויות שלן חושבו עצמאיות גשם

שימוש הנתונים נעשה לרוב בכלים אוטומטיים שתוכנתו באקסל, אולם נועתה גם עבודה ידנית, בעיקר בכדי לפסול שנים שנמדדו חלקית, או לבחון ספציפית נתונים חריגים מאוד. כמו כן נפסלו תחנות שבן מס' האירועים לשנה היה נמוך מאד בהשוואה לתחנות סמכות, או שהתגלו הפסקות גדולות ופעריות בין המדידות.

סה"כ התקבלו 81 סדרות נתונים שנתיות עם יותר מ-10 שנים, מתוכן 38 תחנות גשם פעילות ו-43 תחנות היסטוריות, איתן הוחלט להמשיך לחישוב עצמות הגוף. תחנות אלה מוצגות במטה שבאיור 73. תחנות בירוק הן פעילות ובאדום הן היסטוריות.

#### **חישוב סטטיסטי של עצמות גשם**

השלב הבא, לאחר יצירת סדרות שנתיות, הוא חישוב עצמות קיצון באמצעות פונקציות פירוס סטטיסטיות. עצמות הקיצון משמשות לבניית עקומת עצמה-משך-הסתברות (IDF Curves). נבחנו פונקציות פירוס הנתונים הבאות<sup>126</sup>:

- Log-Pearson III(LP3)<sup>127</sup>
- Log-Normal (LN)
- Generalized Extreme Value (GEV)

הפונקציות נבחנו בזורה גרפית אל מול התפלגות נורמלית עבור עשר תחנות שונות ברחבי הארץ (איילת השחר, אריאל, אשדוד נמל, אילת, אילון, בית ג'ימל, בית דגן, באר שבע, תל אביב, צפת וגלעד) עבור משכי זמן של 5 ו-60 דקות. איור 74 מציג בחינה של 3 מהתחנות. המשולשים האדומים הם ערכי הסדרות פרוסים בתתפלגות נורמלית/ $N$  (כלומר, בסדרה בת 100 נתונים, הנטון הקיצוני ביותר יהיה על 0.01).

ל-LP3 יש שני קווים כיוון שנבחנו מספר מקדמי הטיה MSE לפונקציה.

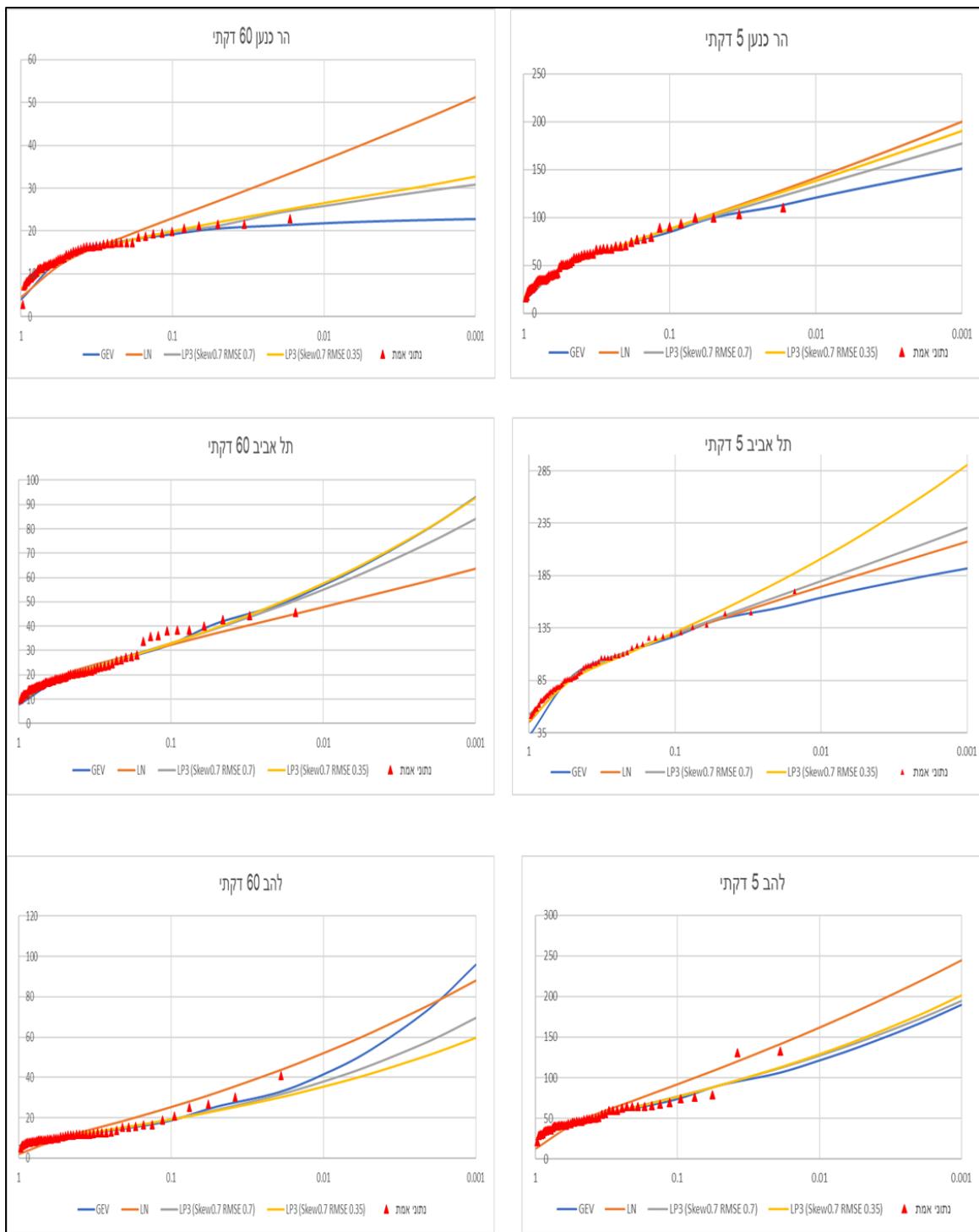
נמצא כי פונקציית LP3 בעלת מקדם הטיה  $MSE=0.35$  היא המתאימה ביותר<sup>128</sup>, גם כי לרוב היא הייתה הקרובה ביותר לתפלגות הנורמלית, אך בעיקר כיוון שבתחנות שנבחנו היא כמעט לא פספסה כלפי מטה (אם כי פספסה לעיתים כלפי מעלה, כמו בעקבות של תל-אביב ה-5 דקות). שאר הפונקציות כן פספסו לעיתים כלפי מטה.

