משרד החקלאות
ופיתוח הכפר

משרד הבינוי והשיכון

המשרד לאיכות
הסביבה

מדריך לתכנון ובניה
משמרת נגר עילי

אוקטובר 2004

Aviv
מחויבים לתוצאות

אנוש מערכות
איכות סביבה ותכנון אורבני

העבודה 4 א"ת ראש העין 48017. טל 03-9024004 , פקס 03- 9024224

וְכַמַּיִם הַנְּהָרִים אַרְצָה אֲשֶׁר לֹא יֵאָסֵפוּ

שמואל ב׳, י״ד 14

שימור מי נגר עילי בשטחים המיועדים לבניה נתפס בשנים האחרונות כיעד תכנוני חשוב להשגת שתי מטרות עיקריות :

- מניעת אובדן מי הנגר העילי הנוצרים כתוצאה משטחים אטומים – גגות, מגרשי חניה, כבישים, מדרכות וכדומה.

  החדרת מי נגר אלה תורמת למשק המים הן בתוספת הכמותית והן בשמירה על איכותם.

- הקטנת ספיקות הנגר העילי המגיעות למערכות הניקוז העירוניות והאזוריות ועל ידי כך יצירת אפשרות להקטנת מימדיהן ועלויות הקמתן ואחזקתן.

לשימור נגר עילי מטרות משניות נוספות – תרומה לסביבה ולנוף, מניעת סחף, מניעת זיהום, השקיה באזורים מדבריים ועוד.

תפיסת מי הנגר העילי כמשאב בעל פוטנציאל כלכלי וסביבתי באה להחליף את גישת תכנון הניקוז המסורתית, המתייחסת בעיקר לסיכוני הצפה, ומתמקדת בסילוק מהיר ככל הניתן של מי הנגר.

תכנון משמר נגר עילי הנו נדבך נוסף במכלול שיקולי התכנון – פרוגרמתיים, כלכליים, הנדסיים, סביבתיים ועוד. תכנון משמר נגר עילי משלב את ניתוח הנתונים הטבעיים של שטח התכנון, המשפיעים על מופעי הנגר ואפשרויות שימורו – אקלים, טופוגרפיה, קרקע ותת קרקע – עם מציאת דרכים מיטביות להשגת יעדי שימור הנגר במסגרת שיקולי התכנון הכוללים.

תכנון משמר נגר עילי אינו מטלה של יועץ הניקוז בלבד, אלא מחייב ראייה רב תחומית, החל מתכנון פרישת ייעודי הקרקע השונים והשפעתם על יצירת ושימור נגר עילי, וכלה בתכנון מפורט של מתקני השהייה, אצירה והחדרה. לצורך כך נדרש שיתוף פעולה של כל גורמי צוות התכנון – אדריכלות ואדריכלות נוף, דרכים ופיתוח, ניקוז, ביסוס וכן ייעוץ במקצועות הגיאולוגיה, ההידרולוגיה ואיכות הסביבה.

משרדי הממשלה וועדות התכנון פועלים בשנים האחרונות לקידום הנחיות ותקנות המחייבות הטמעת שיקולי שימור נגר עילי בכל רמות התכנון. מדריך זה הינו אחת התוצאות של פעולות אלה ומטרתו כפולה :

- לסייע בהבנת הרקע ובהגברת המודעות לחשיבות הנושא ולצורך בשילובו בתכנון.
- לתת בידי המתכננים כלי עזר ונתונים, הן לרמות התכנון הכוללני והן לרמת התכנון המפורט.

ניתן להניח כי עם התקדמות הידע והניסיון בתכנון ובנייה משמרת נגר עילי יפותחו אמצעים תכנוניים והנדסיים נוספים וההנחיות יעוגנו באופן חלקי או מלא בהוראות סטטוטוריות מחייבות.

"הוראות שימוש" במדריך

המדריך עוסק בתכנון אזורים אורבניים חדשים על מגוון ייעודי הקרקע שלהם. הנחיות לתכנון בתנאים ייחודיים כגון באזורים מדבריים, ולתכנון מערכות ניקוז ייעודיות, כגון מפעלים לניצול מי שטפונות, אינם חלק ממדריך זה ומוזכרים באופן חלקי בלבד, או בהקשר של תכנון האזורים האורבניים.

המדריך מתייחס לשלוש קבוצות של רמות תכנון :

- תכנון כוללני: אב, מתאר, שלד, מפורטת לשטחים נרחבים – פרק 2
- תכנון מפורט: מפורטת נקודתית, נספח בינוי, בינוי לביצוע, מתחם, היתר בנייה - פרק 3.
- פתרונות ופרטים אופייניים - פרק 4.

פרקים 2 ו- 3 כוללים:

<u>סעיפים כלליים</u>: עקרונות, פריסת וסיווג ייעודי קרקע, תכסית פנויה להחדרת מי נגר - המיועדים בעיקר לאדריכל ולאדריכל הנוף .

<u>סעיפים תחומיים</u>: בינוי, נוף, דרכים, ניקוז, ביסוס המיועדים בעיקר לכל אחד מהיועצים המקצועיים כל אחד לפי תחומו.

חלקים נוספים של המדריך הנם רב תחומיים – מבוא, היבטים נלווים בנושאי איכות סביבה, תחזוקה, כלכלה וכן נספחים הכוללים מידע רלבנטי.

מומלץ בשלב ראשון לעיין במדריך כולו, להכיר את מבנהו ואת רוח ההנחיות הכללית.

לצורך פרויקט תכנון ספציפי ניתן להתמקד על-ידי:

- איתור רמת התכנון;
- איתור התחום המקצועי.

טבלת ריכוז הפעולות העיקריות על פי סעיפי המדריך והיועצים העיקריים הרלבנטיים נתונה בדף הבא.

באופן טבעי, בהיות מדריך זה ממוקד בשימור נגר עילי, הוא מציג הנחיות שהן בגדר חלופת קצה –

הכוונה להשהיה ו/או החדרה של מירב הנגר העילי לתת הקרקע. יש כמובן לקחת בחשבון כי תכנון משמר נגר עילי אינו היעד הבלעדי בתכנון, אלא מחייב שיקול דעת רחב, תוך שילוב ואיזון עם כלל שיקול התכנון ואילוציו.

בהיות תכנון משמר נגר עילי מורכב מנדבכים שונים ובעל היבטים מקצועיים מגוונים - אין מרשם יחיד לתכנון.

לפיכך, המדריך הינו אינפורמטיבי ומהוה כלי עזר מנחה ומכוון, לצורך הטמעה בדרכים יצירתיות אשר יפותחו ע"י צוות התכנון בכל פרויקט לגופו.

תכנון משמר נגר עילי – עיקרי המדריך

רמות תכנון כוללני – אב, מתאר, שלד, תכנית מפורטת לשטח נרחב				**רמות תכנון מפורט** - תכנית מפורטת נקודתית, נספח בינוי ופיתוח, היתר בניה			
פעולה	**סעיף**	**עמוד**	**יועצים עיקריים**	**פעולה**	**סעיף**	**עמוד**	**יועצים עיקריים**
• נתח נתוני שטח התכנון והתאמתם (העזר בנספחים מתאימים)	2.1	15	כולם	• נתח נתוני אתר והתאמתו	3.1	43	כולם
• ניתוח נתוני גיאולוגיה, הידרולוגיה, קרקע ומשקעים	2.1.4 2.1.5 2.1.6	17 18 18	גיאולוג, יועץ קרקע, הידרו-גיאולוג	• ניתוח נתוני גיאולוגיה, הידרולוגיה, קרקע ומשקעים ברמה המקומית	3.1	43	גיאולוג, יועץ קרקע, הידרו-גיאולוג
• קבע עקרונות ומדיניות	2.2.1	21	אדריכל, נוף, ניקוז	• קבע יעדים ושיטה	3.2.1	45	אדריכל, נוף
• נתח חלופות ופריסת יעודי קרקע	2.2.2	21	אדריכל, נוף	• בחן היבטים סביבתיים	5.1	88	סביבה, אדריכל
• תכנן פריסת שטחים פתוחים	2.2.3	21	אדריכל, נוף	• תכסית פנויה להחדרה	3.2.3	46	אדריכל, נוף, ניקוז
• קבע שטחים לאיגום וגופי מים	2.2.4	23	נוף, ניקוז	• איך נשמר מים בשטח פתוח	3.2.4	46	נוף
• הגדר שטחי החדרה	2.2.5	23	ניקוז	• תכנן מתחמים בנויים	3.2.2	45	אדריכל, נוף
• בחן תכסית פנויה להחדרה על-פי סיווג יעודי קרקע	2.2.6	23	אדריכל, נוף	• שלב מתקנים ואמצעים	3.2.5	48	ניקוז, נוף
• התווה את מערך הדרכים	2.2.8	24	דרכים	• תכנן צמחיה מתאימה	3.2.6	48	נוף
• תכנן את מערכת הניקוז	2.2.9	25	ניקוז	• תכנן דרכים	3.2.7	49	דרכים
• הנחה תכניות מפורטות יותר	2.2.10	26	אדריכל	• תכנן ניקוז מתחמים וחצרות	3.2.8	50	ניקוז
				• בחן היבטי ביסוס	3.2.10	53	ביסוס
				• כלול הוראות בתכנית	3.2.11	53	אדריכל
				• תכסית	4.3	76	ניקוז, נוף, דרכים

מזמין העבודה **– משרד הבינוי והשיכון**

המשרדים המלווים **– משרד החקלאות, משרד איכות הסביבה**

ועדת ההיגוי

אדר' קרלוס דרינברג	משרד הבינוי והשיכון
ד"ר יודן רופא	משרד הבינוי והשיכון
משה סוקולובסקי	משרד הבינוי והשיכון
ירון שלומי	משרד הבינוי והשיכון
ז'ק ג'ורג'י	משרד הבינוי והשיכון
נעמה אשל	משרד הבינוי והשיכון
תמר יגר	משרד הבינוי והשיכון
צבי רבהון	משרד החקלאות
שרה אלחנני	נציבות המים
ד"ר ישראל גב	נציבות המים
עדי טל	השרות ההידרולוגי
ד"ר ישעיהו בר-אור	המשרד לאיכות הסביבה
מנחם זלוצקי	המשרד לאיכות הסביבה
שלומית דוטן	המשרד לאיכות הסביבה
גליה בן שוהם	המשרד לאיכות הסביבה
עפרה לבנה/ מיכל איתן	משרד הפנים
אורית כפרי-כהן	משרד הפנים
דן סתיו	מינהל מקרקעי ישראל
דרור בן יואב	עיריית נתניה
סימה קושניר	עיריית ראשון לציון
מנחם וייצמן	עיריית מודיעין
מוחמד סלימאן	עיריית אום אל פאחם
ד"ר מוחמד שיבל	מועצה מקומית מג'ד אל כרום
נעה אבן אוירבך	מועצה מקומית פרדס חנה
פרופ' רונית נתיב	האוניברסיטה העברית ירושלים
ישי שכטר	קרן קימת לישראל
יואב שגיא	החברה להגנת הטבע
ד"ר ענת גונן	האיגוד לתכנון סביבתי
אורי שטרית	עמותת האדריכלים המאוחדים
דפנה גרינשטיין	עמותת אדריכלי הנוף
אהרון זוהר	מתכנן סביבתי

צוות העבודה

אלון פרלמן, אלי וידן, יעל גרינבאום	אנוש מערכות	- ניהול ותיאום
אדר' דורון אוהלי		- אדריכלות
יעל מוריה, ענת רחמל	מוריה-סקלי	- אדריכלות נוף
דני אלמליח		- אגרונום
מנחם גולדרייך, ז'ק טבול	אמי מתום	- כבישים
עוזי דויד		- ניקוז
ד"ר נעם גרינבאום		- הידרולוגיה
עדי לרר	בלנק – לרר	- ביסוס
עמוס ישראלי		- גיאולוגיה
יוסי בר		- גיאו-הידרולוגיה
סמדר מאיר	אנוש מערכות	- איכות סביבה
רונית טורק	אנוש מערכות	- אקלים
אפרת פלס	אנוש מערכות	- GIS
מירה סזל	אנוש מערכות	- גרפיקה ועריכת הדו"ח

צוות העבודה מבקש להודות לכל המוסדות והגורמים אשר סייעו בהעברת נתונים, בהערות ובליווי הכנת המדריך, ובעיקר לבאים:

- קרלוס דרינברג, יודן רופא – משרד הבינוי והשיכון.
- צבי רבהון – משרד החקלאות.
- ישעיהו בר-אור – המשרד לאיכות הסביבה.

תוכן עניינים

	עמוד
תמצית	**3**
ועדת ההיגוי וצוות העבודה	**6**
פרק 1 - מבוא	**8**
1.1 רקע	9
1.2 מרחב התכנון	9
1.3 מטרות ואפשרויות בשימור נגר עילי	10
1.4 תהליכי התכנון	11
1.5 שיקולים עפ"י רמות התכנון	11
1.6 קהלי היעד למדריך	13
פרק 2 - רמות תכנון כוללני	**14**
2.1 הנחיות לניתוח שטח התכנית	15
2.1.1 תהליך ניתוח מאפייני אתר	15
2.1.2 גבולות אזור הבחינה	16
2.1.3 אקלים	16
2.1.4 קרקע ותת קרקע	17
2.1.5 טופוגרפיה והידרולוגיה	18
2.1.6 מי תהום	18
2.1.7 היבטי ביסוס	19
2.1.8 היבטים סביבתיים	19
2.1.9 דרך מקוצרת לבחינת נתוני האתר	20
2.2 הנחיות תכנון	21
2.2.1 עקרונות התכנון	21
2.2.2 פריסת ייעודי קרקע	21
2.2.3 פריסת שטחים פתוחים	21
2.2.4 איגום וגופי מים עיליים	23
2.2.5 שטחי החדרה	23
2.2.6 שמירת תכסית פנויה להחדרה	23
2.2.7 הנחיות תכנון בהיבט סביבתי	24
2.2.8 שימור מים בדרכים	24
2.2.9 ניקוז	25
2.2.10 הוראות לתכניות סטטוטוריות	26
2.3 דוגמאות תכנון כוללני	28
2.3.1 דוגמא א' - תכנון עיר -מודיעין	28
2.3.2 דוגמא ב' – תכנית שלד בצפון שדרות	31
2.3.3 דוגמא ג' – תכנית בנין עיר לשכונה בראש העין	37

	עמוד
פרק 3 - רמות תכנון מפורט	**42**
3.1 ניתוח נתוני אתר	43
3.2 הנחיות לתכנון מפורט	45
3.2.1 ריכוז ההנחיות	45
3.2.2 מתחמים בנויים	45
3.2.3 תכסית פנויה להחדרה	46
3.2.4 איך נשמר מים בשטח הפתוח	46
3.2.5 מתקנים ואמצעים לשילוב בתכנון משמר נגר עילי	48
3.2.6 שימוש בצמחיה	48
3.2.7 דרכים	49
3.2.8 ניקוז מתחמים וחצרות	50
3.2.9 אמצעים לטיפול בנגר בשטחים בנויים	50
3.2.10 ביסוס	53
3.2.11 הוראות סטנדרטיות לשימור נגר עילי	53
3.3 דוגמאות תכנון מפורט	55
3.3.1 דוגמת יישום נגר ברמת שכונה	55
3.3.2 דוגמת תכנון שימור נגר עילי בתחום המבנן	57
3.3.3 דוגמאות שימור נגר במגרש הבודד	60
3.3.4 דוגמאות תכנון באר הפוכה	61
3.3.5 דוגמאות לסיכונים של ביסוס	62
3.6.6 דוגמת החדרה ללא סיכון לביסוס	65
פרק 4 -פתרונות ופרטים אופייניים	**66**
מבוא	67
4.1 פתרונות שימור נגר ברמת השכונה והמבנן	68
4.2 מאגרי מים ובריכות	71
4.3 תכסית	76
4.3.1 דוגמאות למשטחים חדירים	76
4.3.2 שימוש בצמחיה	79
4.3.3 גינות גג	81
4.4 מתקני החדרה לתשטיפי כבישים	82
4.5 תעלות	84
4.5.1 תעלות להובלת מים	84
4.5.2 תעלות לויסות	85
4.5.3 תעלות להשהיה	85
4.5.4 תעלת עשב להשהיה, ויסות, החדרה וסינון	86
4.5.5 תעלות להחדרה	87
4.5.6 תעלות מדופנות ריפ-ראפ	87
4.5.7 תעלה מדופנת J.K או שו"ע	88

	עמוד
4.5.8 מפל בתעלת ניקוז	88
4.6 דוגמא שלילית: סילוק למערכת ניקוז במקום לשטחים פתוחים	89
4.7 דוגמאות השהיה והחדרה באזורים לא אורבניים	90
פרק 5 – היבטים נלווים	**91**
5.1 הנחיות תכנון איכות הסביבה	92
5.1.1 סיווג איכות הנגר העילי	92
5.1.2 תקנות וחוקים בנוגע לאיכות ויעוד נגר עילי	93
5.1.3 יתושים	94
5.2 תחזוקה למתקני ניקוז	94
5.3 מודל כלכלי	95
5.3.1 מטרה	95
5.3.2 המודל הכלכלי	95
5.3.3 בדיקת כדאיות אמצעים לשימור נגר עילי	96
5.3.4 דוגמאות חישוב חסכון עקיף כתוצאה משימור נגר עילי	97
5.4 היבטים פורמליים	99
5.4.1 רקע	99
5.4.2 המלצות לצעדים אפשריים בהמשך	99
5.4.3 היבטים פורמליים נוספים	99
נספחים	**101**
נספח 1 - גיאולוגיה, קרקע ותת הקרקע	**102**
נספח 1.1 - טבלת כושר חידור	102
נספח 1.2 – טבלת מקדמי נגר מירבי	103
נספח 1.3 – אזורי עדיפות להחדרה	105
נספח 1.4 – מפות	110
נספח 2 - משקעים	**112**
נספח 3 – מפעלים לניצול מי שטפונות	**116**
נספח 4 - שיטות ומודלים לחישוב נגר עילי	**119**
נספח 4.1 - שיטות חישוב נגר עילי – ספיקות שיא ונפחים	119
נספח 4.2 - מודלים להערכת כמויות נגר	127
נספח 4.3 - טבלאות מקדמי נגר	128
נספח 4.4 - מודל לחישוב כמויות הנגר ביחידת הבית הבודד	132
נספח 4.5 - תקופות חזרה רצויות	134
נספח 4.6 - הנחיות לחישוב האוגר הרצוי – אזור החוף	135
מילון מונחים	**136**
רשימת מקורות	**138**

פרק 1: מבוא

1. מבוא

1.1 רקע

מודעות לצורך בניהול ושימור הנגר העילי במרחב העירוני, תוך ראייה רחבה של השפעותיו ההידרולוגיות והסביבתיות, התפתחה בעולם בתקופת עשרות השנים האחרונות.

נערכו מחקרים והוצאו הנחיות בנושא זה בארצות הברית, אוסטרליה, יפן ומדינות שונות באירופה, במגמה לצמצם את הפסדי הנגר העילי כתוצאה משטחים בנויים ואטומים ובמקביל לשמור על איכות מי הנגר המגיעים אל מי התהום.

במסגרת זאת פותחו מערכות כללים לתכנון וניהול הנגר, כגון: Best Practice Management (BMP) בארה"ב, Sustainable Urban Drainage (SUD) באנגליה, Water Sensitive Urban Design (WSUD) באוסטרליה ועוד, המבוססים על עקרונות של פיתוח בר-קיימא.

במקביל הוחל בישראל בניתוח השפעות העיור המואץ, בעיקר במישור החוף, על כמויות הנגר העילי ואיכותו ובניתוח השלכותיו על מאזן המים באקוויפר החוף. מחקרים בנושאים אלה נערכו על-ידי המרכז לחקר העיר והאזור של הטכניון (אורי שמיר, נעמי כרמון ונוספים); דר' רונית נתיב מהפקולטה לחקלאות ונוספים; דר' רמי גרתי מהתחנה לחקר הסחף במשרד החקלאות ונוספים ועוד. אומדנים לגבי אובדן כמויות המים, כתוצאה מהגברת הנגר העילי בשטחים עירוניים, נעים בתחום רחב מאוד, עקב שונות רבה במקדמים המשמשים לחישוב הנגר, שפותחו על-ידי גופי מחקר ורשויות שונות בעולם. יחד עם זאת, המסקנות מכלל המחקרים שנערכו עד כה הינן :

- העיור מגדיל את נפחי הנגר העילי בכלל ויש הגורסים שגם את ספיקות השיא שלו, המחייבות מערכות ניקוז מתאימות.
- אובדן המים למי התהום כתוצאה מהגברת הנגר הינה בסדרי גודל של עשרות אלפי מ"ק לשנה לכל קמ"ר עירוני, ובסדרי גודל של עשרות מיליוני מ"ק לשנה לכלל אקוויפר החוף, עקב הפיתוח הצפוי בשנים הקרובות.
- ניתן, באמצעים שונים, חלקם פשוטים ושאינם מחייבים השקעות מיוחדות, לצמצם את השפעות העיור, על-ידי השהיית הנגר העילי, אצירתו והחדרתו.

עם התפתחות הידע, וההכרה בחשיבות הנושא, החלו מוסדות התכנון להכין הוראות והנחיות ברמות פירוט שונות, שמטרתן לקדם את התכנון "הרגיש למים", או "תכנון משמר נגר עילי", כפי שהוגדר במדריך זה.

במסגרת זאת פעל צוות בין משרדי (פנים, בינוי ושיכון, חקלאות, תשתיות ואיכות הסביבה) וגיבש הנחיות מדיניות; משרד הפנים פועל לעדכון תקנות התכנון והבנייה העוסקות בסילוק מי הנגר; ועדה מחוזית מחוז מרכז הוציאה "הנחיות לתכנון רגיש למים בתכניות מפורטות ומתאריות" וועדות מקומיות שונות הוציאו הנחיות תכנון הקשורות לנושא זה. משרד הבינוי והשיכון מקדם פרויקטי חלוץ לתכנון ובניה משמרת נגר עילי במודיעין ובבאר שבע.

לאור תהליכים אלה, ועל פי החלטת הצוות הבין משרדי, פעלו משרדי הבינוי והשיכון ומשרד החקלאות להכנת מדריך זה, במטרה "לפרט את ההנחיות לתכנון ופיתוח משמרי נגר עילי, לרכז עבור המתכננים את הידע המקצועי הדרוש והאפשרויות השונות לניהול נכון של מי הנגר ובכלל זה השהייה וריסון של ספיקות השיא".

בנוסף, עתיד להתפרסם "תכנון עירוני רגיש למים: מסמך מדיניות לפיתוח בר קיימא", אשר נמצא בהכנה עבור משרד הבינוי והשיכון ע"י חוקרי הטכניון אורי שמיר ונעמי כרמון.

1.2 מרחב התכנון

בתהליך הבחינה והצבת הפתרונות לשימור הנגר העילי נדרשת אינטגרציה רב ממדית של גורמים שונים:

- נתונים פיסיים של סוגי סביבה שונים (מסלע וקרקע, מורפולוגיה וטופוגרפיה, אקלים ומערכות הידרולוגיות).
- פריסת ייעודי קרקע (בניה רוויה, בנייה צמודת קרקע, שטחים פתוחים, שטחי תעסוקה, וכיו"ב), המתוכננים על רקע נתונים פיסיים המשתנים ממקום למקום.
- רמות חשיבה ופירוט שונות המותאמות לשלבי תכנון עיקריים - תכנית אב, מתאר ושלד, תכנית בניין עיר ובינוי, תכנון מפורט למתחמים ולהיתרי בניה.

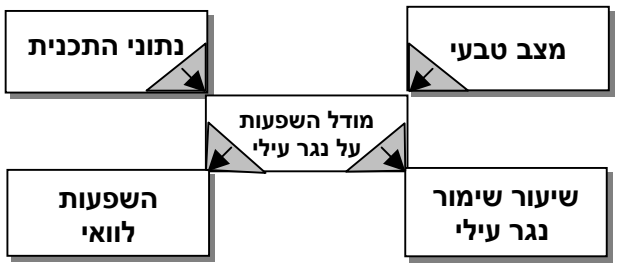
שימור מי נגר עילי בשטח העומד בפני תכנון הינו תוצר של שני מרכיבים:

- מצב טבעי נתון – התפלגות הגשמים – כמותם ועוצמתם על פני זמן ונתוני התאדות, נתוני הקרקע, התכסית הטבעית, הטופוגרפיה, אקוויפרים והימצאות מאגרים בסביבה.
- התכנון החדש – תכנית הפיתוח של השטח הכוללת את המשטחים הבנויים והמרוצפים, התורמים נגר עילי; השטחים הפתוחים לסוגיהם, המשהים ומחדירים נגר עילי; מערכות הדרכים והניקוז וחומרי השתית והכיסוי.

השפעת התכנון החדש על המצב הטבעי ועל שיעור מי הנגר העילי, אשר יישמרו בתחום התכנית או בסביבתה, הנה מורכבת ביותר עקב האקראיות של מופע הגשמים ובשל ריבוי הגורמים המשפיעים על ריסון הזרימה, השהייתה והפנייתה לשטחי או למתקני החדרה ועל יכולת הקליטה שלהם. מרחב התכנון כולל גם שטחים סמוכים, התורמים נגר עילי לתחום התכנון,

או אשר אליהם זורם נגר עילי והם קולטים אותו מתחום התכנון.

ניתן להציג באופן סכמתי את קשרי הגומלין בין גורמי מרחב התכנון באופן הבא:



חישוב כמויות הנגר העילי הינו מורכב וניתן לביצוע באופן פשטני באמצעות נוסחאות ומקדמים אמפיריים הנותנים אומדן כללי, או לחילופין באמצעות מודל סימולציה מורכב, ממוחשב, המדמה את התנהגות מי הגשמים וזרימות הנגר בחלקי הפרויקט השונים לאורך עונות חורף רבות ומחשב את ממוצע והתפלגות הכמות המוחדרת.

השפעות הלוואי הנוספות לשימור הנגר העילי הנן בתחומים הבאים:

הכלכלי – השקעות באמצעים מיוחדים לשימור מי נגר והשלכות אפשריות על עלויות פיתוח השטח ומערכות הניקוז. יש להדגיש כי לא כל תכנון משמר נגר עילי כרוך בתוספת השקעות. אדרבה- לתכנון משמר נגר עילי תרומות כלכליות בהעשרת מי התהום ועצירת מגמות המלחה וזיהום. היבט משמעותי לא פחות הנו הוזלה אפשרית בהיקף ובהשקעות במערכת הניקוז האזורית, כתוצאה מהפחתת כמויות הנגר העילי בכלל, וספיקות השיא במיוחד.

התפעולי – צרכי אחזקה ותפעול של מתקני החדרה, שטחי איגום, אזורי גינון ואחרים כדי להבטיח את פעולתם התקינה, כולל ניקיון ותחזוקה עונתית.

הסביבתי – השפעות של זיהומים הנוצרים על כבישים, מגרשי חניה ומתקני תעסוקה ותשתית שונים והעלולים להיות מוחדרים יחד עם הנגר העילי, בגשם הראשון או בכלל. בנוסף - סכנת דגירת יתושים בגופי מים עיליים עומדים ועוד.

המשפטי – מניעת פגיעה בזכויות בנייה קיימות כתוצאה מהקטנת תכסית, הגדלת קווי בניין ו/או שינוי ייעוד, זכויות מעבר של מובילי נגר עילי, או של נגר עילי על פני השטח, בין שטחים פרטיים, או בין שטחים פרטיים לציבוריים, חלוקת אחריות ועלויות לתפעול ותחזוקת מתקנים ומרכיבי תכנית על ועדי בתים, רשויות מוניציפליות ואחריות לנזקים כתוצאה מהצפות עקב תקלות במערכת החדרה וכדומה.

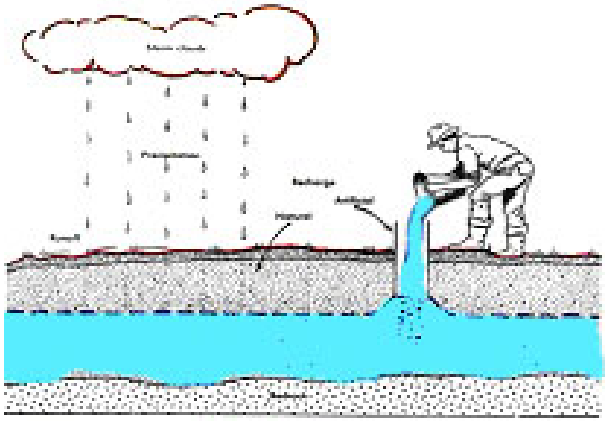
הסטטוטורי – יחס הנחיות תכנון בנושא שימור נגר עילי לתקנות והוראות אחרות, קיימות או בהכנה, בחוק התכנון והבניה, בחוקי עזר עירוניים, בתקנות נציבות המים, בתכניות מתאר ארציות (כגון תמ"א 34 ב' שבהכנה) בתכניות מתאר אחרות, המגדירות נתוני תכסית, קווי בניה ועוד, בהנחיות לתסקירי השפעה על הסביבה וכו'.

1.3 מטרות תכנון משמר נגר עילי

המטרות העיקריות של תכנון משמר נגר עילי הן:

- מניעת אבדן נגר עילי להעשרת מי התהום, כתוצאה מפיתוח ובנייה ומהקטנת שטחים מחדירי מים.
- הקטנת ההשקעות במערכות ניקוז עירוניות חדשות, על-ידי הקטנת ספיקות התכן לתכנון. זאת, על-ידי הקטנת הנפח הכולל המנוקז, באמצעות החדרה והקטנת ספיקות השיא בדרך של השהייה והארכת זמני ריכוז.
- מניעת עומס יתר על מערכות ניקוז קיימות, על-ידי הטיית הנגר לאיגום, פיזור והחדרה.

מטרות אלו משלימות זו את זו בכך שהאמצעים לאצירת נגר עילי והשהייתו לצורך החדרתו גורמים להקטנת ספיקות הנגר העילי המנוקז.



המטרות הנוספות בשימור נגר עילי הן :

- השקיה עונתית, בעיקר באזורים מדבריים, לעצים בלִימֶנים ויערות סוואנה.
- מניעת זיהום מי נגר עילי, המופנים להחדרה, על-ידי תפישתם בסמוך למקום היווצרותם ועל-ידי הפרדת נגר מאזורים מזהמים.
- שילוב נגר עילי בתכנון הנופי, במסגרת פתרונות מותאמים לעונתיות.
- שימור ערכים אקולוגיים – הזרמה לאפיקי נחלים, שלוליות חורף, גופי מים עיליים.

הערה: מדריך זה עוסק בהנחיות לתכנון אזורים ומתחמים חדשים ואינו נכנס לעובי הקורה של היתכנות והנחיות לתכנון משמר נגר עילי באזורים בנויים.

1.4 תהליכי התכנון

ניתוח מצב קיים

הפרמטרים העיקריים הם:

- **טופוגרפיה והידרולוגיה -** מבנה פני הקרקע; שיפועים; אגני ניקוז ומאפיינים הידרולוגיים; מערכות זרימה חופשיות בערוצים ונחלים; מקווי מים; מקדמי נגר על פי נוסחאות ומקדמים מקובלים, תוך בחירת השיטה המתאימה.
- **הידרו-גיאולוגיה** – מבנה תת הקרקע של אזור התכנון, על בסיס חתכים ונתוני קידוחים; הערכת החתך והמבנה ההידרו-גיאולוגיים המרחביים והגדרת החדירות ההידרו-גיאולוגית של השטחים בתחום התכנית ובסביבתה; אפיון השתית; מיקום מפלס מי התהום; תנודות עונתיות ושנתיות.
- **קרקע** - סוגי הקרקע בתחום התכנית ובסביבתה; מסלע: סוג, גיאו-כימיה; מרקם ומבנה; מורפולוגיה – חלוקה ליחידות נוף; שיפועים ופרשות מים.
- **גשם** - תחנות הגשם באזור ונתוניהן; איכות נתוני הגשם; כמויות גשם סופתיות; שנתיות, רב שנתיות; עוצמות גשם סופתיות, לתדירויות וזמני ריכוז שונים; מקדמי התחנות.
- **הערכת נגר במצב קיים** - שימוש בנוסחה הקושרת את נפח הנגר וספיקותיו למאפייני אגן ההיקוות, שטחו ועוצמת הגשם.

ניתוח מצב מתוכנן

- **הערכת נגר** במצב המתוכנן.
- **הערכת איכות הנגר -** מיון איכויות המים על פי המקורות השונים של הנגר העילי ובמיוחד אלו הבאים מאזורי תעשייה, ממתקני תשתית ומכבישים ומגרשי חניה.
- **השפעת מתקנים ייעודיים**- השפעתם הבדידה והמצטברת של כלל הגורמים המעודדים תפישת והחדרת נגר עילי– השהיה, איגום, החדרה. חומרי סלילה חדירים, מתקני החדרה מתחמיים ונקודתיים ועוד.

השוואת חלופות וסיכום

ניתוח השוואתי של כמויות נגר עילי ואיכותו המגיע לתת הקרקע במצבים שונים:

- מצב קיים, לפני תכנון.
- השוואת חלופות תכנוניות כוללות, לפני שילוב מתקנים ספציפיים.
- השוואת חלופה נבחרת ביחס למצב קיים.
- בחינת השפעות שילוב מתקנים שונים, כלליים ונקודתיים על החלופה הנבחרת, ובהשוואה למצב קיים.

1.5 שיקולים על-פי רמות תכנון

על-פי אופי תהליך התכנון, מחולק המדריך לשלוש קבוצות של רמות תכנון – כוללני, מפורט ופרטים אופייניים.

ברמות התכנון הכוללני, המתוארות בפרק 2, לב העשייה התכנונית הנו בקביעת מדיניות שימור נגר עילי כוללת ובהתאמת ייעודי הקרקע הרצויים ופריסתם במרחב התכנון, להשגת היעדים הפרוגרמתיים והעיצוביים. ברמות תכנון אלו נדרשת ראייה כוללת של מערכת הובלת הנגר ושימורו, כנדבך תכנוני נוסף וכמדד נוסף להערכת יעילות הקצאת השטחים הפתוחים ושטחים אחרים בעלי יכולת החדרה גבוהה.

רמות תכנון אלה מתייחסות לשטחים גדולים יותר, דהיינו: ברמה ארצית, מחוזית, אזורית, עירונית, ושכונתית והן כוללות תוכניות אב, מתאר, שלד ותכניות בנין עיר מפורטות לשטחים נרחבים.

בהתאם מתמקד שימור הנגר העילי, בתוכניות ברמות אלה, בניתוח הגיאוגרפי ובפריסת שימושי קרקע.

ברמות התכנון המפורט, המתוארות בפרק 3, עובר הדגש, בכל הקשור לשימור נגר עילי, למתן פתרונות מקומיים וקונקרטיים לאצירת הנגר והשהיתו בשטחים הפתוחים השכונתיים, או הסמוכים לאתר התכנון, ובמגרשי המבנים בתחום האתר.

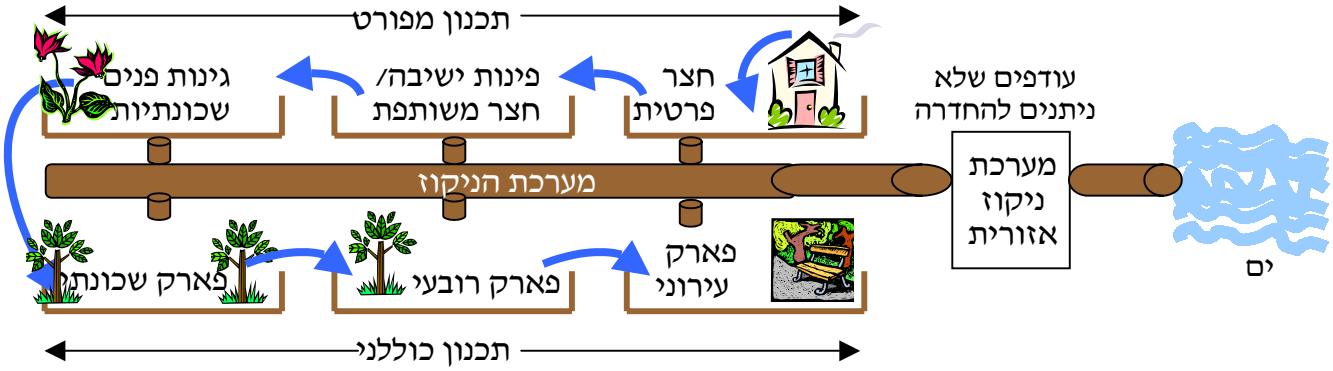
רמות תכנון אלה מתייחסות, בדרך כלל, לשטחים קטנים יותר, דהיינו: ברמה שכונתית, מתחמית, מבננית ועד לרמת המגרש/ מבנה הבודד והן כוללות תכניות בנין עיר נקודתיות, נספחי בינוי ותכניות להיתר בניה. בתכניות אלו מתמקד שימור הנגר העילי בתכנון מפורט של מערך השטחים הפתוחים, התוויית דרכי הזרימה להשהיה, אצירה והחדרה ומתן הנחיות, פרטים וחתכים למתקנים ואמצעים נדרשים.

פתרונות ופרטים אופייניים בפרק 4 - כוללים דוגמאות קונקרטיות של פתרונות אופייניים, תכנוניים או הנדסיים, להשהיית הנגר, הובלתו והחדרתו.

מרכיב עיקרי בשימור נגר עילי הנו תכנון הרצף הגרביטציוני, החל ממקורות הנגר מגגות ומשטחים אטומים, דרך נתיבי הזרמתו לחצרות, מגרשים, לאורך שבילים ודרכים ובעיקר הפנייתו אל רצף שטחים פתוחים, אשר להם תפקיד מרכזי בהשהיה בהחדרה.

הרצף הגרביטציוני מוצג באופן סכמתי בדף הבא.

בכל שלב מתבצעת השהייה, החדרה והזרמת עודפים בגלישה, או דרך אמצעי ריסון אל השלב הבא.



תוצאת הלוואי החשובה הינה הקטנת ספיקות השיא והגדלת זמני הריכוז של הנגר במערכת העירונית.
דוגמאות ליישום רצפים גרביטציוניים ברמות התכנון הכוללני והמפורט נתונות בהמשך.

תאור תמציתי של המשימות העיקריות הנדרשות בשלבי ניתוח האתר והתכנון משמר נגר עילי, על-פי שתי רמות התכנון דלעיל, נתון להלן:

רמות התכנון הכוללני

ניתוח נתוני אתר

- מאפייני משקעים, הידרולוגיה, טופוגרפיה, קרקע ותת הקרקע ברמה ארצית, אזורית ומקומית;
- סיווג כללי של האזור מבחינת עדיפותו להחדרת נגר עילי ודרכי שימור אחרות;
- אפיון אגני ניקוז ותאי שטח, על-פי התאמתם לאצירה והחדרה;
- מערכות ניקוז קיימות וגופי מים טבעיים ומלאכותיים;
- איתור שטחים תורמי נגר וקולטי נגר, לרבות השפעות שטחים סמוכים;
- הערכה ראשונית של שיעורי נגר טבעי במצב נוכחי.

תכנון כוללני

- קביעת מדיניות כוללת לשימור, על בסיס ניתוח נתוני האתר;
- בחינת היתכנות וקביעת יעדי שימור כלליים;
- התאמת ייעודי קרקע לשיקולי אצירה והחדרה;
- מיקום גופי מים עיליים גדולים, פארקים עירוניים, רובעיים וכד';
- פריסת שצ"פים כאזורי אצירה והחדרה;
- התווית דרכים מתחשבת בהשהיית נגר והחדרתו;
- תכנית ניקוז כוללת, עם דגש על שימור נגר;
- קביעת יעדים כמותיים אפשריים לשימור נגר;
- הנחיות לרמות התכנון המפורט.

רמות התכנון המפורט

ניתוח נתוני אתר

- איתור ואבחון של גורמים מקומיים, כגון: שיפועים, מדרג ערוצים, נתוני קידוחי מחקר והפקה קיימים, שקעים טבעיים, גופי מים עיליים ומאגרים;
- ריכוז נתוני מקדמי החדרה של קרקע בשטח התכנית, נתוני קידוחים קיימים או דרושים ספציפית;
- בחירת מקדמי נגר או מקדמים לנוסחאות חישוב אוגר;
- ניתוח הנחיות בתכניות ברמה גבוהה יותר, בקשר לבינוי, תכסית ונגר עילי;
- ניתוח יעדי נגר עילי שלא ניתן לשימור בתחום התכנית.

תכנון מפורט

- תכנון לשימור נגר בתחום האתר/ המתחם/ המגרש;
- פריסה מפורטת של מערכת שטחים ציבוריים פתוחים והגדרת תפקידם בשימור מי נגר עיליים;
- תכנון מפורט של שטחים פתוחים ועיצוב נופי המתייחס לשימור נגר עילי;
- שילוב מתקני החדרה נקודתיים;
- תכנון פרטי מערכת ניקוז משמרת נגר;
- תכנון פרטי מבנה, מיסעות, חניות התומכים בשימור נגר;
- חישוב הנגר היוצא, שיטופל במורד.

1.6 קהלי היעד למדריך

המדריך מיועד למתכננים ויועצים, בצוותי התכנון, ברמות התכנון השונות:

- אדריכל: פרישת ייעודי קרקע, תנוחת מבנים, פרטי בינוי שונים וכן שילוב השטחים הפתוחים ומערכות הניקוז והדרכים בתכנון שימור הנגר.
- אדריכל נוף: פרישת השטחים הפתוחים ופרטי התכסית והמבנה שלהם, תכנון מפורט של שטחים ציבוריים פתוחים.
- מתכנן הניקוז תכנון מערכות ההובלה, ההשהיה האיגום, הפיזור וההחדרה - לשימור הנגר והערכת הקטנת מערכת הניקוז כתוצאה מכך.
- מתכנן הדרכים: הטמעת היבטי שימור נגר בהתוויית מערך הדרכים, כחלק מפרישת ייעודי הקרקע ובתכנון ניקוז כבישים, מדרכות, משטחי חניות.
- גיאולוג והידרו-גיאולוג: סוגי מסלע, שברים ומישורי החלקה. זיהוי מבנים גיאולוגיים נקודתיים התומכים בהחדרה.
- הידרולוג: תכונות פיזיקליות של השכבות וכושר איגום.
- יועץ קרקע וביסוס: השפעה על ביסוס, אילוצים להחדרה, פתרונות המאפשרים החדרה.
- יועץ איכות סביבה ואקולוגיה.
- יועצים נוספים רלוונטיים במקרים ספציפיים.

קהל היעד כולל גם גורמים מנחים ומבקרי תכנון ובעלי עניין אחרים:

- וועדות מחוזיות ומקומיות לתכנון ובנייה;
- יחידות סביבתיות מקומיות;
- משרדי ממשלה - פנים, בינוי ושיכון, חקלאות, איכות הסביבה, תשתיות לאומיות, ביטחון ויחידות סמך שלהם;
- מוסדות מחקר ואקדמיה;
- ארגונים לא ממשלתיים בנושאי תכנון וסביבה;
- הציבור הרחב, סטודנטים.

פרק 2: רמות תכנון כוללני

2. רמות תכנון כוללני

2.1 הנחיות לניתוח שטח התוכנית

2.1.1 תהליך ניתוח מאפייני אתר

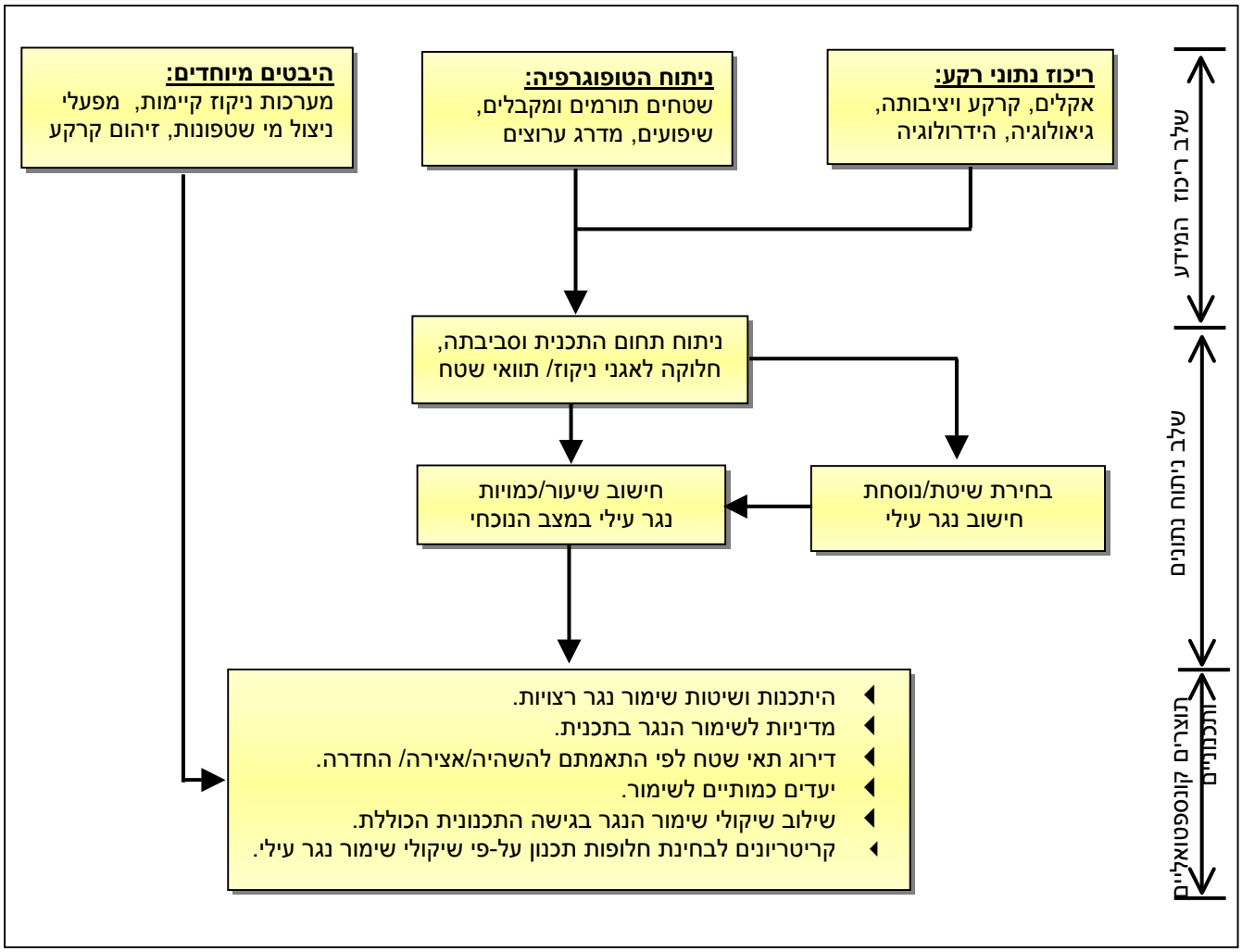
שלושה גורמים הכרחיים להיתכנות העשרת מי תהום על ידי שימור נגר עילי:

- כמות גשם מספיקה.
- קרקע ותת-קרקע חדירים.
- קיום מאגר מי תהום.

ללא אלה ישרת שימור מי נגר מטרות אחרות, תוך הקלה על מערכות הניקוז.

ניתן להציג את תהליך הבחינה העקרוני של מאפייני אתר התכנון, באמצעות התרשימים הסכמתיים להלן.

סכמת תהליך עקרוני לניתוח מאפייני אתר מבחינת שימור נגר



2.1.2 גבולות אזור הבחינה

אזור הבחינה כולל שלושה תחומים:

- תחום התכנית – הקו הכחול;
- אזור תורם – השטח שבמעלה הזרימה, המתנקז אל תחום התכנית;
- אזור קולט – השטח שבמורד הזרימה, אשר לתחומו מתנקז אזור התכנית.

האזור התורם: הנתונים הדרושים לגבי האזור התורם הם כמות הנגר העילי המגיע ממנו אל תחום התכנית ואיכותו. נתונים אלה ישמשו לקביעת מדיניות ולבחינת החלופות התכנוניות הבאות, בנושא הנגר :

- הסטת הנגר מן האזור התורם אל מחוץ לגבולות התכנית, או אל שוליה, או סילוקו על-ידי מערכת הניקוז של התכנית עצמה.
- שימור הנגר מן האזור התורם, במסגרת תכנון משמר מים, כגון: גופי מים עיליים, שדות פיזור והחדרה בשטחים פתוחים.
- שילוב שתי החלופות לעיל, בהתאם לכמויות הנגר ומקורו.

האזור הקולט: הנתונים הדרושים לגבי האזור הקולט הם חלק מהמידע הנדרש לשילוב פתרונות הניקוז ושימור הנגר גם במורד הזרימה. נתונים אלה ישמשו לבחינת החלופות התכנוניות הבאות:

- עדיפות לשימור מירב הנגר בתחום התכנית, היות ונגר שינוקז מתחומה יאבד עקב הזרמה אל מערכות הניקוז האזוריות ואל הים ויכביד על מערכות תיעול קיימות.
- הפניית הנגר מתחום התכנית אל השטח הקולט, מהשיקולים האפשריים הבאים:
  - אין אפשרות שימור נגר במסגרת שטח התכנון.
  - תרומה לשימור, או החייאת ערוצי זרימה טבעיים קיימים.
  - קיום מתקנים ומערכות לשימור נגר בשטח הקולט, בעלי קיבולת קליטה נוספת, כגון: שדות פיזור והחדרה וגופי מים עיליים עונתיים או רב שנתיים.
  - שילוב שתי החלופות לעיל, בהתאם לכמויות הנגר העילי הצפויות מן התכנית.

בנוסף, מקרים בהם קיימת מערכת שימור נגר עילי ייעודית בשטח הקולט במורד הזרימה:

- כלל שטח אגן ההיקוות של הכינרת.
- אגני ניקוז המובילים אל מפעלים לניצול מי שטפונות, כגון: נחלי מנשה, אגם שקמה ואחרים.

מפות אגני היקוות אלה מובאות בנספח 3 בהמשך.

2.1.3 אקלים

הנתון העיקרי הרלבנטי הינו מופע הגשם – ממוצע שנתי, התפלגות ועוצמות. נתונים אלה משמשים לאפיון פוטנציאל הנגר העילי באזור התכנית, על פי ממוצעים שנתיים. ניתוח נתוני המשקעים של אזור התכנית יכלול:

- כמויות הגשם השנתיות, בעזרת מפת קווים שווי גשם.
- בחירת תחנה/ תחנות גשם מייצגות, עבור אזור התכנון.
- ניתוח התפלגות עוצמות הגשם, עבור הסתברויות/ זמני חזרה שונים ומשך.
- קביעת סופת התכן עבור תכנון הנגר לתדירות של פעם ב- 10, 5, 1, שנים ואחרות, על פי המקובל וכנדרש בתנאים המיוחדים השוררים באזור המתוכנן.
- חישוב ההתאדות הממוצעת, לפי חודשי השנה, לתכנון הניקוז והנוף.

משקעים

נתוני משקעים ניתן למצוא באטלס האקלימי לתכנון פיסי וסביבתי בישראל (הוצאת רמות אוניברסיטת תל אביב, 1994). ובנתוני השרות המטאורולוגי.

בארץ פועלים רשמי גשם ב- 75 תחנת לאורך תקופות שבין 15 ל- 50 שנה. ניתוח כמויות הגשם השנתיות הממוצעות והתפלגותן לפי חודשי השנה, מוגש באטלס ל- 38 תחנות תצפית אקלימיות, המייצגות אזורי אקלים גיאוגרפי שונים. הכמות השנתית הממוצעת מוצגת במפת משקעים ובטבלאות.

עקומות עוצמת גשם, משך ותדירות לתחנת הגשם המוצגת - יש להזמין מן השרות המטאורולוגי.

המתכנן יבחר, באמצעות המפות והטבלאות באטלס, את התחנה המייצגת את אזור התכנון.

בנספח 2 מוגשות, מתוך האטלס האקלימי, מפה אחת ושתי טבלאות, המציגות את עיקר הנתונים הרלוונטיים לחישוב כמויות נגר עילי, באזורי הארץ השונים.

- **מפה 11:** כמות משקעים שנתית ממוצעת (מ"מ).
- **טבלה מס' 35:** מציגה כמות משקעים (מ"מ) חודשית ושנתית ממוצעת, ב- 6 אזורים גיאוגרפיים: רצועת החוף, מישור החוף וצפון הנגב, השפלה, אזורי ההר (ההרים הגבוהים, ההרים הנמוכים), מזרח שומרון ומדבר יהודה, העמקים הצפוניים ובקע הירדן (העמקים הצפוניים, מרכז בקע הירדן, אזור ים המלח, הערבה).

- **טבלה מס' 37:** ניתוח התפלגות עוצמות גשם מקסימליות למשכי זמן שונים ובהסתברויות שונות, עבור 12 תחנות מייצגות בלבד. במידה ואזור התכנון אינו תואם את אחת מ- 12 התחנות, יש צורך להיעזר בקלימטולוג לניתוח עוצמות הגשם. (עבור אזור החוף ראו טבלאות בנספח 4).

התאדות

נתוני ההתאדות, הרלבנטיים לחישוב מאזני המים הניתנים לאגירה והשהיה, ניתן למצוא ב"משטר ההתאדות בישראל", הוצאת השרות המטאורולוגי, הכולל מפות של משטר התאדות שנתית, ומפות לפי עונות וחודשים.

2.1.4 קרקע ותת קרקע

הפרמטרים העיקריים הרלבנטיים לשימור נגר עילי הם מבנה וחדירות שכבת הקרקע העליונה (חבורות קרקע), שכבת תת הקרקע (חתך גיאולוגי) וכמויות הנגר העילי במצב הטבעי.

קביעת כושר החידור של הסלע ושל הקרקע תעשה בעזרת טבלאות מקובלות, כולל טווחי מינימום ומכסימום ועל פי סיווג הקרקע והמסלע, באמצעות מפות מתאימות ונתונים מקידוחי שדה קיימים וכן סקר שדה באתר וסקירת אזור התכנון. שלבי הבחינה העיקריים הם הבאים:

- איתור אזור התכנון על המפה הגיאולוגית (בהוצאת המכון הגיאולוגי, נערכה על ידי סנה וחובריו), זיהוי סוג הסלע וקביעת כושר החידור, על-פי טבלאות מקובלות (ראו נספח 1.1: טבלת כושר חידור, דלינסקי וכינורי). הערכת שיעורי החלחול תעשה על ידי מומחים לדבר.

  כותרת המפה הגיאולוגית ראו בנספח 1.4 בהמשך.

- איתור אזור התכנון על מפת אקוויפרים וקביעת קיומו של אקוויפר בתת הקרקע.