לאחר בחירת הפונקציה, חושב עקום IDF לכל 81 התחנות שנבחרו. התוצר של פונקציית LP3 הינו סדרת נתונים ממנה ניתן לשרטט עקום IDF, כמו גם בעקבות מייצג הסתרות שונה החל מ-50% (1:2) עד ל-0.1% (1:1,000). ציר-X הוא משך האירוע בדקות וציר-Y הוא עצמת הגוף במ"מ לשעה. בנוסף, מוצג קו מגמה מערכי להסתברות 1%.

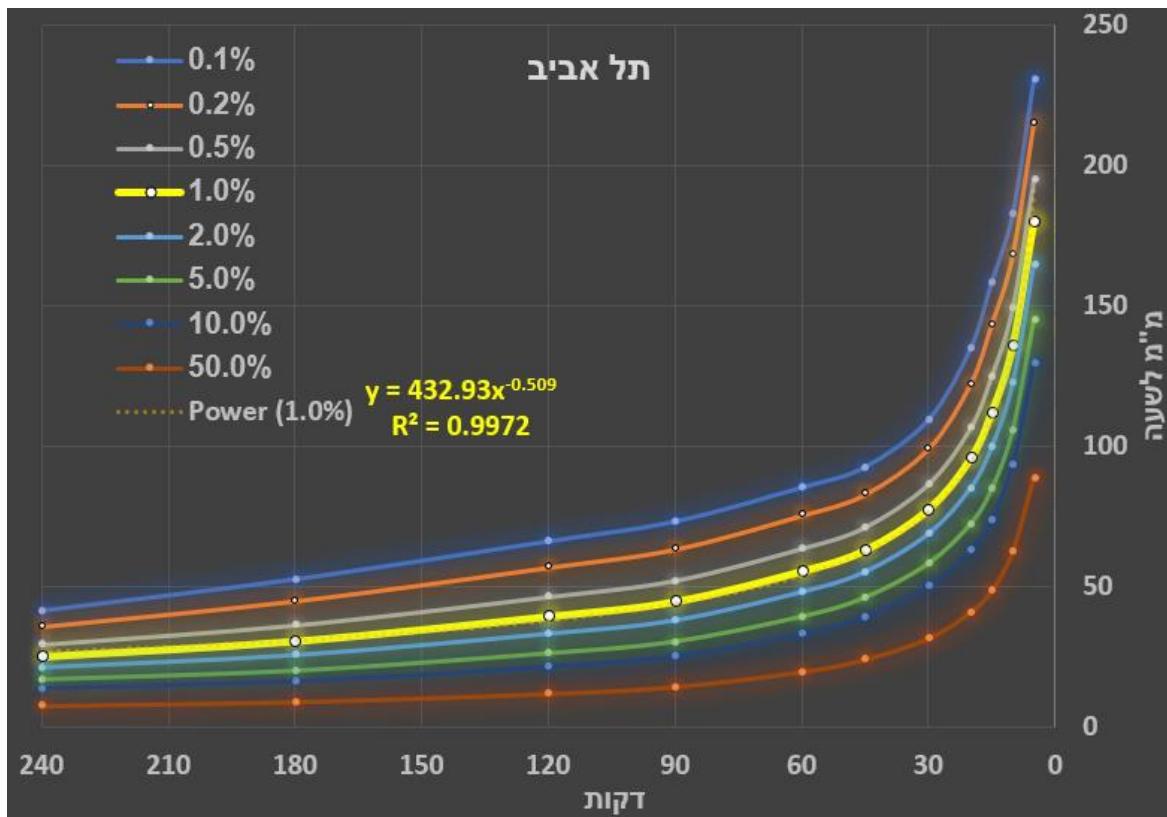
<sup>126</sup> נבחנה גם פונקציית GP (General Pareto) העובדת על סדרות אירועים מלאות (להבדיל מסדרות שנתיות), אולם היא נפסלה כיוון שהתגלה שתיעוד האירועים ההיסטוריים אינם מלא

<sup>127</sup> מקדם הטיה שנבחרו לפונקציית LP3 הוא  $G=0.7$  בהתאם למולצת B17 Bulletin B17 לאזורים יובשניים עם סדרות קצרות

<sup>128</sup> עבדות קודמות שנעשו בישראל בנושא מצאו גם הן LP3 היא הפונקציה המתאימה ביותר. ראה, הנחיות לתכנון ניקוז והידרולוגיה, נתיבי ישראל, יולי 2015



איור 74/ ייצוג גרפי לעוצמות גשם חזויות בהסתברויות שונות על בסיס הפונקציות  $LN$ ,  $LP3$  ו-  $GEV$



איור 75 / עקום IDF (עוצמה-משך-הסתברות) לתל אביב

### חלוקת הארץ לאזורי גשם

עוצמות הגשם שחושו הן נקודתיות, אולם נחוץ לפרסום אותן ברוחבי הארץ על מנת שייהו שימושיות למתכננים. חלוקת הארץ לאזורי גשם נעשתה במספר שלבים. ראשית, חולקה המדינה ל-81 אזורים לפי שיטת פוליגוני טיסן (Theissen) על בסיס 81 תחנות הגשם להם הוכנו עוקומי IDF.

פוליגוני טיסן נבנים אך ורק לפי המרחקים בין הנקודות ומחושלים משקלים אחרים כגון טופוגרפיה. בשלב השני תוקנו הפוליגונים ידנית לפי שיקולים של טופוגרפיה, מרחק מהים וקו רוחב. למשל, הקו המפריד בין בקעת הירדן לפוליגונים ממערב לבקעה הווז מצוק ההעתקים. לאחר מכן, היכן שניתן היה, האזו גבולות הפוליגונים כך שייחפפו לגבולות המוניציפליים בעדיות ראשונה, או לכבישים הראשיים בעדיות שנייה.

השלב הבא היה לאחד פוליגונים של תחנות סמוכות המציגים אזורים דומים מבחינה גיאוגרפית. לכל אזור נבחרה תחנה אחת המציג אותה, כאשר עדיפות ניתנת לתחנות פעילות בעלות סדרות זמן ארוכות ועוצמות גשם גבוהות יותר. אזור "חוף גליל מערבי" למשל, מכיל את תחנות עכו ונחריה. לתחנת נהריה 22 שנות פעילות, כאשר האחרונה שבחן היא 1984 ולעומתה לתחנת עכו (שאוחדה עם שבוי ציון לצורך העניין) 44 שנות פעילות והיא עדין פעילה. מכאן שתחנת עכו נבחרה כמייצגת אזור זה.

לרוב נבחרה התחנה הפעילה כמייצגת אולם במספר מקריםבודדים, נבחרה דווקא תחנה היסטורית. באזור חוף השרון וחוף הכרמל למשל, ישנן שלוש תחנות להן חושבו עוצמות גשם: גבע כרמל, געש וחדרה תחנת כוח. ברור שמדובר באזור גיאוגרפי דומה מבחינות הגשם ולכן הוחלט לאחדו. חדרה היא התחנה היחידה שפעילה באזור, אולם יש לה רק 12 שנות נתונים. לעומת זאת הפעילה לפועל ב-1997, אך

יש לה 37 תחנות נתוניות. בנוסף, עוצמות הגוף בגעש גבוחות מבדירה. לכן נבחרה תחנת געש כמייצגת אזור זה, למרות שהיא פעילה.

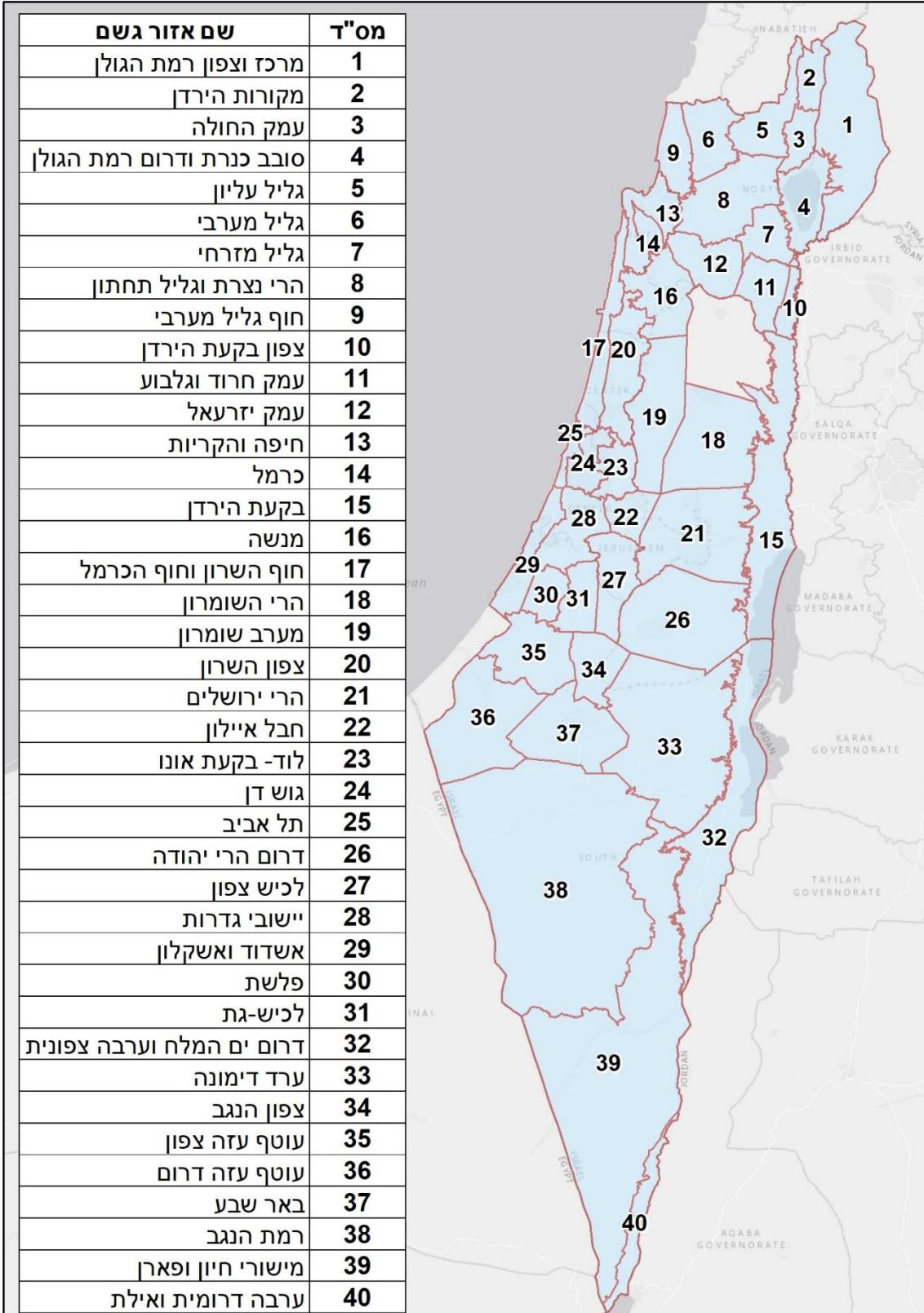
אזור הכרמל (מס' 14) הוא ייחודי מכיוון שאינו מתרפס על תחנה משלו, אלא על נתוני תחנת חיפה נמל וחיפה בז"נ עם פקטור של 1.1. הסיבה היא שהתחנות הפעילות בכרמל קיימות פחות מ-10 שנים ולכן הוחלט לא להשתמש בהן. עם זאת, הן מציגות בעקבות עוצמות גבוחות מלאו של קו החוף בחיפה ולכן הוחלט ליצג את הכרמל בפוליגון נפרד החל מקו גובה 250 מטר.