חישוב הנגר העילי במצב הנוכחי, לפני ביצוע התכנית, מיועד להערכת כמות הנגר אשר תשמש כרמת יחוס לבחינת חלופות תכנוניות ביחס למצב הקיים. חישוב הנגר יעשה, באופן כללי, על פי הצעדים הבאים:

- אתור אזור התכנון על גבי מפת חבורות הקרקע והתאמת מקדם נגר לכל חבורת קרקע לפי מפת חבורות הקרקעות של ישראל (דן, י. ורז, צ. 1970, המכון הוולקני, האגף לשימור קרקע). קביעת מקדמי הנגר תעשה על ידי:
  - טבלת מקדמי נגר מרבי (גרתי, 1988). הקודים של חבורות הקרקע בטבלה זאת תואמים את הסימונים במפת חבורות הקרקע שצוינה לעיל.
  - מקדמי נגר אחרים:
    - ✓ קביעת המרקם האופייני של חבורת הקרקע על-פי דן ורז, 1970, או מריש, 1973, או דן וקויומדז'יסקי, 1979.
    - ✓ התאמת מקדם נגר עפ"י טבלאות המרקם.
- הערכה של ספיקות שיא, הרלבנטיות לחישוב מערכת הניקוז, ושל נפחי נגר, הרלבנטיים לשיעורי החדרה, משטחים טבעיים, על-פי סופות תכן להסתברויות שונות, במספר שיטות מקובלות, כגון: מודל SCS או אחר, (ראו נספח 4 להלן).
- חישוב ספיקות שיא על ידי הנוסחה הרציונלית, מודל תחל"ס, עבור נקודות וצמתים שונים של המערכת ההידרוגרפית, כולל בכניסה למרחב התכנון וביציאה ממנו.
- אומדן שיעור/ כמות מי הנגר ביחס למים החודרים במצב הטבעי.

חישוב כמות הנגר יכלול גם הערכות לגבי משמעויות קבלת נגר עילי משטחים משפיעים וכמויות נגר עילי נותרים לשטחים הקולטים.

בנוסף, יש לזכור כי שכבת הקרקע העליונה מופרת באופן מהותי עקב פעולות חפירה ומילוי והבאת קרקע חיצונית נוספת. ההתייחסות אל הקרקע העליונה צריכה להיות בהתאם, כולל אפשרות תוספת קרקע בעלת תכונות רצויות.

הצעדים שתוארו לעיל, לבחינת התאמת הקרקע לשימור נגר עילי, יתבצעו על ידי אנשי מקצוע בתחומים הרלוונטיים: גיאולוגיה הנדסית, גיאו-הידרולוגיה, ניקוז - אשר יעשו שימוש בנתוני קרקע זמינים במוסדות ורשויות המקיימים מאגרי מידע, כגון: המכון הגיאולוגי והמכון הגיאו-פיזי, מאגר קידוחים חלקי הנמצא במשרד השיכון וכן סקרים ספציפיים על אתר התכנון, שיבוצעו במיוחד לצורך השלמת נתונים.

ראו דוגמאות חלקיות בסעיף 2.3 בהמשך.

2.1.5 טופוגרפיה והידרולוגיה

הטופוגרפיה של שטח התוכנית ומאפייניה ההידרולוגיים יהוו בסיס לפריסת ייעודי הקרקע והשטחים הפתוחים, מערכת הניקוז ושילוב מתקנים לאיגום והחדרה, כדלקמן:

- על בסיס מפה טופוגרפית בקנ"מ מתאים, על פי רמת והיקף התכנית – תנותח הרשת ההידרוגרפית, כולל כווני הזרימה, שיפועיה ונתיביה.
- מרחב התכנון יחולק לתת אגני היקוות טבעיים.
- יבוצע מיון פדולוגי וגיאולוגי של תחום התכנית ושימושי קרקע קיימים שונים – אפשרות/ חוסר אפשרות להשהייה ו/או להחדרה במקום.
- על בסיס נתונים אלה ייערך סיווג ראשוני של האזורים, על פי המדיניות המועדפת לגבי כל אחד מהם:
  - הגדרה ומיקום של אתרי פיזור והחדרה מרכזיים מועדפים בתחום מרחב התכנון.
  - הגדרה ומיקום של אתרי אגירה מרכזיים עונתיים, או קבועים, בתחום מרחב התכנון.

2.1.6 מי תהום

מפלס מי תהום

הנתון העיקרי הנדרש לצורך בחינת היתכנות החדרת נגר עילי הנו הימצאות מי תהום ותנאים גיאולוגיים מתאימים.

בחינה של גובה מפלס מי התהום נדרשת למניעת הצפה בהחדרה מסיבית נקודתית. החלופה במקרה כזה היא החדרה של המים באמצעות פיזור וחלחול איטי, או שימוש במים לאופנים אחרים של שימור נגר והקטנת ספיקות ניקוז.

למפלס מי תהום גבוה במיוחד יש חשיבות בהקשר לתכנון מתקני החדרה מסוג "באר הפוכה" ושדות פיזור. מקרים אלו יבחנו באופן נקודתי.

מפלס מי התהום באזור התוכנית ייקבע, לצורך התמצאות ראשונית במסגרת התכנון המתארי, על פי מפות מפלסי מי תהום, שהוכנו על-ידי השירות ההידרולוגי עבור אגן החוף (מבנימינה בצפון, עד גברעם בדרום) לסתיו 2001, או מעודכנות יותר, על פי העניין. כמו כן, ייעשה שימוש בנתוני קידוחים שואבים או קידוחי מחקר בסביבת התוכנית.

כותרת מפת מפלסי מי תהום, ראו נספח 1.4 בהמשך.

בנוסף, יש לקחת בחשבון מאגרים נקודתיים של מי תהום שעונים במפלס גבוה, אשר בדיקת קיומם תעשה על ידי הגיאולוג ויועץ הקרקע.

איכות מי התהום

איכות מי התהום מאופיינת בעיקר על-ידי רמות הכלורידים (מליחות) והחנקות (זיהומים מחקלאות ושימושים אנושיים). בשנים האחרונות הופיעה גם בעיית זיהומים תעשייתיים של מתכות כבדות וחומרים אחרים בעיקר באזור דן. מדיניות נציבות המים בנושא זה כוללת:

- התפלת מים מליחים, הן כמקור למים שפירים והן למניעת התפשטות ההמלחה.
- טיוב בארות להוצאת חנקות, בעיקר, וגם מזהמים אחרים, הן כמקור למים שפירים והן למניעת התפשטות הזיהום.

החדרת מי נגר, הנקיים יחסית, תומכת במדיניות זאת, גם כאשר מי התהום מלוחים ו/או מזוהמים, ולפיכך לא בהכרח ידרש ניתוח מעמיק של איכות מי התהום, לצורך שימור נגר עילי.

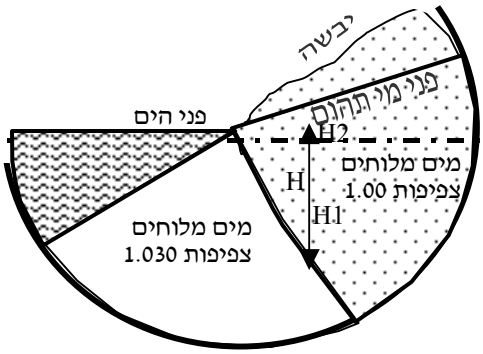
מפות ריכוזי כלורידים במי התהום הוכנו על-ידי השרות ההידרולוגי לאגן החוף, לסתיו 2001 ומצביעות על המלחה הנעה מכיוון מערב למזרח, בעיקר בחלק הדרומי של אגן החוף, מגוש דן דרומה.

הפן הביני המפריד בין אזור חדירת מי הים לבין אקוויפר המים המתוקים ברצועת החוף, מסומן אף הוא במפות הנ"ל ועובר במרחק של בין מספר מאות מטר ועד לכ- 2 ק"מ ממזרח לקו המים.

גם במקרה ושטח התכנית נמצא מערבית לפן הביני או בסמוך לו, לא נפגעת כדאיות ההחדרה, אשר תמנע, נקודתית, את חדירת המים המלוחים מן הים.

כאמור, גם אם התרומה של שימור נגר על ידי החדרה למי התהום הינה מוגבלת, מושג חסכון בעלויות מערכות הניקוז, כתוצאה מהחדרה זאת.

להלן חתך סכימטי של הפן הביני לאורך חופי הארץ:



מקור: פלכסר 1992

2.1.7 היבטי ביסוס

כללי

שינויים בתכולת הרטיבות הטבעית של הקרקע הם גורם חשוב ולעתים עיקרי ביציבות מבנים, כבישים, קירות תמך ומדרונות.

תכנון יסודות למבנים וכל האלמנטים ההנדסיים הבאים במגע עם הקרקע חייב להתחשב בשינויים הצפויים בתכולת הרטיבות. שינויים אלה יכולים להיגרם על-ידי חדירת מים לתוך הקרקע או על-ידי שינויים במפלס מי התהום. לפיכך שיטות הטיפול בנגר העילי חייבות להתחשב בתוכניות הבינוי והפיתוח העתידיים, בכל רמות התכנון.

קווים מנחים לניתוח אזור התכנון גיאולוגיה והידרולוגיה.

הערה: ראו סעיף 2.1.4: "קרקע ותת הקרקע" לעיל ונספח 1: "גיאולוגיה, קרקע ותת הקרקע" להלן.

בשלב ניתוח שטח התוכנית נבדק החתך הגיאולוגי של האתר. התכונות ההנדסיות של סוגי הקרקע המרכיבים את החתך חייבות להיות מוגדרות עד לעומקים שיקבעו כרלוונטיים ע"י מהנדס הקרקע ולא פחות מ– 40 עד 50 מ'. העבודה חייבת להיעשות בשיתוף עם גיאולוג הנדסי ולהתייחס בין השאר לנתונים להלן (שחלקם הוזכרו בסעיף מי התהום לעיל).

- נתוני מפלס מי התהום ושינויים צפויים עקב משטר שאיבה או החדרה עתידיים, בשיתוף עם גיאו-הידרולוג.
- זיהוי האזורים בהם קיימים אופקים של מים שעונים, או שעלולים להתפתח אופקים כאלה, עקב החדרת הנגר העילי, מעל לעדשות קרקע אטומות.
- קביעת התכונות ההנדסיות של הקרקע בתנאי רטיבות טבעית והשינויים בתכונות אלה עקב השינויים הצפויים בתכולת הרטיבות, כפי שזוהו בחקירה הגיאולוגית.
- חלוקת השטח לאזורים על פי רגישות הקרקע לשינויים ההידרו-גיאולוגיים הצפויים, כפי שזוהו בחקירה (כולל יציבות מדרונות).

להלן מוזכרים מספר אזורים המוכרים כבעיתיים מבחינת יציבות, בהקשר להחדרת הנגר.

כדוגמא בולטת ניתן להביא את אזור העיר בית שמש שבחלקים ממנה וסביב לה, נפוצה תצורת סקיה החוארית, המוכרת ברגישותה למים ובבעיות של יציבות מדרונות. משרד הבינוי והשיכון בשילוב עם הטכניון, ביצע באזור סקרים נרחבים שכללו מיפוי גיאולוגי, קידוחי ניסיון ובדיקות מעבדה. אותרו מדרונות בהם חלו גלישות קדומות והוצעו קריטריונים לקביעת שיפועים יציבים בהם ניתן למנוע התחדשותן. הנפיצות של חומר מועד לגלישות, בשילוב עם חדירותו הנמוכה – יכולים להכתיב את התנאים לשימור נגר.

בעיות דומות מוכרות בחלקים מסוימים של העיר צפת ואף בהם נערכים סקרים גיאולוגיים ובדיקות הנדסיות, שיש בהם כדי להשפיע מהותית על השיקולים בשימור נגר ומיקום אזורי ההחדרה.

המלצות לטיפול בנגר העילי – בהתחשב בתוכניות הבניה והפיתוח

הערה: בתהליך קביעת ההמלצות יש לשתף את מהנדס הביסוס, אדריכלי הפיתוח והידרולוג.

- בדיקת השפעת שיטות ומיקום ההחדרה של הנגר העילי על יציבות מדרונות ושטחי החלקה.
- קביעת מרחקים מינימליים בין נקודות ההחדרה והמבנים, כפונקציה של ממצאי הסקרים הגיאולוגיים וההידרו-גיאולוגיים, של סוג הבניה ושיטות הביסוס הצפויות.
- ניתוח ההשפעה ההדדית בין מפלסי הפיתוח, תוכניות עבודות העפר ושיטות הטיפול בנגר העילי.

2.1.8 היבטים סביבתיים

זיהומי קרקע

זיהומי קרקע ייתכנו עקב שימושי עבר תעשייתיים, צבאיים, אתרי פסולת, או אחרים - אשר גרמו לשפיכה בלתי מבוקרת של כימיקלים, דלקים ושמנים על פני הקרקע. במקרה כזה ברור כי החדרת נגר אינה רצויה.

יחד עם זאת, על פי מדיניות המשרד לאיכות הסביבה, לא סביר כי תותר תכנית סטטוטורית לאזור החשוד כמזוהם, מבלי שיערך סקר זיהומי קרקע ותוכן תכנית שיקום.

במסגרת ניתוח נתוני האתר יש לסמן אזורים מזוהמים, גם כאשר הם מיועדים לשיקום, כשטחים שאינם מתאימים, בדרך כלל, להחדרה ולפיכך הנגר העילי הנוצר בהם יסולק לאזור טיפול מתאים.

אזורים לשימור

אזורים לשימור ובכלל זה תמ"א 8: שמורות טבע ותמ"א 22: ייעור - מתאימים בדרך כלל להחדרה, בהנחה שהתכסית הטבעית, כולל הצמחייה והטופוגרפיה, תומכים בכך. אזורים אלה יסומנו כמועדפים לשילוב בתכנון מערך השטחים הפתוחים וכאזורי השהייה, אצירה והחדרה - בתנאי שהעברת נגר עילי נוסף דרכם לא תפגע בערכים המיועדים לשימור.

סווג איכות הנגר כתלות בשימושים הבנויים, ראו סעיף 5.1 בהמשך.

2.1.9 דרך מקוצרת לבחינת נתוני האתר

ניתוח משולב של חדירות קרקע ותת קרקע ושל מי התהום, נעשה במסגרת תמ"א 34 (שפכים), לצורך הגדרת רמות רגישות הידרולוגית, בהקשר של אפשרות או איסור השקיה בקולחים. סיווג האזורים במדינה לצורך זה התבסס על קיום או העדר אקוויפר ועל הערכת משך הזמן עד הגעת המים המוחדרים אל מי התהום.

מפת העדיפות להחדרה יכולה לתת מידע ראשוני לצורך הערכת אתר מבחינת התאמתו לשימור הנגר העילי. זאת מכיוון שאזורים הרגישים לחדירת השפכים למי תהום הם גם אלה המתאימים להחדרת נגר עילי. המפה מאפשרת סיווג ראשוני של אזור התכנית על פי ארבע רמות עדיפות להחדרה:

- עדיפות גבוהה- הצדקה למאמץ תכנוני ולהשקעות בהחדרת נגר עילי.
- עדיפות בינונית- החדרה רצויה.
- עדיפות נמוכה- החדרה אפשרית, אך כדאי לבחון חלופות של השהייה וניצול מקומי.
- אין אפשרות החדרה - איתור שימושים חלופיים לנגר העילי.

תוצר הבחינה המקוצרת הינו אינדיקציה למיקום שטח התכנון על פי הסיווג הנ"ל, או חלוקת שטח התוכנית לתאים, על פי התאמתם להחדרה. חלוקה זו תהווה אחד השיקולים בתכנון פריסת ייעודי הקרקע.

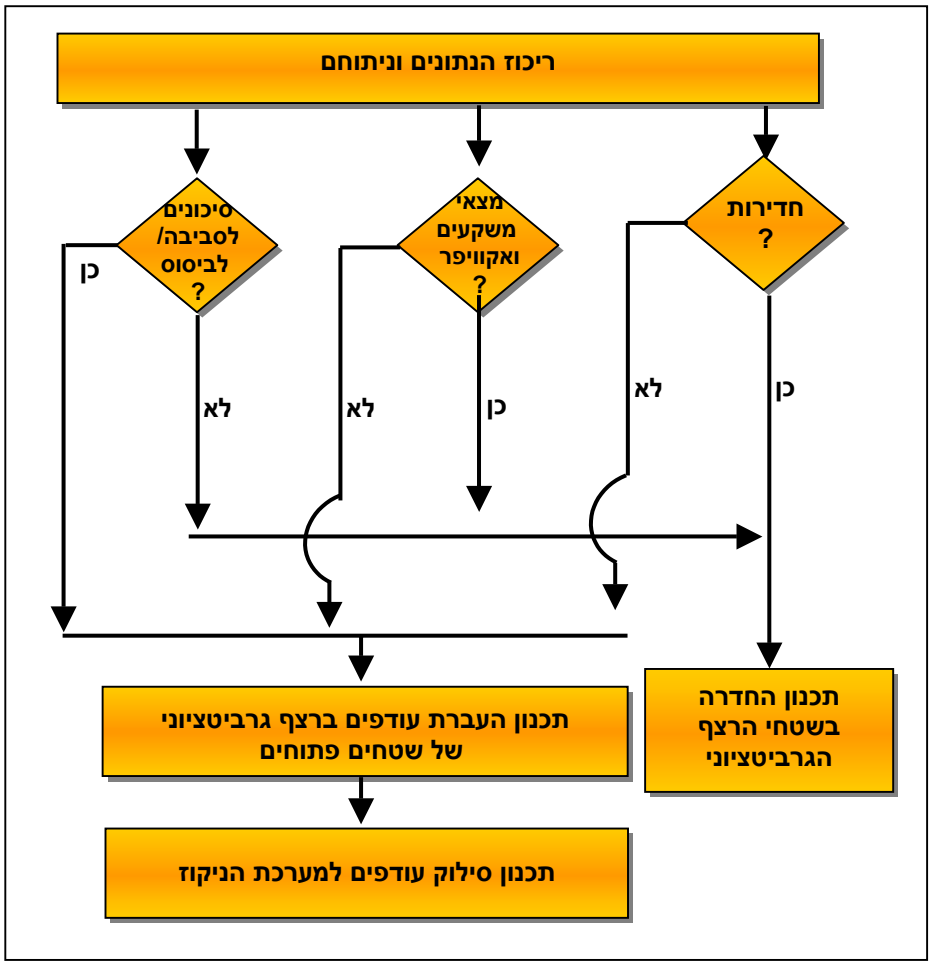
דוגמא לניתוח שטח תוכנית ברמה כוללנית, ראו סעיף 2.3 בהמשך.

מפות עדיפות להחדרה, ראו נספח 1.3 בהמשך.

יודגש כי מפות העדיפות להחדרה הינן אינדיקטיביות בלבד, לצורך התמצאות ראשונית. בכל מקרה נדרש ניתוח פרטני של נתוני האתר על ידי בעלי מקצוע מתאימים.

התרשים להלן מדגים באופן סכמתי את השיקולים העיקריים בניתוח נתוני האתר.

שיקולים עיקריים בניתוח מאפייני אתר



2.2 הנחיות תכנון

2.2.1 עקרונות התכנון

השפעת הפיתוח והבינוי על שיעור החדרת מי נגר עילי לתת הקרקע **הינה שלילית**, עקב צמצום השטחים הפתוחים והחלפתם במשטחים אטומים - מבנים, כבישים, מגרשי חניה ועוד וכן עקב הפרת האיזון הטבעי המורכב מן הטופוגרפיה, הקרקע בשכבה העליונה, הצמחייה ומערכת הניקוז הטבעית.

האמצעים העיקריים בהם ניתן למזער השפעה שלילית זאת, ברמת התכנון הכוללני, הינם:

- **פריסת ייעודי הקרקע** באופן מושכל, הממקם במידת האפשר ייעודי קרקע קולטי נגר, כגון שטחים פתוחים, באזורים מועדפים, קרי: בשטחים נמוכים ובעלי כושר החדרה.
- **שמירת תכסית פנויה** (ביעודי הקרקע השונים)– עילית ותת קרקעית (מרתפים) מרבית להחדרה, תוך שילוב אופטימלי של צפיפות וגובה הבניה, פתרונות החניה והתווית דרכים.
- **שילוב אמצעים ומתקנים** לשימור נגר עילי, בכל רמות התכנון, החל ממיקום גופי מים עיליים, עונתיים או קבועים, בשטחים הפתוחים לסוגיהם, לרבות אזורי פשט של אפיקים טבעיים וכלה בהוראות לתוכניות מפורטות לשילוב מתקני החדרה נקודתיים למי מרזבים ונגר ממשטחים.

2.2.2 פריסת ייעודי קרקע

ייעודי קרקע שונים נבדלים ברמת התאמתם להחדרת נגר, בעיקר על פי שיעור התכסית הפנויה להחדרה בכל אחד מהם, כלומר: השטח שאינו מכוסה מבנים, מרתפים תת קרקעיים החורגים מקווי בניה, דרכים, שטחי שרות ותשתית מבונים, שטחי חניה וחצר מרוצפים בחומרים אטימים ועוד.

שיעור התכסית הפנויה מושפע מן הפרמטרים העיקריים הבאים: אחוזי הבניה (כולל שטחי שרות); גובה הבניה; תקן וצרכי חניה; פתרונות החניה – עילית/ תת קרקעית; סוג שתית החניה ומידת חדירותה.

על ידי ניתוח פרמטרים אלה ניתן לסווג, באופן עקרוני, את שיעור התכסית הפנויה להחדרה, הצפויה בכל סוג ייעודי קרקע. יש לקחת בחשבון כי תנאי תכנון ספציפיים והעיצוב האדריכלי והנופי משפיעים על שיעור התכסית המתקבל בפועל. אף כי עצם התכנון והעיצוב של פרמטרים אלה בא לידי ביטוי ברמות התכנון המפורט, הרי שהנחיות לתכנון המפורט והכוונתו יבואו בהוראות התכנון ברמות הכוללניות.

חשיבה מערכתית- תפיסה תכנונית, משמרת מים, מחייבת **התבוננות מחודשת** על מדיניות הקצאת השטחים הפתוחים, כפי שהיא נהוגה כיום. תכנון בראייה זו, יתחשב בשיקולי מים כחלק מחשיבה ארוכת טווח, המכירה בצורך לשמר את מקורות המים הטבעיים, העל-קרקעיים והתת-קרקעיים כאחד ובצורך להימנע מזיהומם.

השטחים הפתוחים, גודלם והתכסית המיועדת להם, מהווים משתנים קריטיים בתכנון משמר מי נגר. זאת בשל דרגת הניקיון הגבוהה שלהם, יכולתם לנתק בין השטחים האטומים, לסנן מזהמים, להאט את הזרימות, לאסוף את המים ולהחדירם בשטח רציף ונרחב. אך תפקידם במערך התכנון אינו מתמצה בהיותם תכסית פנויה לטיפול והחדרת המים, אלא ביכולתם לשלב ערכי טבע, אמצעים למיחזור מים ויצירת מודעות חברתית לערכי נוף ומשאבי הטבע.

דוגמא לפריסת ייעודי קרקע על פי שיקולי נגר עילי, ראו סעיף 2.3 בהמשך.

2.2.3 פריסת שטחים פתוחים

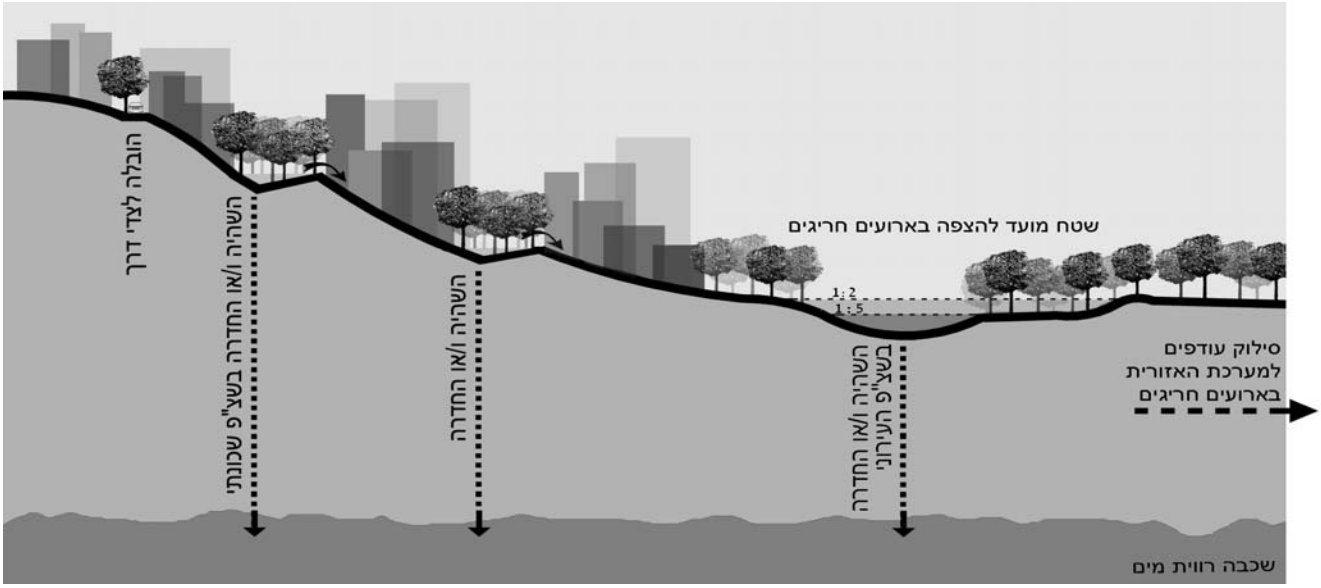
הערה: ההנחיות נעזרות במינוח המקובל של השטחים הפתוחים כפי שהם מוגדרים ב'תדריך להקצאת שטחי קרקע לצרכי ציבור בנושא שצ"פים' של משרדי הבינוי והשיכון, הפנים, האוצר והחינוך.

להלן עיקרי ההנחיות לפריסת שטחים פתוחים התומכת בשימור נגר עילי:

- יש להבטיח כי שיעור השטחים הפתוחים הסופגים, מכלל השטח הבנוי, יותאם לקליטה אופטימלית של כמויות ועוצמות הנגר הצפויות. הקצאה נדיבה תבטיח החדרת מים יעילה, הפחתת הספיקות המקסימליות וניצול יכולת הסינון הטבעית של הצמחייה.
- יש לייעד את השטחים הפתוחים, הפנים שכונתיים, הפארקים הרובעיים והעירוניים, לתיפקוד רב תכליתי הכולל את הקליטה/ אגירה/ השהייה/ החדרה של המים, בין יתר התפקודים של השטח. זאת, במידה ושטחים אלו נמצאו מתאימים לכך מבחינת המאפיינים הגיאולוגיים, המיקום והגודל, וזאת מבלי לסתור את השימושים הפרוגרמתיים/ נורמטיביים של אותם שטחים.
- יש למקם את הפארק העירוני ואת הפארק הרובעי בהתאם לתכונות המערכת ההידרולוגית הטבעית הקיימת. האזורים בעלי יכולת החדרה גבוהה ושאינם מזוהמים הם המתאימים ביותר למיקום הפארקים, או השטחים הפתוחים הטבעיים הגדולים מ- 50 דונם. זאת, כדי לצמצם למינימום את ההשפעה השלילית של הפיתוח העירוני על מקורות המים.
- יש להקצות או למקם שטח חיץ ירוק, או שטח פתוח, המהווה חלק מהפארק העירוני, הרובעי או השכונתי, **במורד המתחם הבנוי,** במידה וקיים הצורך בקליטה וטיהור של מים עודפים מהמעלה או מים עודפים מאירועים חריגים.

- השימוש בשטח הפתוח במורד, לצורכי הצפה או השהייה באגני השהייה, מקל על תהליך קליטת המים על ידי האטת הספיקות וסינון ראשוני של המים מחלקיקים מרחפים.
- יש לשקול ניצול מושכל של תוואי זרימה מהמקום הגבוה לנמוך לצורך יצירת 'רצף גרביטציה ירוק' בין השטחים הפתוחים הירוקים הפנים-שכונתיים ואף בינם לבין הפארק העירוני או הרובעי. כך תתאפשר הובלת עודפי המים, באופן רציף, על פני שטחים ירוקים, עד למוצא בצורת שצ"פ גדול יותר. רצף כזה יכול לשמש גם כעין Greenway, המשולב בתוך המערכת העירונית.
- יש לפרוס פארקים שכונתיים, גינות משחק פנים שכונתיות, רחבות פתוחות ו/או רצועות ירוקות, באופן שינתקו בין משטחים אטומים רציפים ויהווו גורם קולט למי הנגר, גורם המעכב את זרימה ומסנן אותה סינון ראשוני.
- יש לנצל את הפוטנציאל המרחבי של השטח הפתוח להטמעת מערכת אגנים ובריכות המטפלות במזהמים, ומחדירות את המים.
- באם הפארק מצוי בקרבת ערוץ טבעי - יש לשקול את אפשרות הובלת עודפי המים לערוץ זה, בתנאי שאיכותם תואמת או משפרת את איכות המים בערוץ. המשתנים המכריעים הם הטופוגרפיה, שיקולי אידוי והסבירות לצבירת מזהמים תוך כדי ההובלה.
- התוכנית תגדיר עבור כל שצ"פ את תפקידו במערך שימור המים: קולט מי נגר מהסביבה; קולט עודפי מים ממתקנים אחרים; מוצא למי נגר הנקווים מכבישים ועוד - בהתאם לתנאי האתר.
- התכנית תבטיח שכל המערכות האחרות - מערכות עבודות עפר ופיתוח, העמדת הדרכים וניקוזם לתוך המערכת הירוקה, כל אלה יתמכו בהזרמת מי הנגר מהרמה המקומית אל תוך המדרג השצ"פי.
- קביעת גודל השצ"פ תעשה לא רק בהתחשב בתפקידו במערכת "הירוקה", אלא גם בהתאם לנפחי הנגר הצפויים וליכולת הקרקע לקלוט אותם, באופן המאפשר את השהית המים והחדרתם שלא בהתקן נקודתי בלבד; **וזאת מבלי לפגוע בשימושים העיקריים הכלולים בו באופן שוטף, או באופן שיסכן את הציבור.**

שימור מים מהמעלה למורד



היקף שטחים פתוחים

ההיקף הנורמטיבי של השטחים הפתוחים הנדרש מוגדר, בין השאר, ב"תדריך תכנון להקצאת קרקע לצורכי ציבור". התדריך קובע מכסות לפי מספר התושבים או סוג השטח הפתוח לפארק עירוני, רובעי ושכונתי וכן לגינות משחק, פינות ישיבה וצירי הולכי רגל.

מכסות השטחים מוגדרות כמכסות מינימום. הקצאת שיעורי שטחים פתוחים גדולים יותר, תומכת גם בהחדרת הנגר העילי.

התדריך מגדיר גם שיפועים מירביים של 20% ושל 30% לפי סוג השטח הפתוח. שיפועים אלה הנם גבוהים ביותר בהיבט ההחדרה (וגם לצורך יעוד השטחים לשימושי פנאי שונים) ולפיכך מומלץ למקם את השטחים הפתוחים באזורים מתונים טופוגרפית, עם פתרונות ניקוז המבטיחים שיעורי החדרה מירביים.

מעבר למכסת השצ"פים הנורמטיבית, ישנם בדרך-כלל שטחים ירוקים אקסטנסיביים, בהם לא ניתן לבנות מסיבות שונות. גם שטחים אלה יכולים לשמש לשימור הנגר.

2.2.4 איגום וגופי מים עיליים

האמצעים המרחביים כדוגמת- אגמים עונתיים, אגני טיהור ירוקים, (Bioretention area) עשויים לתרום לסביבה מבחינה אקולוגית, חינוכית ופעילות הפנאי. גופי מים פתוחים יכולים להיות קבועים גם אם מפלס המים בהם אינו קבוע ונע בין גבהים מתוכננים מראש. גופים אלו מאפשרים החדרה ישירה או השהייה והובלה מאוחרת לאתרי החדרה מרוחקים. יש לזכור כי חלקם מצריכים שטח גדול, יחסית, ולעיתים אף תוספת של חגורה מקיפה, שתשמש כרצועת סינון מקדימה. על כן, יש למצוא את האיזון בין התיפקודים השונים של השטח הפתוח לבין מערכת קליטת המים והחדרתם.

תכנון משמר נגר עילי ייקח בחשבון אפשרויות לאיגום עונתי, או אף זמני, להשהיה בלבד. האיגום יכול להיות לפרקי זמן קצרים, ללא הפרעה לפעילות הכללית עבורה נועד השטח מלכתחילה, או לפרקי זמן ארוכים, תוך השתלבות בנוף.

2.2.5 שטחי החדרה

ההחדרה של מי הנגר העילי תתבצע בדרך של השהית מי הנגר, והפנייתם אל בארות הפוכות או דרך מערכות חלחול אופקיות, בשדות פיזור.

שטחי החדרה זקוקים לתנאים גיאולוגיים המצביעים על שכבות חדירות ומפלס מי תהום שיוכל לקלוט בנקודה הנידונה את המים המוחדרים. (חקר האתר הדרוש ראו סעיפים 2.1.4 עד 2.1.6 לעיל).

לפני החדרתם של מים כל שהם לאקוויפר יש לקבל את אישור נציבות המים ולטפל בהם. בהתאם הטיפול יכלול אמצעים להרחקה של חומרים העלולים לסתום את נקבוביות השכבות החדירות, על ידי שיקוע התרחיף שבמי הנגר כדרישה בסיסית, וכן להבטחת טיב מים מוחדרים, במקרים שהם בעלי אפיון ספציפי.

ראויות לאזכור, בהקשר לשטחי החדרה, שתי התופעות הגיאולוגיות שהלן:

"חצרות טורוניות" במודיעין

משרד הבינוי והשיכון בוחן אפשרות לנצל את החצרות הטורוניות, הנפוצות בתחומי העיר מודיעין, כנקזים להחדרת נגר עילי. חצרות אלו הינן תוצאה של תהליך קארסטי, המאפיין את החלק העליון של אבני הגיר מגיל טורון. על פני השטח מופיעות חצרות מעגליות, שקוטרן עשרות מטרים ויותר והמגיעות לעומק אפשרי של עשרות מטרים, בצורה של צינורות או קונוסים רחבים. קיימת אי ודאות באשר לחומרים שמילאו את החלל הקארסטי שנוצר וכתוצאה נותר הספק באשר למידת חדירותן. קיימת תכנית לבצע קידוחי מחקר מייצגים כדי לעמוד על מבנה תת-הקרקע של תופעה ייחודית זו.

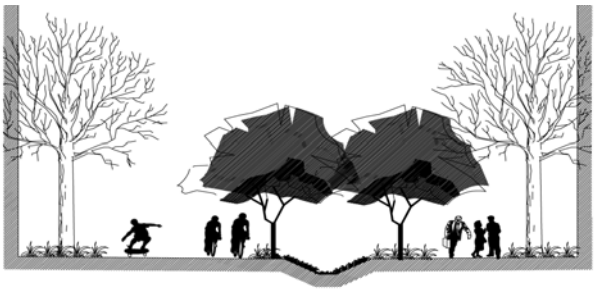
"התעלה הניאוגנית"בבאר-שבע

משרד הבינוי והשיכון עוסק גם בבדיקת האפשרות לאתר גבולות התעלה הניאוגנית האירוזיבית, המוכרת באזור זה ואשר עשויה להוות תווך מוליך בסביבה של תת-קרקע, המוכר כבעל חדירות נמוכה. תעלה זו אותרה בשעתו כחלק מהסקרים שנעשו באזור השפעה (גבירצמן), כתוצאה מעיבוד נתוני קידוחים ועבודות גיאופיסיות. הנושא עלה לאחרונה בהקשר להתרחבותה של העיר באר-שבע והסיכוי לנצל "מובל" טבעי זה.

2.2.6 שמירת תכסית פנויה להחדרה

התכסית הפנויה להחדרה כוללת שני סוגים עיקריים של שטחים:

- שטחים שהנם מעצם ייעודם פתוחים, פארקים עירוניים, שכונתיים ושצפ"ים.
- תכסית לא בנויה במגרשים ומתחמים הכוללים בינוי ופיתוח למגורים, תעסוקה ומסחר, מבני ציבור, שטחי חניה ועוד.



צפיפות הבניה וגובהה הם שני הפרמטרים העיקריים, הקובעים את תכסית השטח הבנוי העל- קרקעי. על פי "המדריך לבחינת תוכניות של בניה לגובה" על-ידי מוסד הטכניון עבור משרד הפנים, ניתן להגיע לשינויים משמעותיים בצפיפות ובתכסית על-ידי בנייה גבוהה:

- בבנייה רגילה: 6 – 3 קומות, צפיפות 250%, תכסית פנויה- 50%.
- בבנייה גבוהה: 7 קומות ומעלה צפיפות עד 500% תכסית פנויה- 25%.

יחד עם זאת, יש לקחת בחשבון את צורכי החניה ופתרונותיה, כאשר שטחי המרתפים בבניה גבוהה עלולים לתפוס את כל תחום המגרש.

כמובן ששיקולי הצפיפות והגובה הינם רחבים ביותר וכוללים היבטים תכנוניים, כלכליים, חברתיים, סביבתיים, סטטוטוריים ועוד.

לייעודי קרקע בעלי תכסית פנויה גבוהה תינתן עדיפות למיקום בתאי שטח עדיפים להחדרה – אזורים נמוכים, במורד הזרימה בשטח התכנית, בעלי שיפועים מתונים ובעלי קרקע ו/או תכסית טבעית מתאימים להחדרה. דוגמא לשיקולים בפריסת ייעודי קרקע, ראו סעיף 2.3 בהמשך.

סיווג עקרוני מנחה, של ייעודי קרקע עיקריים, על פי סוג החניה, בהיבט התכסית הפנויה להשהייה ולהחדרה, נתון בטבלה להלן. ראו גם טבלה בסעיף 5.1 בהמשך.

סיווג ייעודי קרקע על פי התאמתם לשימור נגר עילי על-ידי החדרה

ייעוד קרקע	שיעור תכסית פנויה להחדרה	השפעת חניה אטומה עילית	השפעת חניה תת - קרקעית	סיכוני זיהום
1. פארק עירוני	גבוה מאוד ++	ל.ר	ל.ר	ל.ר
2. שצ"פ	גבוה מאוד ++	ל.ר	ל.ר	ל.ר
3. ספורט, פנאי, נופש	גבוה +	- +	ל.ר	ל.ר
4. מתקני תשתית נקיים	גבוה +	ל.ר	ל.ר	ל.ר
5. מבני ציבור	גבוה +	- +	ל.ר	ל.ר
6. מגורים צמודי קרקע	גבוה +	- +	ל.ר	ל.ר
7. מגורים בניה רוויה	בינוני +	-	-	ל.ר
8. משרדים	נמוך -	-	--	ל.ר
9. מסחר, מלונאות	נמוך -	-	--	ל.ר
10. תעשיה, מלאכה	נמוך -	--	--	-
11. מתקני תשתית מזהמים	ל.ר	ל.ר	ל.ר	-

מקרא: + אינדיקציה לעדיפות כשטח החדרה פוטנציאלי
- אינדיקציה לחסרון כשטח החדרה פוטנציאלי
ל.ר = לא רלבנטי

מסקנות:

- עדיפות גבוהה להחדרה: ייעודים 1 עד 3 - שטחים פתוחים בעיקרם;
- עדיפות בינונית להחדרה: ייעודים 4 עד 7 – תכסית נמוכה, ללא סיכוני זיהום;
- עדיפות נמוכה להחדרה: ייעודים 8 עד 11 – תכסית גבוהה ו/או סיכוני זיהום.

2.2.7 הנחיות תכנון בהיבט סביבתי

מטרה: מיפוי תחום התוכנית על-פי איכות הנגר והתאמתו להחדרה ולשימושים נוספים, שיהיה כלי עזר בתכנון מערכת הניקוז.

בתוכניות המרחיבות משמעותית את השטח הבנוי ותכסית הקרקע, תידרש הכנת תוכנית שימור מי נגר שתכלול הכנת מפת קטגוריות סוגי נגר, איכותם ופוטנציאל החדרתם ו/או שימוש בהם לשימושים נוספים על-פי, ההגדרות שבטבלה להלן:

קבוצה	איכות הנגר	התאמה להחדרה
1	טובה - טובה מאד	גבוהה
2	סבירה - בינונית	בינונית
3	נמוכה	נמוכה
4	גרועה	שלילית

סיווג מפורט יותר ראו סעיף 5.1 בהמשך.

התכנית תכלול, בנוסף, המלצות למתכנן הניקוז מההיבטים הבאים:

- אזורי סיכון ומגבלות החדרה;
- מתחמים המחויבים בטיפול נקודתי;
- הפניית נגר באיכות טובה לשטחים ציבוריים פתוחים;
- איכות נגר משטחים תורמים מחוץ לתכנית;
- התייחסות לאיכות נגר בשטחים קולטים מחוץ לתכנית.

2.2.8 שימור מים בדרכים

רקע

כבישים עירוניים מנוקזים למערכת עירונית שהנה בדרך כלל סגורה. פוטנציאל החסכון במערכת הניקוז על ידי השהיה, הקטנת ספיקות שיא ואף הפניית חלק מן הנגר לאזורי החדרה - הנו גבוה.

בכבישים בין עירוניים הניקוז הנו, בדרך כלל, אל שטחים פתוחים וערוצי זרימה טבעיים.

שטחי הדרכים לרמותיהן, כולל מדרכות ואיי תנועה, ובתוספת שטחים לחניה עילית או תת-קרקעית בחצרות מבנים, במפרצי חניה ובמגרשי חניה ציבוריים או פרטיים - הנם הגורם השני בחשיבותו לתוספת נגר

עילי שאינו מוחדר באזורים אורבניים, אחרי שטח המבנים עצמם.

כללי המקצוע של תכנון דרכים ומשטחים, המיועדים לתנועה וחניה, מחייבים בדרך כלל סילוק מהיר של מי הגשם למניעת הצפות וכן למניעת הרטבה ופגיעה בשכבות השתית. לפיכך מקובל לנקז את הכבישים באזורים אורבניים באופן מיידי ומלא למערכת ניקוז עירונית, תת- קרקעית, במובלים סגורים.

נגר עילי מכבישים ראשיים עלול להיות מזוהם על-ידי שאריות דלק, שמן, שאריות צמיגים ועוד. נגר מכבישים ברמה נמוכה יותר נחשב כלא מזהם וניתן להחדרה. על פי הנחיית המשרד לאיכות הסביבה ועל-פי מחקר כמויות ואיכויות נגר עירוני בעיר אשדוד (ראו רשימת מקורות) ניתן לאסוף נגר גם מדרכים ומשטחי חניה בתוך העיר, בתנאי שאינם מתקנים מזהמים, למעט מאזורי תעשיה.

המטרה העומדת בפני מתכנן הדרכים, בהקשר הנוכחי, הנה צמצום שיעור הנגר העילי האובד מן הדרכים ומשטחי החניה, תוך שמירת פתרונות הולמים למניעת הצפות ופגיעה בתשתית הכביש והמשטח. יכולת ההשפעה של תכנון משמר נגר עילי הנה מועטה יחסית בתחום הכביש עצמו, **אך אפשרית בשיעור לא מבוטל בתחומי האלמנטים הנלווים -** המדרכות, איי התנועה, תעלות הניקוז הפתוחות (היכן שקיימות) ועוד יותר בחלק ממשטחי החניה והתנועה בחצרות. תוואי הדרך וחלוקת החתך ייקבעו באופן שיאפשר שילוב אמצעים אלה במסגרת התכנון המפורט.

עקרונות התווית מערך הדרכים

התווית מערך הדרכים תענה על צרכי התנועה ותתוכנן על פי פריסת ייעודי הקרקע בתחום התכנית והקישורים הנדרשים לצירים ראשיים שמחוץ לגבול התכנית. עם זאת, בבחינת חלופות למערך הדרכים יכללו גם השיקולים הבאים:

- התווית מערך הדרכים תוך ראיית השטח הסלול הכולל והשתלבותו בטופוגרפיה הטבעית והמתוכננת, להקטנת שיפועי הדרך, כדי להקל על ההפנייה למערכות ניקוז המשמרות נגר עילי.
- מתן עדיפות לחלופות החוסכות בצריכת שטח ואף חוסכות בסלילת תשתיות חדשות והישענות על קיימות במידת האפשר. לכך יתרון בניצולת קרקע משופרת ובמיוחד בהפחתת הנגר העילי.
- מתן עדיפות לתוואי דרכים המאפשר ניקוז עילי של כל הנגר, או חלקו, אל שטחים פתוחים, במקום במובלים סגורים.
- מתן עדיפות לתוואי דרכים שאינו באזורים נמוכים או אחרים המתאימים להשהיה, איגום והחדרה של מי נגר עילי.
- מתן עדיפות ל"רחובות מחלחלים" בשכונות מגורים, בהם ישולבו בחתך הרחוב שטחים מגוננים מחלחלים.
- ניקוז מתחום הדרך אל שטחים פתוחים יהיה בפיזור מירבי אפשרי, כלומר מוצאי ניקוז רבים וצפופים לאורך תוואי הדרך - למניעת סחף, השהית הנגר ופיזורו על פני שטחים רחבים, להשגת שיעור החדרה מירבי, ולצורך הקטנת הספיקות במוצאים הנקודתיים.

2.2.9 ניקוז

רקע

כללי המקצוע הנוכחיים, בתכנון הניקוז, כפולים. מחד, הם מכוונים להשגת יעילות מרבית בהזרמת הנגר העילי ממקומות היווצרותו אל מערכות הובלה וקליטה טבעיות ומלאכותיות, בקיבולות המתאימות לספיקות שיא בהסתברויות רצויות. מאידך, הם מכוונים להקטין את שיאי הספיקות כדי להקטין את ממדי מתקני הסילוק.

ההנחיות במדריך זה באות להוסיף את שיקול שימור הנגר העילי, אשר נוגד את עקרון הסילוק המהיר, בהיותו מכוון להשהיה ואצירה, תוך שימוש בפתרונות הנדסיים, אך תומך בהקטנת ספיקות השיא.

תכנון ניקוז משמר נגר עילי יכול להקטין את ספיקות התכן בעשרות אחוזים רבות. חלק משיעור ההקטנה יבוא לידי ביטוי בהוזלת ההשקעה במערכת הניקוז האזורית, אך יתכן שיתבטא בתוספת עלות במערכות ניקוז פנים אחרות, לצורך פיזור לאזורי השהיה והחדרה מקומיים (קוים כפולים). בהתאם יערך ניתוח מאזן של מערכת הניקוז, בין המערכת הפנים אתרית והאזורית.

חשיבות מיוחדת להקטנת ספיקות התכן הנה במקרה של חיבור מתחם חדש למערכת תפעול עירונית קיימת בעלת קיבולת נתונה.

ההנחיות לשימור נגר עילי אינן באות להקל על דרישות ותקנים לתכנון מונע הצפות אלא לפתרונות משולבים, כאשר לשימור הנגר העילי תרומה גם למערכת הניקוז בהקטנה של כמויות הנגר במובילים השונים, בהקטנת מהירויות זרימה ובהפחתת סחיפה וארוזיה.

תכנון ניקוז המיועד לשמר נגר עילי דורש שטח למתקנים אותם יש לשלב באופן הדוק עם התכנון האדריכלי והנופי. תכנון האמצעים המשפיעים על כמויות הנגר, נקודות היווצרותו והאמצעים והפתרונות להקטנת הכמויות ולהחדרה חלקית - יהוו חלק בלתי נפרד מן התכנון הכולל. תכנון הניקוז המשמר נגר עילי משתלב באותה מידה גם עם תכנון הנוף והשטחים הפתוחים, אשר מהווים יעד עיקרי להשהיה, אצירה והחדרה.

תכנית ניקוז כוללת

תכנית הניקוז תאתר שטחים מתאימים לשדות פיזור והחדרה ולאיגום לצורך החדרה, על פי הסקרים הגיאולוגיים וההידרולוגיים ועל-פי פריסת ייעודי הקרקע, בתאום עם האדריכל ומתכנן הנוף.

תכנון הניקוז ינחה את תכנון עבודות העפר והפיתוח, את קביעת מפלסי מגרשים מוגבהים ביחס לשטחים הציבוריים, את הזרמת הנגר מתחום הדרכים אל השטחים הציבוריים - כל זאת לקבלת רצף זרימה, השהיה וחלחול, החל ממגרשי הבינוי והמשך בשרשרת שטחים ציבוריים פתוחים ברמה מבננית, שכונתית, רובעית ועירונית.

תכנית הניקוז תבחן אפשרות לקליטת נגר משטחים אשר במעלה אזור התכנית ושילובו במערכות שימור נגר עילי בתחום התכנית.

תכנית הניקוז תתחשב ביעדי סילוק חליפיים במורד הזרימה מתחום התכנית, אם קיימים כאלה, ותיתן עדיפות לניקוז אל שטחים פתוחים, שדות החדרה או שטחים בהם קיימים אמצעים או מערכות התומכות בשימור נגר עילי.

חלופות תכנון כלליות של פריסת ייעודי קרקע, טופוגרפיה מתוכננת וחלופות למערכות הניקוז - ייבחנו גם על-פי שיעור מי הנגר המוחדרים בתחום התכנית, בהשוואה למצב הטבעי.

תכנית הניקוז תתייחס גם למצבי ביניים של ביצוע התכנית בשלבים, וכן לפתרונות שימור נגר עילי בשלבי ביצוע עבודות העפר והתשתית באתר התכנית.

2.2.10 הוראות לתכניות סטטוטוריות

בסיס סטטוטורי/ פורמלי ליישום המדריך

הבסיס הסטטוטורי להכללת דרישה לתכנון משמר נגר עילי לתכניות ברמה/ היקף מסוימים נמצא בין השאר במסמכים הבאים:

א. חוק המים

החוק מחייב להחזיק את מתקני המים במצב תקין כדי למנוע בזבוז מים.

אחת ההתניות של החוק לפעולה של החדרת מים היא רשיון של נציב המים. תהליך זה אינו מתאים להחדרת מי נגר בחצרות בניינים, אלא כנראה כוונתו לפרויקטים רחבים של שימוש בזכויות מים וכד'.

ב. חוק הניקוז

במסגרת סמכויותיהן של רשויות הניקוז נמצאת האחריות על מפעלי ניקוז. הגדרת הניקוז כוללת "כל פעולה שמטרתה לרכז, לאגור, להוביל או להרחיק מים עיליים או אחרים, המזיקים או עלולים להזיק לחקלאות, לרבות ייבוש ביצות והגנה מפני שטפונות ומניעתם. "לכן כיום חלק מן האחריות על הנושא נופלת על רשויות הניקוז. רשות ניקוז נחל הירקון, למשל, מנחה כי שיעור הנגר העילי משטחים מתוכננים לא יעלה על שיעורו במצב הטבעי. רשויות הניקוז אינן עוסקות באופן ישיר בפיקוח על הבנייה ואין להן מנגנוני אכיפה.

על פי חוק הניקוז אסור להטות מים אל עורק, מתקן ניקוז או צינור ניקוז ללא היתר מנציב המים. חלק מהאמצעים לשימור נגר כוללים פעולות כאלה. תהליך קבלת אישור כזה לא מתאים לשימור מי נגר במתחמי הבניינים.

ג. תמ"א 35

במסגרת ההנחיות הסביבתיות – שטח לשימור משאבי מים (13.2) קיימות הוראות בנוגע לאישור תוכניות מקומיות ומחוזיות, לגבי העשרת מי תהום ומניעת פגיעה במי התהום. (תמ"א 35 עדיין אינה מאושרת).

ד. הנחיות מקומיות

הנחיות של המשרד לאיכות הסביבה, הנחיות של מחוז מרכז, הנחיות מחוז תל-אביב, עיריית נתניה, כפר-סבא ועוד, עוסקות בשימור נגר עילי, מסמכים נדרשים, שיעורי תכסית פנויה וכדומה.

נושאים להכללה בהוראות סטטוטוריות

ההחלטה אילו הוראות בנושא בניה משמרת נגר עילי יש לכלול בהוראות תכנית סטטוטורית תתבסס על התאמת אזור התכנית להחדרה, מאפייני התכנון הייחודיים, רמת התוכנית והצורך בעיגון הוראות לבנייה משמרת נגר עילי בתוכנית עצמה או בתכניות ברמה נמוכה יותר, הנגזרות ממנה.

ההוראות יתייחסו לנושאים הבאים באופן ישיר, או יחייבו הכנת מסמכים מפורטים בנושאים אלה:

- הכנת והגשת תכניות או נספחים לשימור מי נגר עילי, או תכנית אב לניקוז, או נספח ניקוז,

  בהתאם לרמת התכנון, כחלק ממסמכי התכנית המובאים לדיון במוסד תכנון.
- המסמכים יכללו מדיניות ואמצעים לשימור נגר עילי בתחום התכנית ויובאו לאישור לשכת התכנון או רשות הניקוז או מהנדס הניקוז של הרשות המקומית, לפי היקף וסוג התוכנית.

הוראות התוכנית או המסמכים הנדרשים יתייחסו, בין השאר, לנושאים הבאים:

- ניתוח נתוני שטח האתר, לצורך קביעת מדיניות שימור נגר עילי, על פי תנאי הקרקע, תת הקרקע, האקלים ועוד.
- מיתון ספיקות שיא ומניעת הגברתן ביחס למצב שלפני הבינוי ובכלל.

- הקטנת כמויות הנגר העילי הכוללות על-ידי תכנון להחדרה ושמירתן בהיקף שלא יעלה על זה שלפני הבינוי.
- שטחים תורמי נגר וקולטי נגר שבסמוך לאתר.
- התייחסות לאזורי פשט הצפה.
- עדיפות להחדרה בתחומי המגרשים והמתחמים עצמם, או בשצ"פים ברמה השכונתית/ רובעית/ עירונית.
- שמירה על איכות מי הנגר המופנים להחדרה.
- באזורים בעלי תנאים המתאימים להחדרה וכאשר הדבר מתאפשר על פי יעדי התכנית – הנחיות מחייבות לשיעור תכסית מינימלית פנויה להחדרה בסוגי מגרשים ומתחמים שונים.
- הנחיות מחייבות להכללת אמצעים לשימור נגר עילי בתכניות מפורטות יותר ותכניות להיתר בניה, ללא פירוט האמצעים עצמם).

2.3 דוגמאות ניתוח כוללני

הדוגמאות להלן מציגות שיקולי שימור נגר בתכנון כוללני בשלוש רמות:

דוגמא א': תכנון עיר- מודיעין.

דוגמא ב': תכנית שלד בצפון שדרות.

דוגמא ג': תכנית בנין עיר לשכונה בראש העין.

2.3.1 דוגמא א: תכנון עיר- מודיעין

מודיעין – אחת הערים האחרונות שתוכננה בישראל, ממוקמת באזור גבעי על גבי קרקע בעלת חדירות נמוכה.

תכנון העיר מבוסס על בינוי לאורך ובראשי הגבעות, תוך השארת העמקים ביניהן כאזורי שצ"פ ומבני ציבור (ראו תרשים א' להלן).

תכנון זה תומך בשימור נגר עילי על-פי מדרג הרצף הגרביטציוני ממגרש – מבנן – מתחם הנמצאים בשטחים המשופעים והצפופים אל שצ"פ שכונתי – שצ"פ רובעי – שצ"פ עירוני באזורי העמקים. (ראו תרשים ב' להלן).

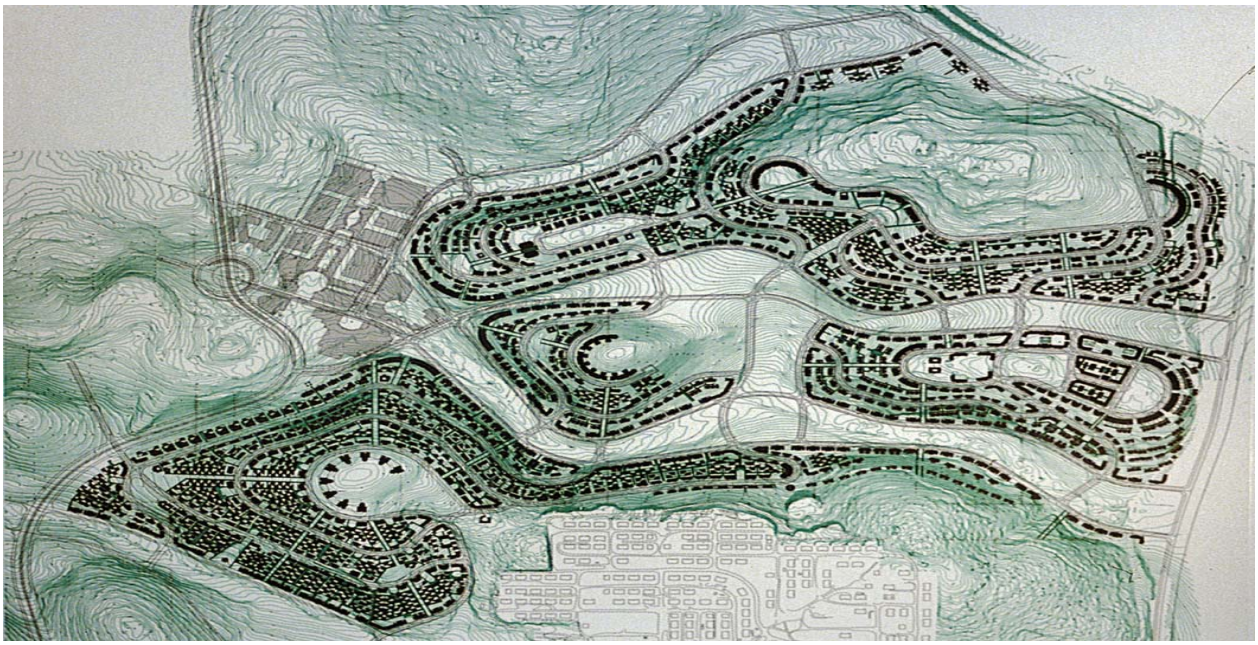
התרומה העיקרית באפשרויות שימור הנגר במקרה זה הנה הקלה על מערכת הניקוז העירונית וכן שימוש במי הנגר להשקיה עונתית ואף לגופי מים מלאכותיים עונתיים (ראו תרשים ג' להלן).

משרד השיכון מקדם בשכונות החדשות של מודיעין תכנון משמר נגר עילי על בסיס עקרונות מדריך זה.

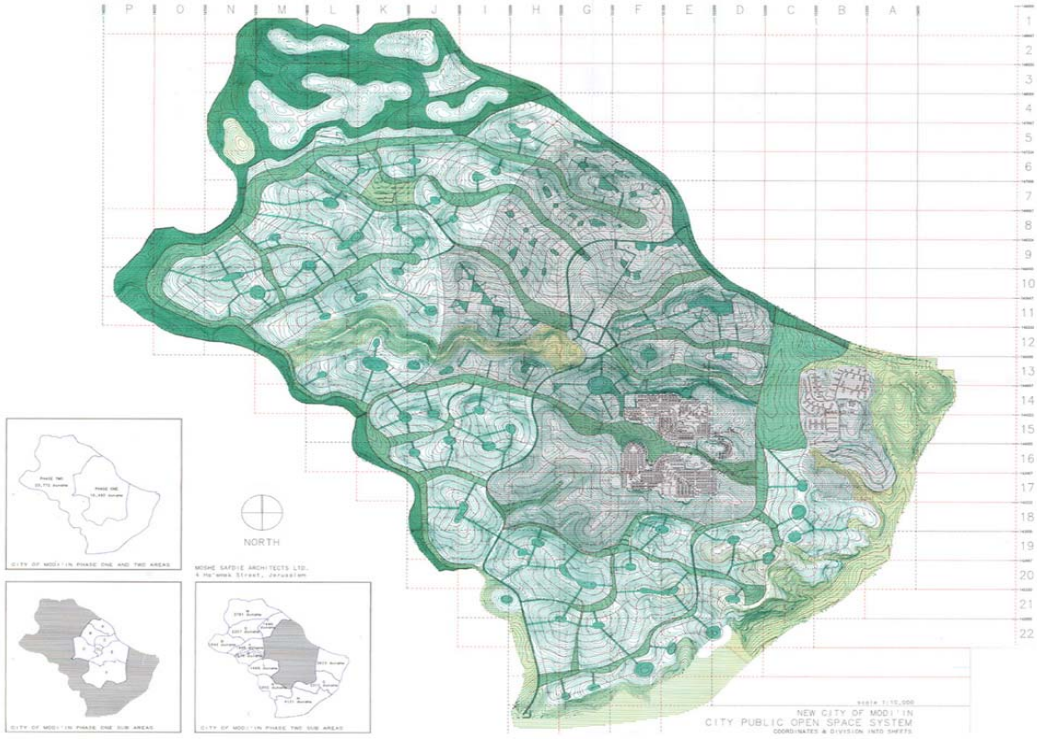
תרשים א': פארקים שכונתיים ועירוניים

תרשים ב': מדרג גרביטציוני מגן פסגה דרך שבילים עד העמק

תרשים ג': בינוי אזור מרכז העיר, פארקים שכונתיים וואדי ענבה



מודיעין - התכסית הבנויה בשכונות המגורים וביניהן העמקים והשטחים הפנויים בין המבנים (המסומנים בשחור) והדרכים (מסומנות באפור).



מודיעין – מערכת השטחים הפתוחים במדרג העירוני הכוללת רצף גרביטציוני ברמת המתחם – השכונה – העיר.

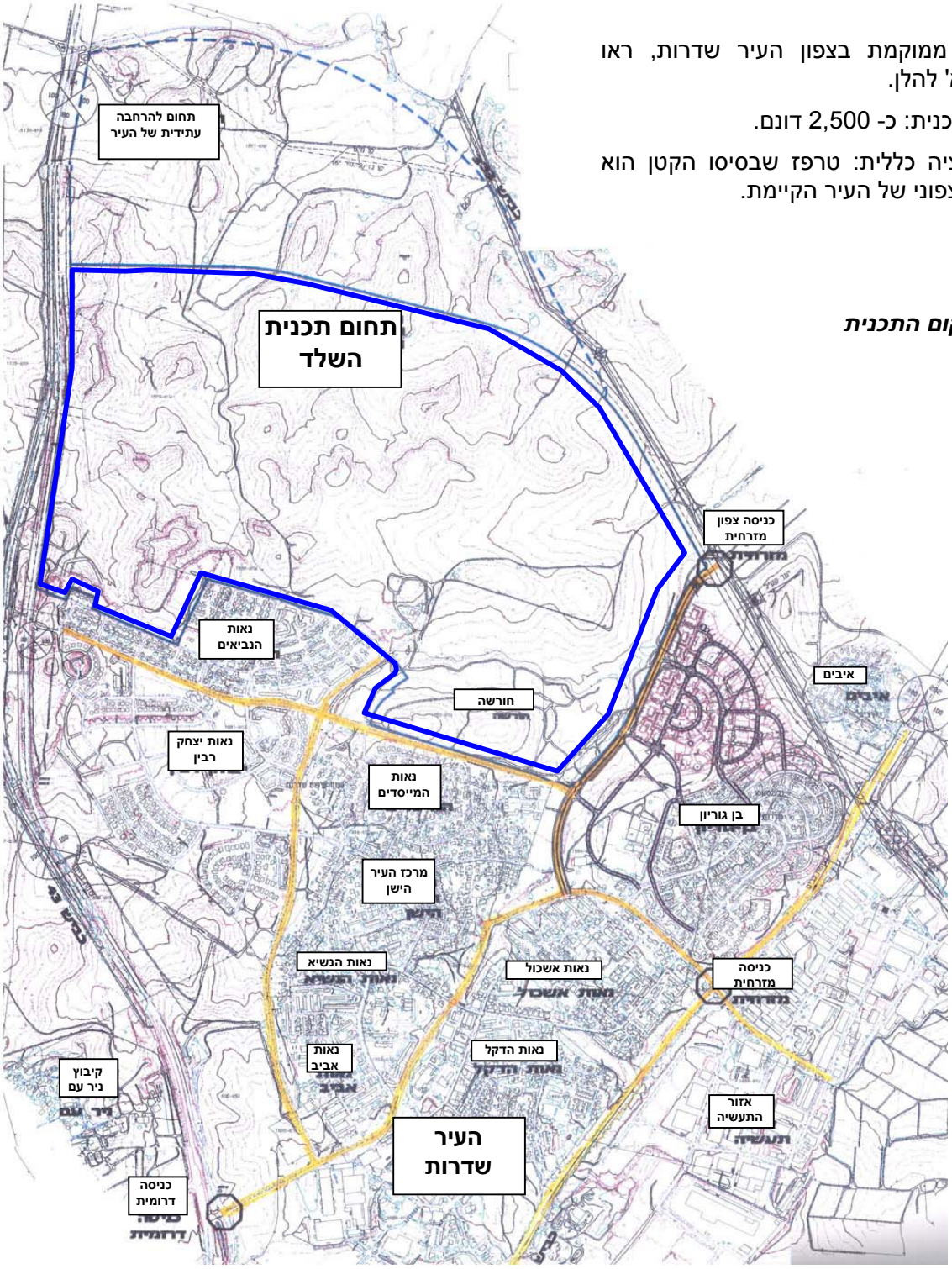
2.3.2 דוגמא ב' - תכנית שלד בצפון שדרות

הדוגמה המוגשת להלן מתבססת על תכנית שלד לצפון העיר שדרות, שהוכנה על ידי משרד אדריכלים יאיר אביגדור, עבור משרד הבינוי והשיכון. התכנית משלבת שיקולים של שימור נגר באופן ראוי. השלמות לצורך הדוגמה מוצגות ככאלה.

תיחום התכנית

- התכנית ממוקמת בצפון העיר שדרות, ראו תרשים א' להלן.
- שטח התכנית: כ- 2,500 דונם.
- קונפיגורציה כללית: טרפז שבסיסו הקטן הוא גבולה הצפוני של העיר הקיימת.

תרשים א': מיקום התכנית



מבנה טופוגרפי ואגני ניקוז עיקריים
(ראו תרשים ב')

שטח התכנית כולל גבעות בגבהים של 60-110 מטרים מעל פני הים. כיוון השיפוע הכללי של השטח כלפי צפון, לעבר ערוץ נחל שקמה.

את תחום התכנית חוצים מספר נחלים: ניר עם, טל נר, מרדים וכוסס ומספר ערוצים מקומיים. כל הנחלים זורמים לכיוון צפון ומתנקזים לנחל שקמה, המהווה מוצא ניקוז ראשי של כל האזור.

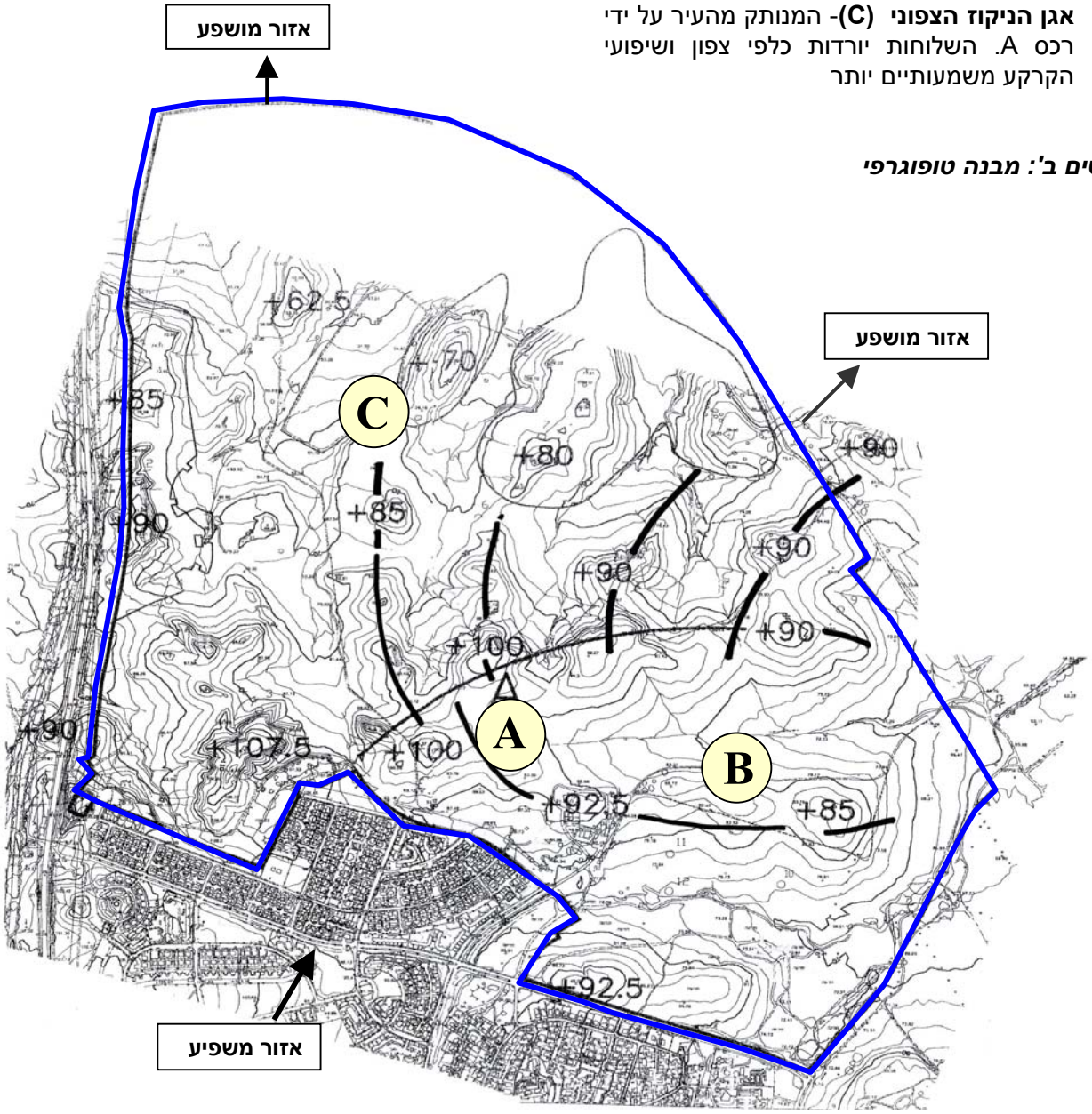
השטח מחולק לשני אגני ניקוז עיקריים המופרדים על-ידי קו הרכס המרכזי, החוצה את השטח ממזרח למערב **(A)**:

- **אגן הניקוז המזרחי (B)**- במרכזו המשכו של ערוץ נחל ניר עם, החוצה את העיר הקיימת.
- **אגן הניקוז הצפוני (C)**- המנותק מהעיר על ידי רכס A. השלוחות יורדות כלפי צפון ושיפועי הקרקע משמעותיים יותר

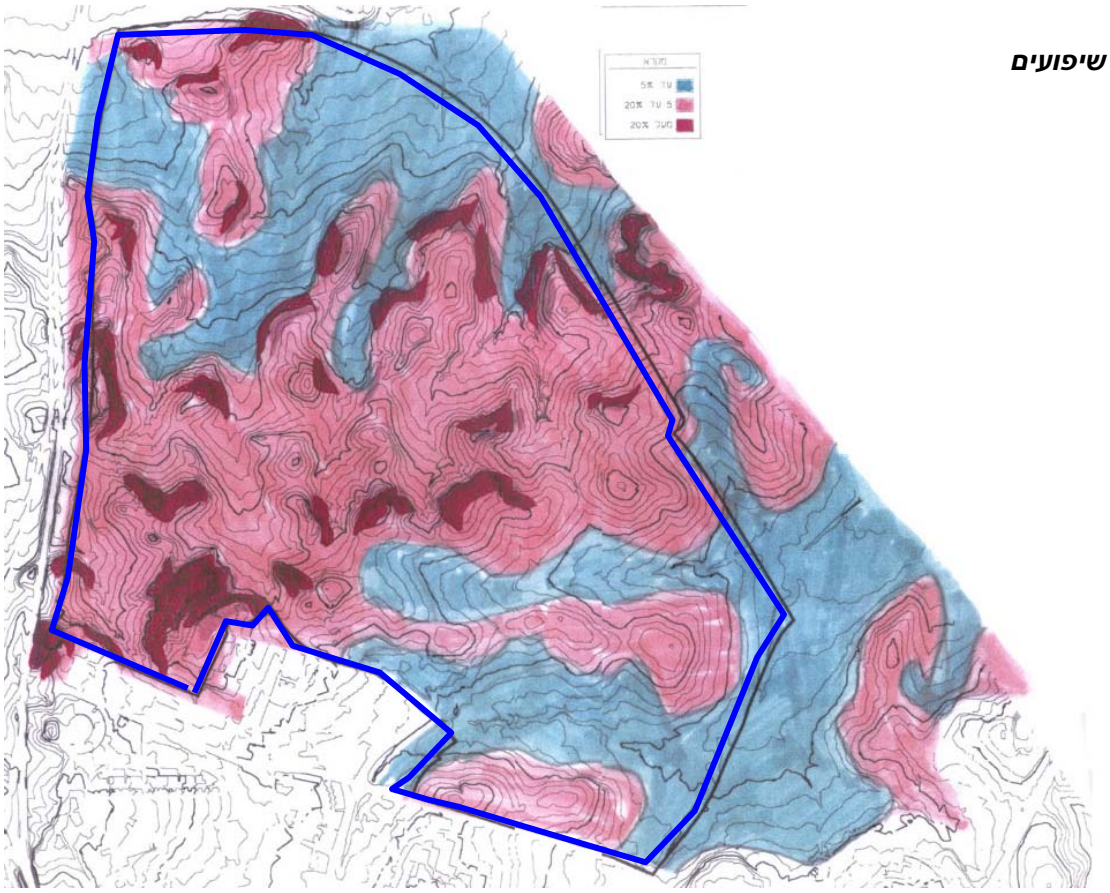
השיפועים ברוב השטח (ראו תרשים ג') הם בשיעור של 5 עד 15 אחוז. במרכזי הערוצים שטח מישורי של עד 5%, לעומתו במדרונות של הרכס המרכזי נמצאים גם מיתלולים צרים בשיפוע מקומי של עד 20%.

האזור המשפיע מחוץ לתכנית - ממנו מגיע נגר עילי אל תחום התכנית: שטח זה מצומצם יחסית, היות ועיקרו שלוחות המשתפלות לאורכו ומנקזות לערוצים שמחוץ לשטח התכנית.

תרשים ב': מבנה טופוגרפי



תרשים ג': מפת שיפועים



מקרא: עד 5% | 5 עד 20% | מעל 20%

הידרולוגיה וקרקע

שדרות ממוקמת על גבול קו 400 מ"מ גשם לשנה, היורד בעיקר בחודשים מאוקטובר עד מרץ. כמות הגשם השנתית המרבית שנרשמה הייתה 620 מ"מ והחודש הגשום ביותר הוא ינואר עם ממוצע של 78 מ"מ. הכמות היומית המרבית שנמדדה הייתה 127 מ"מ.

מניתוח עוצמות הגשם, על פני 38 שנות מדידה, מתקבלים הערכים הבאים:

טבלה מס' 1: עוצמות הגשם

תקופת חזרה (בשנים)	עוצמת גשם (מ"מ/שעה) למשך			
	15 דקות	30 דקות	60 דקות	100 דקות
20	66	42	27	19
50	75	48	31	22
100	82	52	33	24

הקרקעות בחלק המזרחי של התכנית הן מסוג K2, K1 (קרקעות חומות כהות גרומוסוליות) – ובחלקה המרכזי והמערבי- E2 (פרה רנדזינה).

חישוב ספיקת שיא

בטבלה להלן מוגש סיכום ספיקות השיא, שחושבו לפי הנוסחה הרציונלית, באגנים השונים, המוגדרים בתכנית הניקוז (ראו תרשים ד' בהמשך).

שטח אגני הניקוז כולל גם שטחים מחוץ לתחום התכנית. מקדם הנגר העילי נקבע על פי מצב הבינוי הסופי.

טבלה מס. 2: ספיקות שיא

אגן מס'	גודל אגן (דונם)	מקדם נגר עילי (C)	ספיקת שיא צפויה (מ"ק/שניה)		
			1:20	1:50	1:100
A	6,600	0.6	44	63	59
B	3,700	0.65	32	45	51
C	2,200	0.6	17	25	29
D	415	0.6	5.0	6.8	7.7
G1	172	0.6	2.1	2.8	3.2
G3	208	0.6	2.5	3.4	3.9
H	197	0.6	2.4	3.2	3.7
I	600	0.5	4.4	6.4	6.7
K	180	0.5	1.8	2.4	2.8

ספיקת התכן נקבעה על פי תקופת חזרה של 50 שנה, כאשר המבנים יתוכננו כך שלא יוצפו גם בספיקות המתאימות לתקופת חזרה של 100 שנה.

המלצות לתכנון כוללני

מניתוח נתוני האתר עולה כי תחום התכנית נמצא באזור בעל כמות משקעים בינונית. על-פי מפת העדיפות להחדרה (נספח 1.3) ממוקמות שדרות באזור עדיפות בינונית.

בהתחשב במאפיינים אלה ובכך שהנחלים באזור מתנקזים למפעל שקמה, גובשו בתכנית השלד ההמלצה להלן:

מדיניות שימור נגר

- צרוף שלושת האלמנטים לעיל:
  - רמת משקעים בינונית.
  - עדיפות החדרה הידרוגאולוגית בינונית.
  - קיום מפעל לניצול מי שטפונות במורד הזרימה.

  מביאים למסקנה כי שימור נגר עילי בתכנית צפון שדרות צריך להתבצע בעיקר בראיית החסכון במערכת הניקוז העירונית ופחות לצורך החדרת הנגר העילי.
- המדיניות שנקבעה בתכנית: הוואדיות הראשיים ישמשו אזורי חיץ בין השכונות וישמשו כצירים ירוקים/ נופיים – צירי ניקוז בהם ימוקמו הגנים השכונתיים (ראו תרשים ה': חתכים עקרוניים לואדיות).
- בנוסף נקבעו הנחיות לשימור נגר בתכניות מפורטות יותר המובאות להלן.

אלמנטים להפחתת נגר - הנחיות לתכנון מפורט

א. כללי

יש לנקוט בכל האמצעים על מנת להקטין את הנגר העילי בשכונה המתוכננת ולנסות להחדיר לתוך הקרקע כמות גדולה יותר של מים כך שלא יגיעו לכבישים ולמובלי הניקוז. קביעת האלמנטים והאמצעים תהיה ברמת תכנון מפורט של התב"ע ובהסתמך על סקרי קרקע של האתרים. להלן מספר אמצעים ואלמנטים מוצעים.

ב. משטחי חניה "ירוקים"

מומלץ לבצע משטחי חניה המשלבים אספלט ו/או אבנים משתלבות עם פני דישוא שיהיו במקומות הנמוכים ובשקעים בעומק של סנטימטרים בודדים. אזורי הדישוא ישבו על מצע חצץ ו/או טוף ויקלטו מים לתוך השכבה הנושאת. הדשא יושקה בקיץ על-ידי מערכת השקיה תת קרקעית (טפטפות).

משטחים אלו יקטינו את הנגר העילי גם כמותית וגם על-ידי השהיה.

ג. אזורים ירוקים מונמכים

מומלץ בכל אזור בנוי לכוון את המרזבים של הבניינים לשטחים ירוקים. השטחים הירוקים יהיו במפלס נמוך מהשבילים במספר סנטימטרים כך שהם יהוו איגום זמני למים. מצע לשטחים הירוקים יהיה שכבת חצץ ו/או טוף בעובי 50 ס"מ, ומעליו שכבה גננית. בתחתית השכבה מומלץ להתקין צינור ניקוז שרשורי. על המקומות הנ"ל יוחלט במהלך הכנת תב"ע מפורטת של כל האזור.

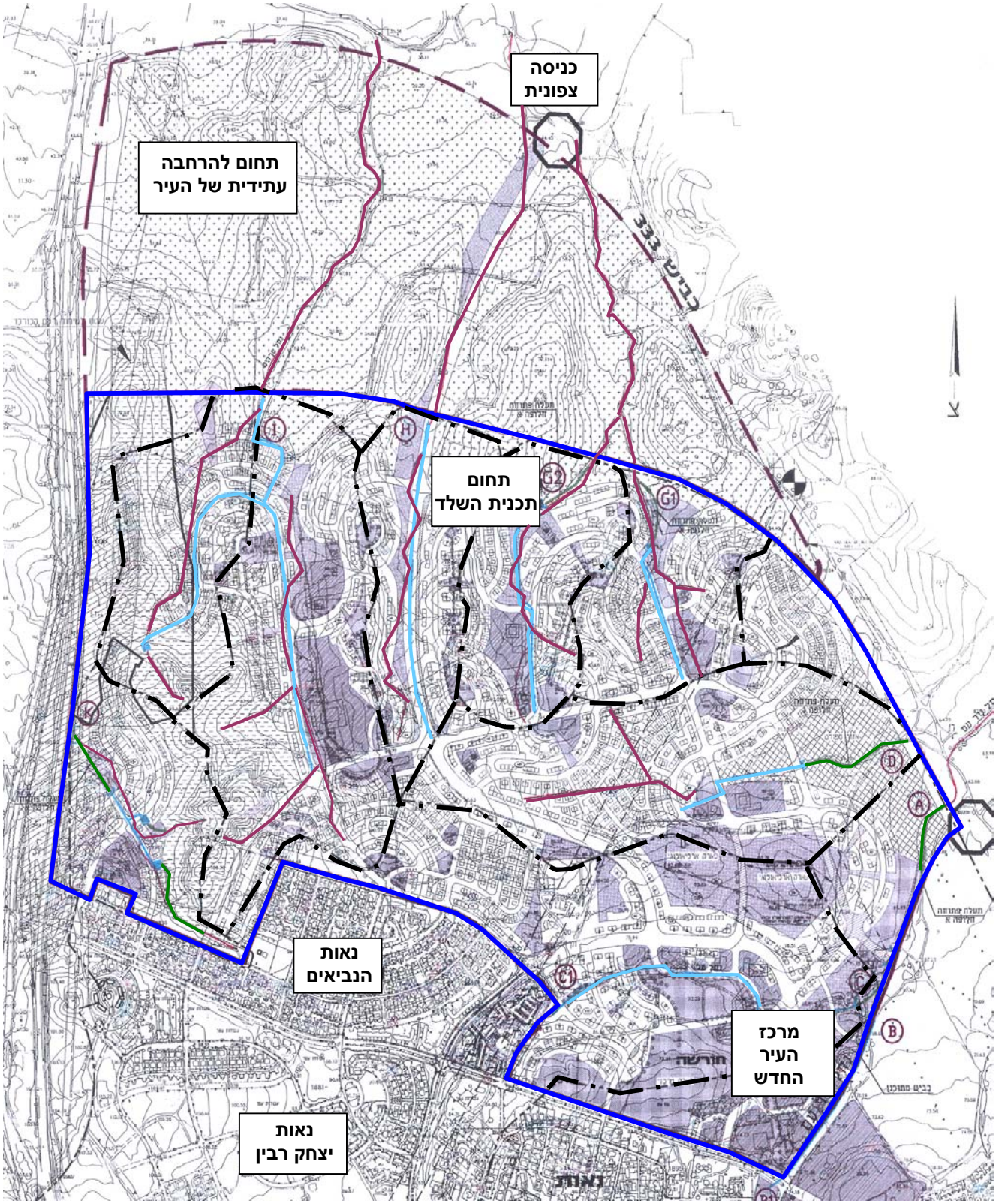
ד. נגר עילי

שימוש נרחב בהמלצות הנ"ל, הכללתן בתקנות הבניה וישומם בשטח יכול להקטין את מקדם הנגר העילי באופן כללי בכ- 20% ומכאן את קוטר הצינורות בשכונה.

תכנית הניקוז הכללית, על רקע תכנית השלד, מוגשת בתרשים ד' להלן.

שלושה חתכים עקרוניים, המבטאים את השילוב המתוכנן בין הבינוי, הגינון והטופוגרפיה ודרכי הניקוז מוגשים בתרשים ה' בהמשך.

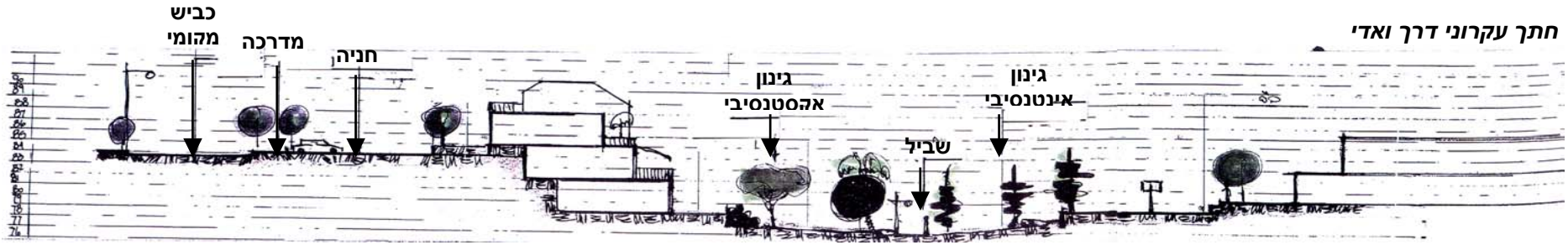
תרשים ד': שדרות- תכנית שלד צפון - תכנית ניקוז כללית



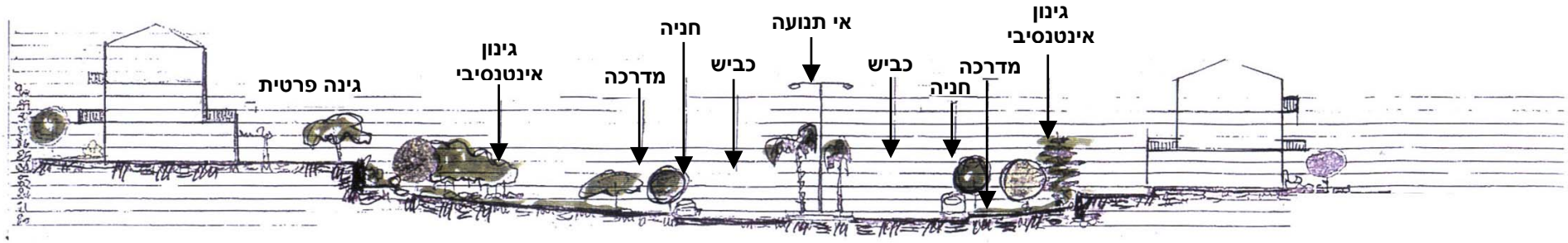
מקרא: מובל סגור | תוואי ערוץ קיים | תעלה פתוחה | תחום אגן ההיקוות

תרשים ה': שדרות - תכנית שלד צפון- חתכים עקרוניים

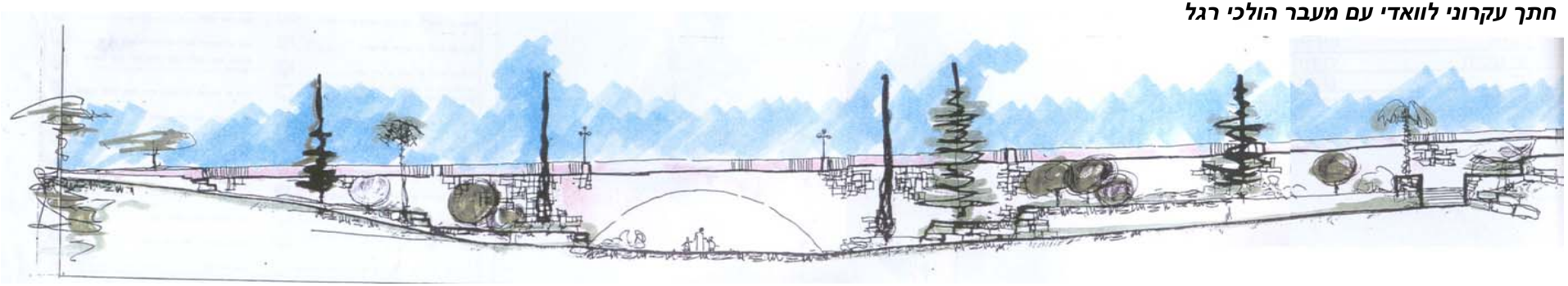
חתך עקרוני דרך ואדי



חתך עקרוני לכביש כניסה מערבי



חתך עקרוני לוואדי עם מעבר הולכי רגל



2.3.3 דוגמא ג- תכנית בנין עיר לשכונה בראש העין

הדוגמה המוגשת להלן רלבנטית בעיקר לרמות תכנון ביניים – תכנית בניין עיר מפורטת ותכנית בינוי, אך ממחישה את דרך הניתוח גם לתכניות ברמה גבוהה יותר- אב, מתאר ושלד.

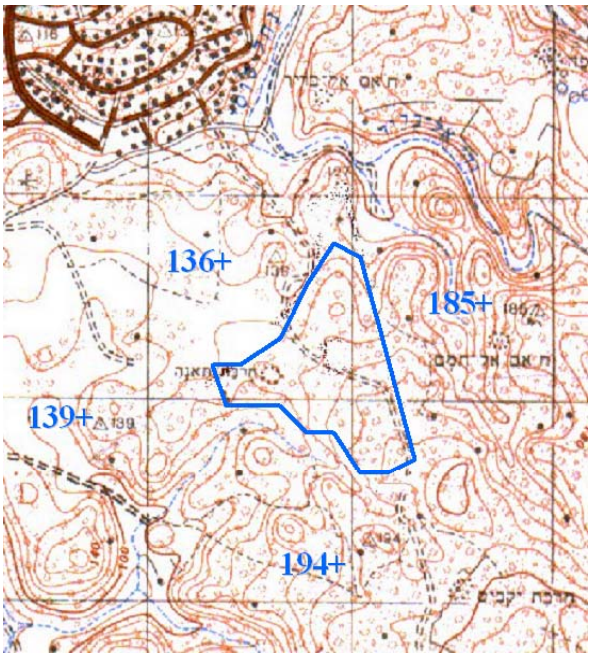
האתר: שכונה E ראש- העין

- אתר התכנית באזור המזרחי של ראש-העין. מיקום כללי- ראו תרשים א' להלן.
- שטח התכנית: כ- 590 דונם.
- קונפיגורציה כללית - משולש אשר בסיסו בצד המזרחי וקדקודו בצד מערב.
- טופוגרפיה כללית - שלוחה משתפלת בכיוון צפון מערב, מרום של כ- 190 מ' מעל פני הים, בקדקוד הדרומי ומתפצלת לשתי שלוחות צפונית ומערבית, עד לרום של כ- 140 מ', בשטח הנמוך בין שתי השלוחות.
- האתר נמצא בין שני אגני היקוות, של נחל רבה מצפון ושל נחל שילה בדרום. שני הנחלים מתנקזים בעקיפין לים התיכון, ללא מפעלים לניצול מי שטפונות.
- הקרקע הטבעית רובה טרה רוסה, סלעים מכסים מעל 50% מפני השטח, עומק הקרקע במדרונות אינו עולה על 20 עד 40 ס"מ, בעל סחיפה טבעית בינונית ושיפועים כלליים של כ- 15%, ראה תרשים ג' בהמשך.
- המסלע הוא גיר מן הקנומן טורון, עם הרבה שקערוריות בפני השטח וכושר הובלה טוב.
- כמות הגשם הממוצעת הרב שנתית היא כ- 570 מ"מ גשם לשנה. סופות גשם של עד 100 מ"מ לסופה מופיעות באזור זה. תחנת המדידה בראש העין מצביעה על כמות חודשית מכסימלית בחודשי ינואר של כ- 150 מ"מ במשך של 13 ימים.
- זרימת מי התהום היא בכיוון למעיינות ראש-העין.

תיחום שטח התכנית

- שטח התכנית – הקו הכחול. ראו תרשים ב' להלן.
- האזור המשפיע מחוץ לתכנית - ממנו מגיע נגר עילי אל תחום התכנית, מצומצם יחסית, היות ועיקרו שלוחות המשתפלות לאורכו ומנקזות לערוצים שמחוץ לשטח התכנית.
- האזור המושפע מחוץ לתכנית - כולל את שולי השלוחות: הצפונית- כלפי מזרח, והמערבית- כלפי דרום, ובעיקר את השטח המתון כלפי מערב.

תרשים א': מיקום אתר הדוגמא



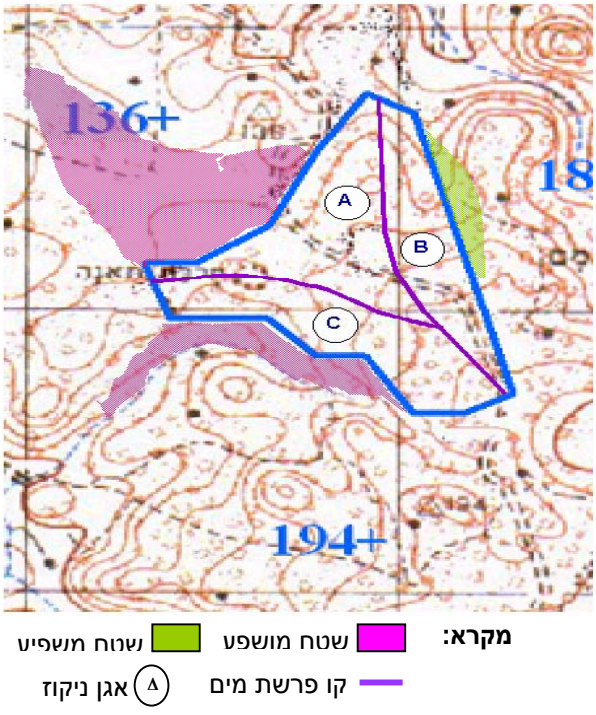
חלוקת התכנית לאגני ניקוז

קווי פרשת המים מסומנים בתרשים ב' להלן ובהתאם הוגדרו שלושה אגני ניקוז:

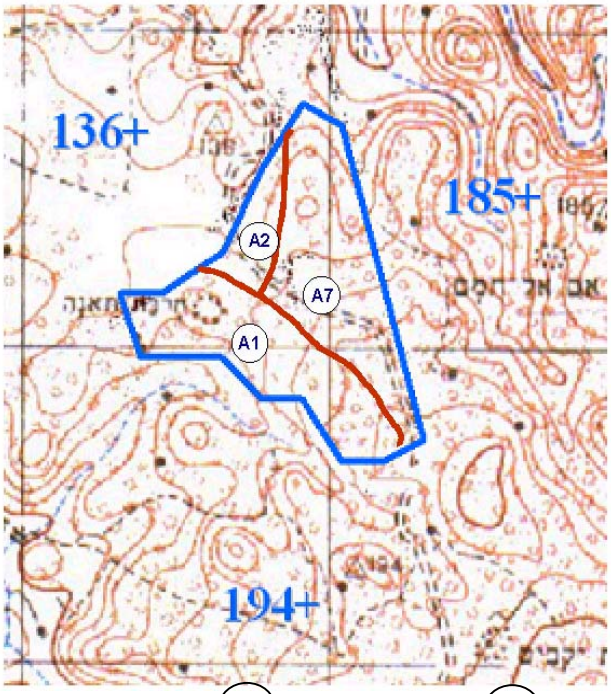
A – המרכזי והעיקרי לצד צפון מערב.
B – המדרון המזרחי של השלוחה הצפונית.
C – המדרון הדרומי של השלוחה המערבית.

להבנת המבנה הטופוגרפי ראו גם תרשימים ד' (גבהים) ו- ה' (שיפועים) בהמשך.

תרשים ב': אגני ניקוז. שטח מושפע



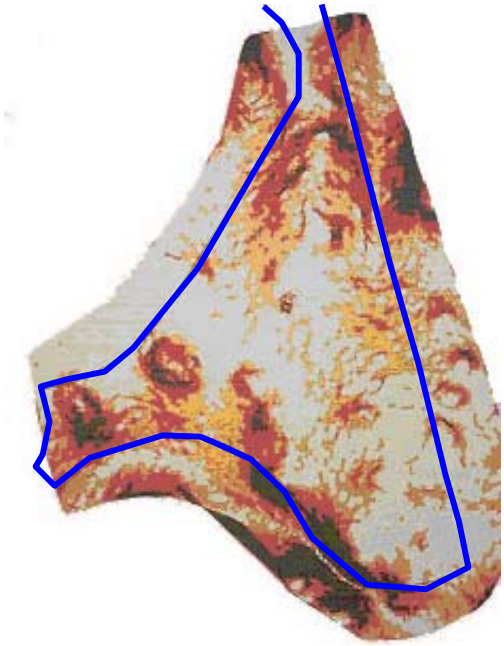
תרשים ג': חבורות קרקע



מקרא:
A1 חבורת קרקע טרה רוסה בשיפוע 20% ויותר
A2 חבורת קרקע טרה רוסה בשיפוע עד 20%
A7 חבורת קרקע גרומוסול חום וטרה רוסה

תרשים ה': שיפועי קרקע

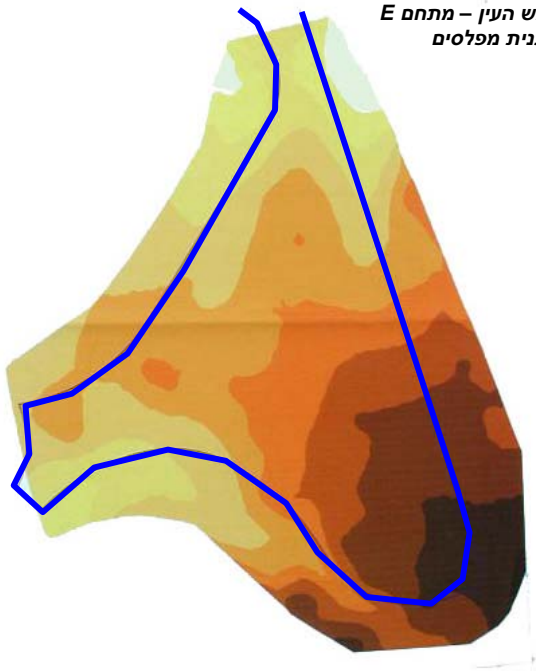
ראש העין -מתחם E
תכנית שיפועים



מקרא:
שיפוע 0 - 8%
שיפוע מעל 20%

תרשים ד': גבהי קרקע

ראש העין – מתחם E
תכנית מפלסים



מקרא:
מתחת ל- 110
מעל 200 מ'

שיפועי קרקע

נתוני שיפועי הקרקע מוגשים בתרשים ה' לעיל.
האזור המרכזי של תחום התכנית, כ- 50% משטחה, בקו דרום מזרח – צפון מערב, הינו מתון יחסית לאזור הגבעי של ראש העין והינו ברובו בשיפוע של בין 0 ל- 8%. שולי השלוחות לכיוון דרום ובפינה הצפון מזרחית מגיעים לשיפועים של עד 20%.

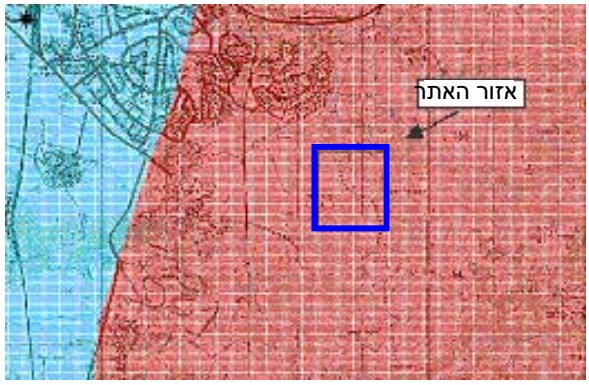
<u>שיפועי קרקע</u>

עד 8%	270 דונם
עד 12%	170 דונם
עד 20%	115 דונם
עד 30%	35 דונם

בחינת מיקום האתר על פי תמ"א 34

בהתאם להגדרות תמ"א 34 ולתוספת ההגדרה לצורך שימור הנגר – השטח נמצא באזור בעל עדיפות גבוהה, כלומר, קיימת הצדקה למאמץ החדרה של נגר עילי.

תרשים ו': בחינה על פי תמ"א 34



מקרא: עדיפות גבוהה עדיפות נמוכה

חישוב ספיקת שיא בהסתברות של 5% לאיזור המתוכנן כשכונה E בראש העין עפ"י נוסחת תחל"ס

- שלוחה טרשית טבעית (שטח בור) מחולקת ל-3 תת-אגני ניקוז המתנקזים לכוונים שונים – תת-אגן A (230 דונם) לצפון; תת-אגן B (160 דונם) לצפון מערב; תת-אגן C (200 דונם) לדרום מערב. ראה תרשים ב' לעיל.
- שיפועים - 0.15-0.06.
- אורך אפיקים - 800-400 מ'.
- גשם שנתי ממוצע - 570 מ"מ.
- המסלע והקרקעות - סלעי גיר חדירים בדרך כלל מכוסים בקרקעות טרה- רוסה או משולבות עם רנדזינות רדודות, השייכות לחבורת הקרקעות A. שעור השטח הסלעי החשוף מוערך בכ- 40% - 30. מירקם הקרקע חרסיתי קל והיא בדרך כלל בעלת חדירות בינונית-טובה.
- שטח התכנון - 590 דונם.
- חבורות הקרקע במרחב התכנון – ראה טבלה להלן.

חבורת הקרקע	שטח (דונם)	שטח יחסי (%)	שפוע (%)	מקדם נגר
A1	285	48	12-20	0.12
A2	90	15	8-12	0.14
A7	215	37	<8	0.17

- שטח חבורות הקרקע (בדונם) בכל תת-אגן ניקוז – ראה טבלה להלן.

חבורת הקרקע	אגן A	אגן B	אגן C
A1	55	--	130
A2	60	--	--
A7	35	105	--
סלע גיר	80	55	70
סה"כ	**230**	**160**	**200**

- חישוב מקדם הנגר המשוקלל (Ct) לכל תת-אגן עפ"י השטח היחסי של חבורות הקרקע השונות: A – 0.178; B – 0.197; C – 0.165.
- משך הריכוז לכל תת-אגני הניקוז קטן מ-20 דקות (Tc < 20).
- עוצמת התכן של הגשם (It) שנבחרה היא 84 מ"מ/שעה ומשך פרק הגשם הוא 20 דקות. ערכים אלה מייצגים את פרק הגשם של סופת התכן בעלת הסתברות של 5% שבו עוצמת הגשם מכסימלית (עוצמות גשם התכן באזור החוף ראו נספח 4).
- המקדם a להסתברות של 5% הוא 0.871, על-פי טבלה בנספח 1.2.
- חישוב ספיקות השיא (מ"ק/שניה) לתת-אגני הניקוז על-פי נוסחת תחל"ס (A – שטח בקמ"ר):

$Qt = Ct \times It \times A^{at}/3.6$

תת-אגן A $Qt(A) = 0.8\ m^3/sec$

תת-אגן B $Qt(B) = 0.56\ m^3/sec$

תת-אגן C $Qt(C) = 0.6\ m^3/sec$

חישוב נפח נגר סופתי לאיזור התיכנון בראש העין ע"י נוסחת ה- S.C.S.

- נתונים כמויות גשם יומיות (מ"מ) במהלך סופת גשם חורפית שכיחה באזור החוף שהתרחשה בימים 23 עד 28 בינואר 2004.
- הערכת מקדם ה-CN נעזרת בטבלה מס' 4, נספח 4.3. בטבלה זו הלחות הקודמת (AMC) היא בדרגה 2. מצב רטיבות שכיח בקרקעות צפון ומרכז ישראל במשך החורף. מקדם ההפסד ההידרולוגי הראשוני הוא: Ia = 0.25.
- ערך ה- CN שנבחר הוא 83 והוא מותאם לקבוצת קרקעות D המאופיינת בשימוש קרקע בעל כיסוי צומח דליל. השיקול לערך זה הוא השילוב בין קרקע שחדירותה בינונית-טובה מסוג B משוקלל עם שעור גדול של שטח סלעי חשוף שחדירותו נמוכה מאד.

- חישוב הנגר היומי עפ"י הנוסחה:

$$Q = (P-0.2S)2 / P+0.8S$$

- חישובי הנגר היומיים, ביחס לכמויות הגשם היומיות של סופת הגשם מוגשים להלן:

תאריך	עובי גשם יומי (מ"מ)	עובי הנגר היומי (מ"מ)
23.1.04	10	0
24.1.04	29	4.9
25.1.04	23	2.5
26.1.04	9	0
27.1.04	17	0.7
28.1.04	3	0
סה"כ	91	8.1

- מקדם הנגר הסופתי – 0.09.
- נפח הנגר הסופתי (מ"ק):

תת-אגן A 0.0081 x 230,000 = 1,860
תת-אגן B 0.0081 x 160,000 = 1,300
תת-אגן C 0.0081 x 200,000 = 1,620

סיכום ומסקנות

אתר התכנית נמצא באזור בעל כמות משקעים גבוהה יחסית, עם קרקע בעלת מקדם חדירות גבוה ומעל אקוויפר פעיל, שבו האוזר הבלתי רווי, ככל הנראה, אינו מזוהם. לפיכך האתר מתאים להחדרת נגר עילי.

הטופוגרפיה המשופעת יחסית ברוב שטח התכנית מקשה על השהיה, אצירה והחדרה, ומחייבת פתרונות של יישור מגרשים ושטחים באמצעות טרסות או מתקני השהיה, ו/או פתרונות אגירה והחדרה בשטחים מישוריים שמצפון מערב לשטח התכנית.

כמות הנגר העילי הסופתי בסופה שכיחה היא כ- 4,800 מ"ק, או כ- 9% מסך הגשם הסופתי.

יעד לשימור הנגר במצב המתוכנן הנו כמות נגר זאת או פחותה ממנה.

שימור הנגר יכול להתבצע בשלוש דרכים עיקריות:

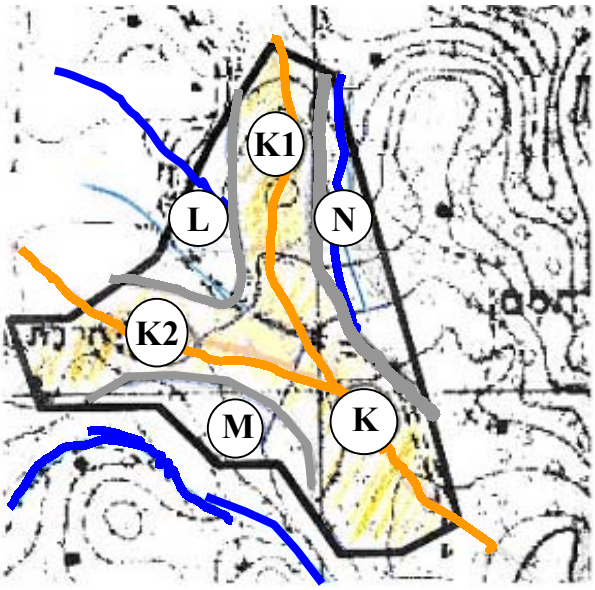
- בתחומי המגרשים הבודדים, על-ידי יצירת אוגר מקומי והחדרתו בתחום כל מגרש.
- בתחומי שטחים פתוחים, בשיפולים מתונים יחסית ובאזור המישורי יחסית - הצפון מערבי.
- ברצועות ירוקות לאורך דרכים ראשיות.

שיקולים בפריסת ייעודי קרקע

השיקולים להלן עוסקים אך ורק בהיבטי שימור נגר עילי ומתעלמים, לצורך הפשטות, מכלל השיקולים התכנוניים- אורבניים, הנדסיים וכלכליים, המובילים את המהלך התכנוני.

חלוקה לתאי שטח עפ"י שיקולי שימור נגר עילי

החלוקה מסתמכת על ניתוח נתוני האתר וראייה כללית של השטח וכוללת 4 תת אזורים עיקריים (ראו תרשים להלן):



K – ראשי השלוחות המרכזית המשתפלת מדרום מזרח ומתפצלת לראש שלוחה K1 צפונה וראש שלוחה K2 מערבה.

L – שטח בעל שיפוע מתון ביותר בחלק המערבי של התכנית, בין שתי השלוחות.

M – מדרון דרומי של שלוחה K2, תלול יחסית.

N – מדרון מזרחי של שלוחה K1 תלול יחסית.

אפשרויות עיקריות לשימור נגר עילי

- בתחומי המגרשים הבודדים – לאחר יישור באמצעות קירות תומכים, כולל אזורי החדרה עם אוגר מלאכותי.
- בשטחים הפתוחים - באמצעות טרסות בשטחים פתוחים ומפתנים בערוצי זרימה, להשהיה, אצירה והחדרה.
- איסוף מי נגר מדרכים והזרמתם על פני השטח במדרונות, באופן הומוגני ככל הניתן, לקבלת מהירויות זרימה נמוכות ופיזור רחב.
- אפשרות ליצירת איגום מלאכותי, בעיקר בשטח L , לצורך שימושי נוי ושילוב נופי והחדרה.

סיווג תאי השטח בהיבטי שימור נגר עילי

תא השטח	% מהשטח	שיפוע	חבורות קרקע	אפשרויות לאוגר	כווני זרימה מתא השטח
K- שלוחות מרכזיות	60	מתון יחסית	A7	בינונית	תאים אחרים בתכנית
L- שטח נמוך מערבי	12	מתון	A2	גבוהה	אזור מתון ממערב לתכנית
M- מדרון דרומי	13	תלול מאוד	A1	נמוכה	ערוץ לכוון נחל שילה
N- מדרון מזרחי	15	תלול	A7	בינונית / נמוכה	ערוץ לכוון נחל רבה

מקרא: A7 - חדירות בינונית ; A2 - חדירות גבוהה, A3 - חדירות טובה

לשטח L תכונות עדיפות להשהיה, אצירה והחדרה של מי נגר, עקב טופוגרפיה מתונה, קרקע חדירה וצמידות להמשך שטח מתון בגבול התכנית.

סיווג תאי השטח על-פי תרומתם הפוטנציאלית לשימור נגר עילי בסדר יורד: L – השטח הנמוך המערבי; K – שלוחות מרכזיות; N – מדרון מזרחי; M – מדרון דרומי.

פריסת יעודי קרקע

לצורך המחשה, הפרוגרמה הבסיסית תהיה, במונחי שטח יחסי, כדלקמן:

- בנייה רוויה 45%
- בנייה צמודת קרקע 15%
- מבני ציבור, שצ"פ 20%
- דרכים ותשתיות 20%

סיווג ייעודי הקרקע על-פי התאמתם לשימור נגר עילי, בסדר יורד: שטחים פתוחים; בניה צמודת קרקע; מבני ציבור; בניה רוויה; דרכים ומתקני תשתית.

עודפי נגר עילי ממגרשים ומבניינים מופנים לרצף שטחים פתוחים אשכולתיים, מרכזיים ושכונתיים להבטחת החדרה.

דוגמת שימוש בשצ"פ מוגשת בתרשים להלן:

סכימה רעיונית לפיזור שצ"פ

פרק 3: רמות תכנון מפורט

3. רמות תכנון מפורט

3.1 ניתוח נתוני אתר

ברמות תכנון מפורט – תכנית מפורטת (תב"ע) ותכניות למתחם/מגרש ובשלבי היתר בניה, היקף המידע הנדרש הינו מצומצם יחסית. השטח הנו בדרך כלל הומוגני מבחינת תכונותיו הטופוגרפיות והקרקעיות וכלול במסגרת תכניות ברמות גבוהות יותר, הקובעות את ייעודי הקרקע, אחוזי הבניה, שיעורי התכסיות ועוד. לפיכך נדרשים נתונים נקודתיים בלבד לצורך חישוב ותכנון שימור הנגר העילי: מופעי גשמים, מקדמי חידור, זאת בנוסף לנתוני התכנון ברמה הגבוהה יותר. במקרים רבים ניתן להסתפק במקדמים מקובלים לצורך חישוב, על-פי המפורט בנספח 4.4 בהמשך.