אזור 76 ושייטתה מקור ההפנייה לא נמצא. להלן מציגים את אזוריו הגוף. כפי שניתן לראות, מדובר ב-40 אזוריו הגוף עם 39 תחנות. ישנו חור בצפון השומרון שם אין תחנות עם סדרת זמן ראייה שניתן לחשב לפניה עוצמות גשם. הטור הראשון **שייטתה מקור ההפנייה לא נמצא**. הינו המספר המזהה שבמפה. הטור של מספר תחנת גשם מתיחס לתחנה האחרונה בסדרת הנתוניות. הטור של מספר תחנה היסטורית מציג את מספרי התחנות הלא פעילות שאוחדו בסדרת הנתוניות המייצגת את הנקודה במרחב. הטורים של שנת התחלת, שנת סיום ושמות פעילות מתיחסים לסדרת הנתוניות המאוחדת של כל התחנות. בחלק מהסדרות ישם חורים בנזוניות ולאחר מכן תמיד הפרש בין שנת ההתחלה לשנת הסיום. בסיס הנתוניות המלא מוצג במערכת הממ"ג הממשלהית של אתר [govmap](#).

רוב הגבולות של הפוליגונים חופפים לגבולות המוניציפליים, אך היו מקומות בהם הדבר לא אפשר. כך למשל, הגבול בין פוליגון חוף השרון וחוף הכרמל לבין פוליגון צפון השרון נקבע לבביש 4. בדומה, הגבול בין פוליגון תל אביב לפוליגון גוש דן בתחום ריאון לציוון, נקבע לבביש 20. ישנו גם מקום בינם לבין הפוליגונים עוקב אחר הטופוגרפיה ועיקרם הוא מצוק הרעתקים בבקעת ים המלח והערבה וחלק מהגבולות של פוליגון סובב כנרת, שעוקבים אחרי קו גובה 50; וכן הגבול בין פוליגונים למשורי פארן שעוקב אחר קו גובה 175.

ישנם עדין אזורים בארץ שאין מכוונים היטב (למשל בגליל) בראש תחנות הגוף. ישן גם 37 תחנות גשם פעילות עם פחות מ-10 שנים נתוניות שלא יוצגו בפרויקט זה. בחלק מהתחנות שכן מיוצגות סדרת הנתוניות היא קצרה מ-30 שנה. לפיכך מומלץ לעדכן העבודה זו בעוד מספר שנים, על בסיס נתונים שיתווסף בתחנות המיוצגות ולא מיוצגות. כמו כן, ישן 4 תחנות היסטוריות בעלות סדרות נתוניות ארוכה שפעילותן הופסקה אך אין להן תחליף טוב בדמות תחנה פעילה. מומלץ לחדש פעילותן של התחנות הבאות:

- געש
- נתב"ג
- לביא
- חפ齊יה-גלבוע.



איור 67/אזורים גשם בישראל

טבלה 43: אזורי הגשם והתחנות המיצגות

מספר פעלilitה	שנת סיום	שנת התחלה	שם תחנה היסטורית	מספר תחנה	שם תחנת גשם	מספר אזור גשם	שם אזור גשם	אזור גשם
27	2016	1978			מרום גולן פיקמן	2496028	מרכז וצפון רמת הגולן	1
44	2016	1967	310550; 310551		כפר בלום	310552	מקורות הירדן	2
44	1990	1965	311204; 311203		אילת שחר	311206	עמק החולה	3
60	2016	1944			דגניה א וצמח	320500	סובב כנרת ודרום רמת הגולן	4
59	2016	1948			צפת הר כוון	211890	גליל עליון	5
42	2016	1974	210748		אלון	210753	גליל מערבי	6
38	1999	1960	216101		גיזית	216101	גליל מזרחי	7
38	2004	1965			לביא	213600	הר נצרת וגליל תחתון	8
44	2016	1952	110700		עכו+שבוי ציון	110695	חוות גליל מערבי	9
47	2016	1959	321803		טירת צביה+שדה אליהו	321850	צפון בקעת הירדן	10
19	1984	1965			חפ齐בה גלבוע	230650	עמק חרוד וגלבוע	11
31	2016	1941	221350		עפולה ניר העמק	221604	עמק יזרעאל	12
52	2016	1955	120200; 120202		חיפה נמל+ ב"נ	120180	חיפה והקריות	13
							כרמל	14
42	2016	1967			יריחו וגילgal	330170	בקעת הירדן	15
57	2016	1956	121851; 121850		גָלְעָד	121852	מנשה	16

מספר פעילות	שם	שם איזור גשם	שם איזור גשם	שם תחנת גשם	שם תחנת גשם	מספר תחנה היסטורית	התחלת	שנת סיום	שנת
37	1997	1960				133651	געש		
22	1999	1989	חוֹף הַשָּׁרוֹן וַחוֹף הַכּוֹרְמָל	אריאל	241414				17
12	2016	2006		קרני שומרון	241220				18
64	2016	1950	צִפּוֹן הַשָּׁרוֹן	עין החורש	131598				19
59	2016	1950	הַרְיֵה יְרוּשָׁלָם	ירושלים מרכז	244731				20
19	2016	1952	חַבָּל אַיְלָן	נַחֲשׁוֹן	243110				21
55	2003	1938	לוֹד - בְּקַעַת אֹנוֹ	לוֹד נֶמֶל תְּעוּפָה	136900				22
53	2016	1962	גּוֹשְׁ דָן וַרְאַשְׁלָלִ"צּ	בֵּית דָגַן	136741				23
63	2017	1946	תַּל אֶבְיוֹן חֻוף	תַּל אֶבְיוֹן	136320				24
17	1990	1969	דֶּרֶם הַרְיֵה יְהוּדָה	עֲרוֹב	247430				25
52	2016	1959	לְכִישׁ צִפּוֹן	בֵּית גִּימָל	246551				26
53	2016	1950	יִשּׂוּבִים גְּדָרֹות	קְבוֹצַת יְבָנָה	140198				27
43	2016	1962	אַשְׁדּוֹד וַאֲשָׁקָלוֹן	אַשְׁדּוֹד נֶמֶל	140025				28
11	2016	2005	פְּלִשְׁתָּה	נֶגֶב	141747				29
24	2016	1957	לְכִישׁ-גַּת	גַּת וְשַׁדְּה מָשָׁה	142300				30
50	2016	1959	דֶּרֶם יָם הַמֶּלֶךְ וַעֲרָבָה צִפּוֹנִית	סְדוּם	337001				31
33	1998	1964	צִפּוֹן הַנֶּגֶב	עֲרָד	251569				32
52	2016	1959	עֲרָד דִּימּוֹנָה	לְהָבָב	248396				33

מספר פעילות	שם	שם איזור גשם	שם איזור גשם	שם תחנת גשם	שם תחנת גשם	מס' תחנה היסטורית	התחלת	שנת סיום	שנת	מספר שנות
11	2016	1941	עוטף עזה צפון	دورות	250156					35
36	2016	1955	עוטף עזה דרום	חוות בשור וניר יצחק	144873					36
60	2016	1943	באר שבע	באר שבע	251691					37
47	2016	1958	רמת הנגב	מצפה רמון	255630					38
24	2016	1982	מישורי חיון ופארן	עובדת שדה תעופה ונאות סמדר	259133					39
45	2016	1949	ערבה דרומית ואילת	אילת	347704					40

נוסף לננתונים הרציפים מהן חושבו עוצמות קיצון למשך של עד 240 דקות, חושבו גם עוצמות קיצון ימתניות (24 שעות). הדבר נדרש לצורך חישוב נפח גיגי יומיים לתכנון איגומים וכן לצורך בניית אירופי גשם לשימוש במודלים (סעיף 0 להלן). איסוף המידע במקרה זה היה קל יותר, כיוון שהמדידות הימטניות החלו לפני המדידות הרציפיות וסדרות הזמן שלهن בדר"כ ארוכות יותר. עיבוד הנתונים נעשה באופן דומה למ吒אר לעיל בנתונים הרציפים.

בעיה אחת שהתגלתה בתחנות הימטניות היא שהנתונים מוטים כלפי מטה (לצורך חישוב עוצמות קיצון). הסיבה היא שהתחנות נמדדות אחת לימה, תמיד בשמונה בבוקר. עוצמות הקיצון אמורות להיות מחושבות עבור 24 שעות בעלות עובי הגוף גדול ביותר בכל שנה, אך הגוף אינו מתחשב בשעת המדידה ולרוב 24 שעות הגשמיות ביותר אחרות אין מתරחות בין שמונה לשמונה. כך יוצא שהיממה האנומלית ביותר מתרפרשת במדידות על שתי יממות והעובי המוחש מוטה כלפי מטה.

בכדי לאמת זאת, חושב העובי הימתי המרבי לשנה מתוך הנתונים הרציפים שקיים החל משנת 2006, לכל 39 התחנות הרלוונטיות. עובי זה הושווה לעובי השנתי המרבי שנמדד בתחנות הימטניות. נמצא כי אכן כל התחנות הימטניות מוטות כלפי מטה בהשוואה לנתונים הרציפים.

בכל תחנה הפקטור היה מעט שונה, אך התגלה כי באזור החוף והשפלה, ההטייה נוטה לשיעור ממוצע של 20%. זאת לעומת פנים הארץ והדרום בה ההטייה הממוצעת עומדת על 13%. لكن הוכפל העוצמות הימטניות שחושבו בפקטורים 1.2 במישור החוף והשפלה ו-1.13 בפנים הארץ, כמו צ'ג באIOR 77.