לתכניות ונספחי התכניות המתייחסים לשטחים רחבים ו/או מגוונים יותר, ניתן לבצע ניתוח נתוני האתר עפ"י המפורט בסעיף 2.1 לעיל.

תפריט מקוצר לשלבי ניתוח נתוני מתחם או מגרש מובא בסעיפים הבאים, כרשימת תיוג ובתרשים התהליך בדף הבא.

הערה: באופן עקרוני, הנתונים שלהלן דרושים כבסיס לתכנון משמר נגר עילי. עם זאת, בהיקפים קטנים, כמו ברמת המבנה הבודד, חלק מן הנתונים אינם רלוונטיים, או שהם ידועים מראש.

נתוני קרקע, תת קרקע ומי תהום

- מיקום שטח התכנון על גבי מפה טופוגרפית מפורטת.
- הערכת מבנה תת הקרקע וסוג המסלע באתר, על סמך מפה גיאולוגית או בדיקת קרקע מפורטת.
- הערכת עומק מפלס מי התהום, על פי מפות ומקידוחים קרובים.
- הערכת איכות מי התהום על-פי מפות ומתוך קדוחים קרובים.
- הערכת מצב האזור הבלתי-רווי מבחינת תכולת מזהמים וכו', על בסיס מידע מקומי.
- סוגי הקרקעות במרחב התכנון ותכונותיהן, על סמך מיפוי מפורט של הקרקעות באתר.
- התאמת מקדמי חידור לחבורות הקרקע ולסוגי הסלע השונים.

נתוני משקעים

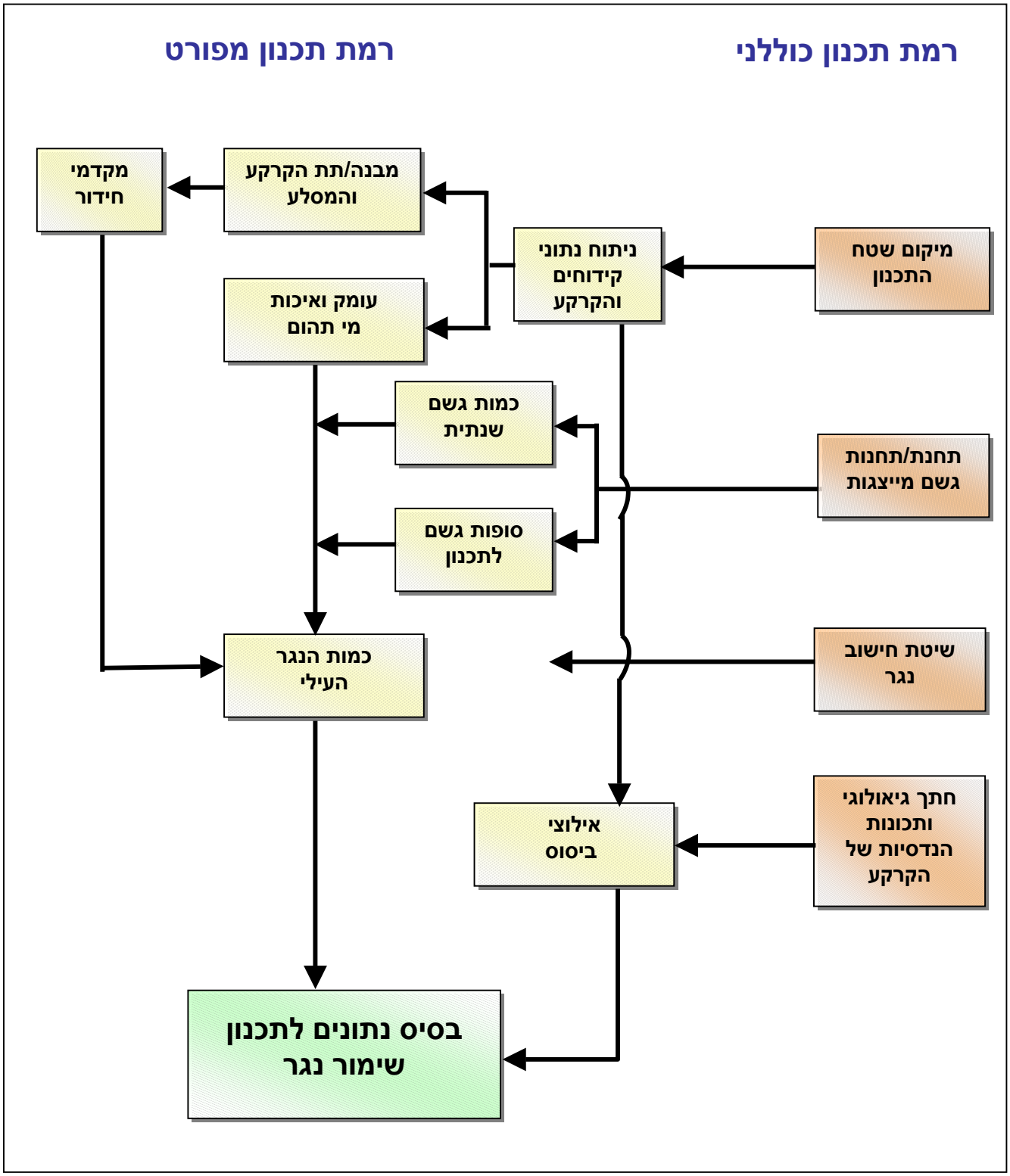
- הערכת כמות הגשם השנתית על-פי מפת הגשם.
- קביעת סופות הגשם לתכנון על-פי התפלגות עוצמות הגשם בתחנת הגשם הקרובה/ מייצגת ביותר, או מתוך מידע ממספר תחנות מרוחקות יותר.
- קביעת עוצמת הגשם המתאימה לתדירות הופעתה לזמן הריכוז.
- בחירת נוסחת/ מודל החישוב המתאים לאתר התכנון.

נתוני ביסוס

- קבלת הנתונים הבאים (לפחות) מקידוחי המחקר, שייעשו על ידי מהנדס הביסוס:
  - לוג של הקידוח, ממנו יוערך היישום ההנדסי, כולל מקדמי חדירות, רגישות החוזק להרטבה וכו'.
  - פני מי התהום, עם הופעתם ולאחר 24 שעות;
  - מקדמי מוליכות שכבות הקרקע לאורך הקידוח.
- זיהוי אופקים קיימים של מי תהום ושל מים שעונים.
- קביעת חתך גיאולוגי ותכונות הנדסיות של הקרקע, עד לעומק של לפחות פעמיים עומק הביסוס הצפוי.

תוצר שלב זה הוא בסיס נתונים, בדיסציפלינות השונות, המכיל, ככל הניתן, את המידע הדרוש לצורך התכנון המפורט.

תרשים תהליך ניתוח אתר בתכנון מפורט



3.2 הנחיות לתכנון מפורט

3.2.1 ריכוז ההנחיות

- החדרת שיעור גדול ככל הניתן של מי הנגר העילי בתחומי המגרשים/ המתחמים הבודדים, בכל מקרה בו הקרקע הנה בעלת תכונות חלחול מתאימות.
- השארת תכסית פנויה להחדרה בשיעור מספיק, על-פי חישובי נגר נוצר ואוגר נדרש.
- תכנון אוגר מקומי נדרש (אוגר: נפח המים הניתן להשהיה ואגירה זמנית בתחום המגרש עד השלמת חלחולו), באמצעות מעקות וגדרות, בגבולות המגרש או המתחם.
- חישוב מפלסי בניינים ופתחי מרתפים, כך שיהיו מעל מפלס האוגר המרבי המתוכנן.
- תכנון מתקני גלישה למקרי גשם קיצוניים, הגורמים לנפחי נגר מעבר לאוגר המתוכנן.
- תכנון מתקני החדרה ייעודיים למי מרזבים ומשטחים אטומים, במקרים שבהם הקרקע העליונה אינה מחלחלת ו/או במקרים שלא ניתן לשמור על שיעור תכסית רצוי, עקב מרתפי חניה או מסיבות אחרות, באישור יועץ הביסוס.
- במקרים בהם לא ניתן להחדיר את מלוא מי הנגר בתחומי המגרשים, או המתחמים הבודדים, יופנו המים לרצף שטחים פתוחים, אשר בהם תתוכנן השהיה והחדרה של שיעור מירבי אפשרי של מי הנגר העילי.
- תכנון מפורט של השטחים הפתוחים למיניהם, הקולטים את מי הנגר הישירים והנתרמים מייעודי קרקע סמוכים. לחילופין: הפניית מי הנגר לתחומן של תוכניות סמוכות, בהתאם להוראות התכנית המנחה הרלוונטית ברמה הכללית.
- תכנון מפורט של הדרכים, השטחים הציבוריים, ומובלי הניקוז, הנכללים בתחום התכנית, להשגת מטרות של השהיה והחדרה.
- תכנון ניקוז כולל לשטח התכנית, להתחברות למערכות ניקוז טבעיות או מלאכותיות שבמורד שטח התכנית, על-פי עקרונות של השהיה, הקטנת ספיקות שיא, העדפת פתרונות ניקוז סביבתיים, אם קיימים, ותוך התחשבות בקיבולת מערכת הניקוז הקולטת. תוכניות הניקוז ראוי שייעשו בשילוב עם התוכנית הנופית, כך ששטחים מיועדים להחדרה יהיו גם הירוקים, בהתאם לעקרונות התכנון הכוללני, בפרק 2 לעיל.
- מערכות, אמצעים ומתקנים לשימור מי נגר עילי יתוכננו לתפקוד גם בספיקות שיא, או במקרי סתימה ותקלות, ע"י מתקני גלישה והפנייה למערכות ניקוז טבעיות, כגון אפיקים ושקעים טבעיים ולמערכות תיעול עירוניות.
- מערכות ומתקנים ייעודיים לשימור נגר עילי יתוכננו, ככל הניתן, באופן פשוט לפעולה לטווח של שנים ארוכות, תוך ניסיון להקטין את הצורך בטיפול ותחזוקה.
- מערכות ניקוז לשימור נגר עילי יתוכננו מאזורים העומדים בקריטריונים, על פי פרק איכות הסביבה, סעיף 5.1 בהמשך.
- התכנון יבחן חלופות חידור באתר או מחוצה לו, בהתאם להמלצות היועצים. החידור באתר מחייב תכנון מרקם עירוני מתאים והכלת המתקנים לקליטה, השהיה, החדרה וסינון של מים הן לצד בניינים ושטחים מרוצפים והן כחלקים משולבים של השטחים הפתוחים הציבוריים הגדולים יותר, המיועדים לפנאי ולנופש.
- החידור מחוץ לאתר מחייב את איסוף המים הנקווים מהשטחים האטומים והובלתם, בדרך הטובה ביותר, לשטחי ההחדרה.

3.2.2 מתחמים בנויים

יש להתאים את הכמות והגודל של השטחים הפתוחים הסופגים, בגבולות המגרש, באופן שיאפשרו החדרה מקסימלית של הנגר הצפוי. היחס המינימלי המומלץ הוא 1:5, כלומר: לכל 100 מ"ר בנוי יש להצמיד 20 מ"ר שטח פתוח המכיל אוגר לקליטה. כמובן שמידת התאמתו של האוגר לתנאים של סופת גשם, תלויה במבנה הקרקע ותת הקרקע ובאמצעים נוספים שנקטים לצורך הטיפול בנגר.

באם אין אפשרות החדרה בתחום המגרש הבנוי, יש לתכנן מרקם עירוני, המבטיח כי לכל מבנה או מבנן, יהיה שטח פתוח פנים שכונתי – גינות משחק פנים שכונתיות, פינות ישיבה ורחבות –המיועד לקליטת מי הנגר הנקווים מן השטחים האטומים. ניתן לשלב בתוך השצ"פ הנ"ל את החדרת מי המרזבים, באם אין אפשרות להחדירם בקרבת הבניין. תצורה זו נכונה גם כאשר השטח החדיר בתחום המגרש מתאים לקליטה חלקית בלבד של המים והעודפים המופנים לשצ"פים הפנים שכונתיים הקרובים.

דוגמאות ליצירת רצף הובלת מי הנגר בתחום השכונה/ מבנן, מן המבנה הבודד ועד לשצ"פ השכונתי או החיצוני לשכונה, ראו בסעיף 3.3 בהמשך.

גינות גג – חלק ניכר מן השטחים האטומים, במרחב העירוני, מהווים גגות החניונים והמבנים. ניתן להרחיב את השטח הנותר לחידור ולשתילה ע"י שימוש במצעים מנותקים. מצעים אלו, המשמשים לגידולים שונים ולגינון, מאפשרים השהייה של מי הנגר המוזרמים למרזב (או לנקזים). לדוגמא: בעזרת שכבה של 20 ס"מ פרלייט 2 (שכבה קלת משקל, 100 ק"ג למ"ק, הסופחת מים) המתפרסת על שטח של 1 מ"ר, ניתן לספוג ולהכיל כ- 120 ליטר מים, שהם שווי ערך ל- 120 מ"מ גשם.

3.2.3 תכסית פנויה להחדרה

שיעור התכסית הפנויה הנו תוצאה של יעדי התכנון בתחום צפיפות הבנייה הרצויה, ניצול מרבי של הקרקע ומתן מענה לכלל הצרכים הפרוגרמתיים בתחום התכנית ועוד. עקרונות קביעת שיעור התכסית הפנויה ראו סעיף 2.2.6 לעיל.

ההעדפה הנה לשיעורי תכסית פנויה להחדרה המביאים לחלחול מיידי של מופעי גשם שכיחים ומאפשרת אוגר בגובה מינימלי ולתקופות זמן קצרות ככל הניתן. שיעורי תכסית בנויה מקובלים אינם עולים בדרך כלל על 50% כך שעל-ידי תכנון יתרת השטח באופן שאינו אטום ברובו ניתן בקלות להגיע לשיעורי תכסית פנויה להחדרה של 20 עד 30 אחוז ומעלה.

תינתן העדפה לתכנון אזורי מדרכות, חניות ומשטחים ייעודיים נוספים, במינימום שטח מרוצף ובשימוש במשטחים מרוצפים מחלחלים, לפחות חלקית, היכן שנדרש. במקרים שנדרשים שטחים מרוצפים בשיעור גבוה וכן במקרים של מרתפי חניה או אחרים, התופסים את עיקר שטח המגרש, יש להקצות רצועות או שטחי חלחול בהם ניתן יהיה למקם בורות החדרה מקומיים.

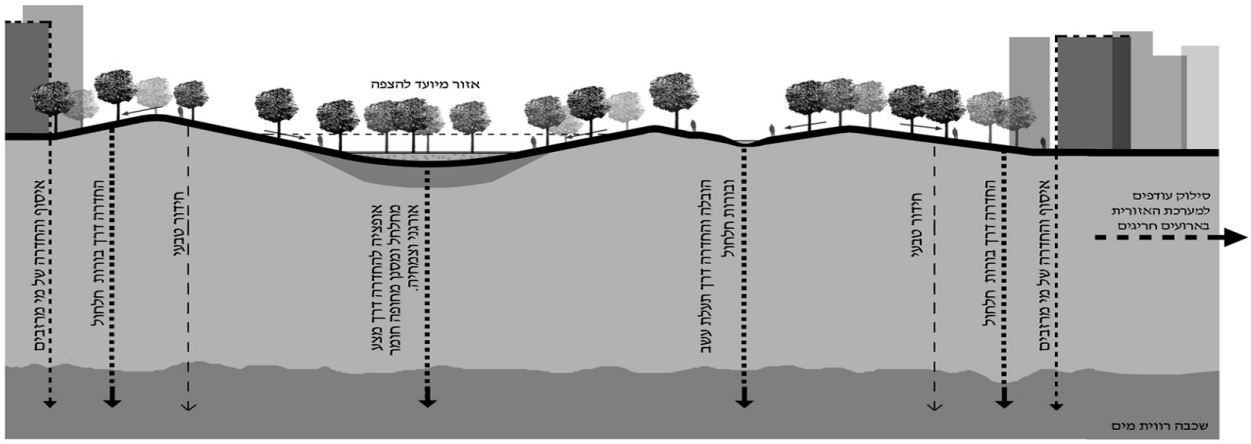
3.2.4 איך נשמר מים בשטח הפתוח

מים במערכת העירונית

יש להשכיל ולנצל את המרחב לשיקוע והחדרה באמצעות אגנים או בריכות, במידה והשצ"פ מאפשר זאת, בגודלו ובמיקומו (רצוי בקרבת מקור היווצרות הנגר). פעולות, כגון: תיעול מים, סכירה, איגום, טיפול בזרימה עודפת, טיפול במזהמים והצפות - יכולות להוות בסיס והשראה לתכנון סביבה של 'טבע' בתוך העיר, טבע שהוא דינמי, מרתק ועשיר בערכים אקולוגיים.

תיעול והובלת המים באופן על-קרקעי בדרכי מים (תעלות עשב), מעשיר את הסביבה הבנויה מבחינה נופית - על-ידי שינוי חתך הרחוב או הרחבת תחום הדרך בצירי התנועה הרגליים והדו-גלגליים, ומבחינה אקולוגית- על ידי יצירת רצף בתי גידול עשירים במים בעונה הגשומה.

שילוב מתקני החדרה והובלה בשטחים פתוחים - חתך אופייני

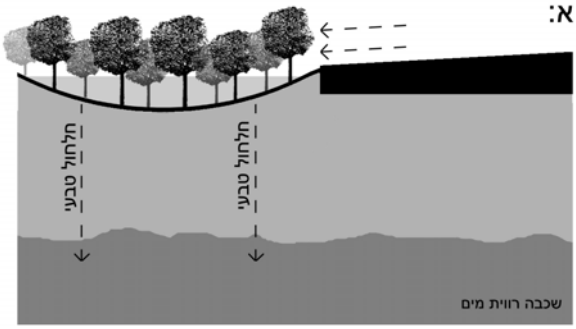


יש למתן שיפועים בשצ"פים המועדים להחדרה, זאת בכדי להאט את זרימת המים, להבטיח כניסת מים מווסתת למתקני ההחדרה ולמניעת סחף קרקע, שיש בו כדי לחרוץ את פני הקרקע להקטין את נפחי האיגום העל-קרקעי והפנים-קרקעי.

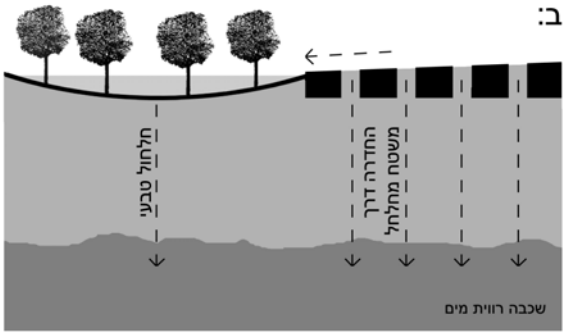
טיפול בתכסית האטומה

תכסית אטומה כוללת מדרכות, שבילים, מגרשי ספורט, רחבות מרוצפות, מגרשי החלקה, ועוד. ניתן להתייחס ליחידות אלה בשני אופנים:

האחד (איור א')- ניצול המשטחים האטימים להעשרת מערכות קליטת המים במרחב הפתוח. תוספת מים, עשויה להרחיב את מערכת הקולטנים, ולהעניק להם מרווח נשימה ארוך ומרשים. ניתן לשקול הובלה תת קרקעית למרחב הפתוח (הכולל את מערכת הקולטנים), בכדי למנוע אידוי ו/או לצורך טיפול בעודפי מים.



השני (איור ב')- החלפת החומר האטום בחיפוי מחלחל או בחומרי סלילה חדירים לצורך הקטנת ספיקות. במידה ואין אפשרות לשימוש בחיפוי מחלחל (כדוגמת משטחי החלקה, או משטחים המיועדים למשחקי כדור) - ניתן לשלב רצועות קרקע סופגות בשולי המשטח. רצועות אלו ישמשו הן לקליטה והן להובלת המים לאתר החידור הקרוב. ממדי הרצועות יקבעו בהתאם לנפחים ולעוצמות הגשם הצפויות.



כיסוי מדרונות

במדרונות, על פי סוג הקרקע, ניתן לשלב פתרונות צמחיים עם פתרונות הנדסיים ולהחליף, עד גבול מסוים, את הפתרונות ההנדסיים הקשיחים והאטומים. לדוגמא, בקרקע חמרה חולית בשיפוע 2:1 ניתן להשתמש ביריעות אנכיות מתכלות ולשתול, בכיסוי צמחי מלא, אחד מהדגניים הרב שנתיים, כגון שעורת הבולבוסים, הנכנס לתרדמת קיץ מלאה ויוצא ממנה בסתיו ובחורף. מתוך הפתרונות ההנדסיים יש לתת העדפה לכיסויים מחלחלים באופן מלא או חלקי. למשל, שימוש בגיאו-ווב במילוי חצץ עם או בלי צמחיה; שימוש בבולדרים במדרונות עם כיסי שתילה; שימוש בגביונים וכיסי שתילה (ניתן להגיע לכיסוי צמחי מלא של הגביונים) וסידור גבים.

אדמת מילוי

קביעת הסוג והעומק של אדמת המילוי קריטיים לשימור מים. אין לשבש את הרכב הקרקע על ידי חומרים מזהמים (חומרים כימיים פעילים, כגון סיד, מלחים, חומרים הידרופוביים וכד') בזמן הבנייה ולאחריה. יש להקפיד על קרקע חדירה, רצויה קרקע שמקדם המוליכות ההידראולית שלה, ברוויה, הוא 30 מ"מ לשעה לפחות. בקרקעות בינוניות וכבדות יש לבצע את כל עבודת הכנת הקרקע כאשר הקרקע יבשה, כדי למנוע הידוקה ופגיעה במבנה הקרקע. ככלל- ככל שנעמיק את עיבודי הקרקע כך נקבל קרקע מאווררת יותר וחלחול עמוק יותר של מי גשם.

אדמת המילוי באגנים המועדים להחדרה תקבע בהתאם לספציפיקציות של התקן הקליטה (כדוגמת חומרים אורגניים, הרכבי חול ועלים, קומפוסט וכד').

שימוש בחומרים לא טבעיים טעון אישור של הרשויות המוסמכות.

חיפוי קרקע

אין להותיר קרקע חשופה ללא חיפוי צמחי (ראו סעיף 3.2.6), חיפוי רב שנתי אורגני ואי אורגני או חיפוי מחלחל אחר - למניעת סחף ואיטום הקרקע, כתוצאה של אנרגית טיפות הגשם, המביאה להיווצרות קרום בלתי חדיר. שכבה עליונה אשר אינה מתהדקת, בעלת חדירות טובה למים ומאווררת, מביאה לקרקע בעלת תאחיזת מים גבוהה יותר, מהווה מצע גידול מעולה ומאפשרת להגדיל את מרווחי ההשקיה והקטנת המנה המושקית.

3.2.5 מתקנים ואמצעים לשילוב בתכנון משמר נגר עילי

בתהליך בחירת המתקנים יש להתחשב באיכות המים הנדרשת, הכמות הצפויה ובהתאמה הפיסית לסביבה. במרבית המקרים אין מתקן בודד מתאים, אלא ישנן מספר אפשרויות, והבחירה ביניהן תהיה משיקולי עלות תועלת.

בחירת המתקנים המתאימים תלויה בפונקציות העיקריות שעליהם למלא במערכת; תפקידים אלה הנם תפיסה, וויסות ספיקות, טיפול במזהמים, השהיה, החדרה והובלה.

נדרשת הערכה מדוקדקת של התאמת המתקנים לאתר, על ידי יועץ הניקוז, ובצמוד למבנים - על ידי יועץ הביסוס, לפני עיצובם, תכנונם והתקנתם. ניתן לחלק את המתקנים באופן כללי למספר סוגים: מאגרים ובריכות, חיץ צמחי, תעלה, בורות נקודתיים, משטחים חדירים ואתרים להעשרת מי תהום.

בחירת האמצעי לתפיסת המים

האפשרויות לתפיסת המים במרחב נחלקות לשתי קבוצות עיקריות: מתקנים נקודתיים ואמצעים המוטמעים במרחב הפתוח. (ראו דוגמאות בסעיף 3.3 בהמשך).

מתקנים נקודתיים, כגון: באר הפוכה, בור סופג ושדה פיזור, ליד מקום היווצרות הנגר, יעילים כאשר השטח הפנוי לקליטת מים מצומצם, כתוספת למתקנים מרחביים ולצורך ניקוז מיידי של משטחים אטומים נרחבים הצמודים לשטח הפתוח.

בתהליך בחירת מיקום האמצעי המרחבי או המתקן הנקודתי יש להתייחס לשיפועים, כיווני הזרימה הצפויים, תשתיות ויסודות המבנים והמלצות היועצים.

התכנון יתייחס לשאלות הבאות:

- מהו השטח הזמין והאם הוא מספיק לאיגום זמני, לשיקוע מוצקים מרחפים ולהחדרת כמויות המים הצפויות באמצעות אגנים מרחביים?
- מהי איכות המים הנדרשת בטרם ההחדרה - האם סינון הקרקע מספק, או שיש לערב אמצעים נוספים?
- מהן מגבלות המתקן המוצע והאם הן מתאימות לאתר (בהתייחס לשיפועים רצויים, שימושים מיועדים אחרים, שיקולי תחזוקה, עמידות לאורך זמן, קירבה למגורים, התאמה לתשתיות)?
- מהי כמות הנגר הנוצרת בשצ"פ הקולט, והאם קיים פוטנציאל של הובלת מים ממקורות אחרים, כגון מי המרזבים, לתוך השצ"פ הקרוב?

3.2.6 שימוש בצמחייה

חיפוי הקרקע בצמחייה מסייע לשימור מי נגר ותורם לחסכון במים: החיפוי בצמחייה מונע סחף, מאט את זרימת הנגר, מונע משכבת הקרקע העליונה להיאטם ומאפשר סינון ראשוני. החסכון במים מתאפשר בזכות שימוש בצמחים בעלי שורשים עמוקים ומפותחים שיכולים לנצל מים, המצויים בשכבות הקרקע העמוקות, להקטין את רגישות הצמח לשינויים עונתיים ולהגדיל את הניצולת של משקעים בעומק הקרקע.

בתחומי הגן יש לשאוף לתכסית מרבית בכל הממדים: לשתול זה בצד זה עצים, שיחים, צמחי כיסוי ו/או להשתמש בחיפוי צמחי, חיפוי אורגני או חיפוי מחלחל אחר. החדרת מים בתחומי הגן תגדיל את משך הזמן בו תישמר רטיבות הקרקע וניתן יהיה לחסוך בהשקייה בעונת הקיץ.

ההנחיות בסעיף זה מתחלקות לשלושה נושאים:

- אחזקת גנים בהיבטי שימור נגר.
- טיפול בדשא.
- טיפול באזורים מעוטי גשמים.

טיפול באזורים מעוטי גשמים

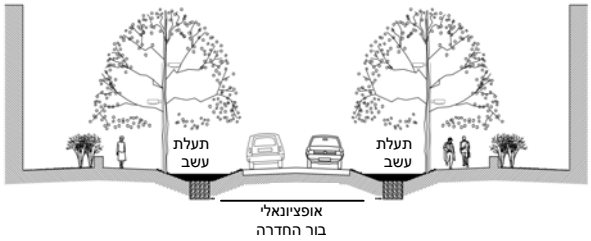
באזורים מעוטי גשמים (פחות מ 250 מ"מ לשנה) אין אפשרות להגיע לתכסית צמחית מלאה מבלי לשלם על כך בהשקיה קיצית. על כן, באזורים אלה יש להיערך לקליטת המים מאירועים חריגים, על ידי ייעוד שטחים פתוחים גדולים לאיסוף והשהיית המים והפניתם לשימושים חוזרים כדוגמת השקיה.

3.2.7 דרכים

כללי

הדרכים הם יצרני הנגר המשמעותיים ביותר בשל היותם אטומים ופרוסים על אחוז גבוה מהשטחים הבנויים. הטיפול במי כבישים מורכב בשל רמת הזיהום של המים. בדרכים ראשיות יש להותיר מקום לתעלות במרכז או בשולי הדרך, באופן שיאפשר את הובלת מי הנגר לאתרי טיפול והחדרה. בדרכים משניות וחניות רצוי להשתמש בחיפויים מחלחלים וכן להרבות ברצועות קרקע ירוקות בצדי דרכים ושטחי החנייה, לצורך הפחתת הספיקות וסינון ראשוני של המים. ממדי הרצועות והתעלות יותאמו לנפחי הנגר, איכות המים והעוצמות הצפויות.

הובלת המים לצידי דרכים סלולות- חתך סכמתי



מבנה הדרך

בתכנון מערך התנועה, הדרכים והחניה ישולבו מתקנים מתאימים להשהייה, אצירה והחדרה של מי נגר עילי, בתנאי שאין בהם סיכון להצפה או פגיעה בתשתית.

בתכנון מבנה הדרך ישולבו, במידת האפשר, רצועות חלחול בין המיסעות ובצידיהן.

ניקוז מתחום הדרך יהיה בהתאם להנחיות בפרק 5.1, על-פי רמת הדרך.

איי התנועה יתוכננו, במידת האפשר, להחדרת מי הגשם הישירים וכן חלק של מי הנגר מתחום המיסעה:

- יבוצעו מחומרים חדירים.
- תשולב בהם צמחייה להשהיית הנגר והקלת ההחדרה.
- ישולבו בהם מתקני אצירה והחדרה לנגר עילי המתקבל בתחומם, בתכנון המבטיח מניעת הצפות בספיקות שיא ובמקרי תקלות.

מדרכות יתוכננו מאלמנטים וחומרי שתית בעלי כושר חלחול לאורך זמן. תינתן עדיפות לניקוז מי נגר עילי ממדרכות אל שטחים פתוחים שבצידי הדרך, בפיזור מרבי.

יועדף פתרון של מיקום רצועת שטח פתוח מונמכת, בין המדרכה לבין הכביש, אשר תשמש להחדרת מי הנגר מהמדרכה ובמידת האפשר גם מן הכביש.

מפלס שטחים ירוקים בתחום הדרך יהיה נמוך ממפלס הדרך יתוכננו פתחים באבני השפה כדי לאפשר למי הנגר לזרום מהדרך אל השטחים הירוקים.

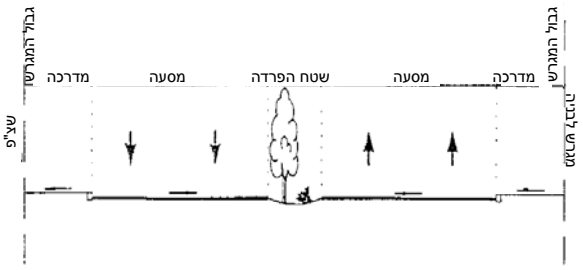
שולי דרך יתוכננו מחומרים בעלי כושר חלחול. מי נגר עילי משולי הדרך ינוקזו במידת האפשר אל שטחים פתוחים, בפיזור מרבי.

תעלות ניקוז לקליטת מי נגר עילי מדרכים תהיינה פתוחות, בשיפועי זרימה מינימליים, עשויות בחפירה טבעית או בציפוי של אלמנטים וחומרים מחלחלים.

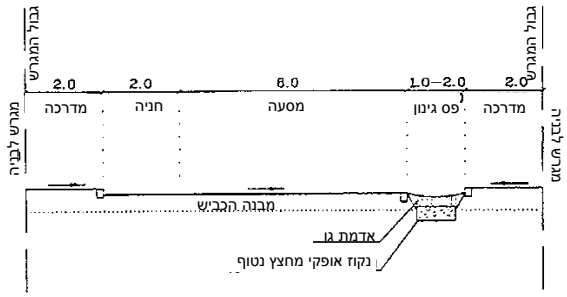
יעד הניקוז מתעלות אלו יהיה, בעדיפות ראשונה, אל שטחים פתוחים, המהווים שדות החדרה, או אל גופי מים עיליים, המיועדים, בין השאר, להחדרה, בפיזור מירבי, באמצעות מוצאי ניקוז מן התעלות, בצפיפות מרבית בנקודות מתאימות.

בתכנון התעלות ישולבו, בתאום עם מתכנן הניקוז ואדריכל הנוף, סכרונים, מפתנים, צמחיה ואמצעים נוספים להשהיה, אצירה והחדרה.

חתך טיפוסי לרחוב עירוני עם שטח הפרדה



רחוב עירוני מקומי/מאסף



משטחי חניה, רחבות, וחצרות סלולות

סיווג משטחי חניה וחצרות על פי התאמתם להחדרת מי נגר עילי יהיה על פי סעיף 5.1 בהמשך.

שטחי חניה בחצרות מבנים למגורים וליעודים אחרים ואף לאורך צירי תנועה ובמפרצי חניה, יבוצעו מאלמנטים ו/או חומרים בעלי כושר חלחול גבוה והמועדפים הם:

- אדמת גינה ודשא.
- חצץ על גבי תשתית מתאימה.
- ריצוף משתלב בעל שיעור שטח בלתי מכוסה מתאים, בכל סוג משטח.
- ריצוף משתלב בעל מרווחים מתאימים לחלחול עם מילוי באגרגט, או חומר מחדיר אחר, למניעת סתימה, או עם אפשרות ניקוי ותחזוקה פשוטה ונוחה.
- שילוב של החומרים והאלמנטים הנ"ל, למשל ריצוף משתלב בנתיבי כניסה ויציאה ודשא או חצץ בשאר השטח, או ריצוף משתלב עם חלקים פתוחים ובהם דשא.
- בתכנון מגרשי חניה יאותרו השטחים שלא צפויה בהם תנועת כלי רכב – בשולי המגרש, באיי הפרדה בין שורות חניה, בפינות שאינן מאפשרות תנועת רכב, לאורך נתיבי כניסה ויציאה לאזורי החניה ובמרכזם וכדומה. שטחים אלה ייועדו להחדרה על-ידי תכנונם מאדמת גינה או קרקע מחלחלת אחרת, באופן שיאפשר השהיה ואצירה של כמויות נדרשות של נגר עילי ושילוב מתקני החדרה.
- ניקוז מי נגר עודפים ממגרשי חניה יהיה אל השטחים הפתוחים ו/או אל מתקני החדרה שבתחום המגרש, ובעדיפות שניה אל שטחים פתוחים, שדות החדרה ומתקני החדרה שמחוץ למגרש.
- במקרים בהם לא ניתן לתכנן שכבת מצע מחלחלת תינתן עדיפות לשכבה עליונה חדירה כגון חצץ, אספלט חדיר וריצוף משתלב, התורמים להשהית הנגר להגדלת זמני הריכוז.

3.2.8 ניקוז מתחמים וחצרות

אגני ניקוז מקומיים הם אזורים התחומים על ידי קו פרשת מים מקומית, אשר כל גשם היורד עליהם או כל נגר המגיע אליהם נקווה אל נקודת ריכוז אחת. חלוקת מתחמי התכנון לאגני הניקוז המקומיים הנה שלב ראשון בניתוח אפשרויות האצירה, ההשהיה וההחדרה.

שיעורי תכסית חופשית רצויים לחלחול נקבעים על ידי נוסחות דרסי ומסווגים כדלקמן:

דרגה	תאור	חלחול ב-מ"מ לשעה
0	נמוך מאוד	נמוך מ-2.5
1	נמוך	2.5 - 15
2	בינוני	15 - 28
3	גבוה	28 - 53
4	גבוה מאוד	יותר מ- 53

סיווג אחר מתבסס על הזמן הדרוש לעמוד מים של 10 ס"מ לחלחל בקרקע.

דרגה	זמן בשעות דרוש לחלחול 10 ס"מ מים
אינו מתאים	בין 20 ל- 40
איטי	בין 8 ל- 20
מתאים	בין 1.5 ל- 8
מהיר	בין 1 ל- 1.5
מסוכן בגלל מינהור	בין 0.5 ל- 1

3.2.9 אמצעים לטיפול בנגר בשטחים בנויים

רצועות חלחול, אליהן מובלים מי הנגר העילי ומחלחלים אל תוך הקרקע. שטח הרצועות הופך בעונת הגשמים לאתר איגום זמני. מומלץ למקרים של דרגה 1 או דרגת "מתאים" בטבלאות דלעיל.

שטחי פיזור, אליהם מחלחלים המים דרך מערכות של צינורות שרשוריים מחוררים. מומלץ לדרגת קרקע 2 או "מתאים".

מתקני החדרה יתאימו למקרים של דרגת קרקע 3 או "מהיר".

שני האלמנטים הראשונים מתאימים לשילוב במסגרת השטחים הפתוחים בתוך תחום התכנית או מחוץ לה. האלמנט השלישי מתאים למקרים בהם התכסית הפנויה להחדרה אינה מספיקה.

רצועות חלחול

בקרקעות עמוקות שהנקבוביות שלהן מאפשרת זאת, ניתן ליצור רצועות חלחול טבעיות. באזורים בהם אין קרקעות מתאימות ניתן לבצע חפירים והחלפת סוג הקרקע בחומר מתאים. על בסיס חישוב מתאים ניתן לנצל שיטה זו של רצועות חלחול באופן מקומי, מבלי להתרחק ממקור היווצרות המים.

יש למנוע את הפיכתן של רצועות החלחול למטרד מן הבחינות של יציבות, חזות, עבירות ובריאות.

אורך הרצועות וצפיפותן יהיו פונקציה של כמויות הנגר שמניבה כל סופה וסוג הקרקע ברצועות המיועדות לשמש נקודות חלחול.

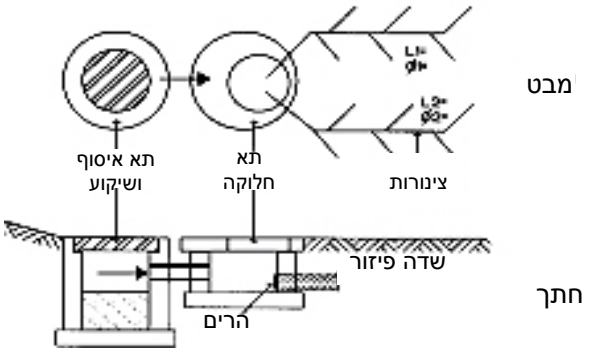
יישום חשוב של רצועות חלחול הינו בבנייה רוויה, כאשר נבנים מרתפי חניה, המשתרעים עד לקרבת קו הבניין, באופן שהתכסית הפנויה אינה מאפשרת חלחול. עם זאת, בתכנון רצועות החלחול יש לקחת בחשבון את נושא הביסוס, כאשר החדרת מים בכמות ו/או בשיטה שלא נלקחה בחשבון מראש, עלולה לגרום נזק ליסודות (ראו סעיף 3.2.9 בהמשך).

שדות פיזור

פיזור מי הנגר העילי במערכות תומכות חלחול יהיה בצורה של צינורות ניקוז נקבוביים עטופים בבד גיאו-טכני, בשטחים בעלי כושר ספיגה גבוהים - שדות פזור. מערכות אלה צריכות להימצא בעומקים שלא יגרמו להרטבת יתר של פני הקרקע. הן תהינה מותקנות בשכבות קרקע שתאפשרנה את אגירתם של מי הנגר העילי, שהופנו אליהן דרך מערכות הפיזור המתוכננות.

מפות חבורות הקרקע הכלליות והמפורטות לשטח הנדון ישמשו את מתכנן הניקוז. בעזרתן אפשר יהיה לקבוע את היתכנות הפתרון ואת מערכת הניקוז התת קרקעית המתאימה. נקבוביות הקרקע תקבע את גודל האוגר.

שדה פיזור - תאור סכמתי



מקור: עוזי דויד

מתקני החדרה

בורות סופגים ובארות הפוכות ישמשו את רוב המקרים בהם אין אפשרות של רצועות חלחול ושטחי פזור.

א. בורות סופגים

הבורות הסופגים יהיו בקוטר של עד מטר אחד ובעומק מתאים לכמות המים, לסופה ולסוג הקרקע, אך שלא יעלה על 4 מ'. בחישוב הבורות יילקחו בחשבון שטח החלחול ומקדמי דרסי של הקרקע. הבור יתוכנן במקומות שסוג הקרקע מתאים לכך, קרי: באדמות קלות בעלות גרגיר גס, מעומק שאינו עולה על 5.0 מ'. רצוי שהשכבה המחלחלת תהיה לפחות בעובי של 2.0 מ'.

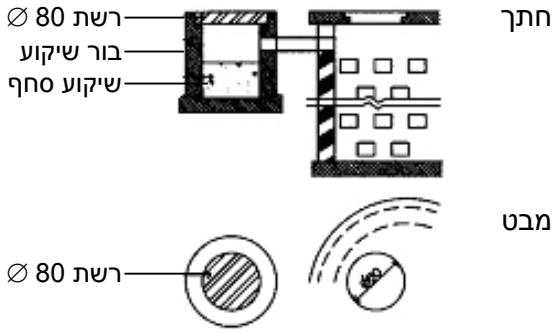
הבור יבנה מחוליות טרומיות (בהן השתמשו בזמנו לבנייתם של בורות ספיגה לביוב), בקוטר שיאפשר עבודה נוחה של חפירה והורדת החוליות בעלות הנקבים. רצוי מאוד למלא את החלל שבין הדפנות החיצוניות של החוליות הטרומיות לדפנות החפירה בחצץ מודרג. במקרה של קידוח בעזרת מכונה אפשר להשתמש בחוליות בקוטר 0.6 מ'. לחפירה בידיים ידרשו חוליות בקוטר של 1.5 מ'.

בתכנון הבור יש לדאוג למכסה אותו אפשר לפתוח במטרה לנקות את הבור מלכלוך ולאפשר שטיפתו בלחץ, כדי לאפשר את המשך תפעולו. המכסה יהיה מכסה אנטי מלרי כבד ולא יחרוג מגבולות המגרש.

מי מרזבים יוכנסו ישירות לבור. מים שאינם נכנסים אליו ישירות חייבים לעבור בור שיקוע עם או בלי הפרדת שומנים, על פי העניין.

הבורות הסופגים ייבנו כמערכת של מספר בורות, המאפשרת הפניית מי הגשם מבור אחד למשנהו. הנחיה זו תאפשר את החלחול הטוב דרך דפנות הבור, כאשר הקרקע מסביבו אינה רוויה. מאחר ומי הבורות קרובים לפני הקרקע יש לבחון את יציבות המבנים אותם הם משרתים. במיוחד יש לבדוק שלא יווצר מינהור שיגרום להתמוטטות של הבור, או בלוע, המסכן את האנשים ואת המבנה.

בור סופג – תאור סכימתי

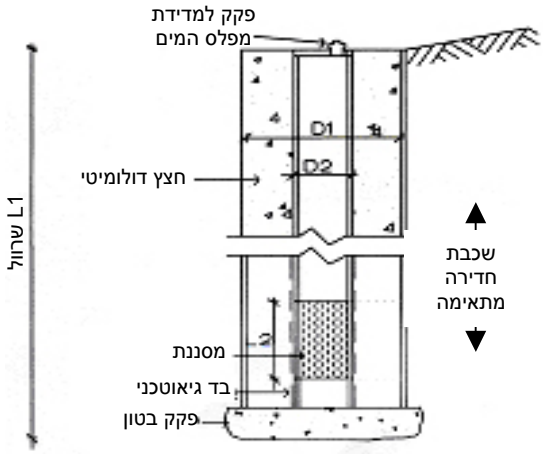


מקור: עוזי דויד

ב. בארות הפוכות

בארות הפוכות יפעלו כמו בורות סופגים, אלא שבמקרה זה המים מועברים ישירות למי התהום. קוטר ואורך הבארות ההפוכות ייקבעו על פי חישובים הידרוליים שהפרמטרים שלהם קשורים לסוגי המסלע השונים אותם הם חודרים. בארות הפוכות יצוידו בין היתר באמצעים למדידת מפלסי המים באקוויפר. בהרשאת נציבות המים הן תוכלנה לשמש גם לניצול המים למטרות שונות בהתאם לטיבן.

באר הפוכה -תאור סכמתי



מקור: עוזי דויד

מתקני גלישת עודפים

מסיבות טכניות וכלכליות, לא ניתן יהיה להעביר את כל מי הנגר העילי אל מתקני השימור השונים. העודפים יזרמו על פני הקרקע, לאורך הרחובות וייכנסו למערכות התיעול הקיימות, טבעיות או מלאכותיות. מתקני השימור יקטינו את הכמויות שצריכות להיקלט על ידי המערכות המסלקות את המים למערכת קליטה, אפיקים טבעיים או מערכות תיעול. מתקני גלישת העודפים יתוכננו באופן שלא יבלטו בשטח, שלא ידרשו תחזוקה מקצועית ויקרה ושיהיו בעלי קיים ארוך.

תעלות להובלת מים

הובלת מים בשטחים מבונים תעשה, בדרך כלל, במערכות סגורות, קרי: תיעולים. הם אינם מפריעים לתנועה, אינם תופסים שטח יקר באזורים מבונים וישנו ניסיון רב בכל הנוגע להחזקתם.

המלצה להובלת מי נגר בתעלות פתוחות תעשה כאשר יש לאסוף את הנגר לאורך דרכים בשטחים פתוחים או עם בניה דלילה. בכל יתר המקרים מומלץ לרכז את מי הנגר העודפים דרך קולטנים למערכת תיעול.

בתכנון תעלות תינתן עדיפות, במסגרת כלל שיקולי התכנון, לפרמטרים התומכים בהאטת זרימה, השהייה והחדרת הנגר העילי וביניהם: שיפועים מינימליים; חתך זרימה מרבי, דיפון באמצעים מתאימים, סכרונים.

בורות/ מכלי אגירה

הערה: נושא זה אינו חלק אורגני של המדריך ויכול להתאים ל"יישוב אקולוגי", המנסה לחזור אל הטבע.

באזורים דלי אוכלוסייה ו/או במקרים בהם אין מערכת אספקת מים מסודרת, יש מקום לבנות בורות אגירה או מכלים על פני הקרקע, אליהם מתחברים המרזבים למי גשם מן הגגות ומחצרות מרוצפות. את המים הנאספים מעבירים אל הבורות/ מכלים, אחרי מתקני השהיה שמטרתם להרחיק סחופת ורחופת. חומרי הבניה יהיו בהתאם למה שמכתיבים סוג הקרקע והגיאולוגיה במקום. חומרי האיטום של תחתית הבור וקירותיו יהיו בעלי קיים ארוך וידרשו אחזקה מינימלית. בדרך כלל, תותקן על הבור מערכת שאיבה להעלות את המים אל מכל עילי לצרכים ביתיים והיתר להשקיה. מים אלה אינם מתאימים לשתיה בדרך כלל. נפח הבור יקבע לפי כמות הגשם הרב שנתית.

3.2.10 ביסוס

קוים מנחים לטיפול בנגר העילי ברמה של מגרשים בודדים

- יש להרחיק את מי הנגר מתחום היסודות על פי דרישת תקן 940. הקביעה תעשה בהתחשב בהשפעת ההחדרה על תכונות הקרקע.
- באזורים של טופוגרפיה משופעת תכלול החקירה הנ"ל בדיקת יציבות מדרונות והשפעת החדרת הנגר העילי גם מחוץ לשטח הבניין הבודד.
- על פי הנתונים שייאספו בחקירה הגיאולוגית וההידרו-גיאולוגית, יש לחשב את אפשרויות ההחדרה מבלי לגרום להצפה בעונות הגשומות. באזורים בהם מפלס מי התהום קרוב למפלס הביסוס, החדרת מי הנגר העילי עלולה להיות בלתי אפשרית במהירות הנדרשת בעונות הגשומות.
- במקומות בהם קיים חשש להיווצרות אופקים של מים שעונים עקב החדרת הנגר העילי, באופן שיסכן את יסודות המבנים, יש להימנע מפעולת החדרה ויש לתכנן ניקוז עילי לסילוק מהיר של המים מתחום המבנה.

דוגמה לנזקים לבניה עקב תכנון לקוי של טיפול בנגר העילי: בנית שכונה י"ג באשקלון

שכבות הקרקע העליונות באזור השכונה הן חרסית בעלת כושר חלחול נמוך.

במסגרת הפיתוח המתוכנן של השכונה הוחלט ליצור שיפועי ניקוז על-ידי עבודות מלוי. המילוי בוצע עם קרקעות גרנולריות, כך שהנגר העילי נספג במהירות דרך המילוי ונכלא על השכבות החרסיתיות הטבעיות ונוצר אופק של מים שעונים בכל שטח השכונה.

כתוצאה, נגרמו קשיים רבים בביצוע יסודות למבנים חדשים, מבנים ישנים שהיו קיימים באזור נסדקו ובניית מרתפים או אלמנטים תת-קרקעיים אחרים הפכה להיות משימה מורכבת ויקרה עד בלתי אפשרית.

דוגמאות לטיפול בהיבטי הביסוס בתנאים שונים, ראו סעיף 3.3.5 בהמשך.

3.2.11 הוראות סטנדרטיות לשימור נגר עילי

הנושאים להלן מובאים לצורך הכללתם בהוראות תכנית מפורטת או תכנית להיתר בניה, על-פי תנאי השטח ומאפייני התכנון. נושאים אלה כלולים בהנחיות שונות של מוסדות תכנון, כמצוין בסעיף 2.2.10 לעיל.

- תהליכי הכנת נספח ניקוז בנושא שימור נגר עילי, הגשתו ואישורו.
- תכנון אוגר רצוי ואמצעים להשגתו.
- שיעורי תכסית פנויה להחדרה לייעודי קרקע שונים.
- רום מסד מינימלי לבנייה משיקולי פשט הצפה ואוגר.
- הפניית מרזבי גגות ומרפסות אל שטחים מגוננים או פתוחים.
- אפשרויות העברת מי נגר עילי בין מגרשים.
- שילוב שטחים ורצועות לקליטת מי נגר לאורך דרכים.
- שימוש במשטחים מחלחלים למחצה למגרשי חנייה ושטחים מרוצפים אחרים.
- שילוב מתקני החדרה.
- הנחיות בקשר לביסוס באזורי חלחול.
- הנחיות לתחזוקה ותפעול.

תיקון לתקנות התכנון והבניה, אשר יחייב החדרת מי גשם המנוקזים ממבנים, נמצא בתהליך מתקדם של אישור, כמצורף בדף הבא.

הנחיות והמלצות קיימות

להלן מוגשת רשימה חלקית של הנחיות והמלצות, בנושא שימור נגר עילי, בתוך תוכניות ומסמכים קיימים. ניתן להשתמש במסמכים אלה, כעזר והנחיה להכנת הוראות שימור נגר עילי, בשלבי התכנון.

- הוראות תמ"מ 3, 5 ואחרות .
- חוזר המנהל הכללי "הצוות בין משרדי לבנייה משמרת מים" – משרד הפנים מאי 2002.
- "הנחיות לתכנון רגיש למים בתכניות מתאריות ומפורטות" ועדה מחוזית מחוז מרכז,יולי, 2000
- חוו"ד – "ניקוז והחדרת מי נגר במחוז תל אביב", לועדה מחוזית תל אביב, בדצמבר 2000.

- "הנחיות תכנון לשימור מים – טיוטא לעיון" – משרד הבינוי והשיכון,דצמבר 2000.
- מסמך "בנייה ושימור מים – מדיניות והנחיות" של המשרד לאיכות הסביבה, יולי 2002.
- "הנחיות כלליות למתכננים אדריכלים ויזמים בדבר הכנת תכניות ניקוז לבנייה משמרת מים" – עיריית נתניה.
- הנחיה לקליטת והחדרת הנגר העילי בתחום המגרש – בהוראות תכנית מתאר קרית אונו.
- דרישה לתכנון משמר מים - בתכניות לשיפוט מהנדס העיר בפתח תקוה, וכן הוראה מחייבת לרצועות חלחול באזורי התעשייה.
- דרישות להתייחסות להקטנת כמות הנגר העילי בתכנון - בהרצליה, רמלה, ירוחם.

<u>תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), (תיקון), התשס"ג – 2003</u>

בתוקף סמכותי לפי סעיף 265 לחוק התכנון והבניה, התשכ"ה – 1965 [1] ולאחר התייעצות עם המועצה הארצית לתכנון ובניה, אני מתקין תקנות אלה:

תיקון תקנה 1

1. בתקנה 1 לתקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), התש"ל – 1970 [2] (להלן התקנות העיקריות) אחרי ההגדרה **"קיר חיצון"** יבוא:

"קרקע מחלחלת" – קרקע שאין מניעה הנדסית או גאולוגית להחדיר דרכה מים לתת הקרקע.

תיקון התוספת השניה

2. במקום פרט 1.19 בתוספת השניה לתקנות העיקריות יבוא:

"אמצעים לטיפול במי גשם 1.19 מי גשם מגגות, מרצפות, ממרפסות ומכלל שטח הנכס יטופלו כמפורט להלן:

- יוחדרו לקרקע בתחום הנכס ובלבד שמדובר בקרקע מחלחלת.
- שוכנע המהנדס כי אין קרקע מחלחלת בנכס – יוחדרו מי הגשם לקרקע מחלחלת בנכס סמוך ובלבד שהתקבלה על כך הסכמת בעל הנכס הסמוך. לעניין פיסקה זו "נכס סמוך" – נכס הגובל בנכס נושא הבקשה או מצוי בקרבתו לרבות שטח ציבורי בבעלות הרשות המקומית.
- שוכנע המהנדס כי אין דרך להחדיר את מי הגשם לקרקע מחלחלת כאמור בפסקאות (א) ו – (ב), יסולקו המים למערכת ניקוז או תיעול, שאינה מחוברת למערכת הביוב, באופן שלא ייגרם כל נזק או מפגע לבנין או לסביבה, הכל כמפורט בהל"ת.

תחילה ותחולה

3. תחילתן של תקנות אלה 60 ימים מיום פרסומן והן יחולו על בקשה להיתר שהוגשה לועדה מקומית ביום תחילתן או לאחריו.

_____ התשס"ג (_____2003)

_____
אברהם פורז
שר הפנים

[1]. ס"ח התשכ"ה, עמ' 307
[2]. ק"ת התש"ל, עמ' 1841, התשס"ג, עמ 365

3.3 דוגמאות תכנון מפורט

3.3.1 דוגמת יישום נגר ברמת שכונה

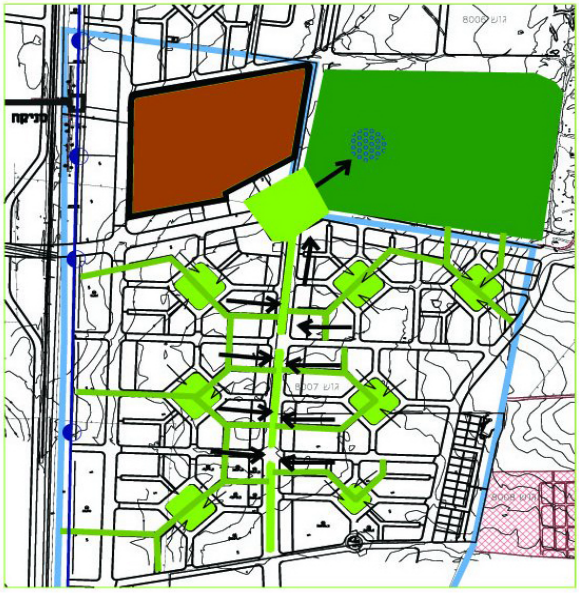
תכנון עירוני מורכב ממערכות היררכיות מרמת הבנין הבודד, למבנן ולמערכת אשכולות מבננים. כך פועלת גם מערכת איסוף המים.

בדוגמה המוצגת להלן מתוארת שכונה הבנויה משש אשכולות, שלושה מכל צד, ביניהם שדירה רחבה, המובילה לשטח ציבורי גדול ופארק. כל אשכול בנוי סביב גינה פנימית, ב- 45 מעלות. סביב השכונה דרך פנימית: רחוב משולב של כניסות, חניה ושטחי גינון.

מערכת הספיגה, היא, איפוא היררכית: מגגות המבנים מובלים המים לגינות הפנימיות; מהן לשדרה הראשית, וממנה לפארק. בפארק עצמו מוגדר אזור ספיגה. יש לצין שלא כל המים יספגו באזור, היות ולשמאל השכונה עוברת דרך ראשית, מרושתת במערכות עירוניות של ביוב וניקוז.

בתרשים האיזומטרי, שלאחריו ניתן לראות ארבע אשכולות. מי הגגות מחלחלים תחילה לאזורי הגינון בגבול מגרשי הבניינים, מהם לרחוב המשולב, המנוקז בשיפוע לגינה הפנימית וממנה לשדרה.

יישום נגר ברמת השכונה- סכימת היררכיית ניקוז ונגר



יישום נגר ברמת השכונה- תרשים איזומטרי

שימור המים במערכת השטחים הפתוחים

השהיה בשצ"פ עירוני

השהיה והובלה בשצ"פ מקומי

החדרה בשצ"פ שכונתי

השהיה לצידי דרך

איסוף, השהיה והחדרה בשצ"פ

חלוקה לסוגים של שטחים פתוחים לפי תדריך הקצאת שטחים פתוחים- משהב"ש

1. פינות ישיבה ורחבות פתוחות
2. גינות משחק פנים שכונתיות
3. צירי הולכי רגל ורוכבי אופניים
4. פארק שכונתי

3.3.2 דוגמת תכנון שימור נגר עילי בתחום המבנן

בתרשימים בשלושת הדפים הבאים מתוארת סכימה, המנסה לאגד מספר פתרונות לניקוז והחדרה בבלוק עירוני.

זוהי סכימה מוצעת, עם פתרונות שונים. בדרך כלל, בפועל, אין צורך בכל הפתרונות הללו יחד, והם מפורטים לצורך התרגיל.

צורת המבנן, די שכיחה בתכנון עירוני, צורת האות "ח", בעלת דופן כפולה של בנינים, סביב גנת נוי. בין הבנינים דרך פנימית, לכניסות וחניה.

הרעיון המרכזי - לנצל את הגינה לא רק לנוי ורווחת הדיירים, אלא כ"תחנה הסופית" של הנגר, שלא נספג בחצרות הבנינים עצמם.

הפתרונות המוצעים הם:

1. <u>ברמת הבנין - ערוגות מנקזות</u>

מי גשם מן הגגות יכוונו בצנורות לערוגות בגבול המגרש (מרוחקות מהיסודות במרחק שייקבע ע"י יועץ הקרקע). בחתכים ג-ג, ג1, ו- ג2 מוצעות שלוש אופציות:

בראשון, מדובר בבנין גבוה, המצריך חניות בשני מפלסים. במקרה זה יש מרתף חניה, וכל

הגינון הוא מצע מנותק, ע"י יריעות איטום. המים הנקלטים בערוגה מובלים בצינור עטוף יריעה גאו-טכנית, לצינור ניקוז היורד למרתף.

מן המרתף המים ינוקזו החוצה-לקרקע טבעית או לבור סניקה, כתדות בטופוגרפיה הספציפית של האתר הנבחר.

בחתכים ג1 ו-ג2 אין צורך במרתף חניה, והערוגות בנויות על קרקע טבעית.

בחתך - ג1- המים מובלים מהערוגה דרך נקז, החוצה לכוון המדרכה.

בחתך ג2- אם אין אפשרות לנקז החוצה, המים ינוקזו לבור חלחול בגבול המגרש, שיאגור את המים ויספיגם בקרקע הסופגת.

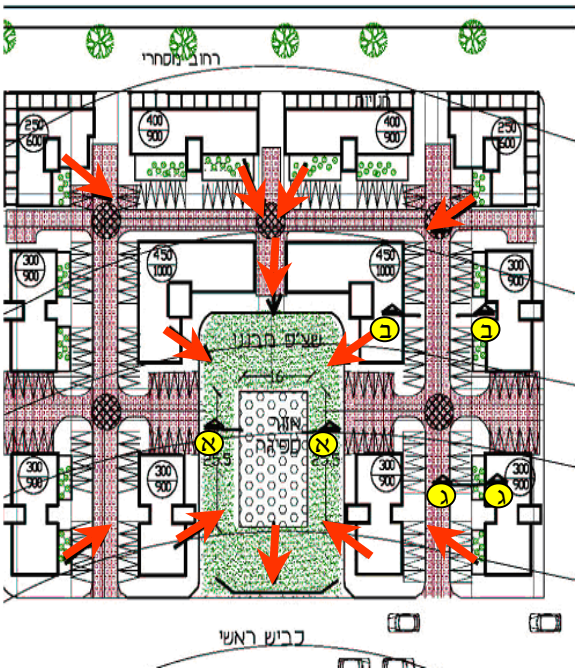
2. <u>מיסעה</u>

המים שלא נספגו בערוגות, יגיעו לדרך הפנימית. דרך זו יכולה להיות מצע מנקז, על-ידי שימוש בריצוף מחלחל (לבנים מרוחקות זו מזו), או, כמו שמוצג בחתך ב-ב, ינוקזו לבור איסוף, המחובר לתעלה תחתית, המוליכה את המים לגינה. כאן שיפועי המיסעה יכוונו למרכזה, אל בורות האיסוף. אלו יהיו מוגנים ברשת למניעת סתימתם.

3. <u>אזור ספיגה</u>

הגינה, כאמור, משמשת אזור מנקז ליתרת הנגר מכל המבנן. גודל האזור יחושב לפי כמות המשקעים ושטח גגות. האזור יורכב משכבת חצץ, בשיפוע של 1:2 בשטח הגינה. כאן יכול אדריכל הנוף לעצב את צורתו, כך שיהווה גם חלק מהפיתוח האסתטי של הגינות.

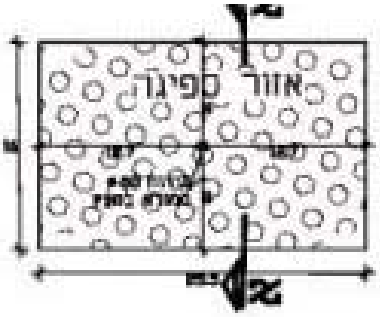
שימור נגר בתחום המבנן והמגרש



שטח מבנן: 10 דונם
שטח בנוי – תכסית 40% - 4 דונם

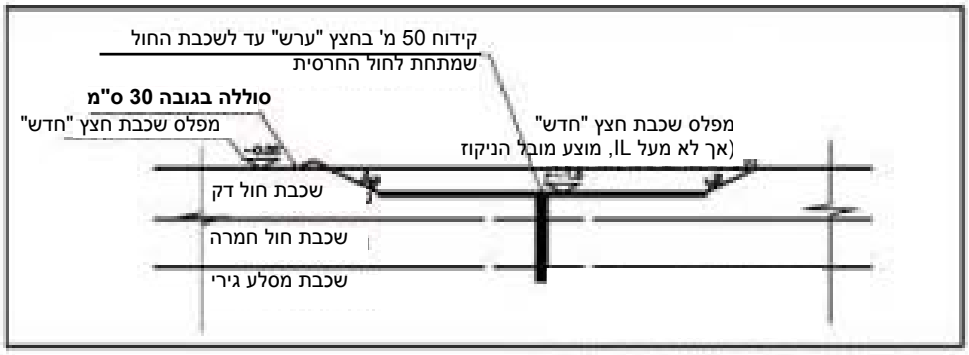
מקרא: כביש נקי | ריצוף מסעה מחלחל | ערוגה מנקזת
שטח בנוי/גודל מגרש במ"ר | ריצוף מסעה מחלחל

פתרונות ופרטים אופייניים בתחום המבנן והמגרש

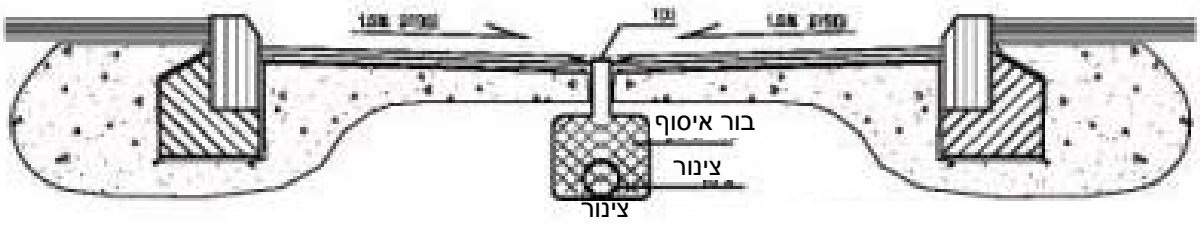


שטח מבנן: 10 דונם
תכסית בנויה: 4 דונם
אחוז: 40%
עוצמת גשם: 100 מ"מ
נפח מאגר 20% = 204 מ"ק

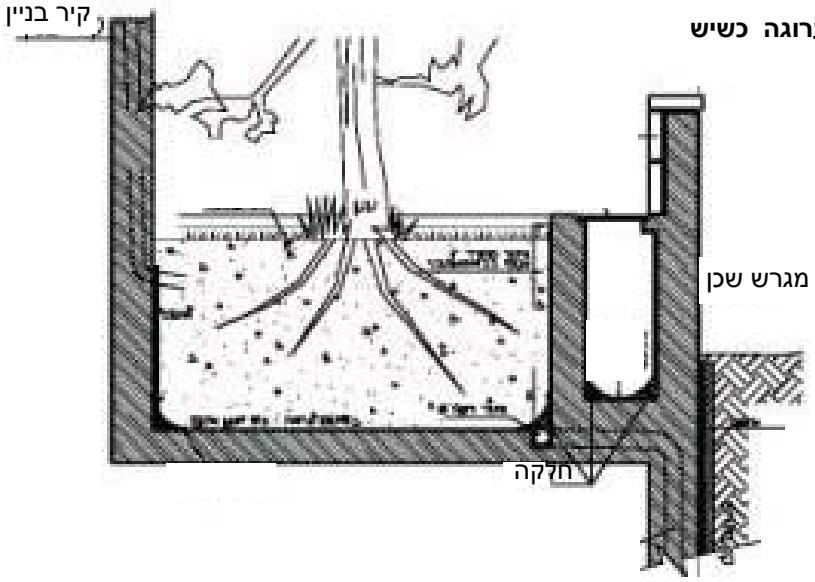
חתך א' - א'- פרט אזור ספיגה



חתך ב'-ב' - נקז מיסעה

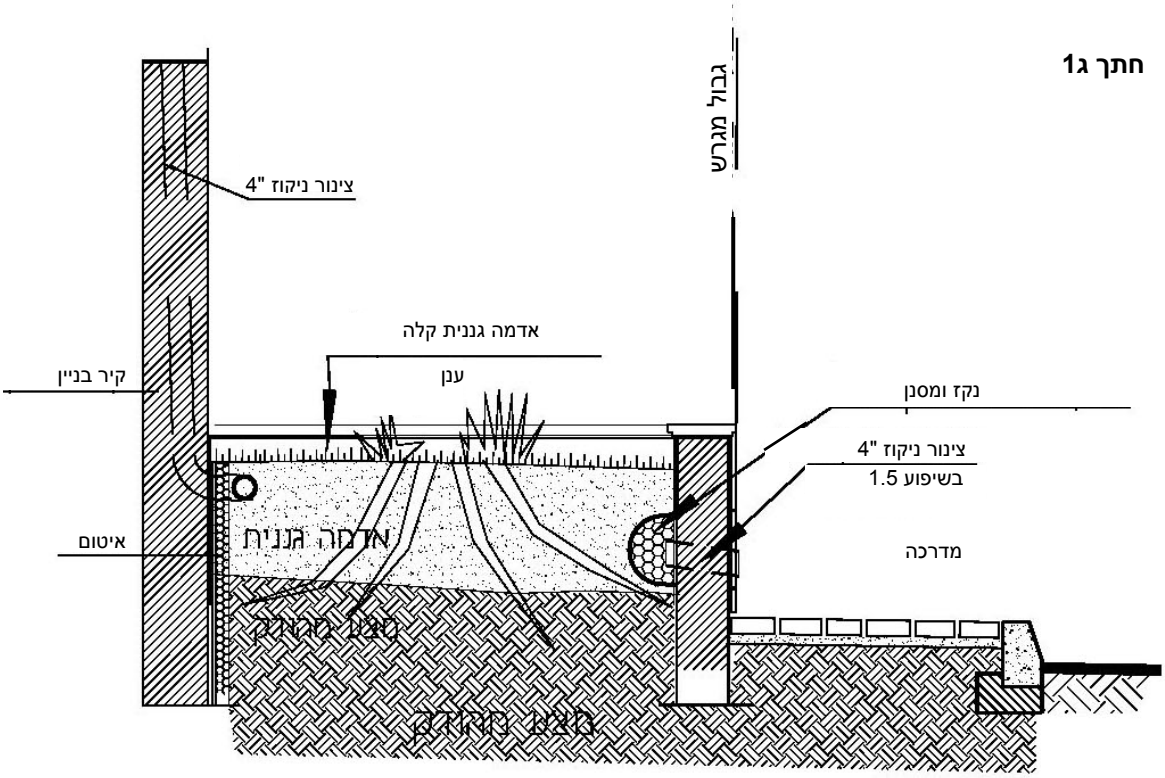


חתך ג'-ג' – ניקוז לערוגה כשיש מרתף חניה

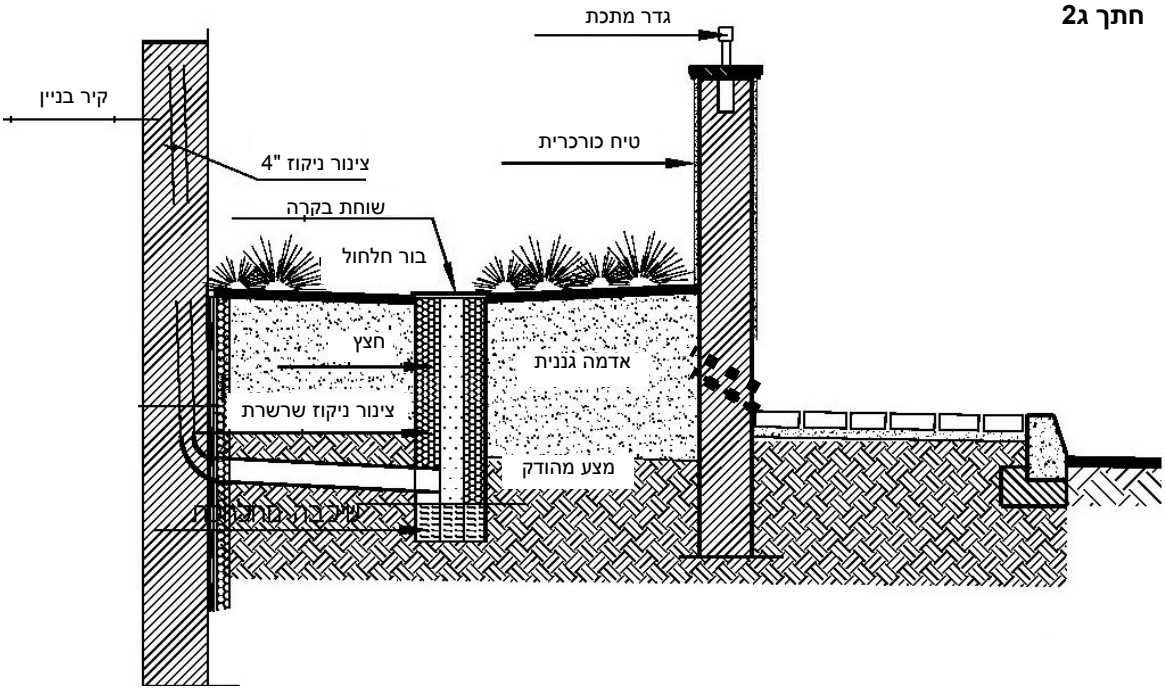


פתרונות ופרטים אופייניים בתחום המבנן
והמגרש (המשך)

חתך ג1

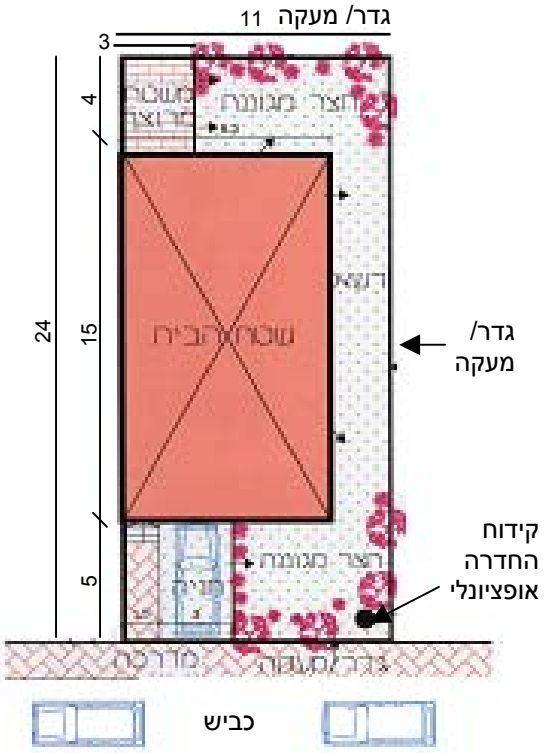


חתך ג2



3.3.3 דוגמאות שימור נגר במגרש הבודד

א. שימור נגר בבית צמוד קרקע דו - משפחתי



נתוני החישוב

- מיקום המגרש: אזור החוף, בקרקע חמרה.
- שטח המגרש: 250 מ"ר
- שטח אטום (בית, מדרכה, משטח מרוצף): 140 מ"ר
- אחוז שטח בנוי (ללא חניה על דשא):56%.
- תקופת חזרה רצויה: גבוהה - 50 שנה.

חישוב האוגר הרצוי

על פי טבלה מס' 1,בנספח 4.6, תקופת חזרה 50 שנה, למגרש 1,000 מ"ר:

- לפי 50% שטח בנוי: אוגר רצוי 26 מ"ק.
- לפי 67% שטח בנוי: אוגר רצוי 37 מ"ק.
- לפי 56%, (אינטרפולציה) אוגר רצוי:30 מ"ק.
- ל - 250 מ"ר, נדרשת ¼ מהכמות: כ- 7.5 מ"ק.
- השטח המוקצה לקליטת הנגר: כ- 110 מ"ר.
- עומק המים לאוגר: כ- 7 ס"מ

הנחיות תכנון

- גדר היקפית, מסלעה, או חסימה פיזית אחרת בגבול המגרש מכל צידיו.
- בהנחה שהמגרש מתוכנן בשיפוע קל של כ- 1% כלפי הרחוב, לניקוז ולהרחקת מים מן המבנה אל גבולות המגרש, גובה קו המגרש הקדמי נמוך בכ- 25 ס"מ מן האחורי.
- גובה המעקה היוצר את האוגר יהיה, לפיכך, לפחות 14 ס"מ בקו הקדמי ויכול להיות 0 בקו האחורי, עם גובה משתנה מ- 0 ל- 14 ס"מ בקווי המגרש הצדיים.
- מפלסי הבית, המדרכה והמשטח המרוצף יהיו מוגבהים ביחס לשטח החצר בגובה האוגר לפחות.
- הגדר תכלול מתקני גלישת עודפים לכיוון הרחוב, למקרה של סופות בעוצמות גבוהות, לפי זמני חזרה גדולים מ- 50 שנה.
- במקרים בהם קיימת מגבלה ליצירת אוגר מספיק גדול, או כאשר שיעור השטח הבנוי הינו גבוה במיוחד, או במקרים בהם שכבת הקרקע העליונה הינה בעלת כושר חידור נמוך, תבוצע החדרת הנגר העילי באמצעות קידוח החדרה בעל מבנה וקיבולת מתאימים, כמסומן באופן סכימטי, בפינה הימנית תחתונה של התרשים.
- מיקום קידוח ההחדרה יורחק מתחום המבנה, ויכלול לידו מתקן סילוק עודפים אל תחום הרחוב.

ב. חישוב האוגר ביחידה בחצר אופיינית למגורים באזור החוף

כדוגמא קיצונית נבחרה יחידת בנין בחצר בעלת קרקע אופינית לשכונות מגורים באזור החוף, שנתוניה כדלקמן:

- גשם: מתוך כ- 1000 סופות גשם, שנרשמו בתחנות החוף, נבחרה הגדולה ביותר, המשלבת עובי גשם יומי גדול עם עוצמת הגשם הגדולה ביותר.
- קרקע: קרקע חמרה האופינית לאזור החוף. החצר מפולסת ועליה גינה אשר כולה דשא. מקדם חידור תחילי של 85 מ"מ/שעה, היורד לערך סופי של 60 מ"מ/שעה. נתונים אלה הם בהחלט מחמירים.
- יחסי תורם–קולט: השטח התורם תופס 80% מהשטח ואילו הקולט תופס 20%. כל מי הנגר מהיחידה התורמת משוגרים לעבר היחידה הקולטת.

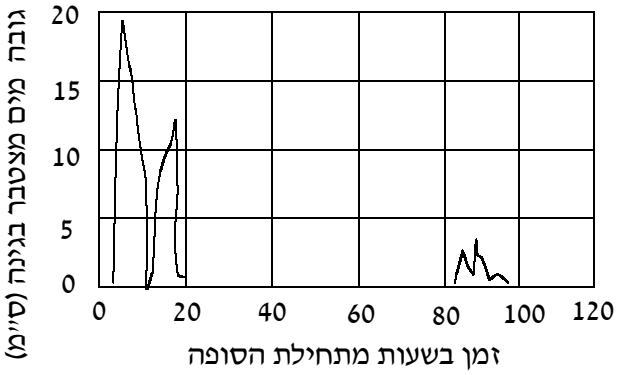
למעט אוגר קטן, מי הנגר משוגרים היישר לגינה ללא ויסות מרזבים. מצב חמור יותר מאשר במציאות.

הגרף להלן מציג את גובה מי הנגר הנאגמים בחצר בעקבות סופת גשם זאת ואת משך הזמן בו המים עומדים בגינה. יש להדגיש את חשיבות ההפוגות במטחי הגשם, אשר בהן יש למי הנגר הנאגמים, סיפק לחדור לקרקע.

בגרף להלן עולה, כי גם בסופה נדירה זו, עומק המים המקסימלי בחצר הוא כ- 15.5 ס"מ. כלומר, מספיקה גדר בנויה בגובה של כ- 20 ס"מ, כדי לעצור את מי הנגר לבל יגלשו אל מערכת הניקוז.

התוצאה מצביעה על כך שניתן בנקל להשהות מים לפרק זמן קצר, של מספר שעות, עד חדירתם לקרקע, ביחידת בנין בה המבנים התורמים נגר תופסים 80% מהשטח.

יש לתכנן את המתקנים החיונים בחצר, כגון: שבילי גישה, מתקני סילוק אשפה וכד', באופן שיהיו שמישים גם בעת שהיית המים בחצר.



3.3.4 דוגמת תכנון באר הפוכה

הנוסחה המומלצת לתכנון באר הפוכה היא:

$$Qr = \frac{K*b*(hw^2-Ho^2)}{0.733*\log(ro/rw)}$$

Qr = ספיקה, מ"ק לימה.
Q = ספיקה, מ"ק לשעה.
K = מוליכות הידרולית, מטר לימה
b = עובי שכבת האקוויפר, מטר.
hw = מפלס מי התהום בקרבת ציר הקידוח, מעל תחתית האקוויפר בעת ההחדרה, מטר.
Ho = מפלס מי התהום, מעל תחתית האקוויפר, ללא החדרה, מטר.
ro = רדיוס ההשפעה, בגובה המפלס ללא החדרה, מטר.
rw = רדיוס הבאר, מטר.

חישוב הספיקה

משתנים	אקויפר			
	חוף 1	חוף 2	חבורת יהודה 1	חבורת יהודה 2
ro	500	700	2000	3000
rw	0.3	0.2	0.2	0.15
k	1	1.5	3	4
Hw	30	30	100	130
Ho	20	25	90	125
b	20	30	100	100
Qr	4234	4764	194407	8100
Q	176	198	161768	6740

תכנון הבאר (מידות במטרים)

	אקויפר			
	חוף 1	חוף 2	חבורת יהודה 1	חבורת יהודה 2
רום הקרקע	45.00	50.00	300.00	400.00
קוטר קדח	0.9	0.7	0.7	0.5
עומס קדח	35.0	35.0	250.0	350.0
קוטר צינור	0.6	0.4	0.4	0.3
אורך	15.0	20.0	50.0	70.0
חצץ	20.0	25.0	בד גיאוטכני	בד גיאוטכני

3.3.5 דוגמאות לסיכונים של ביסוס

א. מבנה מסחרי

1. בשלב ראשון של הפרויקט, באזור סגולה, פתח תקוה, עם קבלת תוכניות אדריכלות, בוצעו קידוחי נסיון. מיקום הקידוחים נקבע ע"י מהנדס הבסוס בליווי גיאולוג הנדסי.

   חתך הקרקע שהתקבל ממצאי הקידוחים מוגש בסכמה בהמשך.

2. הממצאים העיקריים מצביעים על חתך בלתי אחיד, מורכב משכבות חרסיתיות עם שכבות ביניים של חול וחול עם דקים (עד 12% חומר עובר נפה 200).

   מפלס מי התהום נמצא ב - +18 עד +19 ועל פי הערכת הידרולוג , עלול לעלות עד +20.

3. ממצאי חתך הקרקע הועברו להידרולוג ולמתכנן הניקוז, יחד עם ערכי מקדמי החדירות למים בשכבות השונות:

   חול עם דקים- 4-10 x 5 עד 3- 10 x 1 ס"מ/שניה.

   חרסית- 7-10 x 1 ס"מ/שניה.

   חול חרסיתי 5-10 x 1 ס"מ/שניה.

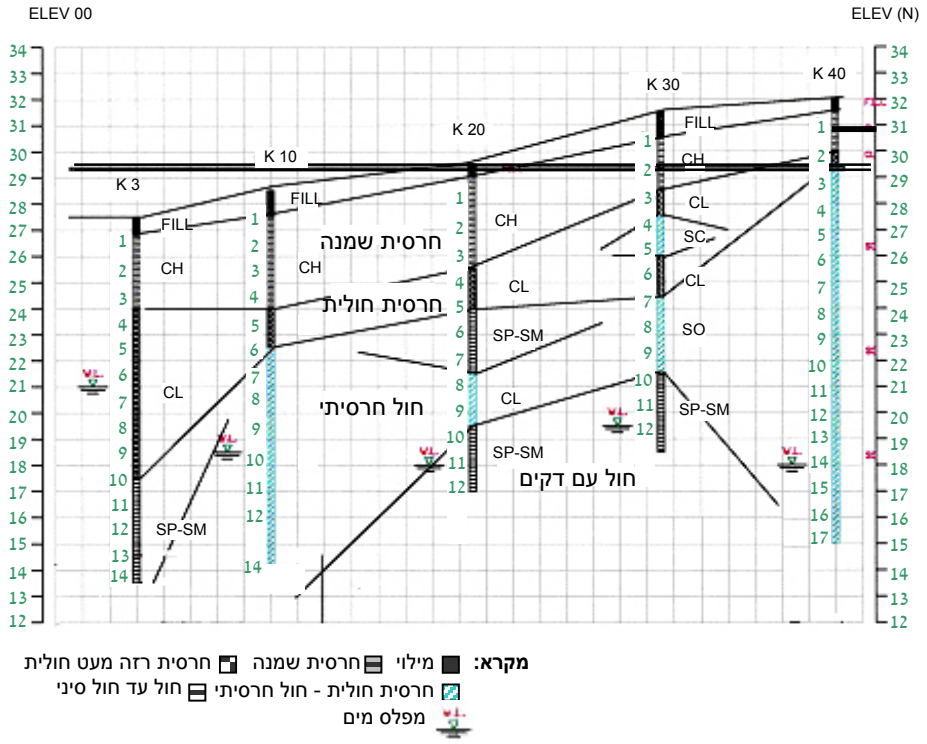
4. שיטת ההחדרה המתוכננת היתה החדרה גרביטציונית באמצעות בארות הפוכות מלאות חצץ. כל באר תוכננה בקוטר של 60-70 ס"מ , עד למפלס מי התהום.

   מחישוב קצב החלחול עלה שבתנאי האתר ניתן להחדיר כ – 0.5 מ"ק לשעה דרך באר אחת שקוטרה 60 ס"מ ועומקה 8.0 מ'. המרחק בין הבארות צריך להיות לפחות 3.0 מ'.

   על פי תכנון המבנה והפיתוח אפשר לתכנן באתר כ – 5 נקזים, כך שכמות המים הניתנת להחדרה היא כ – 3.0 מ"ק לשעה.

5. בהיבט הביסוס, הבעיה היתה שחתך הקרקע אינו אחיד ובגלל ההחדרה האיטית, חלק מהמים ישארו כלואים בתוך שכבות הביניים החוליות, כך שיווצרו " אופקים" זמניים של מים כלואים. מים אלו יגרמו לשינויים בתכולת הרטיבות של החרסית וע"י כך יתפתחו לחצי תפיחה בחרסית. לכוחות התפיחה תהיה השפעה מיידית והרסנית על יסודות המבנה.

6. המסקנה היתה כי בגלל הסיכונים לבסוס המבנה יש להימנע מהחדרת מי הנגר באזור הסמוך לבנין המתוכנן. הפתרון הרצוי במקרה זה – הפניית הנגר העילי לשטחים הציבורים הפתוחים הסמוכים.



מקור: בלנק- לרר מהנדסים יועצים בע"מ

ב. שכונת נוף זהב

השכונה מתוכננת במזרח ירושלים, דרומית לארמון הנציב. השטח נמצא על מדרונות חריפים ששיפועם משתנה בין 10% ל – 40%.

באתר בוצעו סקר גיאולוגי מפורט ומספר רב של קידוחי נסיון ובדיקות חוזק במעבדה. פרופיל הקרקע מורכב משכבות של קירטון רך ופריך עם שכבות ביניים מקומיות של קירטון בקושי בינוני. כמעט מקביל למדרון, בעומק של כ – 8.0-10.0 מ' נמצאה שכבת חוואר רכה שעוביה כ – 4.0 מ'.

הקירטון העליון סדוק , יכולת החלחול היא גבוהה יחסית. לעומת זאת, האופק החוואר אטום – מקדם החלחול קטן (סדרי גודל של 7- 10 ס"מ/שניה). החדרת מי נגר עילי תגרום להיווצרות זרימת מים על פני החוואר, במקביל לשיפוע המדרון.

על בסיס הפרמטרים ההנדסיים שנמדדו, חושבה יציבות המדרון הבנוי, דהיינו: המדרון לאחר ביצוע עבודות הפיתוח המתוכננות. מקדם הבטחון חושב לשני המקרים: הקרקע נשארת ברטיבות הטבעית ולאחר היווצרות זרימה על פני החוואר.

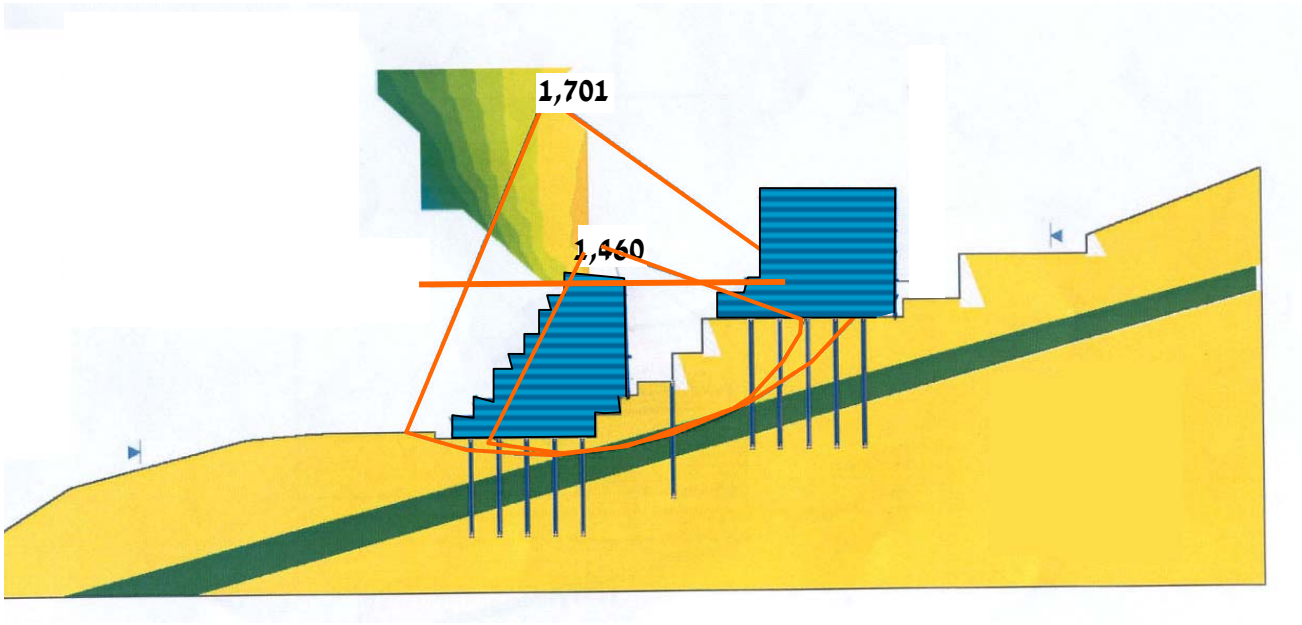
מן החישוב עולה כי מקדם הבטחון נגר גלישה יורד מ - 1.7 ÷ 1.4 במצב טבעי ל – 1.2 לאחר התפתחות זרימה תת – קרקעית.

הסיכון ליציבות המבנים מחייב לטפל בנגר העילי ברמה שכונתית ולהימנע מהחדרה ברמה של מבנים בודדים.

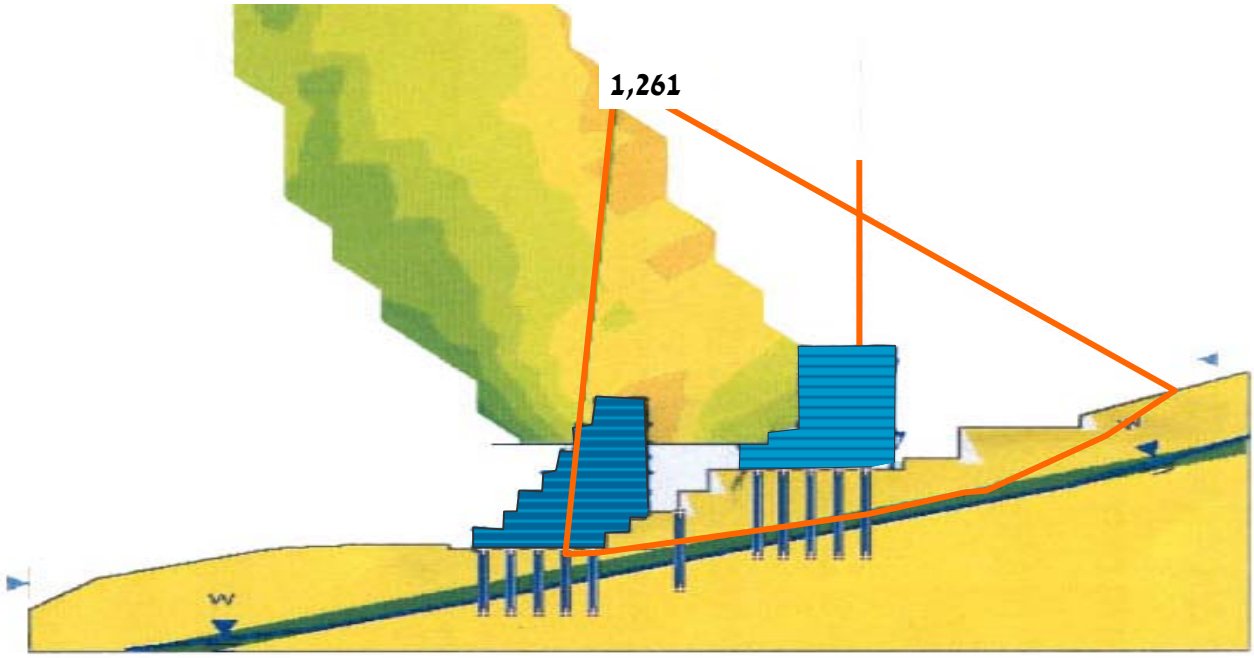
ההמלצה היא לקלוט את המים מהמגרשים והכבישים בצנרת ניקוז ולהזרימם לכיוון מורד המדרון לאזור שטוח נמוך, בו לתכנן מערכת צינורות שרשוריים (עטופים בד גיאוטכני) לקליטת מים המחלחלים דרך המלוי ולנקז מים אלו יחד עם מי הגגות למערכת הניקוז השכונתית.

ראו תרשימים 1 ו – 2 להלן.

תרשים מס' 1 - יציבות מדרון לפני החדרת מים



תרשים מס' 2 - השפעת החדרת מים- התדרדרות יציבות המדרון



3.3.6 דוגמת החדרה ללא סיכון לביסוס

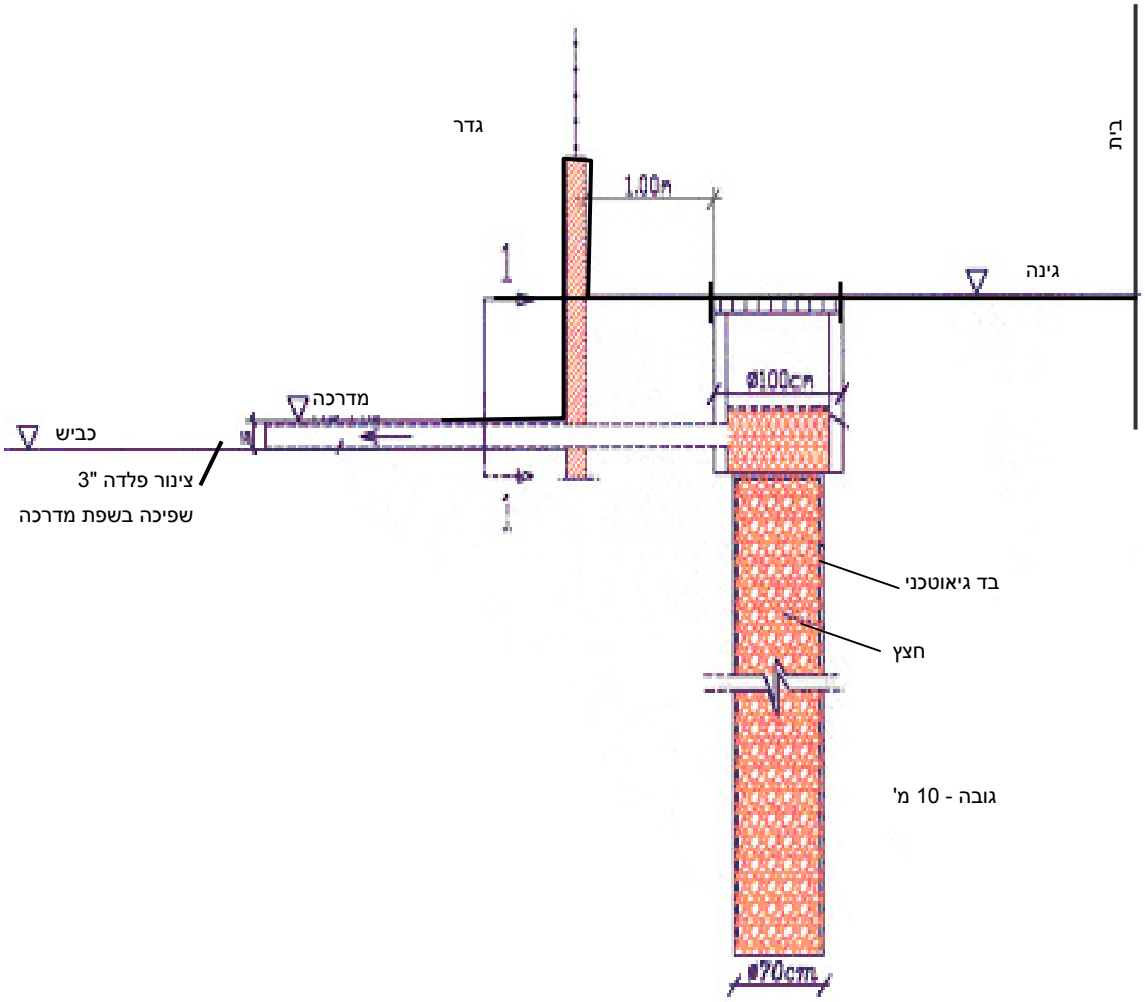
מבנה לדיור מוגן

במסגרת פרויקט הקמת מבנה לדיור מוגן בצהלה, התרשים להלן מציג תוכנית עקרונית של בור ניקוז אופייני ותוכנית העמדת הבורות לאורך שביל הפיתוח, בקנ"מ 1:25.

- המבנה הוא בצורת מלבן באורך כ- 125 מ' ורוחב כ- 50 מ'. המבנה יורכב משלושה אגפים בני חמש קומות מתחת לכל שטח הבניה מתוכננות שתי קומות מרתף. המבנה מכסה כמעט את כל שטח הבניה. מסביבו מתוכנן שביל פיתוח שרוחבו מטרים ספורים.
- פרופיל הקרקע מורכב משכבות של חול חרסיתי עד חרסית חולית, הנמשכות לעומק של כ- 5.0 מ' עד 8.0 מ'. מתחת לכיסוי החרסית הנ"ל, מופיע חול בצפיפות יחסית בינונית.
- במקרה זה אין סיכון לביסוס ואין מניעה להחדרה בתחום המגרש. מי הגשמים המתנקזים מהגגות, יחד עם המים בשטח הגינות, ינוקזו לתוך השכבות החוליות באמצעות צינורות שרשורים, לתוך בורות חילחול שמספרם יקבע על-פי כמות המים הצפויה.

התרשים להלן מראה מיקום אפשרי של בור חלחול, המרוחק לפחות 1 מ' מאלמנט קונסטרוקטיבי, עם פתרון לגלישת עודפים לכיוון תחום הדרך.

פרט ניקוז מי גשם



פרק 4: פתרונות ופרטים אופייניים

מבוא

פרק זה מציג פתרונות ופרטים אופייניים, בהקשר למרבית הנושאים שתוארו בשני הפרקים הקודמים.

הפתרונות מוצגים בצורת תכניות הנדסיות סכימתיות, צילומים, איורים ו/או דברי הסבר מילוליים.

להלן פירוט הנושאים המוצגים בפרק זה:

4.1 פתרונות שימור ברמת השכונה והמבנן. הדגמת הביטוי בשטח של הנחיות לתכניות מפורטות.

- "רצף גרביטציה" ירוק בשולי מתחם מגורים
- מערכת השהיה והובלת מים
- השהית צמחיה Bioretention areas

4.2 מאגרי מים ובריכות

תכניות חתכים וצילומים של דוגמאות שונות של בריכות ומאגרי מים.

- אגנים ירוקים
- בריכת השהיה
- שימוש במים כאלמנט ויזואלי המקשר בין הכיכר העירונית לפארק השכונתי
- אגני חלחול

4.3 תכסית

סעיף זה מתחלק לשניים:

4.3.1 דוגמאות למשטחים חדירים – אמצעים לביצוע תכסית חדירה, במקום אטימה, בשטחים בנויים.

4.3.2 שימוש בצמחיה – הנחיות מפורטות של השימוש בצמחיה כאמצעי לשימור מי הנגר, כמו גם לשימור הקרקע וחדירותה.

4.3.3 גינות גג - בעזרתן ניתן להשהות את זרימת המים דרך המרזבים.

4.4 מתקני החדרה לתשטיפי כביש

מספר דוגמאות למתקני החדרת נגר מכבישים, זאת בנוסף לאמצעי ההחדרה שתוארו בסעיף הניקוז בפרק הקודם, העוסק ברמות התכנון המפורט.

- בור סופג
- הובלה לנקז תת קרעי
- תא סינון לתשטיפי כביש
- סילוק עודפי נגר מכביש
- ניקוז מכביש ותעלת עשב

4.5 תעלות

פתרונות לתעלות בשטחים פתוחים, המשמשות למגוון המטרות להלן:

4.5.1 הובלת מים;

4.5.2 ויסות זרימת המים;

4.5.3 השהית המים;

4.5.4 תעלת עשב.

בנוסף, מוגשים פתרונות ופרטים של מבנה התעלות, הכוללים:

4.5.5 תעלות להחדרה;

4.5.6 תעלות מדופנות "ריפ-רפ";

4.5.7 תעלות מדופנות J.K;

4.5.8 מפל בתעלת ניקוז.

4.6 דוגמה שלילית: סילוק למערכת ניקוז במקום לשטחים פתוחים.

4.7 דוגמאות השהיה באזורים לא אורבניים.

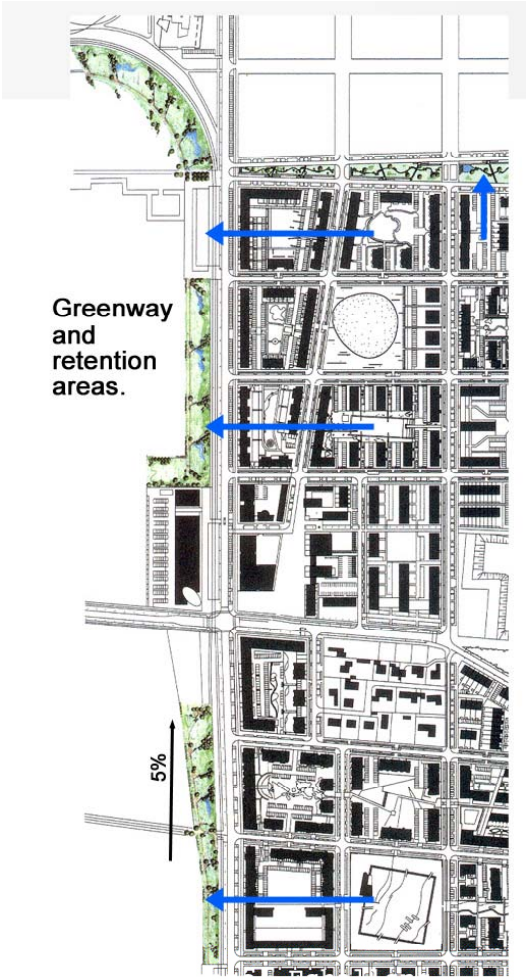
הערה: הפרטים בפרק זה מובאים ממקורות מגוונים, כולל יועצי הכנת המדריך, פרטי יצרנים וספקים, אתרי אינטרנט ביניהם מדריך שהוכן ב- Tuscon Arizona

4.1 פתרונות שימור נגר ברמת השכונה והמבנן

סעיף זה מדגים מעבר מן התכנית המפורטת (1) ליישום בפועל (2).

א. "רצף גרביטציה" ירוק בשולי מתחם מגורים

1. עודפי המים מתוך השכונה מובלים על פי התכנית המפורטת לרצף אגני החדרה וטיהור בשולי המתחם.
האגנים במעלה הציר עמוקים מן האגנים במורד, לצורך החדרה מקומית והשהיה ארוכה יותר.

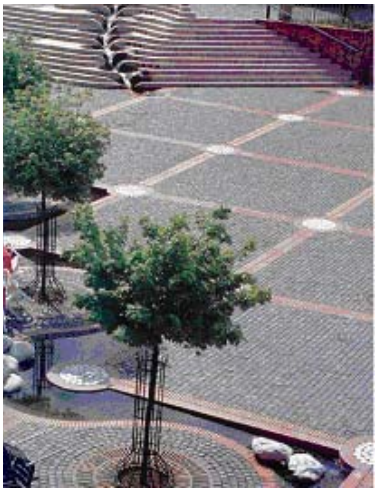


שכונה: Kronsberg, Hanover, Germany

2. מים שוהים באגני ההשהיה לאורך "רצף הגרביטציה".

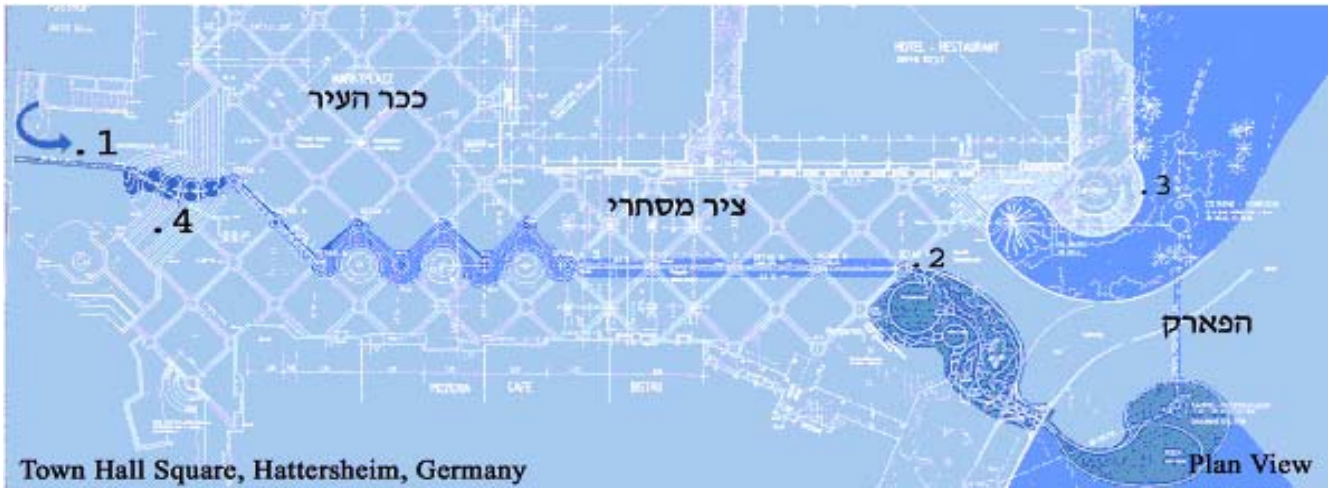
מקור: Water Scapes – Planning,, Building and Designing with Water, Herbert Drciscitl, Dicter Grau, Karl H,C Ludwig, 2001

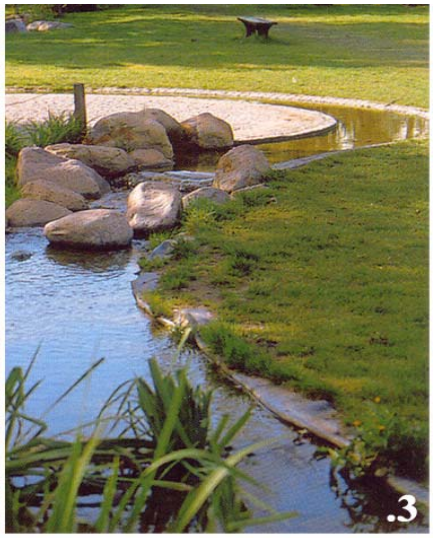
ב. מערכת השהיה והובלת מים

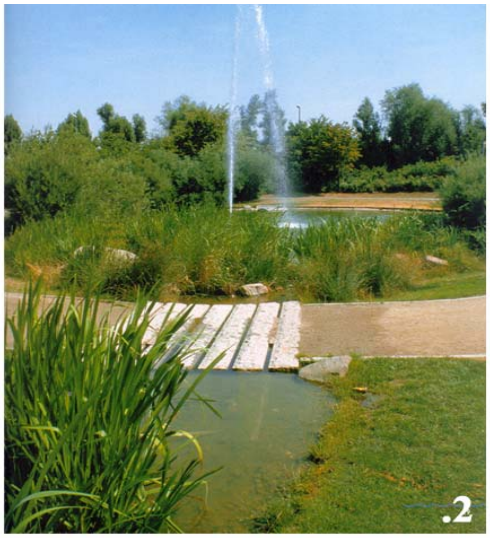


הדגמת ההיבט הויזואלי של שילוב מערכת הובלת המים במערכת הירוקה הפנים שכונתית.

המים מובלים במעגל סגור:
החל בכיכר העיר המרכזית (1);
דרך התעלה המובילה לפארק (2)
ולעבר אגן טיהור ירוק (3).
המים נשאבים בקצה הפארק
אל עבר מדרגות הכיכר (4.)







מקור: Water Scapes – Planning,, Building and Designing with Water, Herbert Drciscitl, Dicter Grau, Karl H,C Ludwig, 2001

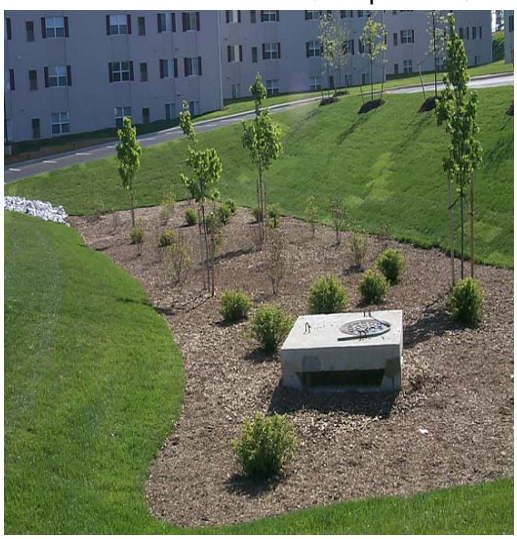
ג. השהיית צמחיה Bioretention areas

דוגמאות של השהית זרימת המים באמצעות צמחיה

הובלת המים מאזורי השהיה קטנים
למוצא בשצ"פ גדול, בשולי אזור המגורים

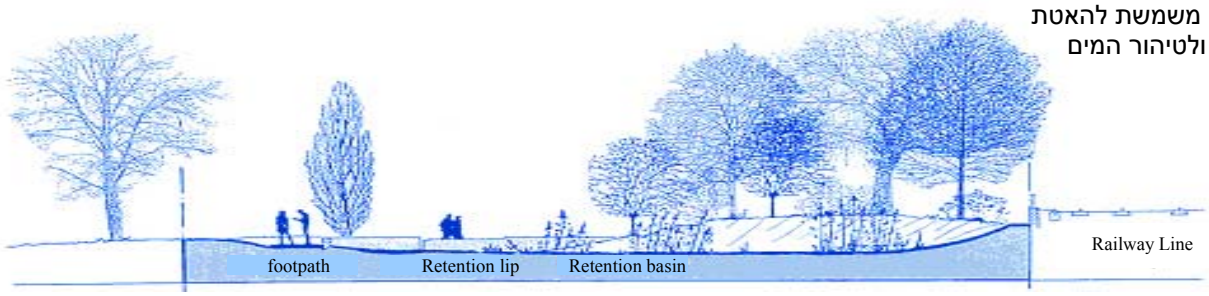
שימוש במגוון עשיר של צמחיה לחיפוי
אזור ההשהיה

שיפור פעולת ההשהיה על ידי מתקן איסוף מים
ממפלס מוגבה, והובלתם למערכת החדרה/או
למערכת הניקוז העירונית.



אי תנועה במגרש חניה משמש להשהיה ולהחדרה

חתך אופייני דרך אגני ההחדרה,
הצמחיה משמשת להאטת
הזרימה ולטיהור המים



מקור: Water Scapes – Planning,, Building and Designing with Water,
Herbert Drciscitl, Dicter Grau, Karl H,C Ludwig, 2001

תמונות באדיבות אדריכל גרי ווימברלי.