### **פרישת גשם לאיזוע יממי**

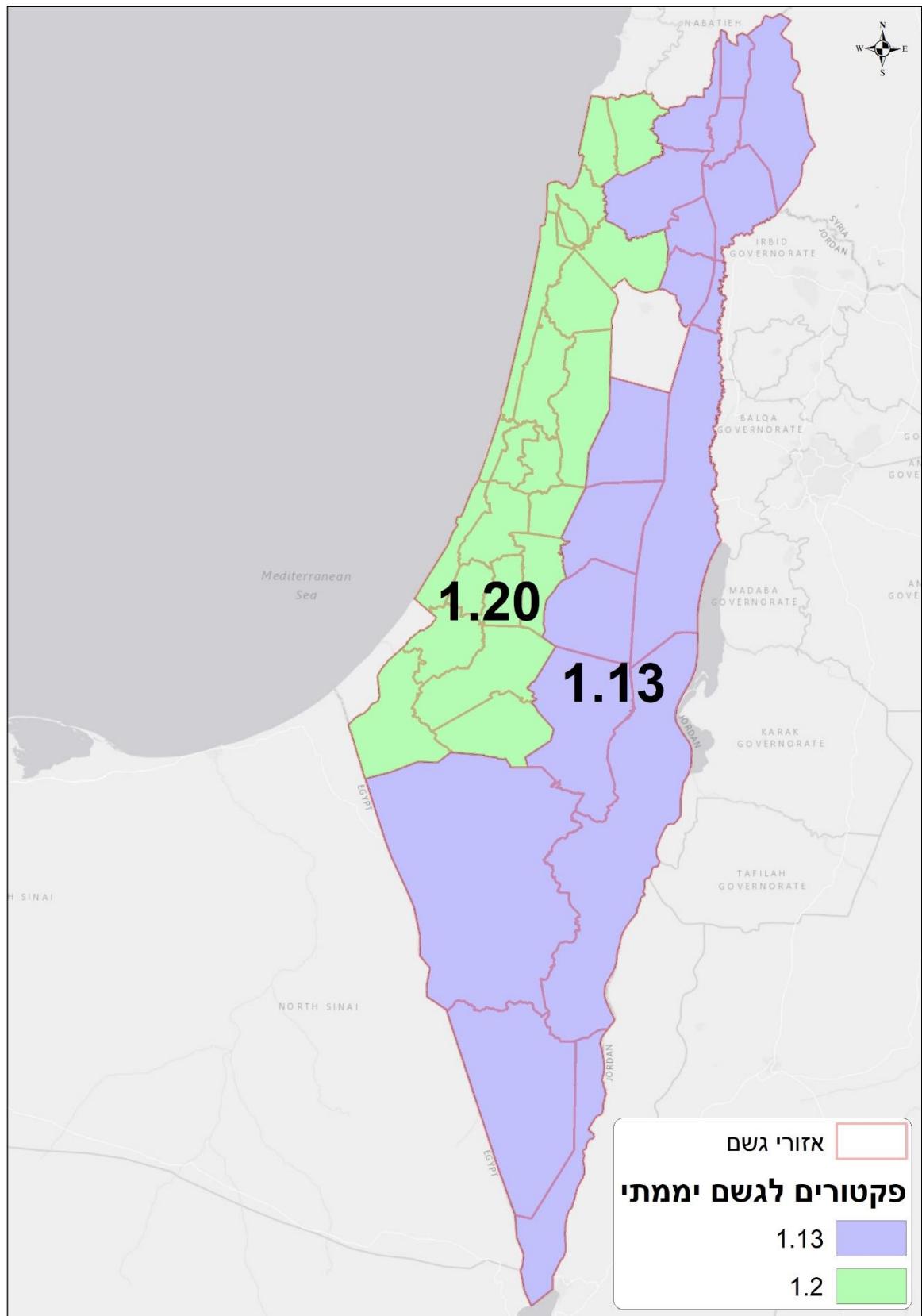
עד עתה מדובר על עוצמות ועובי גשם. בכדי להשתמש בגשם כקלט למודל גשם-גיג, יש צורך לפרוש אותו על פני היממה וליצור אירופי גשם (הייטוגרפ או Hyetograph).

ישנן שיטות מקובלות בעולם, כאשר כל שיטה מותאמת לאזור ספציפי, כיוון שאופי הגוף שונה מקום למקום. נבחנו 3 שיטות מקובלות לפרישת גשם והן NOAA<sup>129</sup>, SCS<sup>130</sup> ו-NRCC<sup>131</sup>. לכל אחת מהשיטות ישנן 4 התפלגיות שונות המתאימות לאזורים שונים בארץ"ב, כולל סה"כ 12 התפלגיות. הקלט בשיטות אלה הוא עובי גשם יממי, והפלט הוא תפוקת הגוף על פני היממה בהתאם לההתפלגות הנדונה.

<sup>129</sup> <https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H%26H/rainDist/SCSrainfallDistTimeTransformations.xlsx>

<sup>130</sup> [https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/rainDist/FIHM\\_C\\_2015\\_Rainfall\\_Distribution\\_NOAA\\_14\\_Merkel.pdf](https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/rainDist/FIHM_C_2015_Rainfall_Distribution_NOAA_14_Merkel.pdf)

<sup>131</sup> [https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/WinTR20/ppts/Mod%2010aNRCCRainDist\\_V310.pptx](https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/WinTR20/ppts/Mod%2010aNRCCRainDist_V310.pptx)