4.2 מאגרי מים ובריכות

א. אגנים ירוקים

אגנים ירוקים (Bioretention Basins/ Wetlands) הנם שיטה "ירוקה" לטיפול במזהמים. הטיהור נעשה באמצעות תהליכי ספיחה ופירוק טבעיים בסביבה רווית מים ועתירת צמחיה, אשר הוקמה באופן מלאכותי למטרה זו. הרחקת המזהמים מהמים נעשית ע"י הזרמתם דרך בית השורשים של "צמחים אקו-טכניים", המותאמים להשתרשות במצע רדוד ורווי במים.

השיטה מתאימה לוויסות הספיקות לאורך ציר הניקוז ובמורד אגן ההיקוות,להבטחת איכות המים המושבים למקורות הטבעיים.

השיטה מתאימה לפארקים אזוריים, שכונתיים או לאורך צירי ניקוז.

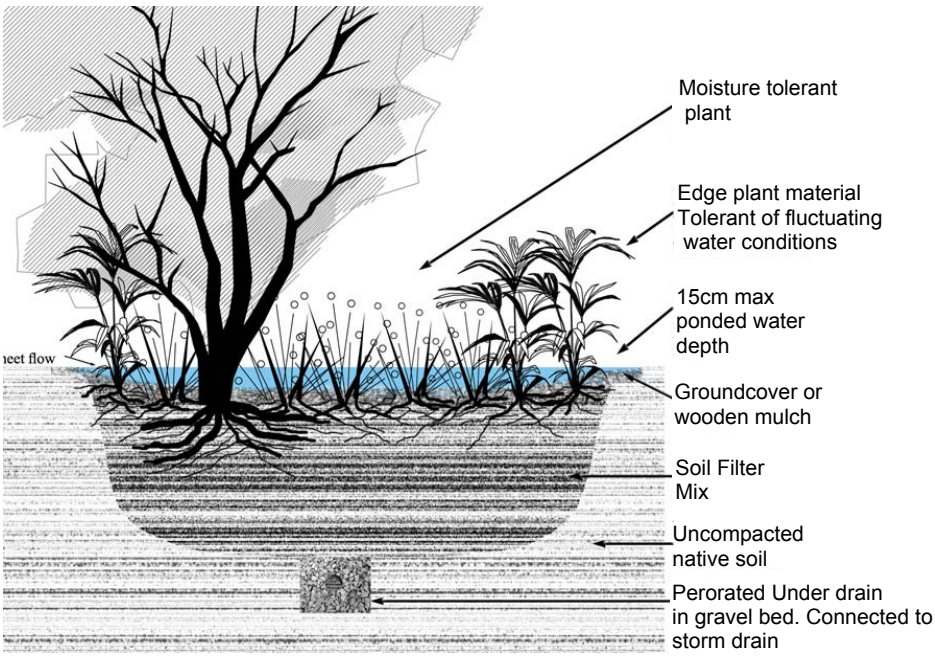
המערכת בנויה מאגן אטום ובתוכו מצע גידול. באגן שתולים צמחים אוהבי סביבה לחה. המים מוזנים מקצה אחד וזורמים אופקית, מתחת לפני השטח,

לאורך שיפוע התחתית לכיוון מוצא המערכת. במהלך הזרימה מפורקים המרכיבים האורגניים המצויים במים.

גודל המתקן תלוי בכמות המזהמים באיכות המים הרצויה.

המערכת מעניינת מבחינה אקולוגית וטכנולוגית ועל כן מתאימה לשילוב בתוך המערכת הירוקה. מאפשרת שיקום או שיחזור של סביבה ביצתית, במקומות המאופיינים בכך.

המתקן עשוי לצרוך שטח רב. בכדי לייעל את פעילותו, על הזרימה להיות מווסתת, טרם כניסתה למערכת.



ב. בריכת השהיה

בריכות השהיה (Retention Ponds) מאפשרות שיקוע ראשוני של סדימנטים וסחף. הבריכות הרטובות , בניגוד ליבשות, מכילות מים לאורך כל השנה ומאפשרות וויסות ואגירה. ניתן לייצר את הבריכות מחומרים מחלחלים או באמצעות צמחיה.

בריכות השהיה קודמות למערכת חידור או ל-wetlands.

הבריכות מתאימות בעיקר לפארקים אזוריים או עירוניים. עם זאת, במידה והגודל מאפשר - ניתן לשלבם בתוך המערכת הבנויה, לצורך הוויסות במעלה, לצורך החידור והשיקוע במורד ולצורך השהיה וויסות לאורך האגן. שימוש נרחב בבריכות יבטיח איכות מים גבוהה יותר למערכת הטבעית.

יש לתכנן את הבריכות כך שהשהיית המים לא תעלה על 48 שעות. השיפועים לא יעלו על 15%.

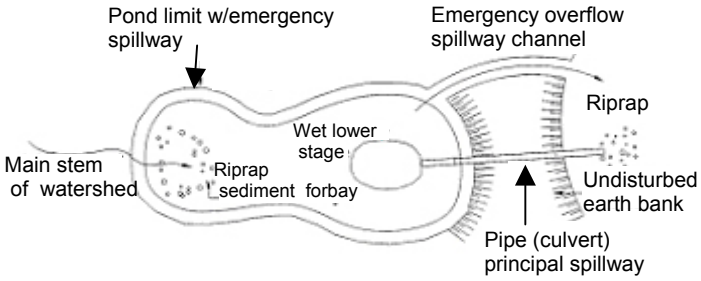
תכנון האגן עם דפנות מתונות מסייע להארכת זמן הזרימה, כמו גם עיצוב אורכי של הבריכה. ניתן לייעל את פעולת האגן באם מייצרים בריכת שיקוע קטנה מקדימה (sediment forebay) לסינון ראשוני וחלקי של סדימנטים גדולים. המיקום והמימדים ייקבעו בהתאם לתכניות האתר והמלצות המומחים. יש להקיף את הבריכה בחיץ צמחי המורכב מצמחים עמידים בתנאי רטיבות ויובש כאחד.

ניתן לשרשר בין בריכות השהיה ומנגנוני החדרה, לטיפול בעודפים.

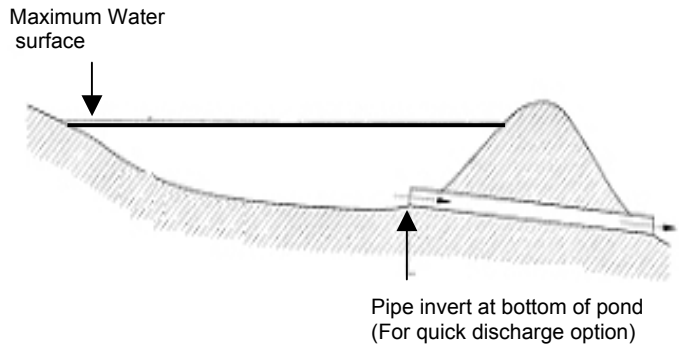
בזמן שהמים מושהים – ניתן להנות מהם כבריכות נוי. יצירת קשר בין הבריכות ו/או בין מתקני קליטה נוספים יכול להעשיר את המערכת האקולוגית ולהוות אטרקציה לפעילות נופש ופנאי.

בריכת ההשהיה מצריכות לעיתים שטח נרחב והן בעייתיות באזורים בעלי מפלס מי תהום גבוה.

Detention pond with spillways



Retention pond



--

מקור: "Time Saver Standards for Landscape Architecture"

ג. שימוש במים כאלמנט ויזואלי המקשר בין הכיכר העירונית לפארק השכונתי

1. מי המרזבים מובלים לאגן החדרה עונתי בשטח הפתוח הסמי ציבורי.

2. תיעול המים באמצעות עיצוב משטח מרוצף

3. זרימת מי הנגר ממותנת על ידי מפתנים, בתעלה ירוקה פתוחה המובילה לערוץ זרימה מקומי.

4. מים מובלים בתעלה פתוחה לערוץ זרימה מקומי.

מקור: Water Scapes – Planning,, Building and Designing with Water, Herbert Drciscitl, Dicter Grau, Karl H,C Ludwig, 2001

ד. אגני חלחול

מאגרים בעלי קרקעית חדירה, המאפשרת חלחול הדרגתי של המים למי התהום, משמשים כאגני חלחול (Infiltration Basin).

המאגרים משמשים גם להקטנת ספיקות השיא. רצוי למקמם מחוץ למתחם המגורים, בשל שיקולי בטיחות. מתאימים לאזורי הצפה במורד האגן או כאתר חלחול במעלה האגן; לפארקים המהווים אזורי החדרה, או כחלק מהטיפול בציר הניקוז; כמוצא למתקני תיעול עודפים ולמתקנים המטפלים במים, כגון: אגנים ירוקים.

מימדים ושיפועי הדפנות ייקבעו בהתאם להמלצות המומחים. מומלץ לשלב נקז תת קרקעי לטיפול בעודפים, או שסתום המשחרר עודפים למקור מים אחר – כגון ערוץ ניקוז מקומי.

כאשר האזור מוצף, האתר עשוי ליצור בסביבתו מערכת אקולוגית אטרקטיבית למבקרים.

הערות

- מחייב שטח גדול יחסית.
- אינו מתאים לכל סוגי הקרקעות.
- ייתכנו סיכונים בטיחותיים בעת השהיית המים.
- איננו יעיל בסילוק מזהמים.
- איננו מתאים לאזורים בעלי מפלס מי תהום גבוה.
- מחייב תכנון יעוד לעונה היבשה.

אגני חלחול - המשך

אגם הנוצר מניקוז פארק עירוני

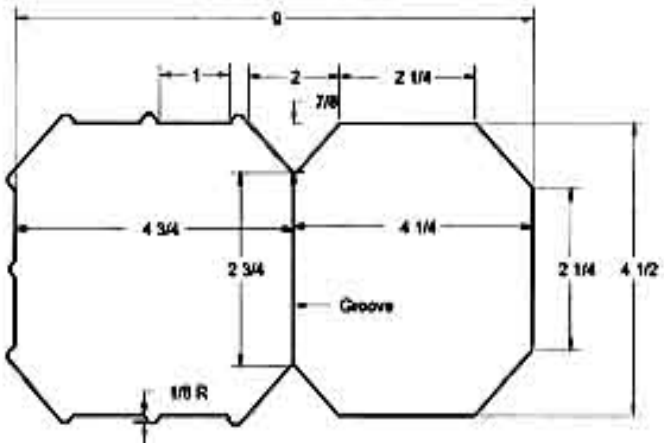
איגום בסופו של רצף שטחים ירוקים

אגם ענבה (עונתי), מנקז שדרה מרכזית במודיעין

4.3 תכסית

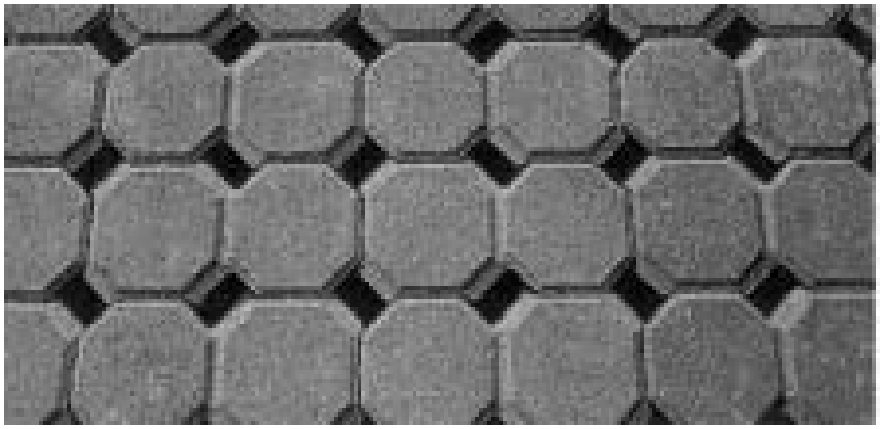
4.3.1 דוגמאות למשטחים חדירים

א. ריצוף משתלב



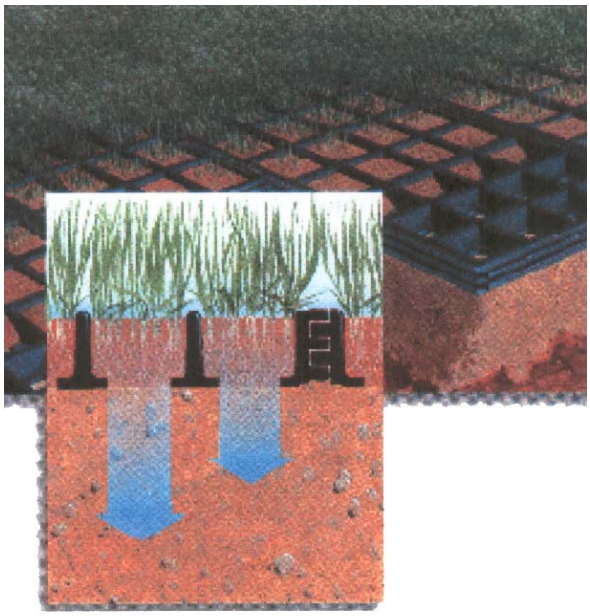
שטח מאבני ריצוף משתלבות, הכוללות מרווחים מובנים בין האבנים או בתוכן, בשיעור המאפשר חילחול בקצב רצוי. את המרווחים יש למלא בחצץ דק או חומר מתאים למניעת היסתמות המשטח מונח על מצע חצץ וחול, או שכבות חדירות אחרות. כאשר המשטח נמצא מעל משטח בנוי כגון מרתף, יכול מצע החצץ והחול לשמש כתווך משהה ומוליך אל אזור או מתקן החדרה, או אל מערכת הניקוז, כאשר הוא מונח על גבי יריעה אוטמת בשיפוע מתאים. יצרני ריצוף משתלב ייחודי להחדרה קיימים בחו"ל ובישראל.

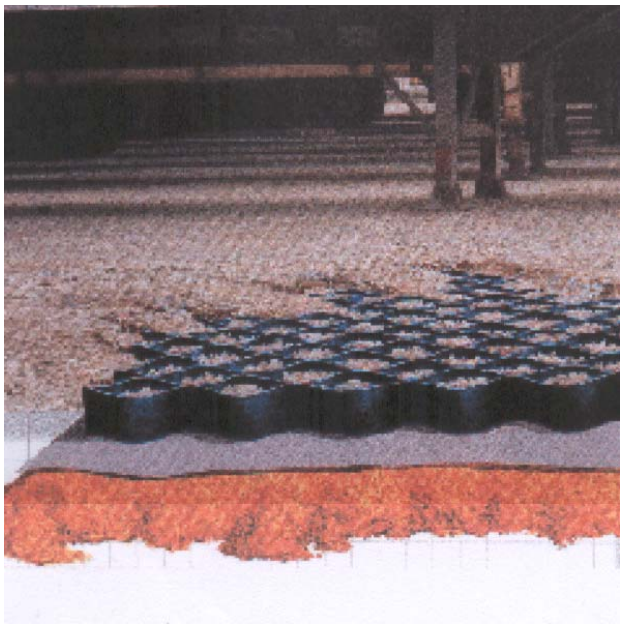
ניתן ליישום ברחובות משולבים, מגרשי חניה, מדרכות, שבילים, ככרות ורחובות מגוונים ומתקני משחק ומאפשר עיצובים מגוונים.

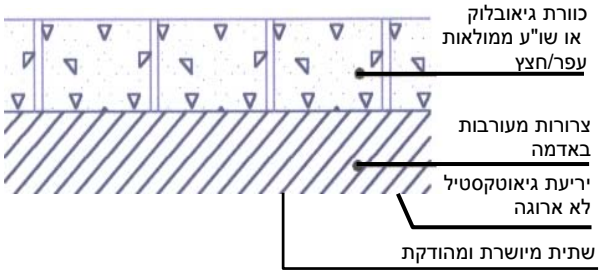


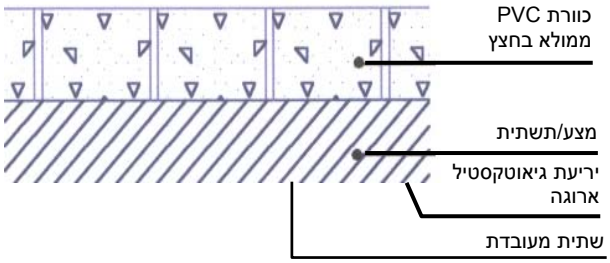
מקור:באדיבות חברת אקשרטיין תעשיות Uni Eco - Stone®
Uni Group USA

ב. משטחים חדירים שונים

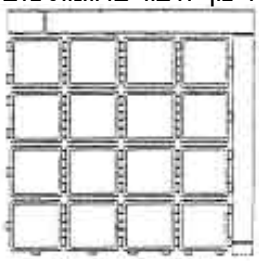




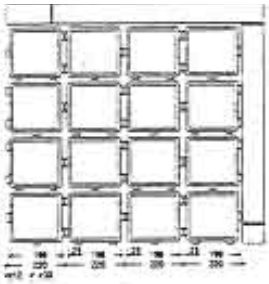




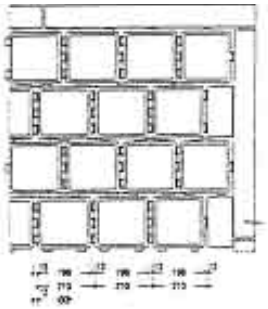
ריצוף חיבור בדוגמת צלב



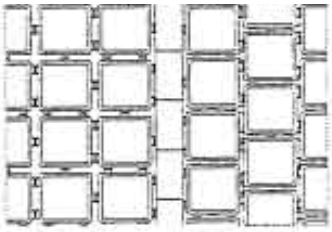
ריצוף עם מרווחי דשא



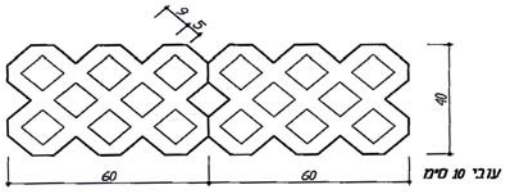
ריצוף חיבור בדוגמת חצאים



שילוב של מרווח ניקוז/ מרווח דשא



חניות באריחי דשא



ג. דוגמת מגרש חניה מכוסה חצץ, לספיגת מי מרזבים

ד. דוגמא למרזב המנקז למשטח חניה מכוסה חצץ (במקרים שאין חשש לפגיעה ביסודות)

4.3.2 שימוש בצמחיה

א. אחזקת גנים

הסעיפים הבאים מציעים שינויים/ תוספות לנאמר בפרק 41.5 ב'מפרט כללי לעבודות בניה; בהוצאת משרד הביטחון.

אחזקה כללית טובה תורמת לכיסוי שטח אחיד ומלא.

שימור וטיפוח צמחי בר תורמים לגידול התכסית בחורף ואינם צורכים מים בקיץ. אותו עקרון קיים גם בשימוש בצמחים חסכני מים או כאלה שאינם דורשים השקית עזר. חשיבות עליונה ניכרת בשימור וטיפוח צמחי הבר בשטחים הפתוחים בצידי דרכים ובאזורי חיץ. זאת לצורך קליטת מים הניגרים מן הכבישים ו/או קליטת עודפי מים בעת סופות חריגות.

ראו; צמחים חסכניים במים; מהדורה חדשה 2002 בהוצאת משרד החקלאות.

הדברת עשבים - בכל מקום בו ניתן, יש להעדיף אחזקת שטחים פתוחים, או שטחים שאין בהם צמחיה – באמצעות כיסוח הצמחיה ולא הדברתה. דוגמת היבלית, הנחשבת בגן לעשב רע, אך בשטחים פתוחים היא מתעוררת בסתיו ותורמת רבות בשימור מי הנגר, בדומה למדשאה דלילה. בחורף יש לעשביה תפקיד בשימור מי נגר ובחלק מן המקרים, גם בקיץ. לכל היותר ניתן להדביר באביב, עם תום עונת הגשמים, באופן כימי את העשבים הבלתי רצויים כדי למנוע את הפצתם. הניסיון מלמד שכיסוח סדיר מקטין באופן משמעותי את העשבייה הבלתי רצויה כך שבפעולה זו קיים רווח משני לסילוקה של עשבייה שכזו.

ניקוי עשבייה בחורשות רחבות ידיים מרווחות ו/או בחורשות צעירות – באם יש חובה לנקות מעשביה כלשהי, ניתן לחרוש ולתחח לקראת החורף, כדי לאפשר חדירה מהירה ועמוקה של מי הנגר. חזרה על פעולה זו,במהלך החורף, ו/או קילטור, לשבירה מסוימת של קרום הקרקע העליון, מסייעת למניעת היווצרות נגר עילי. פעולות כיסוח וחיפוי הקרקע עדיפות על פעולות החריש והקילטור.

שימוש בדטרגנטים ידידותיים בגינון, יעשה, בעיקר במדשאות, במידה ויימצא שהשימוש בהם מביא לחסכון בהשקית הקיץ ופותר בעיות של כתמי יובש. תועלת זו נובעת מאופי פעולת הדטרגנטים, המשפרת את כושר חידור המים של הקרקע, ומגבירה את קצב החידור, משפרת את המוליכות ההידראולית ומבטלת תכונות הידרופוביות, המאפינות חלק מהקרקעות (בעקר במצבן היבש). תכונה זו נשמרת למשך מספר שבועות לאחר יישום החומר, כך ששימוש בדטרגנטים בסוף עונת הקיץ, יכול להועיל לתקופת הגשמים המוקדמים. נכון להיום קיים בשוק מוצר מדף יחיד המופיע תחת השם NLG. (חומרים נוספים, מצויים אצל החברות המייצרות תערובות גידול ומייבאות את החומר ישירות לצרכיהן).

תחליפי דשא דשא עמיד מאד מפני סחף וטוב לדיפון תעלות ודרכי מים, בהן יש זרימות מים בחורף. עם זאת, ניתן להשתמש גם בתחליפים כגון דגניים חסכני מים: היבלית קוסט1X, או עשבים דגניים רב שנתיים אחרים, אותם יהיה צורך לקצור מפעם לפעם. מצב המים בקיץ וסוג הקרקע ייקבעו את סוגי העשבים לפי מידת התאמתם למצב המים, כדוגמת: פספלון דו טורי, דוחן זוחל, ליפיה זוחלת ועוד.

כיסוי שטחי בור במתחמים מגודרים, כדוגמת מתקני בטחון; מתקני חברת חשמל; מרחב אנטנות בזק ומתקני מים - רצוי לשמר, באם קיימת, או לשזרע, תכסית צמחי בר חסכוניים במים ונמוכים שאינם צורכים השקיה ואינם מהווים סכנה לשריפה. לדוגמא: הדגן חילף החולות, הנחשב לעשב רע, אוחז קרקע ונותן מופע של אחו ירוק ועל כן מתאים לכיסוי שטחי בור מגודרים. הדברה תעשה רק לצורך סילוק אלמנטים מסוימים, או בשילוב עם כיסוח, כך שיווצר שיווי משקל של צמחית הבר.

ב. טיפול בדשא

הדשא הוא צרכן המים העיקרי בגן, משום צריכתו הגבוהה ליחידת שטח והחלק הנרחב שהוא מכסה. על כן, יש למצוא איזון בין כמות הדשא כתומך בשימור מים מול דשא כבזבזן מים. במקביל אין לשכוח את תרומתו לסביבה בקליטת אבק, סינון וקליטת מזהמים דוגמת זרחן וחנקות, הורדת הקרינה החוזרת והטמפרטורה, את תפקידו כבולם נפילות וכמובן אחיזת קרקע מעולה.

אחזקת דשא - כדי להבטיח חדירת מים רבים ככל האפשר אל קרקע הדשא בעת השקיה ובעונת הגשמים, בקרקעות כבדות ובינוניות ובקרקעות אטומות ומהודקות, מומלץ לאוורר את הקרקע (פעולה אגרו-טכנית שעיקרה ניקוב פני הקרקע העליונים) פעם עד פעמיים בשנה, לשיפור חדירת המים.

ישנם זנים של דשא, העמידים בתנאי הצפה ולפיכך עשויים לשמש כחיפוי באזורים המיועדים להשהית מים. לדוגמא: פספלון נדני והיבלית קוסט1X. הפספלון דורש תחזוקה נורמטיבית. היבלית יכולה לשרוד בתנאי תחזוקה אקסטנסיבית בשני מובנים: השקיה - באזורים בהם כמות המשקעים עולה על 350 מ"מ, אין צורך בתוספת מים. בקיץ העשב נכנס לתרדמה. כיסוח הדשא מצריך כיסוח סך שלוש פעמים בשנה, בהתאם לגובה הנוף הרצוי.

ג. טיפול באזורים מעוטי גשמים

- יש לעודד שימוש בדגניים חורפיים, דוגמת הכריך הקרומי או סיסנית הבולבוסין, שהם נמוכים מאד ונכנסים לתרדמת קיץ.
- מומלץ לטפח עצים בודדים רחבי נוף, שכל אחד מהם תופס שטח נרחב, על-ידי הזרמת המים אליהם והשהייתם בסמוך, כדי שישרדו ואף יגיעו לממדים המכסים שטח נרחב.
- מומלץ להשתמש בשיטת איגום מים נקודתי על-ידי חלוקת פני השטח לתאים קטנים, דוגמת לוח שחמט שבו כל הקווים התוחמים כל משבצת מוגבהים בשוליהם. שיטה זו מקובלת בשטחים גדולים, אך ניתן ליישמה בשטחים קטנים, במסגרת המגבלה של גודל התא וגובה הגדודית, העלולים להפריע לשימוש בשטח, ככל שהוא קטן יותר.
- מומלץ ליצור גדודיות עפר, או מבנה המחקה אותן, בקווי גובה מרוחקים זה מזה, לניצול מי נגר והשהייתם בסמוך אליהם, פעולה שתאפשר ניצול מים לגידול צמחים ועצים בסמוך לשולי הגדודית.
- טיפול במשטח שאיננו מחלחל - חספוס וחירוץ פני השטח, או פיזור אגרגטים על גבי הקרקע, יכול להביא לשבירת הזרימה, במיוחד במקומות בהם אין אפשרות לבסס צמחיה, כדוגמת אזורים מעוטי גשמים.

ראו סעיף 3.4: פתרונות ופרטים אופייניים.

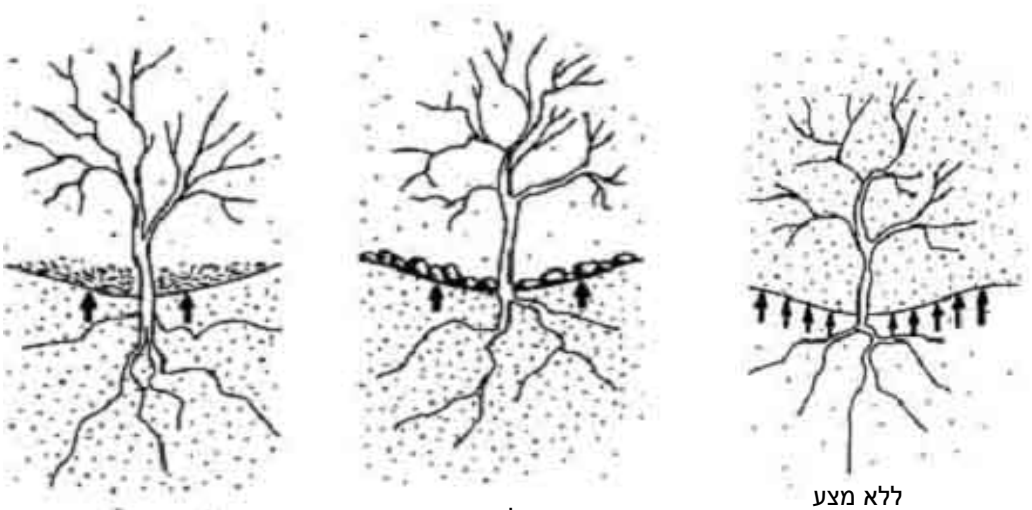
ד. גבים ומצעים

כיסוי אזורי החדרה במצע לשיפור ההחדרה על ידי הקטנת שעור ההתאדות. המצע יכול להיות אורגני או לא אורגני. מצע אורגני מעודד צמחיה.

כיסוי המצע יכול להתאים לאזורים מדבריים ולגינות.

כמצע לא אורגני השכבה העליונה עלולה להתחמם בקיץ ולפגוע בצמחים רגישים לחום. ניתן להוסיף צמח שיצל על המצע.

מצע אורגני מתאים לאזורים בעלי זרימה איטית יחסית של נגר בהם המצע לא ישטף בארועי גשם.



ללא מצע
התאדות גבוהה
לחות קרקע נמוכה

מצע לא אורגני
התאדות נמוכה
לחות קרקע גבוהה

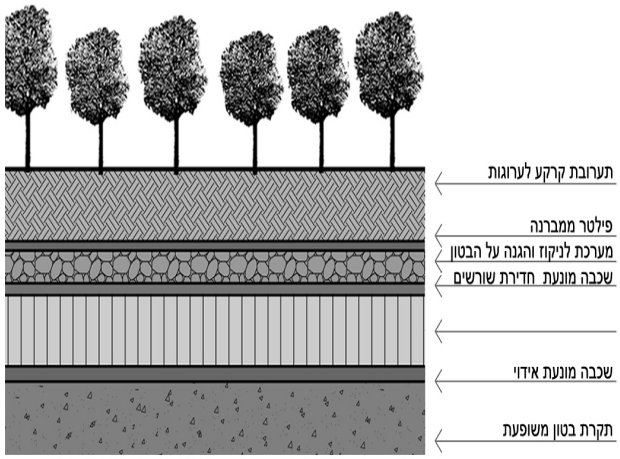
מצע אורגני
התאדות נמוכה
לחות קרקע גבוהה

4.3.3 גינות גג

גינת גג יכולה לעכב את זרימת המים דרך המרזבים ולהכיל כמויות שונות של מים בהתאם ליכולת הספיגה של המצעים על גבי הגג. תרומה נוספת מתקבלת בזכות הורדה ברמת צריכת האנרגיה, הקטנת מזהמי אוויר, והעלאת הלחות היחסית.

Peggy Notebaert Nature Museum
Irrigation: Capillary fabric and Base level trickle irrigation

חתך אופייני



Oaklyn Branch Library
Irrigation: Base trickle irrigation

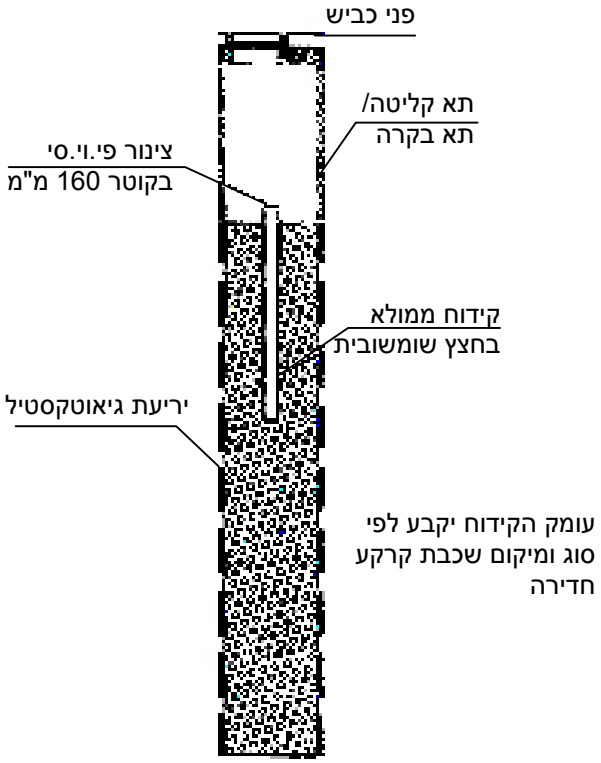
מקור: Tuscon Water Harvesting Guidance Manual

4.4 מתקני החדרה לתשטיפי כבישים

א. בור סופג

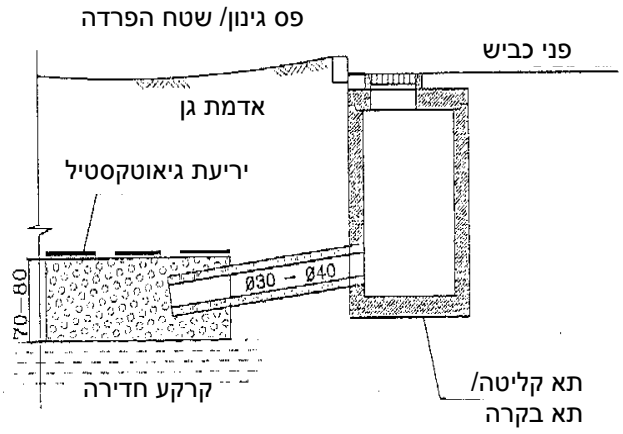
בור סופג בחיבור ישיר לכביש או למשטח מרוצף, כפתרון ניקוז נקודתי או כאמצעי החדרה נקודתי, במקומות נמוכים.

פרט תא קליטה/ תא בקרה עם קידוח לניקוז תת קרקעי



ב. הובלה לנקז תת קרקעי

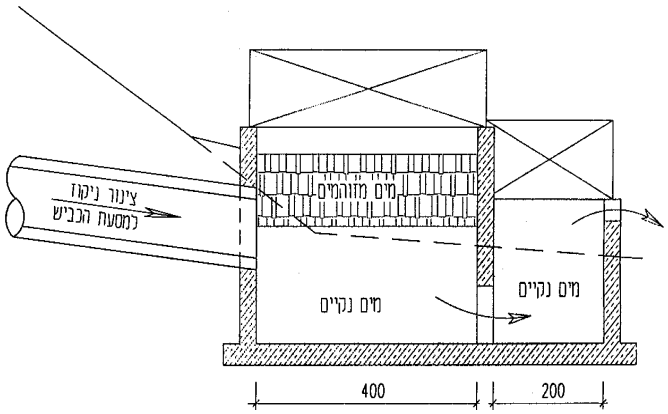
ניקוז לצורך הובלה לנקז תת קרקעי, או לאזור/מתקן החדרה מונמך, כפתרון ניקוז נקודתי או כאמצעי החדרה נקודתי, של קטע כביש או משטח מרוצף, במקומות נמוכים וכאשר הקרקע מחלחלת.



ג. תא סינון לתשטיפי כביש

תא הסינון מבוסס על העיקרון כי שמנים ודלקים צפים על פני המים. המתקן מלא תמיד במים כאשר החלק המזוהם כלוא בחלק העליון של התא הראשון.

מומלץ ליישום באזורים בעלי רגישות הידרוגאולוגית מיוחדת עבוד מי נגר ממשטחים בעלי פוטנציאל זיהום מיוחד.

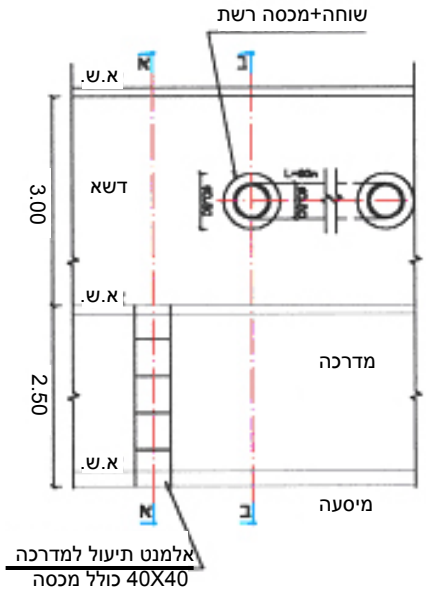


מקור: חסון – ירושלמי מהנדסים

ד. סילוק עודפי נגר מכביש

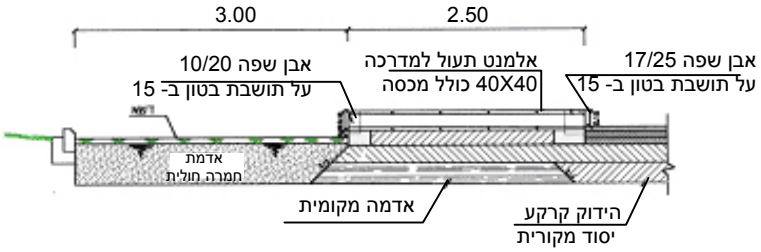
מי הנגר מן הכביש עוברים את המדרכה, באמצעות אלמנט התיעול של אדמת הגן מעברה השני של המדרכה.

תנוחה כולל מתקן גלישה לסילוק עודף נגר

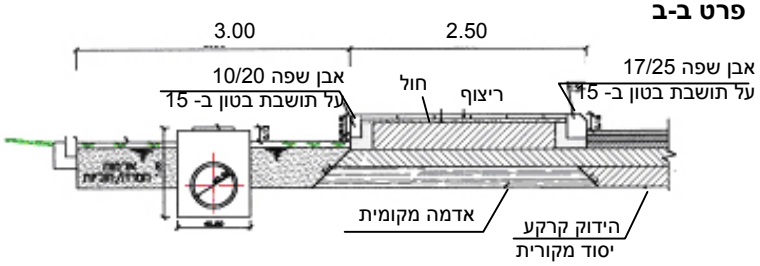


חתך טיפוסי בדרך עירונית למיזעור כמות נגר עילי

פרט א-א



פרט ב-ב



ה. דוגמת ניקוז מכביש במדרון מתון, מדורג, לתעלת עשב (כביש 9)

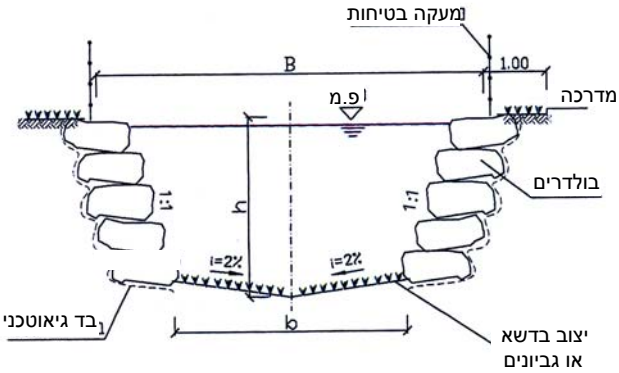
4.5 תעלות

4.5.1 תעלות להובלת מים

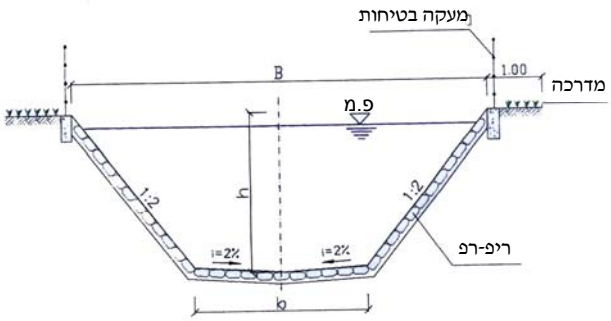
- המבנה הרצוי הוא תעלה טרפזית או משולשת אותה אפשר ליצור בכלים מכניים כגון מפלסות או דחפורים.
- שיפוע דפנות יאפשר טיפול נוח על ידי ציוד מכני. שיפוע של 1 בגובה על 1.5 לאופק יענה על דרישות אלה.
- השיפוע האורכי יתאים למהירויות זרימה שבין 0.5 עד 2.0 מטר לשניה.
- ציפוי דפנות התעלות צריך למנוע סחף וארוזיה של התעלות ולאפשר תחזוקה נוחה ובמחיר סביר. אמצעים אפשריים הם: דשוא הדפנות כולל הקרקעית, רשתות מייצבות בהן צמחיה מבוקרת יכולה לצמוח וציפויים מאלמנטים קשיחים, שגם הם מאפשרים לצמחים להתקיים, הן בתוך האלמנטים עצמם והן בחיבור בין האלמנטים היחידתיים. כאשר הדיפון הינו בכוורות פלסטיק ממולאות בטון, יושארו חורים ומרווחים מרביים לצמחיה ולהחדרת נגר.
- מיתון שיפוע התעלות, כדי להישאר בגבולות המהירויות המומלצות, ייעשה באמצעות סכרונים ומפתנים - מבנים הניצבים לכוון הזרימה. מבנים אלה יהיו מבטון מזוין, מבני אבן עם מלוט או גביונים.
- בתעלות עפר יתוכננו שקעים מקומיים לאיגום זמני של נגר עילי.
- יש למנוע כניסת מים לתעלות דרך הגדות שלא בצורה מסודרת.

בתרשימים להלן מוצגים חתכים אופיניים של תעלות ניקוז, על פי עדיפותם מבחינת שימור נגר.
(מקור: תכנית שלד לצפון העיר שדרות – משרד הבינוי והשיכון).

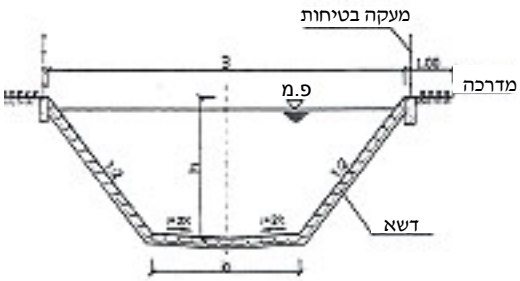
עדיפות ראשונה



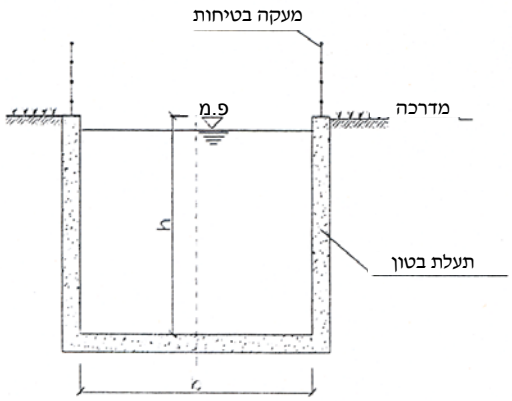
עדיפות שניה



עדיפות שלישית



עדיפות רביעית



4.5.2 תעלות לויסות

רצועה טבעית, או מתלול נמוך, המשמשת כווסת מפלס, על מנת להמיר נגר מרוכז בנגר פרוס באופן אחיד כך שתתאפשר כניסת מים איטית ואחידה לקולטן.

בנוסף: מניעת הצפה והאטת הזרימה, תיעול מאזורי חניה לשטח הקולטן, או כתווך במקטע מוגבה של משטח מדושא.

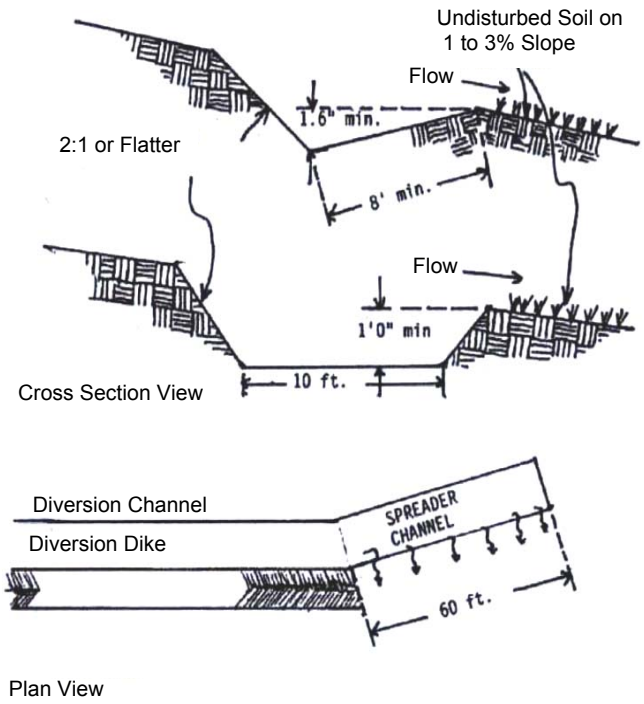
מתאים כתוספת לאגני חלחול וטיפול במים, או בסמוך לסכרים ותעלות. ניתן לשילוב גם כתוספת למתקני תיעול אחרים.

איננו יעיל באזורים משופעים בעלי עוצמות זרימה גבוהות.

ניתן לביצוע במספר צורות:

- בור רדוד מלא חצץ אשר שפתו הנמוכה מיוצבת ומפולסת לגובה דופן המוצא. השיפוע של דופן המוצא יתוכנן בהתאם לדרישות יועץ הניקוז.
- רצועת אבנים רציפה המקבילה לתעלת הזרימה או לשפת האוגר. שיטה זו אפשרית רק כאשר השטח מחופה צמחיה והזרימות מיוצבות.

יש לתכנן את השיפועים כך שיובילו את המים לכיוון המפזר באופן אחיד ומפולס.

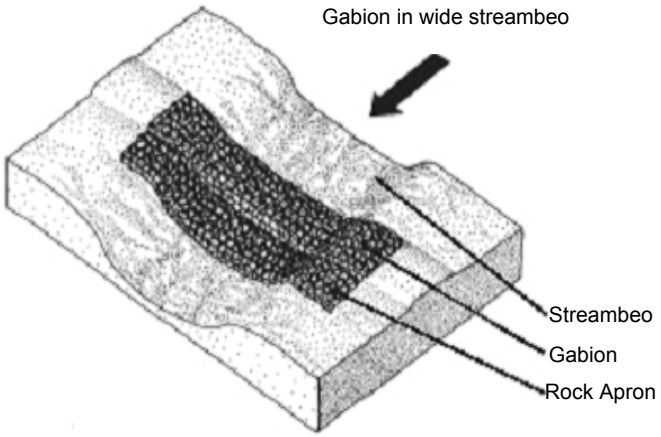


4.5.3 תעלות להשהיה

סוללות עפר, ליצירת חסימה חלקית בערוצים בעלי גדות חזקות/יציבות, לשם האטה והשהיה של המים בערוצים קטנים, כדי למנוע סחף ומתן אפשרות למים לחלחל.

לא מתאים לערוצים בעלי דפנות/גדות חוליות; יש למקם אותם במעבר ישר של המים ולא בעיקול.

חומרים אורגנים נתפסים במעלה הסוללה בעוד חלק מהמים חודר ונוצר מצע פורה לצמחיה.



4.5.4 תעלת עשב להשהיה, ויסות, החדרה וסינון (דרכי מים)

תעלה טבעית המשלבת צומח עשבוני, לצורך ניקוז, סינון והחדרה ממשטחים בלתי חדירים. מוצא התעלה יכול להיות נקז תת קרקעי, בור והחדרה או אגן כלשהו.

מתאימה לאזורי מגורים, בסמוך למבנים, צידי דרכים, צידי מסילות, איי תנועה, הובלת מי מרזבים או מקורות אחרים.

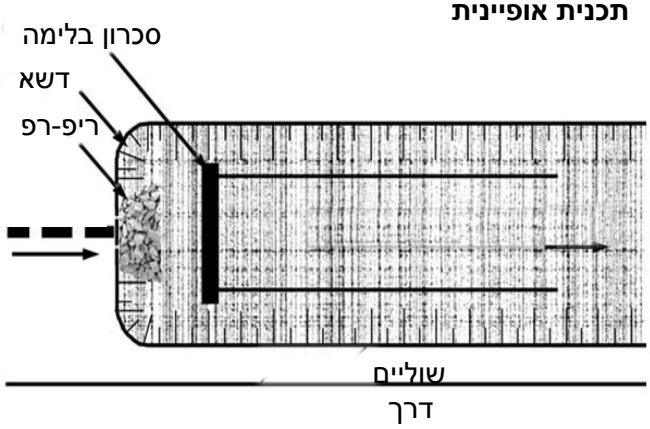
יעילותה בסילוק מזהמים מוגבלת ותלויה בסוג המצעים והצמחיה, בייחוד כאשר מהירות הזרימות גוברת.

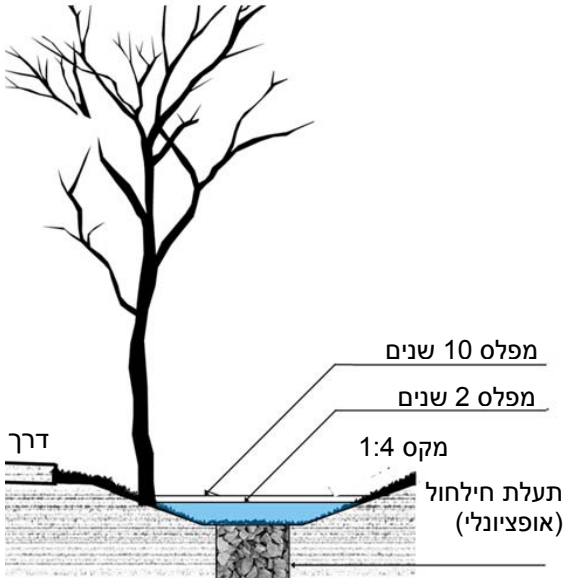
ממד הרצועה ופרטי המצעים ייקבעו בהתאם לתנאי האתר והמלצות המומחים. ניתן לשדרגה על-ידי הרחבה, הצבת סכרים לאורכה, יצירת התרחבויות לצורך השהיה וויסות אופטימליים.

שיפועי הדפנות ינועו בין 1:2 ל- 1:4.

שיפוע אורכי מומלץ לא יעלה על שני אחוז.

תכנית אופיינית





תעלה לצד כביש עם נקז תת קרקעי להובלת המים לשטח הפתוח המיוער – לצורך סינון והחדרה

הובלת המים מתוך הסביבה הבנויה, שימוש במפתנים להשהיה ולוויסות הזרימה

דוגמא לשלבי בניה של תעלת עשב בשילוב עם בור החדרה להאצת החידור ומניעת הצפה של המשטח האטום

מקור: Prince Georges Country

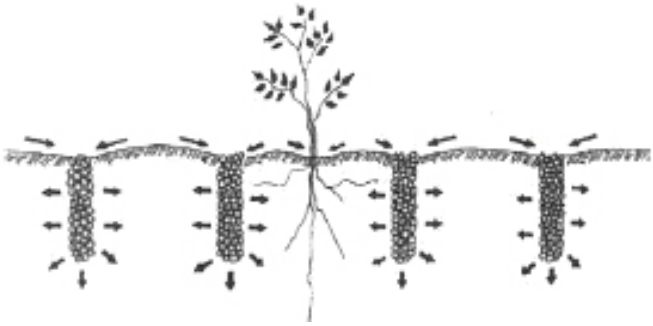
4.5.5 תעלות להחדרה

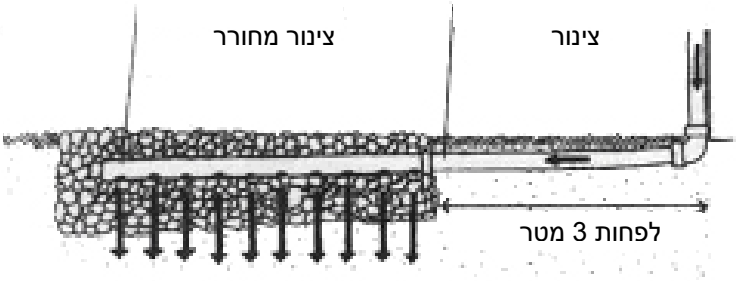
תעלת חצץ FRENCH DRAINS, מתוכננת לעודד החדרה מהירה של מים מכל חתך התעלה במקומות בהם אדמה ומים נפגשים. התעלה יכולה להיות אופקית או משופעת, ולהתחבר לבורות החדרה.

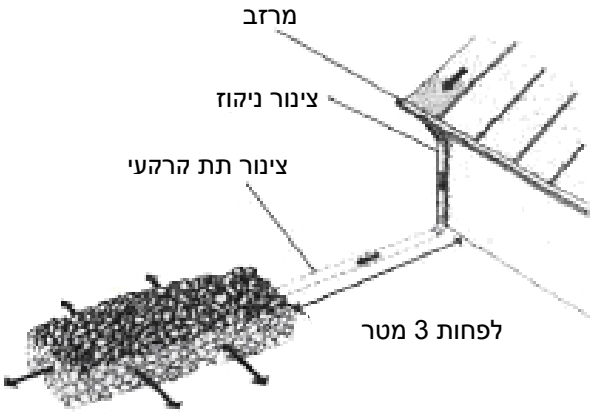
מתאים לקליטה של זרימה איטית או בינונית, וכן לשיפועים נמוכים ומתונים.

אינו מתאים למים שדורשים טיפול במזהמים.

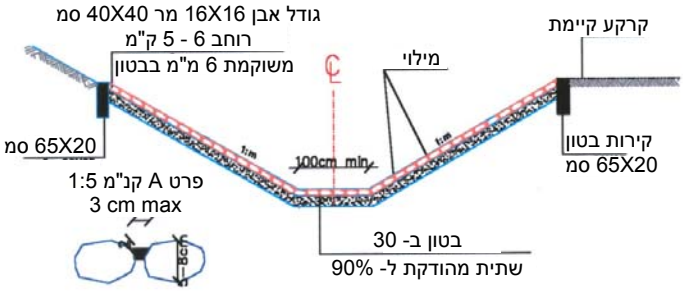
נדרשת הרחקה מיסודות הבניינים.



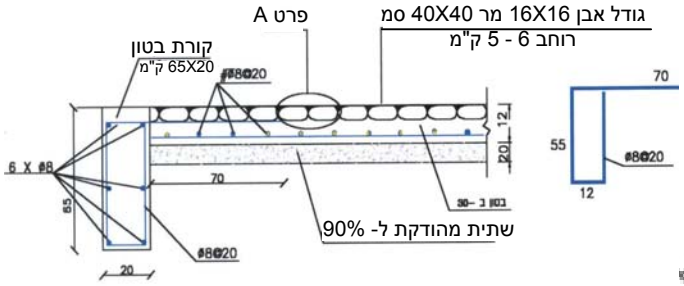




4.5.6 תעלות מדופנות ריפ-ראפ



פרט ריפ-ראפ



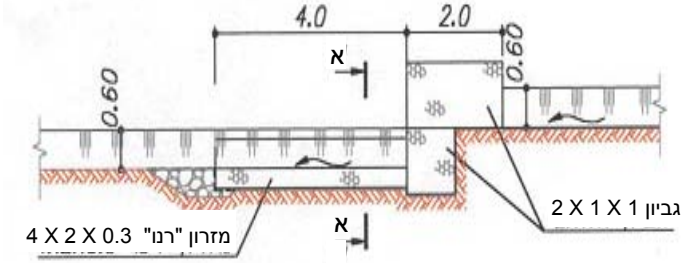
מקור: Tuscon Water Harvesting Guidance Manual

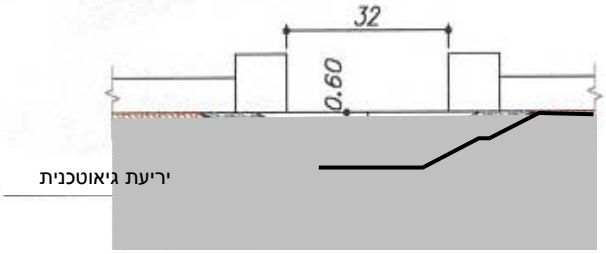
4.5.7 תעלה מדופנת J.K או שו"ע

שיטת ייצוב תעלות ניקוז מים על-ידי רשת מדגם JK-STRUCTURE או בורות HDP, או שווה ערך. מיועדת למניעת התפתחות תהליכי סחף בדפנות ותחתית תעלות ניקוז מים.

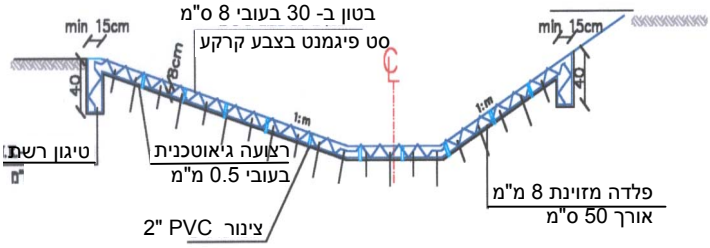
רשת JK-STRUCTURE מהווה תבנית מרחבית דו מפלסית של מערכת פתחים ורצועות ממתכת מגולוונת. הרשת עשויה בצורה של מערכת צלעות מפולסות בשני מפלסים מקבילים. רשת המתכת תמולא בבטון לצורך ייצוב התעלה למניעת סחף.

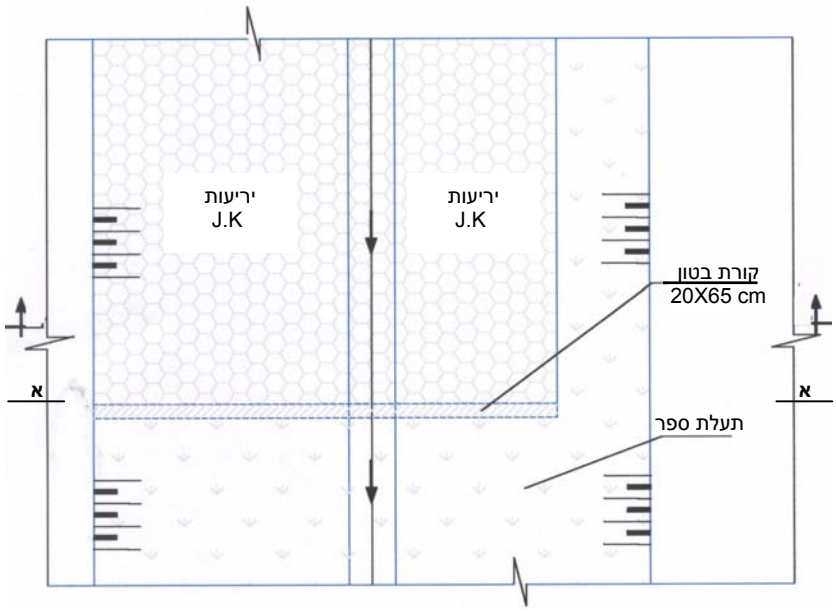
4.5.8 מפל בתעלת ניקוז

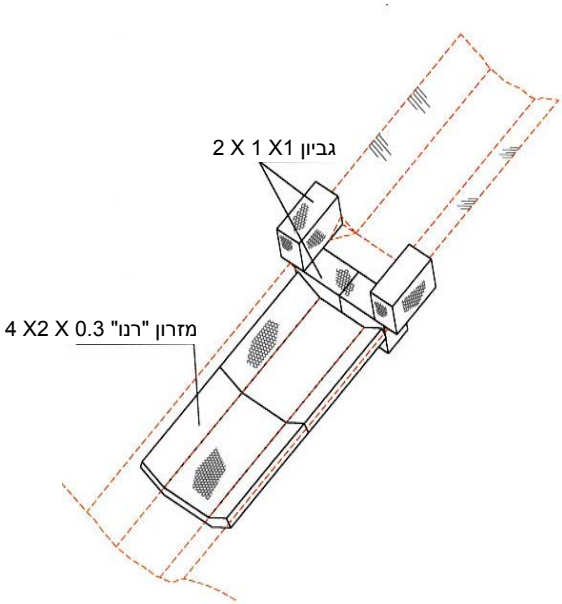




חתך א - א







4.6 דוגמא שלילית: סילוק למערכת ניקוז במקום לשטחים פתוחים

אדניות צמחיה מעל המפלס המרוצף, התורם נגר

שטח מגונן משופע אל שטח מרוצף וממנו מנוקז אל הכביש

קולטן ניקוז בשטח תורם במקום הפנית הנגר לאזור מגונן

4.7 דוגמאות השהיה והחדרה באזורים לא אורבניים

שימוש בטרסות
להשהית מים וניצולם לצרכי חקלאות

שימוש בשיחים להשהיית מים

שימוש בשיחים לייצוב
מדרונות הנחלים ולהשקיית הצמחיה

פרק 5: היבטים נלווים

5.1 הנחיות תכנון איכות הסביבה

5.1.1 סיווג איכות הנגר העילי

גישה תכנונית נכונה לשימור מים תפלח את פוטנציאל הנגר העילי על-פי איכותו והתועלת שבהחדרתו, או בשימוש אחר בו.

להלן דירוג איכות הנגר כתלות בשימוש ו/או יעוד הקרקע אשר בו הוא נוצר, בנוסף לשטחים פתוחים, בהם איכות הנגר, בדרך כלל, טובה מאוד ומתאימה להחדרה (ראו גם טבלה בסעיף 2.2.6 לעיל).

קב'	שימוש/ייעוד קרקע	איכות הנגר	התאמה להחדרה
1	מבנים בעלי גגות בטון/רעפים באזורי מגורים (מי מרזבים)	טובה מאוד-טובה	גבוהה
	מסחר ותעשייה נקיה (ללא פליטות אבק ומזהמים לאוויר מארובות וכיו"ב)		
	כבישים בעלי נפח תנועה נמוך (דרך מקומית, דרך אזורית)	טובה-בינונית	
2	כבישים בעלי נפח תנועה גבוה (דרך פרברית מהירה, דרך ראשית)	סבירה בינונית	בינונית
	מגרשי חניה לרכב כבד		
3	אזורי תעשייה מזהמת (במיוחד משטחי אחסון ופריקה)	נמוכה	בינונית נמוכה (רק לאחר טיפול)
	תחנות דלק		
	אתרי פסולת		
	אתרי אחסון קומפוסט/בוצה/זבל בע"ח		
	מוסכים		
4	אזורי קרקע מזוהמת	גרועה	שלילית

קבוצה ראשונה

מוגדרת כבעלת איכות גבוהה והתאמה גבוהה להחדרה. מי נגר מכבישים פנימיים וחניונים פרטיים עשויים להכיל זיהום בריכוזים נמוכים, כתוצאה מדליפות שמנים ודלקים, בעיקר בנגר ראשון. נגר המשתייך לקבוצה זו, חשוד בזיהום קל ומומלץ להפנותו לשטחים מגוננים, על מנת לאפשר ספיחה ופירוק של מזהמים לפני חדירתם לקרקע. שכבת השורשים משמשת מסנן יעיל, המכיל ריכוזים גבוהים של חיידקי קרקע המסייעים בפירוק וספיחה.

קבוצה שנייה

עלולה לתרום מגוון רחב של מזהמים הקשורים ישירות לכלי הרכב הנעים על הכבישים, אשר ריכוזם עולה ככל שתנועת כלי הרכב עולה, כגון: מזהמים ממפלטי כלי הרכב (פחמן חד חמצני, פחמימנים, תחמוצות חנקן, גופרית ועופרת) ומזהמי מתכת (בעיקר Zn) שמקורם מקורוזיה של חלקי רכב ומבליית צמיגים. מזהמים נוספים המשתחררים עקב דליפות ותאונות הם מגוונים ומכילים שמנים, ואף חומרים מסוכנים (עקב תאונה). קיימים פתרונות טכנולוגיים שתכליתם יצירת חיץ הידרולוגי בין גורמי הזיהום שמקורם בכביש/ מגרש החניה לבין נתיבי המים העיליים ומי התהום וביניהם:

- מטאטאים מכניים ומתקנים לניקוי, קירצוף ושאיבת מזהמים מהכביש בסוף עונת היובש, או לאחר תקופת יובש ארוכה.
- בנית תעלות ניקוז אטומות לאורך הכביש, אשר יובילו את כל מי הנגר העילי למאגר תפעולי שיכלול לפחות את האלמנטים הבאים: הרחקת שמנים ודלקים וסילוק חומרים אורגניים מומסים.
- Ultra DrainGuard - מונע ממשקעים וממזהמים אחרים מלהיכנס למערכת המים. מוצר זה הוא מעין תותב בצורת כיור לכידה, עשוי כרית של חומר חדיש טקסטילי, העשוי מסיבים סינתטיים ממוחזרים, הנקרא X-TEX , אשר עוצב במיוחד לשימוש ב:

  מיתקנים תעשייתיים - למניעת כניסת שמנים ומזהמים אחרים למערכת הניקוז;

  אתרי בניה- לוכד סחף קרקע ואבק וחלקי הריסות שעפים ברוח;

  מגרשי חניה, חניונים של מרכזי קניות וכדומה.
- Ultra HydroKleen - כיור לכידה קבוע המותקן בפתחי ניקוז דרכים, חניונים וכדומה, שתפקידו לסלק ממי נגר ותשטיפים – פחמימנים, מקשרים אורגניים ומשקעים.

פתרונות אלה הם מורכבים, מחייבים השקעות גבוהות יחסית והוצאות תפעול ולפיכך נועדו בעיקר לפתרון בעיות איכות סביבה, כאשר קיימת דרישה מיוחדת כזו ואינם מוצעים לצורך שימור נגר עילי כמטרה עיקרית.

קבוצה שלישית

לקבוצה זו משתייכות ישויות מזהמות נקודתית. על-פי רוב מחויבות ישויות אלה ברשיון העסק ביישום מלא ו/או חלקי של "עקרון הבועה", הקובע כי מי נגר נקיים לא יחדרו ונגר מזוהם לא יזרום ו/או יחלחל מגבולות המתחם המזוהם באופן בלתי מבוקר.

האמצעים המקובלים לגבי ישויות אלה:

- איטום המשטח ודיפונו.
- קירוי והתקנת מרזבים במתחמים בעייתיים.

- הפרדת שטחי המתחם על-ידי תעלות ניקוז למניעת חדירת נגר עילי נקי מהסביבה למתחם וזרימת נגר מזוהם ממנו.
- תכנון שיפוע המתחם לניקוז למתקן הטיפול.

5.1.2 תקנות וחוקים בנוגע לאיכות ויעוד נגר עילי

בטבלה להלן מרוכזים התקנות והחוקים הרלבנטיים הקיימים כיום בעבור כל ייעוד/ שימוש.

קבוצה רביעית

כוללת אזורים בהם קרקע מזוהמת, או חשודה כמזוהמת, עקב שימושי עבר בעייתיים. טיפול בנגר עילי מאזורים כאלה חייב להתבצע כחלק מתוכנית שיקום כוללת.

קבוצה	שימוש/ייעוד קרקע	חוקים ותקנות
1	מבנים בעלי גגות בטון/רעפים באזורי מגורים (מי מרזבים)	מדיניות המשרד לאיכות הסביבה הנה **" להבטיח קליטת מי גשמים, ככל האפשר, בתחום מגרש הבנייה ולא להזרימם למערכות ניקוז עירוניות".** בנייה ושימור מים- מדיניות והנחיות (7.2.02) מצ"ב כנספח.
	מסחר ותעשייה נקיה (ללא פליטות אבק ומזהמים לאוויר מארובות וכיו"ב)	
	כבישים בעלי נפח תנועה נמוך (דרך מקומית אזורית)	
2	כבישים בעלי נפח תנועה גבוה (דרך פרברית מהירה, ראשית)	קיימות טכנולוגיות לא ישימות לטיפול בנגר עילי ראשון, המחייבות השקעות גדולות. אין כיום חוקים ותקנות רלבנטיים.
	מגרשי חניה לרכבת כבד	
3	אזורי תעשייה מזהמת (במיוחד משטחי אחסון ופריקה)	הנחיות בנייה ושימור מים (7.02) סעיף 6: "אזורי תעשייה מזהמת ובמיוחד משטחי איחסון ופריקה, דורשים טיפול במי נגר (במיוחד גשם ראשון) במתקני טיפול לשפכי תעשייה". חוקים ותקנות רלבנטיות: חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק תחנת מעבר לפסולת בנין. חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק תחנת מעבר לפסולת 1. תקנות המים מניעת זיהום מים תחנות דלק, התשנ"ז 1997 חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק תחנת דלק ישנה א. חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק תחנת דלק חדשה א. חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק צמיגים. חוק רישוי עסקים - התשכ"ח 1968, תנאים ברשיון עסק מכונאות כללית.
	תחנות דלק	
	אתרי פסולת	
	אתרי אחסון קומפוסט/בוצה/זבל בע"ח	
	מוסכים	
4	אזורי קרקע מזוהמת	הנחיות בנייה ושימור מים (7.02) אינן תקפות לאזורים בעלי פוטנציאל זיהום. אין כיום הנחיות מפורטות.

5.1.3 יתושים

- מרבית אמצעי ההשהיה- החדרה אינם מהווים מדגרות יתושים בעייתיות, מפני שהמים אינם שוהים מעל 72 שעות במתקן ואינם מכילים רמה גבוהה של חומר אורגני. עם זאת, רצוי לנקוט מספר צעדי מנע:
- באגני השהיה יש להקפיד על קרקעית ללא שקעים למניעת היווצרות שלוליות.
- טיפול נכון ויעיל בעודפי מים מאירועים חריגים, למניעת עומס על אגני החדרה.
- תחזוקה של אמצעי הובלה והשהיה על ידי סילוק הבוצה והמשקעים העלולים לעכב ואף לאטום את האגנים.
- מניעת הזרמה של שפכים או מזהמים אחרים, המכילים שיעור גבוה של חומרים אורגניים, המזמינים התפתחות יתושים.
- שימוש בקוטלי חרקים ביולוגיים (כגון ה- BTI), המקטין ביעילות את אוכלוסיית זחלי היתושים, מבלי לפגוע באויביהם הטבעיים. בעת השימוש ב- WETLAND ניתן להכניס דגים טורפי זחלי יתושים ולעודד אויבים טבעיים אחרים.
- לטיפול בזחלי יתושים ניתן להשתמש באחד או יותר מאמצעי ההדברה המוצעים על-ידי המשרד לאיכות הסביבה, בכל מקרה לגופו: תכשירי BTI, אויבים טבעיים (דגים טורפי יתושים כגון גמבוזיה או מיני הנאוית), חומרים מווסתי גידול חרקים, שמנים, פירתרואידים, זרחנים אורגניים.
- על היתרונות והחסרונות של החומרים השונים ופרטים נוספים ראו אתר המשרד לאיכות הסביבה: www.sviva.gov.il.

5.2 תחזוקה למתקני ניקוז

תחזוקה של מתקנים לשימור נגר עילי כוללים את האמצעים הבאים:

- עצירת סחופת ורחופת לפני כניסת הנגר אל המתקנים השונים.
- טיפול במתקנים עצמם.
- שיקום המתקנים.

להלן טבלה מנחה להדגמת אופי פעילות התחזוקה הנדרש:

	המתקן	טיפול בסיסי	טיפול מונע	תחזוקה תקופתית	הערות
בתחום הפרט	שוקת מרזב	מוצא המרזב אל כר מים	ניקוי כר המים ומוצא המרזב	ניקוי השוקת	אינו ספציפי לשימור נגר
	בור שיקוע לסחופת וגרופת	לודא המצאות נפח מספיק לשיקוע סחף	ניקוי בור השיקוע	ניקוי בור השיקוע לפני עונת הגשם	בטיפול הפרט, חברת תחזוקה או הרשות
	בור הפרדה לשומן	לודא שהמחיצות בכניסה וביציאה נמצאות בגבהים הדרושים	ריקון הבור וניקוי הפתחים כאשר הבור מלא	בהתאם לעומס השומנים לפחות פעם בחודש	
באחריות הרשות המקומית	שדה פיזור וחלחול	לודא שמתקני החלוקה פועלים	לעקור צמחייה ולתחח פעם בשנה	פעם ב- 5 שנים לחרוש ולהוסיף גיר במידת הצורך	הטיפול בידי רשות מוניציפלית או חברת תחזוקה
	בור חלחול	לודא שהבור לא יגרום לשטיפת גרגירים דקים	התקנה של בור שיקוע	פעם בחמש שנים מילוי הבור במים, שאיבת המים מתוכו. יש לחזור על הפעולה שלוש פעמים.	באחרית הפרט, חברת תחזוקה או הרשות
	באר הפוכה	לוודא שהמים המגיעים לבאר נקיים מסחף. גישה נוחה ובסיס למתקן הרמה	הכנסה של חומצות לפי הצורך ופעולת שטיפה נגדית	טיפול באיגום התקופתי כדי למנוע כניסה של סחף, טיפול במערכת הובלת המים לבאר בגרוויטציה או בלחץ מידי שנה	הטיפול בידי הרשות או חברת התחזוקה ובפיקוח נציבות המים
	מתקני הובלה של נגר עילי: מערכות תיעול	לדאוג לשיפועים אורכיים נכונים	סידור בורות שיקוע סחף	ניטור לפני כל עונה של גשם	באחריות הרשות המקומית או חברת תחזוקה
	מתקני מוצא	בניה נכונה וכר מים מתאים	ניקוי כר המים בסוף עונת הגשמים	פעם בחמש שנים לטפל בסדקים ובטונים. לדשא את גדות הרציפינט	באחריות רשות הניקוז והרשות המוניציפלית

5.3 מודל כלכלי

5.3.1 מטרה

מטרת פרק זה הנה לתת כלי עזר בידי המתכננים לבחינת כדאיות ולהשוואה בין חלופות לדרכים ומתקנים לשימור נגר עילי.

ברמות התכנון הגבוהות ההתמקדות הינה בעיקר במערך ייעודי הקרקע, בבחירת שטחים פתוחים ומחדירים מתאימים, בהגדרות שיעורי תכסית פנויה להחדרה וכדומה. במקרים אלה השיקולים הנם איכותיים ורחבים ומשולבים בנושאי תכנון רבים נוספים. בחינת חלופות תכנון והערכת החלופה הנבחרת תהיה, בדרך כלל, איכותית.

פרק זה מיועד, בעיקרו, לרמות התכנון המפורט, בהן נכללים מתקנים הנדסיים ופתרונות טכניים להחדרה, או לשימור בדרך אחרת, של מי נגר עיליים.

גורמים מעורבים

בניגוד לפרויקט כלכלי רגיל, אשר נמצא באחריות גורם אחד - יזם פרטי או רשות ציבורית, האחראי לתוצאות הכוללות של הפרויקט - בנושא שימור נגר עילי יתכנו מצבים מורכבים, בהם אין זהות בין גורמי התכנון, גורמי הביצוע והמשתמשים הסופיים. בנוסף, התועלת העיקרית הצפויה משימור הנגר העילי, באמצעות החזרתו למי התהום, הנה למשק הלאומי, באמצעות "מקורות", לרשויות מקומיות ובמקרים מסוימים לבעלי בארות פרטיות.

מאידך, אי ביצוע פועלות אפשריות לאצירת והחדרת נגר ע"י רשויות וגורמים באזור התכנון גורמת לעלויות נוספות הנדרשות להסדרת הניקוז במורד הזרימה ומונעת באופן בלתי הפיך את אפשרויות החסכון במערכות הניקוז והחדרת מי הנגר באזור התכנון עצמו, וזאת בניגוד לעקרונות המקובלים של פיתוח בר קיימא.

פרק זה אינו נכנס לעובי הקורה של התפלגות העלויות והתועלות, הישירות והעקיפות, בין הגורמים השונים, בכל מקרה ומקרה, אלא מציע מודל המיועד לגופים הממלכתיים העוסקים בתכנון ובינוי, ולמוסדות התכנון המנחים ומבקרים תכנון וביצוע ואשר הינם בעלי ראיה כוללת של צרכים ויעדים לאומיים.

5.3.2 המודל הכלכלי

מודל כלכלי בוחן את הערך הנוכחי הנקי, או את שיעור התשואה הפנימית, על ההשקעה המוצעת. מרכיבי המודל הינם:

C - השקעה כוללת במתקן, בהשוואה לחלופת מחדל, שאינה מיועדת לשימור נגר.

הערה: מתקנים או אמצעים מסוימים אינם מהווים, בהכרח, תוספת השקעה - למשל: גוף מים עילי אשר ייעודו העיקרי הינו נופי, אך משמש בעקיפין להחדרה, יחושב כאפס השקעה.

AC- עלות שנתית, הכוללת שעות עבודה לבקרת תקינות מתקנים לפני עונת החורף, טיפול בתקלות עקב היסתמות, אחזקת צמחייה מיוחדת, אשר מטרתה העיקרית הנה השהייה וסיוע בהחדרה וכדומה.

עלות זאת מוערכת בכ- 5% ההשקעה במתקן.

Q - כמות שנתית ממוצעת המתווספת למי התהום, או משומרת באופן אחר, כתוצאה ישירה של המתקן הנבדק.

הכמות השנתית הנתרמת על-ידי המתקן תוערך בהשוואה לחלופה בה הנגר העילי זורם באופן חופשי לשטחים שבמורד אגן הניקוז המקומי או למערכת הניקוז העירונית.

V1- ערך מ"ק של נגר עילי, המשומר באמצעות המתקן הנבדק. ערך זה קשה להערכה, בעיקר במקרה השכיח, שבו הנגר העילי מוחדר למי התהום. מחיר מ"ק מים תלוי ביעוד המים – שימוש ביתי, חקלאי או תעשייתי. גם סולם מחירים זה שנוי במחלוקת ועובר העלאות ככל שגדל הפער השנתי הממוצע בין המקורות לשימושים.

המחיר הרלבנטי לצורך שימור נגר עילי הנו עלות שולית להפקת מ"ק מים, בניכוי עלויות שאיבה והפקה ממי התהום. המחיר השולי להפקת מים באמצעות התפלת מי ים - הינו בסדר גודל של $0.54. מחירי הפקה ע"י התפלת מים מליחים, טיוב בארות ואמצעים אחרים - נמוכים יותר.

עלות שאיבת המים משתנה כתלות בעומק המפלס, כמות המים הנשאבת, קיים הבאר ונתונים ספציפיים נוספים של כל באר. עם זאת, עלות השאיבה הממוצעת, לצורך בחינה ראשונית של כדאיות, עומדת על כ- $0.14 למ"ק. מכאן שערך מים מוחדרים, באמצעות מתקני שימור נגר עילי, יהיה: $0.40 למ"ק.

V2 - חסכון עקיף בהקטנת עומס על מערכות ניקוז לכל מ"ק של נגר עילי המשומר באמצעות המתקן הנבדק. חסכון זה כולל, בעיקר, את השפעות ההשהייה וריסון ספיקות השיא, אשר מאפשרות הקטנת הקיבולות של מערכות ההובלה והניקוז. במקרה של מתקנים ביתיים קטנים חסכון זה זניח, אך בתכנון שכונה או מתחם שלם הוא משמעותי ביותר.

N - קיים המתקן.

I - ריבית שנתית ריאלית.

PMT - החזר שנתי של ההשקעה (C), בריבית ריאלית (I), לאורך חיי המתקן (N).

קריטריון כלכליות

המתקן יהיה כלכלי, אם יתקיים אי -השוויון להלן:

PMT (I, N, C) < (V1 + V2) * Q – AC

5.3.3 בדיקת כדאיות אמצעים לשימור נגר עילי

הערות:

א. בדוגמאות להלן כמות הנגר העילי מתבססת על נתונים הידרולוגיים, שאינם כלולים בדוגמאות.

ב. ההפרש בין כמות הנגר הזמין לכמות המשקעים נובע מגורמים שונים כגון: התאדות מפני הקרקע, מצמחיה, ספיחה לקרקע, זרימות נגר לסביבה וכו'.

א. דוגמת חישוב כדאיות השקעה בבור החדרה

מרזבים מגג מבנה מנקזים שטח של 400 מ"ר ופונים לאזור חניה אטומה.

המתקן הנבחן: בור החדרה הכולל מתקן שיקוע ובור חלחול בעל דופן מחלחלת.

נתונים

C	השקעה כוללת במתקן	500 $
AC	עלות תפעול ואחזקה שנתית (50% מההשקעה)	25 $
Q	כמות ממוצעת של נגר שיוחדר, לפי 80% מכמות הגשם בשטח המנוקז	180 מ"ק לשנה
V1	שווי מ"ק מוחדר, עפ"י הערכה	0.4 $
V2	שווי מ"ק בחסכון במערכת הניקוז (לצורך הדוגמא)	0.4 $
N	קיים המתקן	10 שנים
I	ריבית שנתית ריאלית	5%

תחשיב

PMT החזר שנתי של ההשקעה 65 $

החסכון השנתי (V1 + V2) * Q – AC =$ 119

התחשיב מראה כלכליות טובה, בהנחות דלעיל. יש לזכור שערך המים בהחדרה הוא רווח לאומי ולא לבעל הבית הבודד.

ב.דוגמת חישוב כדאיות השקעה בריצוף משתלב

מגרש חניה עילי בחצר מבנה מגורים בבניה רוויה, בשטח של 500 מ"ר, מרוצף באופן קונבנציונלי באספלט.

חלופה אפשרית - ריצוף משתלב מחדיר על גבי מצע מחלחל.

נתונים

	השקעה במגרש אספלט: 20 $ מ"ר X 500 מ"ר	10,000 $
	השקעה במגרש עם ריצוף משתלב $30 מ"ר X 500 מ"ר	15,000 $
C	תוספת השקעה נדרשת	5,000 $
AC	עלות שנתית: חידוש כל 5 שנים בעלות של 500 $	100 $
Q	כמות ממוצעת של נגר עילי שתישמר: אזור מנוקז: חניה + חלק מגג: 750 מ"ר, לפי 70% מכמות הגשם בשטח המנוקז, לפי 500 מ"מ גשם לשנה.	185 מ"ר
V1	שווי מ"ק מוחדר, עפ"י הערכה	0.4 $
V2	שווי מ"ק בחסכון במערכת הניקוז	0.4 $
N	קיים המתקן	20 שנים
I	ריבית שנתית ריאלית	5%

תחשיב

PMT 400 $

החסכון השנתי (V1 + V2) * Q – AC =$ 48

התחשיב מראה שאין כדאיות כלכלית, בהנחות דלעיל, היות ונגרמת תוספת עלות של כ- 350 דולר. זאת בנוסף לעובדה שערך המים בהחדרה הוא רווח לאומי ולא לבעל הבית הבודד. מכאן, שללא תמריץ חיצוני או מודעות של הגורם המבצע - לא תתבצע ההשקעה בריצוף, בתנאים שתוארו.

5.3.4 דוגמאות חישוב חסכון עקיף כתוצאה משימור נגר עילי

א. דוגמת חישוב חסכון עקיף, במונחים כמותיים

הדוגמה הנוכחית נועדה לבחון את השפעתה של מערכת שימור נגר עילי על מערכת הניקוז, בשלוש חלופות תיאורטיות קיצוניות, על מנת לקבל מושג על סדרי הגודל הנידונים.

נתוני התוכנית

A שטח התוכנית: 500 דונמים.
תכסית:
מבנים מקורים 50%, מקדם נגר עילי: 0.70

גינון 25%, מקדם נגר עילי: 0.40
חניות ודרכים 25%, מקדם נגר עיל 0.90
C מקדם נגר עילי משוקלל: 0.675
I עוצמת הגשם: 10 מ"מ לשעה בתדירות הופעה של 20%, זמן חזרה של פעם בחמש שנים.

Q ספיקה (מ"ק לשעה)

$$Q = C * I * A = 3,375\ m^3/h$$

נפח הנגר העילי הנוצר בסופה של 120 מ"מ יתקבל כדלקמן:

P כמות הגשם 120 מ"מ

V נפח הנגר העילי

$$V = C * P * A = 40,500\ m^3$$

חלופה א: ללא שימור נגר עילי.

ללא כל אמצעים של שימור נגר יהיה צפוי אובדן של כ- 40 אלף מ"ק מים ונזקים סביבתיים בצורה של סחף, חירוץ הקרקע ופגיעה אפשרית בשימושי קרקע שונים.

חלופה ב: העמסת הנגר על מערכת ניקוז קיימת.

סילוק הנגר דרך מערכת ניקוז קיימת משמעו תוספת ספיקה של 3,375 מ"ק לשעה למערכת ניקוז במורד השטח הנדון, דבר המחייב החלפה של המערכת הקיימת. מערכות תיעול מתוכננות להזרמה ללא לחץ. (המערכות מתוכננות, בדרך כלל, לצינור מוביל ב- 80% מקוטרן, עבור ספיקת התכנון). מערכות סגורות בארץ לא תסבולנה את התוספת הזו. אי לכך יהיה צורך במערכת חדשה שתהייה מסוגלת לקלוט את כל הנגר העילי המשותף הן לכמות הקיימת והן לתוספת.

עלות חלופה זו, ישירה ועקיפה: הקמת מערכת תיעול ועוד אובדן של כ- 40 אלף מ"ק מים.

חלופה ג : איגום זמני

האיגום הזמני יתבטא בהשהיה בפארקים ציבוריים, גינות פרטיות, מגרשי חניה וכיו"ב. השטח המצטבר של אלמנטים אלה, יגיעו, לכ- 250 דונם.

איגום זמני של כל כמות הנגר יתבטא במאגר אקוויולנטי תיאורטי שמידותיו: 40.5 דונם, עומק של 1.5 מטר ומקדם אי רגולריות של האיגום של 2/3.

למרות האצירה הזמנית של כל הנגר יהיה צורך במערכת ניקוז עצמאית. האיגום הזמני יאפשר שחרור של 1000 מ"ק לשעה (במקום 3,375 מ"ק לשעה) למערכת סילוק מי הנגר.

בהנחת חלחול של 20% (8,100 מ"ק) יהיה משך השהות באיגום כ- 33 שעות, המאפשר ריקון עד לסופה הבאה.

בשיפוע אורכי של 1 לאלף יהיה צורך בצינור בעל קוטר של 600 מ"מ.

ללא האיגום הזמני, היתה נדרשת מערכת תיעול בעלת אופי של גזע עם ענפים, בה הקו הראשי היה בקוטר של 1,000 מ"מ.

יחס מחיר חלופה זו, לעומת מצב ללא איגום, הוא בסדר גודל של 1 ל-1.6, או חסכון של כ- 38%.

אובדן המים (שלא יחלחלו) יהיה כ- 32 אלף מ"ק, לעומת 40,500 מ"ק בחלופה א'.

מכאן שפיתוח האיגום הזמני כדאי, בתנאי הדוגמא הנוכחית, גם מבחינה כלכלית וגם מבחינת שימור מים.

ב.דוגמת חישוב חסכון עקיף, במונחים כלכליים

חישוב שיעור החסכון, הנובע מהקטנת קוטר צינור המוצא, כתלות ברמות שונות של שימור נגר עילי בשטח לאחר פיתוח, מוגש בטבלה להלן. החישובים מבוססים על תכנון של יחידת שטח מסויימת ותוצאות החישוב מובאות כאן כדי לתת מושג על סדרי גודל ושיעורי החסכון האפשריים בלבד. יש לציין כי עלות מערכת ניקוז של השטח במצבו הטבעי, ללא פיתוח נאמדה, במקרה שנבדק, בכ- 190,000 דולר.

יודגש כי קוטר הצינור הנו רק מרכיב אחד, אף כי חשוב, במכלול מרכיבי העלות של מערכת הניקוז, הכוללים בין השאר, את אורך הצינור, תנאי השטח, תחזוקה וכדומה.

נתונים:

A	שטח אגן היקוות	100 דונמים.
C	מקדם נגר עילי מחושב	0.8
I	עוצמת הגשם:	40 מ"מ לשעה
Q	ספיקה	A * I * C מ"ק לשעה
D	קוטר במ"מ	
$	עלות בדולרים	2,400 * D / 10

שיעור ניצול הנגר העילי	100%	75%	50%	25%	0%
Q- ספיקה (מ"ק לשעה)	400	800	1,600	2,400	3,200
D- קוטר צינור המוצא (מ"מ)	500	600	700	800	900
$- עלות בדולרים (מעוגל)	35,000	120,000	170,000	190,000	215,000
חסכון כתוצאה משימור נגר	84%	44%	22%	11%	0

5.4 היבטים פורמליים

5.4.1 רקע

מדריך זה הינו מסמך מנחה, אשר מטרותיו הן בתחום העלאת המודעות ומתן מידע וכלים תכנוניים בידי מתכננים וגורמים רלוונטיים נוספים.

במקביל מתבצעת פעילות לעיגון פורמלי של הנחיות מחיבות לתכנון ובנייה משמרי נגר עילי, על-ידי גופים ממלכתיים מחוזיים ומקומיים. סקירה חלקית של פעילויות והנחיות מחייבות הובאה בפרק המבוא, סעיף 1.1; בפרק 2: רמות תכנון כוללני; בסעיף 2.2.10: הוראות סטנדרטיות לשימור נגר עילי ובפרק 3: רמות תכנון מפורט, סעיף 3.2.11: הוראות סטנדרטיות לשימור נגר עילי.

מתוך סקירת הפעולות עד כה נראה כי רצויה פעולה מתואמת של מוסדות התכנון, לקידום הנחיות מחייבות ואחידות, אשר תיקחנה בחשבון את מכלול השיקולים הנוגעים לשימור הנגר העילי, לרבות אילוצים תכנוניים, תנאי אתר שונים, היבטים כלכליים ואחרים.

להלן פירוט אחדות מן האפשרויות הפורמליות בנושא זה.

5.4.2 המלצות לצעדים אפשריים בהמשך

- שילוב בחוק התכנון והבנייה.

רשות הרישוי מוסמכת לתת היתר בנייה, רק אם הבנייה המוצעת תואמת את הוראות התקנות והתכניות החלות על המקום. ניתן היה לקבוע בתקנות כי אין להתיר פעולת בנייה ללא אישור כי היא עומדת בדרישות שימור נגר, או לחילופין הוכחה כי לא ניתן לעמוד בדרישות אלה.

הוא הדין לגבי טופס 4.

יש לשקול הכללת הנושא בהל"ת – מתקני התברואה (נקזים וצינורות מים) חייבים להיות מותקנים בהתאם להל"ת. התקנות מורות כי מתקני התברואה יתוכננו באופן מונע בזבוז מים. נוסח התקנה, הנמצאת לפני חתימה, המובאת בהמשך סעיף 3.2.11 לעיל, הנה צעד משמעותי בכיוון זה.

- שילוב בהוראות תמ"א 34 ב'.

בימים אלה נערכת תמ"א זו, וניתן לשלב בה הוראות לגבי תכנון ובנייה משמרת נגר עילי, הרלוונטיות לרמות הגבוהות, על בסיס חלק מהנחיות התכנון הכלולות במדריך זה.

- שילוב בהנחיות של תסקירי השפעה על הסביבה (על פי רמת התכנית ו/או היקפה ו/או מיקומה).

תסקירי השפעה על הסביבה עוסקים במכלול ההשפעות של התכנית עבורה מתבקש היתר. ניתן להוסיף להנחיות הסביבתיות הנחיות סטנדרטיות להצגת השפעות שליליות של התכנית על הנגר העילי, להצגת האמצעים לצמצום השפעות אלה והצעת הוראות התכנית, שיעסקו ביישום אמצעים אלה.

היות ואין חובת תסקיר לתכניות בנייה למגורים, אפשרות זאת מוגבלת בתחולתה.

- שילוב בהנחיות סטנדרטיות של רשויות מנחות תכנון (רשויות מקומיות, משרד הביוני והשיכון, משרד הביטחון).

רשויות מקומיות, למשל, מתקינות חוקי עזר בנושאי תיעול וניקוז. ניתן היה להוסיף, או לתקן, בחוקי עזר אלה את משמעות שימור נגר, באמצעות מתקני איסוף מי גשמים, תעלות להעברת מי גשמים וכדומה.

- דרישה ל"נספח שימור נגר עילי".

נספח כזה יכול לשמש כלי לחלק מן האפשרויות שצוינו לעיל: חוק התכנון והבנייה, תמ"א 34 ב', תסקירי השפעה על הסביבה והנחיות כלליות של וועדות תכנון ובנייה מחוזיות ומקומיות.

תחולה רצויה של "נספח שימור נגר עילי" מפורטת בסעיפים שהוזכרו לעיל: 2.2.10 ו-3.2.11. קידום הנושא מחייב הגדרה ברורה של המקרים בהם יידרש נספח שימור נגר עילי, כתנאי למתן היתר בנייה, ניסוח מפורט של תכולת הנספח על פי סוג והיקף התכנית וכן נוהל בדיקת ואישור הנספח על ידי מוסדות התכנון.

5.4.3 היבטים פורמליים נוספים

- אכיפה.

הנחיות לאכיפת ההמלצות במדריך (או כאשר ישולבו במסגרת חוקים/ תקנות מחייבים). על האכיפה להתייחס לתכנון, לביצוע ולתחזוקה של המתקנים לשימור נגר עילי.

- תחזוקה.

הנחיות ופתרונות לאפשרויות הארגוניות של התחזוקה הנדרשת כתוצאה מן הפתרונות השונים, כאשר בידי הרשויות יהיה חלק נכבד מהתחזוקה השוטפת וכן תהיה בידיהן הסמכות לאכיפת התחזוקה בשטחים הפרטיים.

התייחסות ראשונית להיבטים טכניים של תחזוקה הובאה בסעיף 5.2 לעיל.

- מעבר בין מגרשים.

ההנחיות במדריך מתמקדות, בדרך כלל, בתחום המגרש או המתחם. הפתרונות המוצעים בדרך

כלל הם לא במעבר בין מגרשים. אולם קיימות אפשרויות של הובלת מים למקום מרוחק, לשם החדרתם או שימורם למטרות אחרות, המחייבות מעבר של מים בכמה מגרשים.

ניתן להוסיף במסגרת חוק התכנון והבנייה אפשרות של מעבר בין מגרשים פרטיים, ומעבר ממגרש פרטי לציבורי – בתנאים הידרולוגיים וקרקעיים מסוימים (יש לציינם) וכן בתנאים של מצב בעלויות המאפשר זאת, בהתאם למסקנות נדרשות מניתוח שטח התכנית והשטחים הסובבים אותו.

הבסיס לכך יכול להיות ס"ק 8 בהוראות תכנית מתאר מקומית (ס' 63) של חוק תכנון ובנייה: "חיוב בעלי קרקע או בניין... להעניק לציבור...זכות מעבר, או את הזכות להעביר בקרקע או בבניין מי ניקוז או ביוב, צינורות להספקת מים, או תעלות מים עליונים..."

לעניין זה יש לציין כי התקנה בחוק התכנון והבנייה, המובאת בסעיף 3.2.11, אינה פותרת את עניין המעבר בין מגרשים לצורך שימור נגר עילי, אלא במקרה "שהתקבלה לכך הסכמת בעל הנכס הסמוך".

נספחים

נספח 1: גיאולוגיה, קרקע ותת קרקע

נספח 1.1: טבלת כושר חידור . (מ"מ לשעה)

מתוך: הנדסת ניקוז - דלינסקי וכינורי

מקרא:

I - לפי JOHNSON (1963) - מבוסס על ניסויים בטבעת חלחול, לאחר 3 שעות הרטבה.

II - לפי הניסיון בארץ מבוסס על דוחות תה"ל וניסויי חלחול.

סוג הקרקע או המסלע	כושר החידור		הערות
	I	II	
חרסית כבדה	0.5	<0.1	
חרסית	-	<2	
חמרה חרסיתית		4 - 6	
חמרה	13	10 - 20	רגיש לגודל הפרקציה הדקה (החרסיתית)
חמרה חולית	36	20 - 50	רגיש לגודל הפרקציה הדקה (החרסיתית)
חול חמרה	50	50 - 100	רגיש לגודל הפרקציה הדקה (החרסיתית)
צרורות עם טין	126	-	משתנה מאוד בהתאם לריכוז הטין – ראה בהמשך הטבלה
חול דיונות	-	>200	
ליס חרסיתי	-	5 - 10	במצב יבש ערכים גדולים פי 5, בקירוב
ליס טיני	-	20 - 40	במצב יבש ערכים גדולים פי 2.5, בקירוב
ליס חולי	-	40 - 80	במצב יבש ערכים גדולים פי 1.5, בקירוב
חלוקי נחל עם 5% עד 10% חומר מקשר טיני וחרסיתי	-	>100	בד"כ גדול מ- 200 מ"מ לשעה
חלוקי נחל עם 15% עד 20% חומר מקשר טיני וחרסיתי		20 - 80	סדר גודל
חרסית רזה עם 20% עד 25% חלוקי נחל		3 - 15	מקבל ערכים קיצוניים כלפי מעלה ומטה
קרקעות אלוביאליות חוליות	-	8 - 12	סדר גודל
קרקעות אלוביאליות חרסיתיות	-	3 - 5	סדר גודל
אבן גיר ודולומיט	-	25	
קרטון וחוור	-	6	

נספח 1.2 : מקדמי נגר מירבי

טבלה מס' 1: מקדמי הנגר המירבי (Cm) לחבורות הקרקע השונות

מקדמים ארעיים (מתוך גרתי וחובריו 1988).

חבורת קרקע	מקדם Cm		חבורת קרקע	מקדם Cm		חבורת קרקע	מקדם Cm
A1	0.12	-	D1	0.75		K1	0.29
A2	0.14	-	D2	0.75		K2	0.50
A3	0.16	-	D3	0.15		K3	0.29
A4	0.16	-					
A5	0.14		E1	0.28		L	0.20
A6	0.16		E2	0.24			
A7	0.17		E3	0.38		M1	0.20
			E4	0.08		M2	0.20
B1	0.16						
B2	0.25	-	F1	0.30	-	N1	0.90
B3	0.16	-	F2	0.30		N2	0.90
B4	0.16	-	F3	0.16	-	N4	0.90
B5	0.16	-					
B6	0.20	-	H1	0.44		R	0.80
B7	0.16	-	H2	0.90			
			H3	0.90	-	S	0.20
C1	0.01	-	H4	0.80			
C2	0.18	-	H5	0.80	-	V	0.00
			H7	0.40			
			H9	0.75	-	W	0.50
			H11	0.90			
						X	0.40

טבלה מס' 2: מקדם X לתחנות גשם מייצגות

שם התחנה	מקדם X	שם התחנה	מקדם X
עכו	0.38	באר שבע	0.20
חיפה	0.24	משאבי שדה	0.36
אבן יצחק	0.36 T< =10	הר כנען	0.27
	0.22 T> 10	עפולה	0.41
עין החורש	0.20	ירושלים	0.20
תל אביב	0.22	בית גימל	0.33
לוד	0.36 T< =5	דפנה	0.20
	0.26 T>5	דגניה	0.33
יבנה	0.36		
דורות	0.46		

טבלה מס' 3: מקדם AT לתקופות חזרה

תקופת חזרה (T)	מקדם (A)
5 שנים	0.982
10 שנים	0.948
20 שנה ומעלה	0.871

נספח 1.3: אזורי עדיפות להחדרה

על פי מפת רגישות הידרולוגית, תמ"א 34

המפה אינדיקטיבית בלבד, לצורך התמצאות ראשונית. בכל מקרה נדרש ניתוח פרטני של נתוני האתר על ידי בעלי מקצוע מתאימים.

בנוסף, יש לבדוק קיומם של תנאים מקומיים ספציפיים, כגון: קרקעות מזוהמות, מי תהום שעוני, בורות קראסטיים ועוד.

מפות מקבילות כלולות גם בדו"ח "התפתחות ניצול ומצב מקורות המים בישראל עד סתיו 2003" בהוצאת השרות ההידרולוגי. מפות אלו דומות למפות בנספח 1 ומחלקות את הארץ ל- 3 אזורי רגישות: גבוהה, בינונית ונמוכה על פי קצב הגעת מזהמים למי התהום, בחפיפה רבה למפות הכלולות במדריך זה.

השימוש במפת הרגישות של תמ"א 34, מוצע על בסיס תוספת להגדרות המקוריות כדלהלן:

דרגת רגישות	הקריטריונים לפי תמ"א 34	הנחיות תמ"א 34	תוספת הגדרה לצורך שימור נגר עילי
רגישות גבוהה	מעל אקוויפר מי שתייה, זמן המעבר מאזור החלחול למקורות המים- עד 10 שנים	אסור להשקיה בקולחים שאינם באיכות מי שתייה ובמליחות פחותה מזו של האקוויפר	עדיפות גבוהה, הצדקה למאמץ תכנוני והשקעות בהחדרת נגר עילי
רגישות בינונית	מעל אקוויפר מי שתיה, זמן המעבר מאזור החלחול למקור המים- 10 עד 100 שנים.	מותר להשקיה בקולחים באיכות 20/30, או שעומדת בתקנות משרד הבריאות, ומליחות פחותה מזו של האקוויפר	עדיפות בינונית שימור נגר עילי רצוי
רגישות נמוכה	מעל אקוויפר, זמן המעבר מאזור החחלחול למקור המים מעל 100 שנה	אזור מותר להשקיה בקולחים באיכות 20/30 או שאיכותם עומדת בתקנות משרד הבריאות	עדיפות נמוכה שימור נגר עילי אפשרי
בלתי מוגבל	1. מעל מחשופים אטומים וסכנת חלחול מזערית 2. מעל אקוויפר מלוח	אזור מותר להשקיה בלתי מוגבלת בקולחים	פתרונות חלופיים איתור שימושים חליפיים לנגר העילי

מפת העדיפות להחדרה, על פי הגדרות לצורך שימור הנגר העילי, מוגשת להלן ומאפשרת סיווג ראשוני של אזור התכנית, מבחינת עדיפותו להחדרה.

הערות:

- המפה כוללת ארבעה גליונות, כאשר החלק של הנגב המרכזי ודרומה אינו כלול, היות וברובו אינו מתאים לשימור נגר ואף כמויות הגשמים בו הינן מועטות ובעלות אופי שטפוני.
- על גבי הגיליון הדרומי, מסומנים קווי כמות גשם שנתית ממוצעת של 100 מ"מ , 200 מ"מ ו- 300 מ"מ לשנה, המוסיפים מידע לגבי פוטנציאל החדרת הנגר, באזורים הפחות גשומים של ישראל.
- אזור אקוויפר ההר מאזור מודיעין בצפון ועד צפונית לבאר שבע בדרום - מופיע במפה כבלתי מוגבל ולפיכך כ"פתרונות חלופיים" לנגר עילי. יחד עם זאת, על פי ההסבר בסעיף מי התהום לעיל, יש הצדקה להחדרת נגר עילי גם באזור זה.

מפת עדיפות להחדרת נגר עילי

(מתוך תמ"א 34 - רגישות הידרולוגית)

גיליון 1 מתוך 4

מקרא:

עדיפות להחדרה

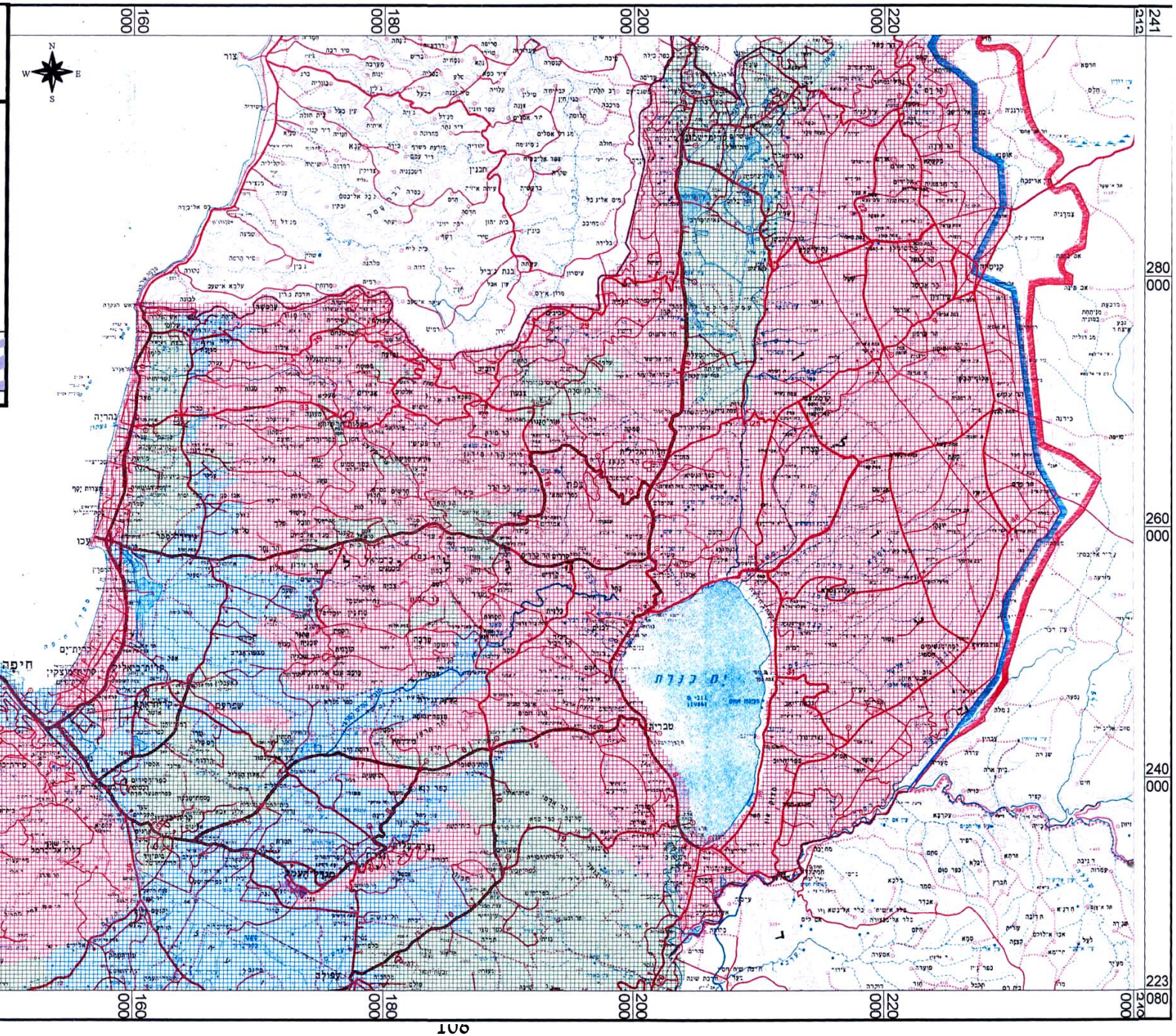
- עדיפות גבוהה
- עדיפות בינונית
- עדיפות נמוכה
- פתרונות חלופיים

קנ"מ: 1:300000

קילומטרים 7 0 7

הופק ע"י אנוש
מערכות סביבתיות
במערכת מידע גיאוגרפי (GIS)
טל': 09-7611111 פקס: 09-7611110

תאריך: 09/02/04 קובץ: פר/יעל/נגר


N
W
E
S
160 000
180 000
200 000
220 000
241 212
280 000
260 000
240 000
223 080
130 722
140 000
חיפה
עכו
נהריה
צפת
טבריה
ים כנרת
אפולה
מעלות תרשיחא
נצרת עילית
עפולה
חדרה
נתניה
אשקלון
אשדוד
רחובות
לוד
רמלה
אור יהודה
יבנה
גדרה
מודיעין
בית שמש
אלעד
רמת גן
בני ברק
אור עקיבא
זכרון יעקוב
בנימינה
חדרה
נשר
קריות
מגדל העמק
יוקנעם
כרמיאל
מעלות
שלומי
מרגליות
אבן יהודה
קדימה
כפר סבא
רעננה
הרצליה
רמת השרון
אלון מורה
אלון הגליל
מבוא חורון
מבוא דותן
מבוא עפולה
מבוא בית שאן
מבוא גלבוע
מבוא יבנאל
מבוא יבנה
מבוא אשדוד
מבוא אשקלון
מבוא רמלה
מבוא לוד
מבוא רחובות
מבוא נתניה
מבוא חדרה
מבוא עכו
מבוא נהריה
מבוא חיפה
מבוא מעלות
מבוא כרמיאל
מבוא נצרת עילית
מבוא מגדל העמק
מבוא יוקנעם
מבוא בנימינה
מבוא זכרון יעקוב
מבוא אור עקיבא
מבוא בני ברק
מבוא רמת גן
מבוא רעננה
מבוא כפר סבא
מבוא הרצליה
מבוא רמת השרון
מבוא אלון מורה
מבוא אלון הגליל
מבוא מרגליות
מבוא שלומי
מבוא אבן יהודה
מבוא קדימה
מבוא מודיעין
מבוא בית שמש
מבוא אלעד
מבוא גדרה
מבוא יבנה
מבוא לוד
מבוא רמלה
מבוא אור יהודה
מבוא אשדוד
מבוא אשקלון

מפת עדיפות להחדרת נגר עילי

(מתוך תמ"א 34 - רגישות הידרולוגית)

מקרא:

עדיפות להחדרה

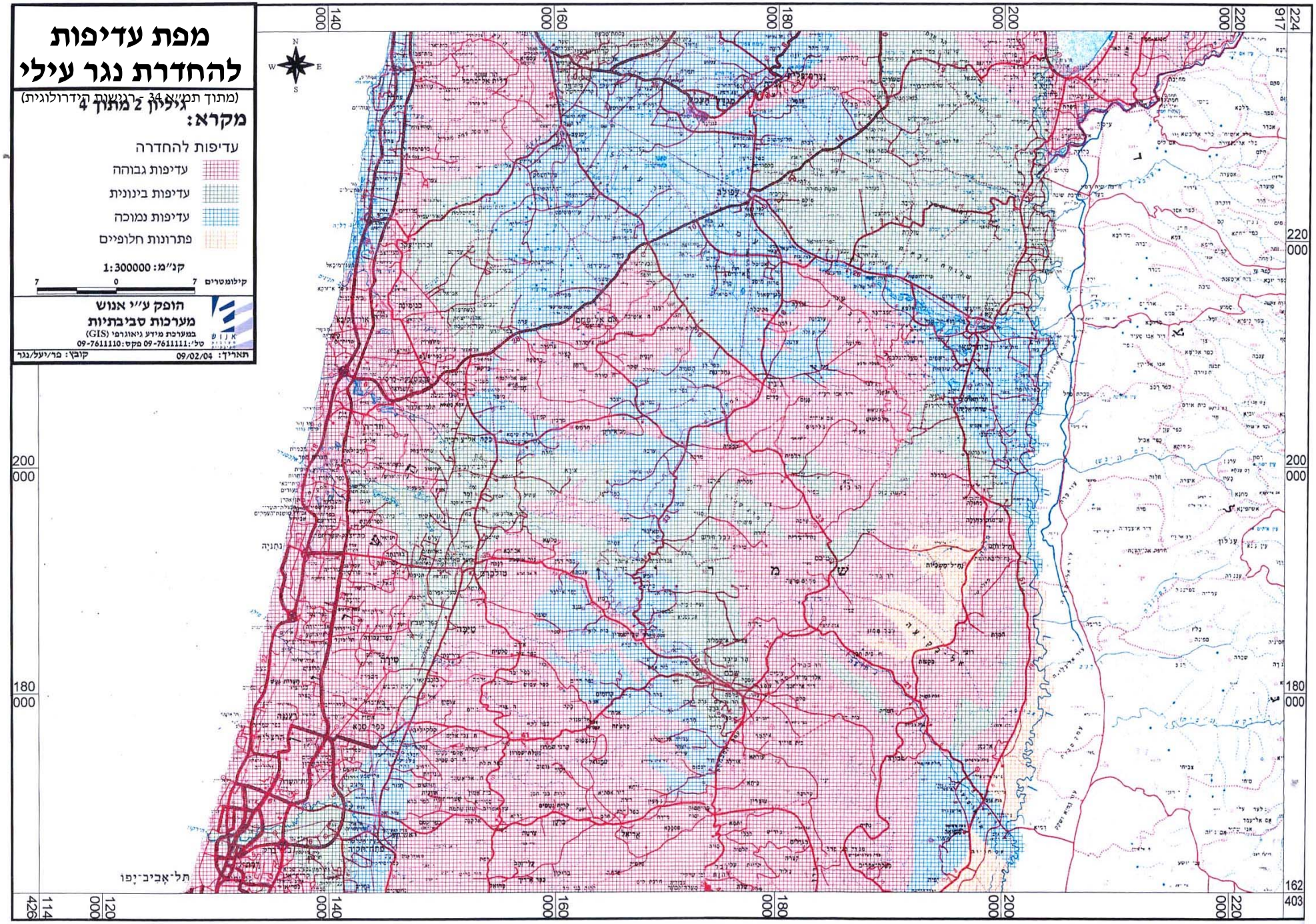
- עדיפות גבוהה
- עדיפות בינונית
- עדיפות נמוכה
- פתרונות חלופיים