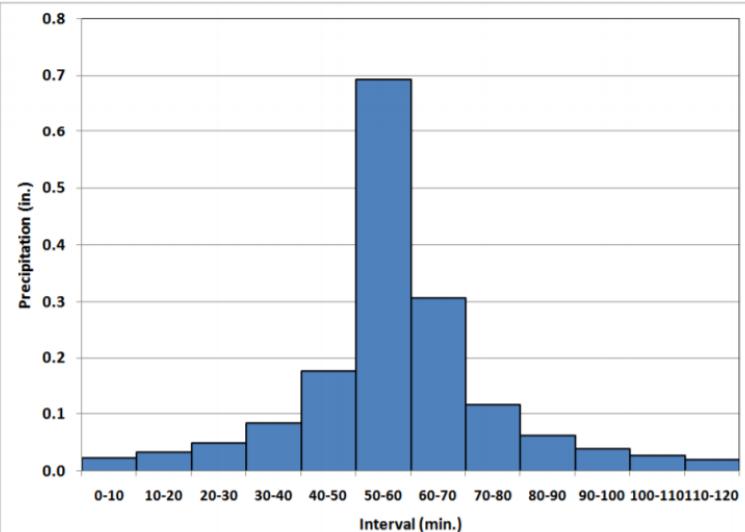
איור 77 / מפת אזורים הגשם והפקטוריים בהם הוכפל הגשם הימיימי

לכל אחת מ-39 התחנות הרלוונטיות חושבו 12 התפלגות חוזרת של 1:100. התקווה הרויה למצוא התפלגות אחת שמתאימה לרוב התחנות, או לפחות למצוא מספר התפלגות קטן המתאימות לאזורים שונים. בדיקת ההתאמה נעשתה לעוצמת המחוشبת הגבוהה ביותר בתפלגות אל מול העוצמה ה-5 דקות שוחשבה לתמונה. נמצא כי אין התפלגות אחת שמתאימה לרוב הפוליגונים בישראל ולא נמצא חוקיות בהתאמה. יתרה מכך, עוצמות הגשם בחלקים מישראל, בעיקר בדרום, הינה גבוהות בהרבה מכל התפלגות שונבcko ואין אף התפלגות שמתאימה להן.

לכן הוחלט לפתח התפלגות לפירוש גשם במיוחד לישראל, בשיטת Alternating Block Method. בשיטה זו מחשבים את עוצמת הגשם לכל אינטראול זמן (במקרה הנדון, כל 5 דקות) ע"פ עקום IDF ולآخر מכון מסדרים את הבלוקים המחושבים כך שהעוצמה הגבוהה ביותר במרכז; ומסביבה בסדר יורד שאר הבלוקים, וכך שיתקבל שיין גשם אחד באירוע כמפורט באירור 78.

Duration (min)	Intensity (in/hr)	Cumulative Depth (in)	Incremental Depth (in)
10	4.158	0.693	0.693
20	3.002	1.001	0.308
30	2.357	1.179	0.178
40	1.943	1.295	0.117
50	1.655	1.379	0.084
60	1.443	1.443	0.064
70	1.279	1.492	0.049
80	1.149	1.532	0.040
90	1.044	1.566	0.034
100	0.956	1.593	0.027
110	0.883	1.619	0.026
120	0.82	1.640	0.021

No.	Time (min)	Precip. (in)	No.
1	0-10	0.024	11
2	10-20	0.033	9
3	20-30	0.050	7
4	30-40	0.084	5
5	40-50	0.178	3
6	50-60	0.693	1
7	60-70	0.308	2
8	70-80	0.117	4
9	80-90	0.063	6
19	90-100	0.040	8
11	100-110	0.028	10
12	110-120	0.021	12



אייר 78 / דוגמא ל- Alternating block method

יש לציין כי נתוני הגשם בישראל הם בעייתיים לצורך פרישה שלוש סיבות:

1. סדרות הזמן הקצרות גורמות לכך שלעיתים, במיוחד בהסתברויות הנדרות, עקום IDF היינו קצר מעוזות ולא עוקב אחר התצורה הקלאסית של עקום מעריצי חלק.
2. עוצמות הגשם מחושבות מ-5 ועד ל-240 דקות ואז יש קפיצה גדולה ל-1,440 דקות (יממה) וזאת עקב מגבלת הנתונים ההיסטוריים עד שנת 2006 (ראה הסבר בסעיף 0).
3. עוצמות הגשם עד 240 דקות מחושבות מנ נתונים רציפים בעוד העובי הימתי מחושב מנ נתונים יממתיים עם פקטורי. מדובר בשני בסיסי נתונים שונים שעלולה להיות ביןיהם אי התאמה.

הבעיות לעיל גורמות לכך שפרישת הנתונים מתוך עצמות הגוף יוצרת לעיתים קפיצות לא הגוניות וערכיהם שליליים ולכן לא ניתן להשתמש בעצמות כמו שهن. לפיכך הוחלט להשתמש בקו המגמה המעריצי של עצמות הגוף לצורך חישוב פרישת הגוף.

התאמת של קווי המגמה המעריציים לעצמות הגוף היא לרוב גובהה מאוד ( $R^2 > 0.99$ ), אך למרות זאת ישנן לעיתים סטיות קלות. לעיתים ישנה גם אי התאמת בין הנתונים הרציפים ליוםיים. לכן פירוס הגוף על פני היממה לפי קו מגמה חייב לפחות העוצמות המחושות, או בשיא או בעובי הימתי של האירוע המחוש. הוחלט ששיא האירוע חשוב יותר מעובי הגוף הכלול ולכן נבחר קו מגמה הכלול רק את העצמות בטוחה 5-240 דקוט. מסיבה זו העובי הכלול של אירוע הגוף המחוש עלול להיות שונה מהעובי הימתי המחוש להסתברות הנדונה.

#### **בבסיס הנתונים של עצמות הגוף בישראל**

לאחר ביצוע החישובים נמצא כי הגוף בישראל הטרוגני באופןו ולא ניתן לאפיינו באמצעות מספר קטן של התפלגיות. יתרה מכך, ההתפלגיות משתנות בהתאם להסתברות עבורו אותו פוליגון. לכן במקומות לצינן התפלגיות, בניית בסיס נתונים של עצמות הגוף בישראל בקובץ אקסל בעל שלושה גליונות:

1. גליון ראשון המציג את קטלוג תחנות הגוף ואזורי הגוף בישראל.
2. גליון שני המציג את הטבלה המלאה של עצמות הגוף בישראל.
3. גליון שלישי בו ניתן לבחור אזור גוף ולקבל את טבלת עצמות הגוף ועוקם ה-IDF הרלוונטי וכן לבחור תקופת חזרה ולקבל אירוע גשם ימתי המחוש אוטומטית ב-

Alternating Block Method

## 11.ביבליוגרפיה

- Corvallis Forestry Research // [מכוון] Hydraulic Reference - Manning's Equation **CFRC**  
- .April 2020 27 - .2006 - .Community  
[http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8\\_Hydraulic\\_Reference/Manning\\_s\\_Equation.htm](http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8_Hydraulic_Reference/Manning_s_Equation.htm)
- Applied Hydrology .**Mays Larry W ו Chow Ven Te, Maidment David R**  
.ISBN 0-07-100174-3 - .500-501 'הנ' : International Edition - .McGraw-Hill, 1988 : [共和国]  
American Society of : [ימן] . - [לא מקומ] .Storage and the unit hydrograph .**Clark C. O**  
.Civil Engineers (Vol. 69, No. 9, pp. 1333-1360). ASCE., 1945
- Mile High Flood // [מכוון] Urban Storm Drainage Criteria Manual Volume 1 **Colorado**  
- .Chapter 6 - Runoff - .Urban Drainage and Flood Control District, August 2018 - .District  
[https://udfcd.org/wp-content/uploads/uploads/vol1%20criteria%20manual/06\\_Runoff.pdf](https://udfcd.org/wp-content/uploads/uploads/vol1%20criteria%20manual/06_Runoff.pdf)
- // [ימן] Time of concentration: a paradox in modern hydrology [**אחוריות**] **Grimaldi S**  
.ISSN: 0262-6667 - .228–217 'הנ' - .57 : 2 - .2012 - .Hydrological Sciences Journal
- Wolfe יוֹרָק / Los Angeles County Department of Public Works // [מכוון] **LA County**  
- .January 2006 - ..Donald L  
[https://dpw.lacounty.gov/wrd/publication/engineering/2006\\_Hydrology\\_Manual/2006%20Hydrology%20Manual-Divided.pdf](https://dpw.lacounty.gov/wrd/publication/engineering/2006_Hydrology_Manual/2006%20Hydrology%20Manual-Divided.pdf)
- .National Weather Service // [מכוון] Unit Hydrograph (UHG) Technical Manual **NOAA**  
& National Weather Service - Office of Hydrology - Hydrologic Research Laboratory  
- .Apr 2020 14 - .National Operational Hydrologic Remote Sensing Center, 12 Oct 2005  
[.https://www.nohrsc.noaa.gov/technology/gis/uhg\\_manual.html](https://www.nohrsc.noaa.gov/technology/gis/uhg_manual.html)
- Hydrology Training // [מכוון] Module 206D - Peak Discharge (Other Methods) **NRCS**  
- .June 2020 04 - .NRCS, 1988 - .Series  
[.https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1083019.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1083019.pdf)
- Unit Hydrograph // [מכוון] Natural Resources Conservation Service **NRCS**  
- .Apr 2020 14 - .United States Department of Agriculture, Dec 2019 - .Transformer  
<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1269480>

Chapter 16 - // [מקוון] Part 630 Hydrology - National Engineering Handbook **NRCS**  
- .March 2007 - .Hydrographs

.<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17755.wba>

Chapter 15 - Time // [מקוון] Part 630 Hydrology - National Engineering Handbook **NRCS**

- .April 2020 14 - .2010 - .of Concentration

.<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>

Comparison of two types of Clark unit hydrographs .**Nuccitelli Nicole R ו Ponce Victor M**

- .April 3030 14 - .October 2013 - .[מקוון].

.[http://ponce.sdsu.edu/comparison\\_of\\_two\\_clark\\_unit\\_hydrographs.html](http://ponce.sdsu.edu/comparison_of_two_clark_unit_hydrographs.html)

Brisbane : - .[ספר] Queensland Urban Drainage Manual **Quweensland Goveronment**

.85 : Third edition 2013 - .Department of Energy and Water Supply, 2013

Apr 14 - .2006 - .[מקוון] Hydrology: principles, analysis and design .**Raghunath H. M**

- .2020

<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=53abbe37d5a3f24c2c8b4580>

.assetKey=AS%3A273548713627648%401442230510150&

Green-ampt Infiltration .**Miller Norman ו Rawls Walter J., Brakensiek Donald L**

.1983 - .Journal of Hydraulic Engineering // [יוזן] Parameters from Soils Data

.Synthetic unit hydrographs. Trans., Am. Geophys. Union, 19, 447-454' .**Synder F. F**

.1938 - .[יוםן]

Civil Engineering Deptartment ; Texas / [דוח] The Rational Method .**Thompson David B**

.2006 - .Tech University

השירות ההידרולוגי רשות המים - נתוניים ומידע מנכזורי [מקוון] // ספיקות ונפחין זרימה בנחלים. -

<http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Data-> - .April 2020 14

.Hidrologeime/Pages/sfikot.aspx