קנ"מ: 1:300000

קילומטרים 7 0 7

הופק ע"י אנוש מערכות סביבתיות
במערכת מידע גיאוגרפי (GIS)
טל': 09-7611111 פקס: 09-7611110

תאריך: 09/02/04 קובץ: פר/יעל/נגר



מפת עדיפות להחדרת נגר עילי

(מתוך תמ"א 34 - רגישות הידרולוגית)

גיליון 3 מתוך 4

מקרא:

עדיפות להחדרה

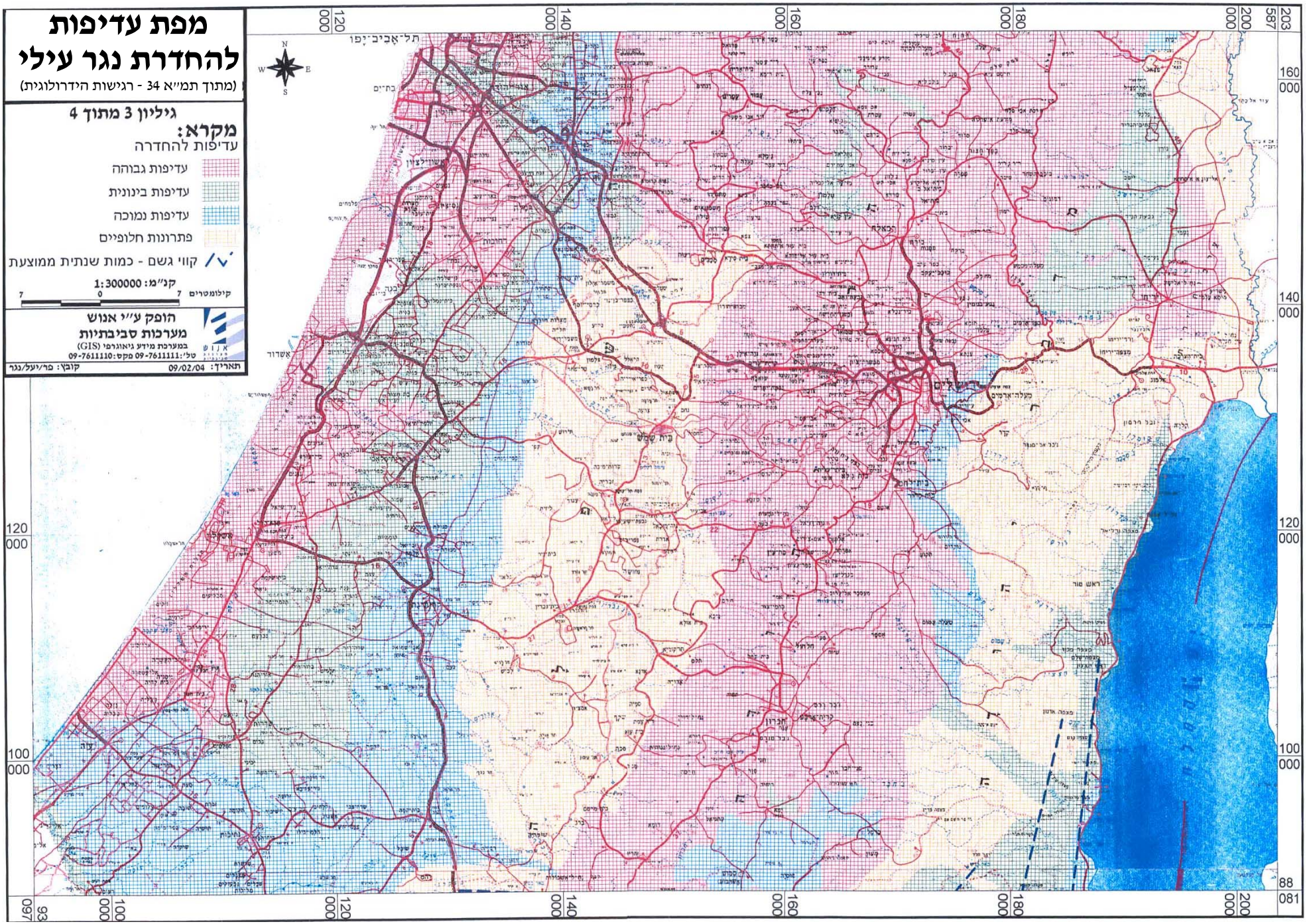
- עדיפות גבוהה
- עדיפות בינונית
- עדיפות נמוכה
- פתרונות חלופיים
- קווי גשם - כמות שנתית ממוצעת

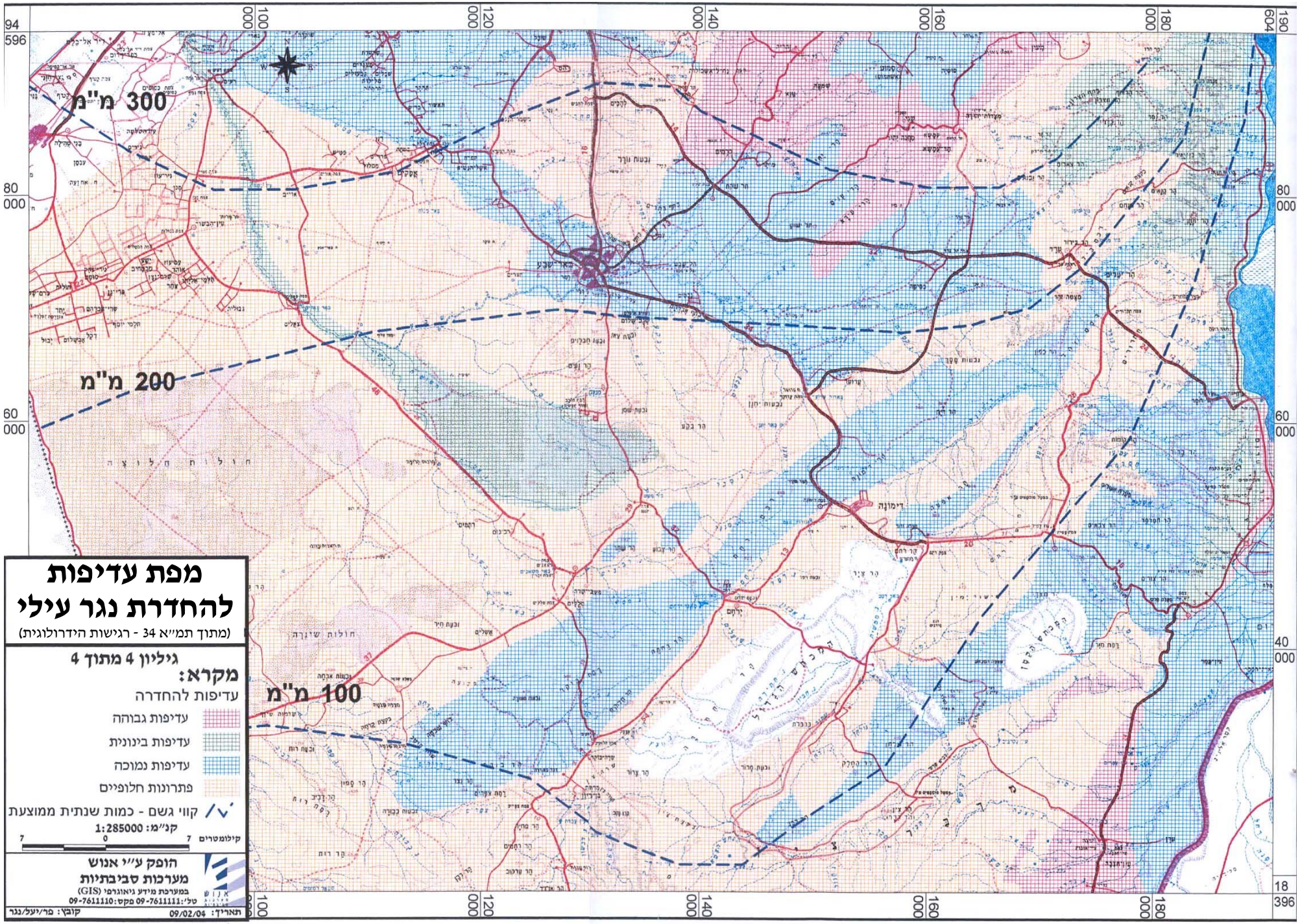
קנ"מ: 1:300000

קילומטרים 7 0 7

הופק ע"י אנוש
מערכות סביבתיות
במערכת מידע גיאוגרפי (GIS)
טל': 09-7611111 פקס: 09-7611110

תאריך: 09/02/04 קובץ: פר/יעל/נגר




300 מ"מ
200 מ"מ
100 מ"מ
מפת עדיפות
להחדרת נגר עילי
(מתוך תמ"א 34 - רגישות הידרולוגית)
גיליון 4 מתוך 4
מקרא:
עדיפות להחדרה
עדיפות גבוהה
עדיפות בינונית
עדיפות נמוכה
פתרונות חלופיים
קווי גשם - כמות שנתית ממוצעת
קנ"מ: 1:285000
קילומטרים
7 0 7
הופק ע"י אנוש
מערכות סביבתיות
במערכת מידע גיאוגרפי (GIS)
טל': 09-7611111 פקס: 09-7611110
תאריך: 09/02/04
קובץ: מר/יעל/נגר

נספח 1.4: מפות

בנספח זה מוגשת כותרות שלוש המפות הנדרשות לצורך ניתוח האתר ברמה הכוללנית: מפה גיאולוגית, מפת חבורות קרקע ומפת מפלסי מי תהום.

המפות נועדו לשימושם של אנשי המקצוע בתחום הגיאולוגיה ההנדסית, הקרקע וההידרו-גיאולוגיה ולהתמצאות כללית של חברי צוות התכנון.

כותרת מפה גיאולוגית הנדסית

מקור: המכנון הגיאולוגי

בנוסף, ניתן להשתמש במפה הגיאולוגית של ישראל, בקנ"מ 1:200,000, שהוכנה על ידי הצוות A. Sneh, Y Bartov and M. Roscensaft (1988) והוצאה על ידי המכון הגיאולוגי ב- 4 גליונות הנמכרים יחד עם CD.

יתרונו של סט מפות זה בהביאו, בנוסף לגבולות בין תצורות גיאולוגיות, גם מידע מוכלל על הרכבן הליתולוגי. ההרכב מצביע על אפיון כללי של החומר ומקנה הערכות ראשוניות באשר לתכונותיו. לדוגמא, על פניו ניתן להניח כי תצורה המורכבת מאבני גיר ודולומיט תהיה בעלת חדירות גבוהה בסדרי גודל מזו המורכבת חואר, חרסית או קרטון.

בנוסף, סומנו על גבי המפות גם העתקים (שברים גיאולוגיים) ומרכיבי מבנה אחרים – כגון גלישות. באלה יש כדי להוסיף לפענוח הראשוני והמוכלל.

עם זאת, גם מפה מוכללת זו מחייבת הכרות בסיסית עם הגיאולוגיה של ישראל משום שמטבע הדברים בקנה מידע זה קשה ליצור תמונה שלמה של מרכיבי תת הקרקע. לשם כך דרוש מעבר למפות מפורטות יותר (1:50,000 ואחרות) ובחינת התופעות בתצ"א ובשטח.

כותרת מפת מפלסי מי תהום

מקור: השרות ההידרולוגי

כותרת מפת חבורות קרקע

מקור: משרד החקלאות, מכון וולקני, האגף לשימור קרקע

קנ"מ 1: 250,000

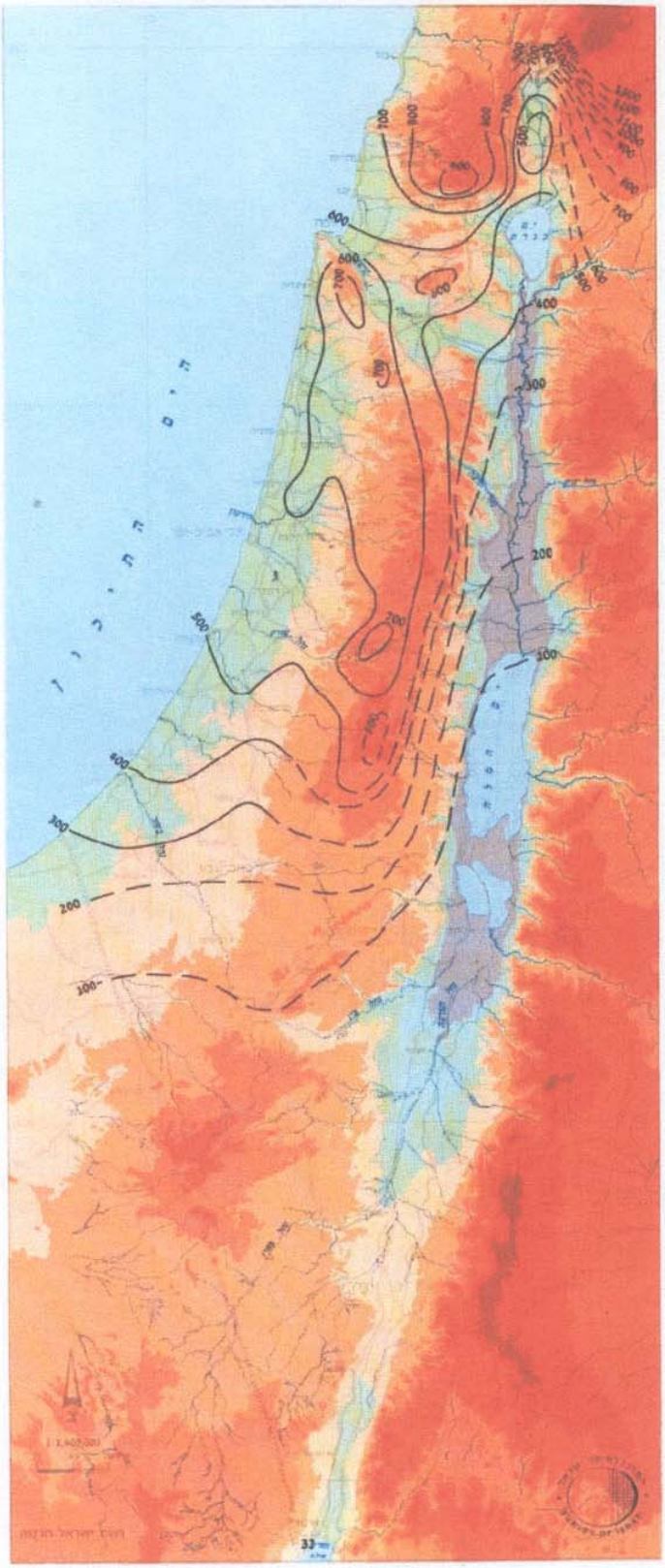
נספח 2: משקעים

פירוט נתוני המשקעים ניתן למצוא באטלס האקלימי, בהוצאת השרות המטאורולוגי, אוניברסיטת תל – אביב ומשרד האנרגיה והתשתית משנת 1994.

בנספח זה מובאות מפה אחת ושתי טבלאות, המאפשרות התמצאות כללית ראשונית לצורך ניתוח האתר ברמה הכוללנית.

הנספח כולל:

- מפה 11: כמות משקעים ממוצעת.
- טבלה 35: כמות משקעים חודשית ושנתית ממוצעת.
- טבלה 37: התפלגות עוצמות גשום גשם מקסימלית.



STATE OF ISRAEL
MINISTRY OF TRANSPORT
ISRAEL METEOROLOGICAL SERVICE

מדינת ישראל
משרד התחבורה
השירות המטאורולוגי

מפה 11

משקעים (מ"מ):
כמות שנתית ממוצעת

MAP 11

PRECIPITATION (mm):
AVERAGE ANNUAL AMOUNT

PERIOD 1961-1990 תקופה

מקור: השירות המטאורולוגי (1990)
Source: Israel Meteorological Service (1990)

בית דגן, 2000

Table 35
PRECIPITATION (mm) :
AVERAGE MONTHLY AND ANNUAL AMOUNTS

PERIOD 1961 - 1990 תקופה

טבלא 35
משקעים (מ"מ) :
כמות חודשית ושנתית ממוצעת

Station	שנתי Annual	דצמ' Dec	נוב' Nov	אוק' Oct	ספט' Sep	אוג' Aug	יולי July	יוני June	מאי May	אפר' Apr	מרץ Mar	פבר' Feb	ינו' Jan	חודש / תחנה
Coastal Strip														**רצועת החוף**
Nahariyya	640	146	90	35	1				5	34	67	107	155	נהריה
Geva Karmel	599	158	75	31	1				7	24	62	95	146	נבע כרמל
Tel Aviv-Sede Dov	524	133	78	34	1				3	19	51	80	125	תל אביב - שדה דב
Gaza	405	89	66	24	1				1	15	34	64	111	עזה
Coastal Plain and Northern Negev														**מישור החוף וצפון הנגב**
Gan Shomeron	629	169	80	31	1				3	28	66	99	153	גן שומרון
Bet Dagan, Met. Serv.	553	143	72	27					2	20	60	88	139	בית דגן - שרות מטאו'
Ben Gurion Airport	571	138	74	24					3	24	62	97	149	נמל תעופה בן גוריון
Hazor-Ashdod	516	114	78	28	1				2	20	55	87	132	חצור אשדוד
Sede Moshe	416	87	46	18					3	21	50	83	108	שדה משה
Dorot	360	70	47	15					1	18	40	72	97	דורות
Be'er Sheva	207	43	21	8					3	15	28	38	50	באר שבע
HaShefela														**השפלה**
Beit Jimal	516	102	58	20	1				2	26	74	101	132	בית ג'מל
Lahav	307	63	35	10	1				2	19	43	58	76	להב
Mountain Regions														**אזורי ההר**
High Mountains														**ההרים הגבוהים**
Zomet HaShiryon	660	129	67	23					8	46	100	127	160	צומת השריון
Har Kena'an	712	145	85	29	1				8	45	98	127	174	הר כנען
Jerusalem Airport	590	110	68	24					2	32	98	113	143	ירושלים, נ"ת עטרות
Yattir	269	53	26	7					3	19	42	51	68	יתיר
Sede Boqer	97	23	9	3					1	8	15	16	23	שדה בוקר
Rekhes Ramon	81	15	6	5					3	6	14	14	18	רכס רמון
Low Mountains														**ההרים הנמוכים**
Elon	793	179	104	39	1				7	46	92	142	183	אילון
Tavor	536	125	58	21	2				5	31	71	94	131	תבור
Nazerat Illit	620	143	66	26					5	39	86	109	146	נצרת עלית
Even Yizhaq	654	165	83	31	1				6	29	79	110	150	אבן יצחק
Eastern Shomeron and Yehuda Desert														**מזרח שומרון ומדבר יהודה**
Arad	133	27	11	6	1				3	9	23	23	31	ערד
The Northern Valleys & Jordan Rift Valley														**העמקים הצפוניים ובקע הירדן**
Northern Valleys														**העמקים הצפוניים**
Kefar Blum	524	107	64	22					9	31	74	95	122	כפר בלום
Ramat Dawid	538	133	64	23	1				5	28	68	89	127	רמת דוד
Central Jordan Rift Valley														**מרכז בקע הירדן**
Deganya Alef	407	87	50	17	1				5	30	56	69	93	דגניה א'
Hefzi Bah	432	97	49	16					7	19	66	71	107	חפצי-בה
Tirat Zevi	274	60	35	12					6	15	39	45	62	טירת צבי
Jericho	163	32	21	8					2	10	27	28	35	יריחו
Dead Sea Region														**אזור ים המלח**
Sedom	48	10	4	2					1	7	6	8	11	סדום
Ha'Arava														**הערבה**
Elat	32	6	4	3					1	3	4	5	5	אילת

Source: Israel Meteorological Service, 1990 and unpublished data

מקור: השרות המטאורולוגי, 1990 ועבודים שלא פורסמו מארכיון השרות המטאורולוגי

Table 37

PROBABILITY OF MAXIMUM RAIN INTENSITY (MM/H) FOR GIVEN DURATIONS

טבלא 37

הסתברות של עוצמת גשם מקסימלית (מ"מ/שעה) למשכי זמן נתונים

10 MIN. DURATION — משך 10 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	55	69	79	98	125	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	61	77	88	110	140	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	53	66	74	90	113	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	44	56	64	79	101	נגבה
Be'er Sheva	25	38	47	69	106	באר שבע
Kefar Giladi	35	43	49	60	76	כפר גלעדי
Har Kena'an	35	45	52	66	85	הר כנען
Afula	35	50	60	81	114	עפולה
Jerusalem, central	30	40	47	60	80	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	16	38	55	95	175	רכס רמון
Deganya Alef	33	42	48	59	76	דגניה א'
Sedom	16	28	37	57	92	סדום

15 MIN. DURATION — משך 15 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	46	58	66	82	104	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	49	63	72	90	116	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	45	54	61	73	91	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	38	48	54	66	84	נגבה
Be'er Sheva	20	31	39	55	77	באר שבע
Kefar Giladi	29	36	41	50	64	כפר גלעדי
Har Kena'an	29	37	43	51	63	הר כנען
Afula	29	41	50	69	92	עפולה
Jerusalem, central	26	34	39	48	62	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	13	28	43	73	128	רכס רמון
Deganya Alef	27	35	40	48	60	דגניה א'
Sedom	12	21	28	44	70	סדום

30 MIN. DURATION — משך 30 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	32	41	46	57	72	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	32	42	49	62	82	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	31	37	41	48	59	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	27	34	38	47	60	נגבה
Be'er Sheva	13	20	25	34	45	באר שבע
Kefar Giladi	19	24	27	34	43	כפר גלעדי
Har Kena'an	21	25	28	32	37	הר כנען
Afula	19	29	35	46	62	עפולה
Jerusalem, central	19	24	27	31	36	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	9	20	27	44	76	רכס רמון
Deganya Alef	18	24	28	33	42	דגניה א'
Sedom	8	13	18	27	44	סדום

60 MIN. DURATION — משך 60 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	21	27	31	39	51	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	19	26	31	41	55	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	21	25	28	33	41	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	18	23	26	33	42	נגבה
Be'er Sheva	9	12	15	20	29	באר שבע
Kefar Giladi	13	17	19	24	30	כפר גלעדי
Har Kena'an	14	17	19	21	25	הר כנען
Afula	13	19	22	31	43	עפולה
Jerusalem, centnal	13	16	18	21	24	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	6	13	17	27	45	רכס רמון
Deganya Alef	11	15	17	22	29	דגניה א'
Sedom	5	8	11	17	28	סדום

120 MIN. DURATION — משך 120 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	13	17	20	25	33	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	11	16	19	25	34	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	13	16	18	23	28	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	11	14	17	21	27	נגבה
Be'er Sheva	6	7	9	11	15	באר שבע
Kefar Giladi	9	11	12	15	19	כפר גלעדי
Har Kena'an	9	11	12	13	15	הר כנען
Afula	8	11	13	17	26	עפולה
Jerusalem, central	9	11	12	13	15	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	4	8	11	17	27	רכס רמון
Deganya Alef	8	10	12	15	19	דגניה א'
Sedom	3	5	7	11	17	סדום

180 MIN. DURATION — משך 180 דקות

Station / Probability	50%	25%	15%	5%	1%	תחנה / הסתברות
Haifa, sea shore	10	13	15	19	24	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	9	12	14	19	27	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	10	13	14	18	22	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	9	11	13	16	21	נגבה
Be'er Sheva	5	6	7	8	11	באר שבע
Kefar Giladi	7	9	10	13	17	כפר גלעדי
Har Kena'an	7	9	10	12	14	הר כנען
Afula	6	9	11	16	22	עפולה
Jerusalem, central	7	8	9	10	12	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	3	6	8	13	21	רכס רמון
Deganya Alef	6	8	9	12	15	דגניה א'
Sedom	2	4	5	8	13	סדום

STATION NETWORK: LOCATION AND PERIOD OF OBSERVATION

רשת התחנות: מיקום ותקופות התצפית

Station	תקופה Period			רום (מ') Elevation (m)	רוחב Lat.	אורך Long.	נקודת ציון Israel grid	תחנה
Haifa, sea shore	1955/56	-	1988/89	5	32°49'	35°00'	150247	חיפה, חוף
Tel Aviv, Sede Dov	1941/42	-	1988/89	4	32°06'	34°47'	129168	ת"א, שדה דב
Bet Dagan, Met. Serv.	1962/63	-	1989/90	30	32°00'	34°49'	132157	בית דגן, ש. מטאו'
Negba	1951/52	-	1988/89	90	31°40'	34°39'	119118	נגבה
Be'er Sheva	1943/44	-	1989/90	280	31°15'	34°48'	130073	באר שבע
Kefar Giladi	1958/59	-	1988/89	340	33°15'	35°34'	203293	כפר גלעדי
Har Kena'an	1949/50	-	1988/89	934	32°58'	35°30'	197264	הר כנען
Afula	1941/42	-	1977/78	65	32°36'	35°17'	177223	עפולה
Jerusalem, central	1950/51	-	1988/89	815	31°46'	35°13'	171131	ירושלים, מרכז
Rekhes Ramon	1958/59	-	1988/89	860	30°36'	34°48'	131002	רכס רמון
Deganya Alef	1944/45	-	1989/90	-200	32°43'	35°34'	204235	דגניה א'
Sedom	1959/60	-	1988/89	-390	31°02'	35°23'	187048	סדום

Source: Morin, Sharon and Rubin (1994)

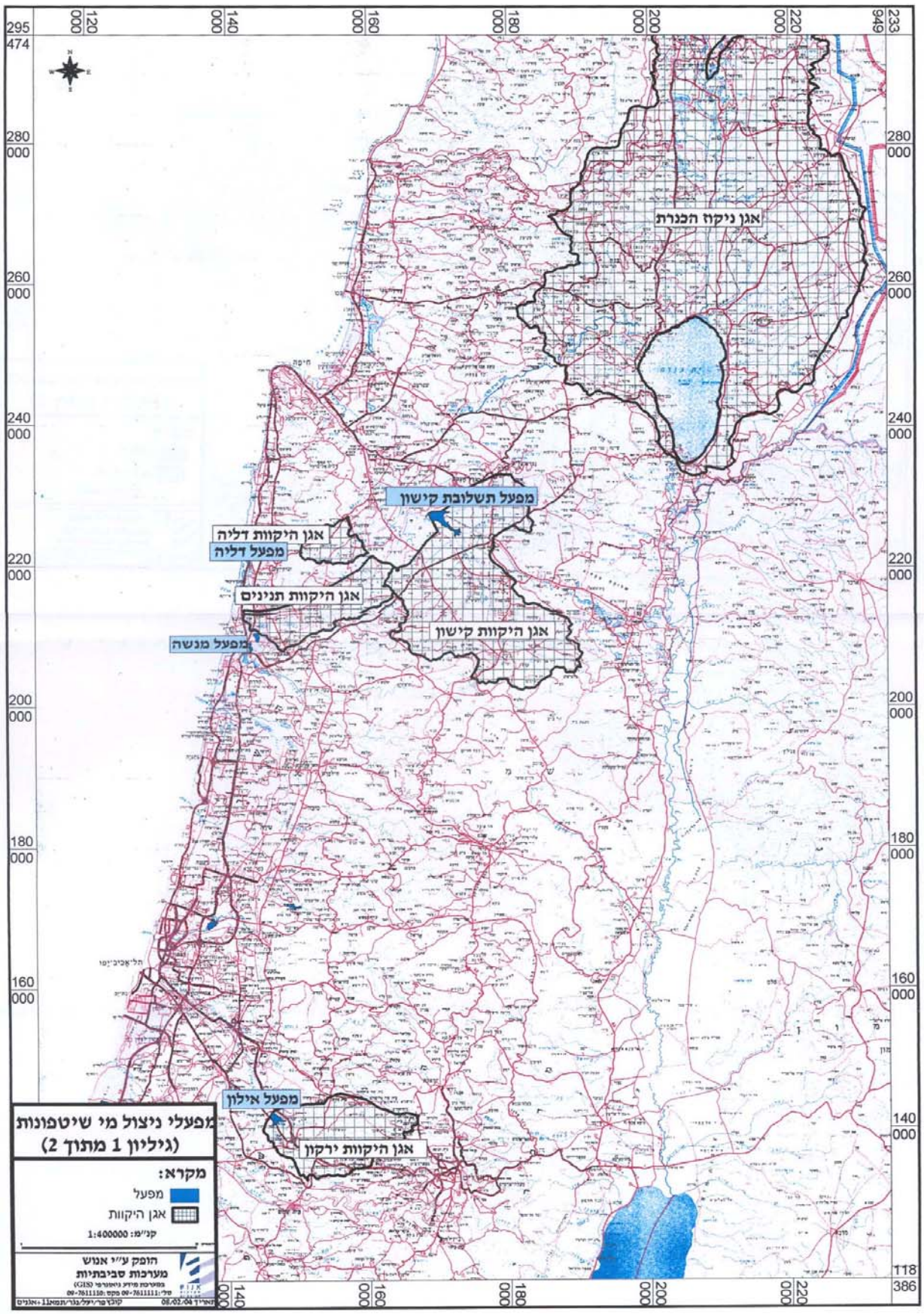
מקור: מורין, שרון ורובין (1994)

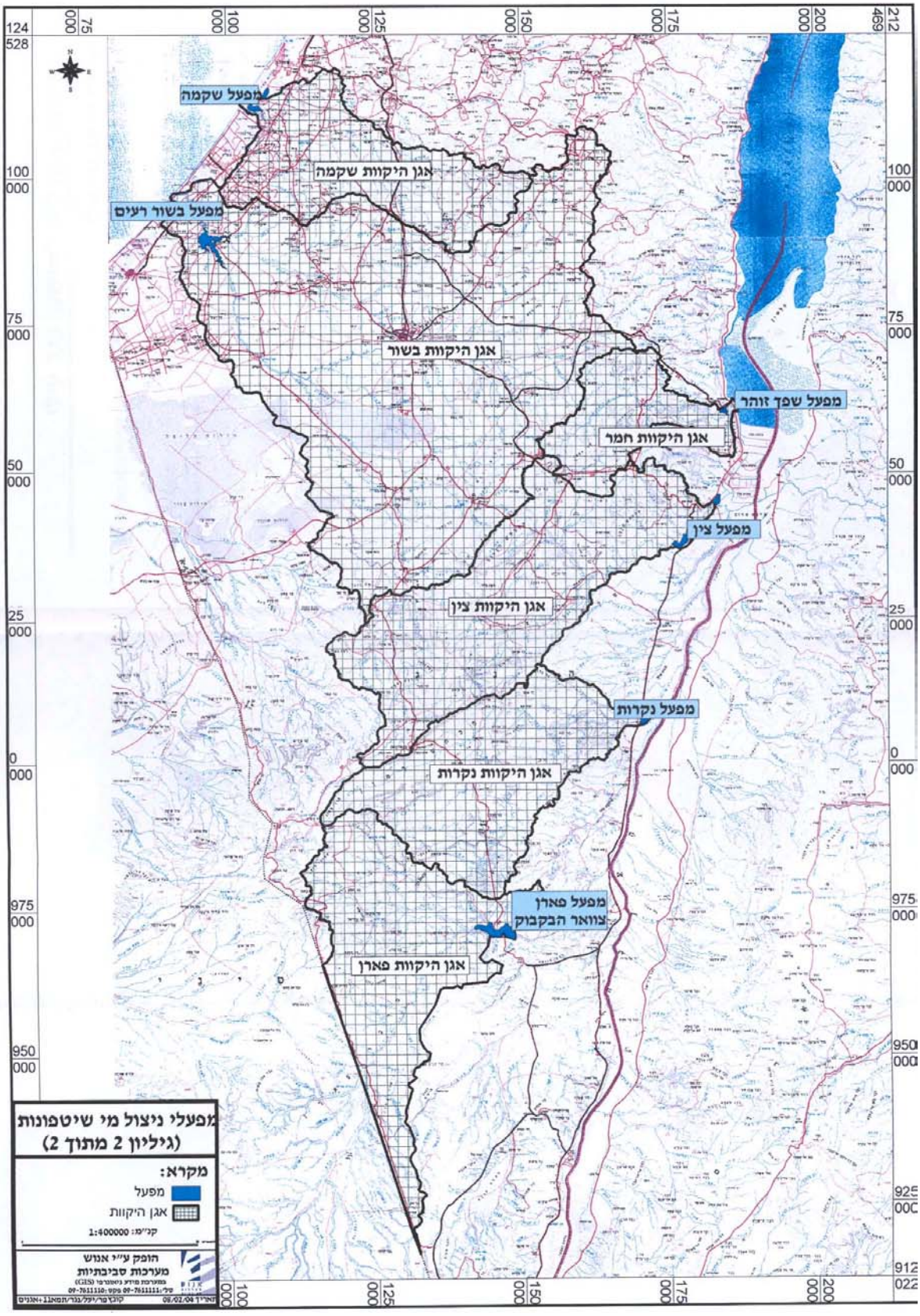
בשני הגליונות להלן מוצגים המפעלים הבאים:

- אגן ניקוז הכנרת
- מפעל שקמה
- מפעל תשלובת קישון
- מפעל נחל דליה
- מפעל נחלי מנשה
- מפעל אילון
- מפעל בשור- רעים
- מפעל שפך זוהר
- מפעל צין
- מפעל נקרות
- מפעל פארן

<u>הערות:</u>
יש לבדוק הימצאות מפעלים מקומיים במורד שטח התכנית, בנוסף למפעלים לעיל, אשר אגני ההיקוות שלהם נתונים במפות בהמשך.

בין המפעלים המקומיים ניתן לציין את:
- מאגר ניקוז ליד מעבר קרני, בקירבת נחל עוז.
- מאגר בדרום מערב ראשל"צ, ליד השפדן, בשלבי תכנון.


אגן ניקוז הכנרת
מפעל תשלובת קישון
אגן היקוות דליה
מפעל דליה
אגן היקוות תנינים
מפעל מנשה
אגן היקוות קישון
מפעל אילון
אגן היקוות ירקון
מפעלי ניצול מי שיטפונות
(גיליון 1 מתוך 2)
מקרא:
מפעל
אגן היקוות
קנ"מ: 1:400000
הופק ע"י אגוש
מערכות סביבתיות


מפעל שקמה
אגן היקוות שקמה
מפעל בשור רעים
אגן היקוות בשור
מפעל שפך זוהר
אגן היקוות חמר
מפעל צין
אגן היקוות צין
מפעל נקרות
אגן היקוות נקרות
מפעל פארן צוואר הבקבוק
אגן היקוות פארן
מפעלי ניצול מי שיטפונות
(גיליון 2 מתוך 2)
מקרא:
מפעל
אגן היקוות
קנ"מ: 1:400000
הופק ע"י אגוש
מערכות סביבתיות

נספח 4: שיטות לחישוב נגר עילי

נספח 4.1: שיטות חישוב נגר עילי - ספיקות שיא, ונפחים.

שיטות החישוב השונות כוללות את עוצמת הגשם ומשכו לזמן החזרה התיכנוני הרצוי ואת מקדם הנגר או ההשהיה של המים, עבור שטח התכנון.

4.1.1 השיטה הרציונלית

שיטה אמפירית המחשבת את ספיקת השיא, מותאמת במיוחד לאגני ניקוז קטנים בסדר גודל של מספר קמ"ר, ולתדירויות גבוהות של 1 עד 100 שנים. למרות שהתכנון העירוני עוסק בארועים שזמן חזרתם עד 10 שנים.

$$Q = C * I * A$$

כאשר: Tr>Tc

- Q – ספיקה (מ"ק/שניה)
- C – מקדם הנגר
- I - עוצמת הגשם הממוצעת של הגשם הסופתי החזק (מ"מ/שעה)
- A – שטח אגן הניקוז (קמ"ר)
- Tr - משך הגשם הסופתי (דקות)
- Tc – משך הריכוז של הנגר (דקות)
- L - אורך האפיק הראשי (ק"מ)
- S- שיפוע (מ'/מ')

הנחת יסוד היא שמשך הגשם הסופתי (Tr) גדול ממשך הריכוז (Tc). הנחה זו עלולה להיות שגויה כאשר פועלים באיזורים צחיחים, שבהם משך הסופות קצר.

משך הריכוז של הנגר מחושב על סמך נוסחאות אמפיריות שונות, כגון: $T_C = K\frac{(L)}{\sqrt{S}}$.

טבלאות שונות למקדמי נגר לאיזורים עירוניים שונים בעלי מאפיינים שונים ולתשתיות עירוניות שונות מוגשות בנספח 4.3 בהמשך. הטבלאות נותנות אפשרויות שונות של שימושי קרקע שונים, סוגי קרקע שונים, טופוגרפיה שונה, ושיעורים שונים של כיסוי בשטח בנוי, עבור תקופות חזרה.

חישוב ספיקות השיא ממרחב עירוני מתוכנן בשיטה הרציונלית

1. חישוב השטח האטים על-פי מפות התכנון, תוך הפרדה בין השטח העירוני הרציף המנוקז אל מערכת הניקוז העירונית – השטח התורם האפקטיבי, לבין שטחי השהייה של מים, כגון: גגות שטוחים, חצרות מפולסות, מגרשי חניה המשמשים כמסופים שכונתיים, וכו'.
2. הגדרת מרחבים שונים מבחינת צפיפות ואופי שימושי הקרקע (נספח 4.3, טבלה מס. 1).
3. קביעת אופי השטחים הפתוחים מבחינת תשתית הקרקע (נספח 4.3, טבלאות מס. 2 ו- 3).
4. קביעת שיפוע ממוצע של מרחב התכנון, או שפועים חלקיים לאורך תוואי הזרימה.
5. קביעת סופת התכן (I) – עפ" ההסתברות המבוקשת עוצמת הגשם על-פי ההסתברות הנדרשת ומשך הגשם (Tr), שלגביה ייערכו חישובי הספיקה.

6. קביעת השטח התורם האפקטיבי A עבור סופת התכן: השטח התורם גדל עם הקטנת ההסתברויות (הגדלת זמן החזרה).

7. קביעת משך הריכוז של הנגר (Tc) – על סמך נוסחאות אמפיריות. יש לודא שמשך הריכוז קטן או שווה למשך הגשם בעל העוצמות הגבוהות (Tr) (תנאי הכרחי לשמוש בנוסחה הרציונלית) או קצר מ- 60 דקות (ראו סעיף 4.1.1 לעיל).

8. קביעת מקדם נגר C או מקדם נגר משוקלל על-פי מספר קריטריונים ולפי אחת הטבלאות המקובלות (טבלאות 2, 1 נספח 4.3 להלן):

   א. שמושי הקרקע ברמת הפירוט המבוקשת – שכונתית כגון: מגורים, מרכז עסקים, שצ"פ, וכו', או מפורטת יותר כגון: גגות, כבישים, חצרות, מדרכות, וכו'.

   ב. שיפועים.

   ג. שיעור השטח האטום.

   ד. אופי הקרקע – חולי, חרסיתי קל (סיין), חרסיתי כבד, וכו' (טבלה בנפסח 1.1 לעיל).

   ה. תדירות - זמן חזרה/הסתברות.

9. חישוב ספיקת השיא של סופת התכן (ראו סעיף 4.1.1 לעיל).

4.1.2 שיטת ה- S.C.S.

שיטת השרות לשימור הקרקע האמריקאי Soil Conservation Service (1975), מותאמת לאגני ניקוז בינוניים וגדולים ופותחה לצורך הערכת נפחי נגר סופתיים באזורים חקלאיים ועירוניים. השיטה מתוארת באופן מפורט על-ידי מירון-פיסטינר וחובריה (1996). שיטת ה- SCS מורכבת יותר ונוחה פחות ליישום. הפעלת השיטה על נתוני עיר סופתיים מאפשרת חישוב נפחי נגר יומיים, סופתיים, ועונתיים מצטברים. המשתנים שבהם משתמשת השיטה הם: כמות המשקעים, אופי הקרקע (מירקם), רמת הרטיבות בקרקע ושימושי הקרקע.

$$Q = (P - Ia)^2 / P - Ia + S$$

כאשר:

- Q – עובי נגר סופתי/יומי (מ"מ)
- P – עובי גשם סופתי/יומי (מ"מ)
- Ia – הפחתה הקודמת ליצירת נגר עילי כתוצאה מחלחול, אוגר שקערוריות, לכידה על-ידי צמחיה והתאדות
- S – השהיית מים פוטנציאלית מכסימלית

מאחר ומשתנה ה- Ia כלול בתוך משתנה ה- S, היחס שנקבע ביניהם, על-פי נסיונות אמפיריים של שרות שימור הקרקע האמריקאי, הוא:

$$Ia = 0.2\ S$$

הצבת קשר זה אל הנוסחה הראשונית נותנת את משוואות חישוב הנגר המקובלת:

$$Q = (P - 0.2\ S)^2 / (P + 0.8\ S)$$

המשוואה תקפה עבור $p > 0.2S$. כאשר $p < 0.2S$ אין נגר.

הפרמטר S מבוסס על ניסויים באגני ניקוז שונים בארה"ב שבהם פותחו Curve Numbers (CN), שהם טבלאות המספקות נתונים על השהית המים הפוטנציאלית המכסימלית, כפונקציה של אופי הקרקע, תכולת המים בקרקע ושמושי הקרקע (Sheaffer et al., 1982).

היחס בין CN ל-S הוא:

$$S = (25400 / CN) - 254$$

ה- CN הנו ערך מספרי, הכולל בתוכו את סך ההשפעות של סוג הקרקע, מצב הרטיבות הקודמת ושימושי הקרקע על היווצרות הנגר העילי ומהווה בכך את מקדם הנגר של שיטת ה – SCS. ערכי ה-CN נעים בין 0 ל- 100. הערך גבוה יותר ככל שתנאי הקרקע ושמושי הקרקע יוצרים שטח אטים יותר.

לצורך קביעת ערכי ה- CN (נספח 4.3 טבלה מס. 4 להלן):

- יש לסווג את הקרקע באזור התכנון על-פי תכונותיה ההידרולוגיות. החלוקה ששיטת ה- SCS כוללת היא:

- קרקעות מסוג A – קרקעות בעלות כושר חידור גדול מ- 7.6 מ"מ/שעה ועל-כן בעלות פוטנציאל נמוך ליצור נגר.
- קרקעות מסוג B – קרקעות בעלות קצבי חידור בינוניים של 3.8-7.6 מ"מ/שעה.
- קרקעות מסוג C – בעלות כושר חידור של 1.3-3.8 מ"מ/שעה.
- קרקעות בעלות כושר חידור נמוך - <1.3 מ"מ/שעה בעלות פוטנציאל נגר גבוה.
- בישראל רוב הקרקעות הנן בעלות כושר חידור גבוה בהרבה מ- 7.6 מ"מ/שעה.

- יש לקבוע את מצב הרטיבות הקודמת Antecedent Moisture Condition (AMC) בקרקע, המתייחסת אל כמות הגשם הכוללת בחמשת הימים הקודמים לסופה. השיטה מסווגת שלוש רמות לרטיבות הקרקע:
  - רמת רטיבות 1(AMC1) - רמת רטיבות נמוכה או דרגת S גבוהה.
  - רמת רטיבות 2(AMC2) - רמת רטיבות בינונית.
  - רמת רטיבות 3 (AMC3) - רמת רטיבות גבוהה או דרגת S נמוכה.

הנחיות לחישוב כמויות נגר באמצעות נוסחת שירות שימור הקרקע האמריקאי S.C.S

1. קביעת עובי הגשם היומי/סופתי שלגביו יחושבו נפחי הנגר.
2. קביעת סוג שימוש הקרקע כולל שימושי קרקע חקלאיים.
3. הערכת שיעור השטח האטום ברציף לגביו נעשה חישוב נגר נפרד, במידה והוא מחובר למערכת הניקוז העירונית.
4. קביעת מקדם ה- CN (Curve Number), המסכם עבור שיטה זו את כלל השפעות התשתית על הנגר העילי. השפעות אלה כוללות את שמושי הקרקע, שיעור השטח האטים, סוג הקרקע מבחינת כושר החידור ומצב הרטיבות בקרקע (טבלאות בנספח 4.3 בהמשך).
5. התאמת קצב החידור של חבורת הקרקע על-פי המירקם; בישראל רוב הקרקעות הן מסוג A ורק מיעוטן בעלות קצב חידור סופי 7.6 מ"מ/שעה.
6. קביעת השטח המכוסה על-ידי חבורות הקרקע השונות. ניתן להזניח חבורות קרקע התופסות פחות מ- 3% מכלל שטח היחידה ההידרולוגית.
7. קביעת מצב לחות הקרקע על-פי כמויות הגשם בחמשת הימים הקודמים. קיימים 3 מצבי לחות קרקע Antecedent Moisture Condition (AMC) :
   - AMC 1 – רטיבות נמוכה – גשמים ראשונים, או גשמים באזורים המדבריים לאחר תקופת יובש ממושכת.
   - AMC-2 – רטיבות בינונית – בדרך כלל מקובל להשתמש בה כמצב לחות הקרקע הנפוץ בחישובי הנגר בישראל בחורף.
   - AMC-3 - רטיבות גבוהה – לאחר מספר ימי גשם רציפים בסופות ממושכות – מצב נדיר באזורינו.
8. חישוב נפח הנגר על פי הנוסחה.

4.1.3 שיטת תחל"ס

שיטת זו הינה וריאציה של הנוסחה הרציונלית (גרתי, 1988), מחשבת את ספיקת השיא מאגן הניקוז מותאמת לאגני ניקוז גדולים יותר, של עד 80 קמ"ר. השיטה מתבסס על מפת חבורות הקרקע של ישראל, בקנ"מ 1:50,000 (דן, 1975), ועל ניתוח עוצמות נתוני גשם (שיין, 1970).

קביעת T_C – משך הריכוז מתבצעת על-פי הנוסחה $T_C = 5.4\ L^{0.75}\ S^{-0.375}$ (דקות)

L – אורך האפיק הראשי (ק"מ).

S – שיפוע האפיק הראשי (מ'/מ')

מקדמי נגר מכסימליים, Cm, מותאמים למפת חבורות הקרקע על-פי המירקם האופייני:

$$Qt = Ct\ It\ A^{at} / 3.6$$

כאשר:

- Qt – ספיקה בהסתברות t
- It – עוצמת הגשם בהסתברות t למשך הריכוז
- Ct – מקדם נגר להסתברות t
- at – מקדם האגן להסתברות t
- A – שטח הניקוז

חישוב מקדם הנגר Ct נעשה ביחס למקדם נגר מכסימלי Cm, המשוקלל מתוך סך מקדמי הנגר המכסימליים של כל חבורות הקרקע בתחום אגן הניקוז על פי שטחם היחסי.

$$Ct = Cm\ (t/100)^x$$

כאשר:

- Ct – מקדם נגר
- Cm – מקדם הנגר המכסימלי
- X – מקדם תחנת הגשם

המקדמים השונים Cm, At ו- x, הסברים ודוגמאות של הליך החישוב מפורטים אצל גרתי (1988). טבלאות המקדמים השונים מופיעות בנספח 1.2 לעיל.

שמוש בנוסחת תחל"ס לחישוב ספיקת שיא

הנחיות מפורטות לחישוב ספיקות על-פי המודל כולל דוגמאות מופיעות בפרסומי התחנה לחקר הסחף (גרתי, 1988; גרתי וחובריו, 1996).

1. יש לחשב את משך הריכוז Tc.
2. יש לחשב את IA – עוצמת הגשם למשך הריכוז המחושב.
3. לחישוב נלוות שלוש טבלאות: טבלת מקדמי נגר מירבי (Cm) לחבורות הקרקע השונות, טבלת מקדם X לתחנות גשם מייצגות וטבלת מקדמי האגן (a). (ראה נספח 1.2 לעיל).

4. מקדם C משתנה על-פי תפרוסת חבורות הקרקע באגן ומתקבל כממוצע משוקלל (בהתאם לשטח היחסי) של מקדמי חבורות הקרקע.
5. מקדם הנגר גדל עם הקטנת ההסתברות עד לערך סופי מירבי.
6. מקדם הנגר המרבי מתקבל בארועים שהסתברותם קטנה מ- 5% ואז הסתברות ספיקת השיא שווה להסתברות עוצמת הגשם.
7. מקדם הנגר כולל גם את שמושי הקרקע ואת חבורות הקרקע הנמצאות בקשר בעל מיתאם גבוה.
8. מקדם האגן תלוי בהסתברות הארוע המחושב, כפונקציה של תקופת החזרה שנבחרה, ראה טבלה ד' בנספח 1.2 לעיל.

שימוש בהנחיות לתכנון הניקוז העירוני של תחל"ס (גרתי וחובריו, 2000).

ההנחיות מספקות פתרונות המבוססים על סיכום של מידע ונתונים רבים בנושא של גשם ונגר עירוני ובהם המודל לקביעת ספיקת תכן למערכות ניקוז על קרקעיות לאזור החוף.

<u>משך הריכוז בתחום ההתנקזות</u>

מוצע להעריך את זמן הריכוז כדלהלן:

- לרחוב בודד – 10 דקות.
- לשכונה ששטחה עד 1000 דונם – 20 דקות.
- תחום התנקזות עירוני גדול – 40 דקות.

<u>עוצמות גשם התכן באזור החוף</u>

הטבלה להלן בנויה על ניתוח אזורי של נתוני הגשם בשיטת אלכסייב, המשלבת סדרות גשם מתחנות שונות באזור החוף, המיוצג על ידי התחנות: בית דגן, לוד, יבנה ותל אביב.

<u>עוצמות גשם ב- מ"מ/שעה לפרקי זמן שונים ולהסתברויות שונות</u>

משך תכן	עוצמות גשם (מ"מ/שעה) להסתברות				
	1%	2%	5%	10%	20%
10 דקות	150	129	96	75	60
20 דקות	129	113	84	66	51
30 דקות	114	96	72	56	44
60 דקות	79	60	45	35	27

בהנחה שמרבית הנגר נתרם על- ידי הכבישים והמדרכות, ניתן להעריך ספיקות סגוליות באיזורים עירוניים, על- פי הטבלה הבאה.

ספיקות סגוליות בליטר/שניה לדונם כביש, לפרקי זמן שונים ולהסתברויות שונות

משך תכן	ספיקות סגוליות (ליטר/שניה/לדונם) להסתברות				
	1%	2%	5%	10%	20%
10 דקות	33	29	21	16	13
20 דקות	29	25	19	15	11
30 דקות	25	21	16	12	10
60 דקות	17	13	10	8	6

(שטח הכביש: הכוונה לכל רוחב הרחוב, כולל מדרכות בדונמים).

4.1.4 יתרונות וחסרונות של שיטות החישוב השונות

1. <u>השיטה הרציונלית</u>

(א) מתאימה לאגני ניקוז קטנים – עד 10 קמ"ר.

(ב) מדויקת ומאפשרת רמות פרוט שונות.

(ג) מאפשרת חישובי ספיקות שיא בתדירויות שונות – עד 100 שנה.

(ד) מניחה מספר הנחות יסוד הדורשות בדיקה ספציפית.

(ה) השיטה הנפוצה ביותר שלגביה יש ניסיון רב.

(ו) פותחו טבלאות רבות של מקדמי C ולכן רמת הדיוק הפוטנציאלית גבוהה.

(ז) מהלך החישוב פשוט, ונוח ליישום.

(ח) לנוסחה אפליקציות לאגני ניקוז טבעיים, או בעלי שמושי קרקע מגוונים.

2. <u>שיטת ה-SCS</u>

(א) מתאימה לאגני ניקוז גדולים.

(ב) מדויקת פחות מהשיטה הרציונלית ונותנת הערכות של נגר עם המעבר משימוש קרקע אחד לאחר.

(ג) מתאימה לאגני ניקוז בעלי שימושי קרקע מגוונים, כגון: חקלאות ועירוני בישראל.

(ד) מאפשרת חישובי נפחי נגר.

(ה) מהלך החישוב מורכב ופחות נוח ליישום.

(ו) השיטה מתייחסת ליותר פרמטרים של הקרקע ומשקללת אותם בתוך מקדם יחיד ה- . CN.

3. <u>שיטת תחל"ס</u>

(א) מהווה וריאציה מקומית על הנוסחא הרציונלית.

(ב) מתאימה לאגני ניקוז עד 80 קמ"ר.

(ג) מתאימה לחבורות הקרקע ולנתוני הגשם של מדינת ישראל.

(ד) מתאימה גם לאגני ניקוז טבעיים או בעלי שימושי קרקע משולבים כגון חקלאות ועירוני.

(ה) המודל המקורי (גרתי, 1988) איפשר חישוב ספיקות בלבד והמודל המשופר (גרתי וחובריו,1966) מאפשר חישובי ספיקות ונפחי נגר.

נספח 4.2: מודלים להערכת כמויות נגר

קיימים מודלים רבים להערכת כמויות נגר באגני ניקוז כולל אגני ניקוז עירוניים. חלק ניכר מהמודלים מטפל בכלל מרכיבי המים, כולל מי התהום וכן איכות המים.

מודל Storm Water Management Model (SWMM), הנו אחד המודלים המקובלים לאיזורים עירונים, מקורו ב-EPA האמריקאי וחלק מרשויות הניקוז בארה"ב מחייבות את השימוש בו. זהו מודל מוכל, המהווה חבילה של פרוצדורות לתיאור וסימולציה של תהליכים הידרולוגים כמותיים ואיכותיים. פרוצדורת הנגר העילי היא תת – מודל, מתוך כלל החבילה שמספק ה- SWMM. המודל מבצע מאזני מים, חישובי התאדות, חישובי חידור באמצעות נוסחאות חידור שונות, חישובי נגר עילי באמצעות שיטת ה-SCS ומשוואות חידור וטפול במי תהום בגישה של מאזן מים. המודל משתמש בפרקי זמן יומיים או קצרים מזה על-פי הנתונים והדרישות, וניתן לכיול. תוצאות חישובי המודל נבדקו אל מול מדידות בפועל ונמצאה התאמה גבוהה. הנתונים הנדרשים למודל כוללים: נתוני אגן הניקוז, סוג הקרקע, סוג הצומח, שימושי הקרקע, רטיבות הקרקע, גשם וטמפרטורה. למודל השקה עם מערכת מידע גאוגרפית GIS עם תכנת ה-ArcView ומסוגל לכלול גם אנליזת איכות מים.

מודל הנגר העילי משלב 2 טכניקות:

- משוואת אוגר לא ליניארית, המתארת את המים היוצאים מהאגן כפונקציה של האוגר.
- משוואת מנינג לזרימה על-קרקעית.

יתרונות המודל:

- המודל פותח במיוחד לשימוש באיזורים עירונים.
- המודל מכיל הצגה מלאה של שימושי הקרקע וניתן לבצע בו סימולציות לאזורים המיועדים לפיתוח ובינוי ולהעריך את השפעת הפיתוח על הניקוז והנגר. בשונה ממודלים אחרים המסוגלים ליצר רק את הנגר הצפוי, ניתן בעזרת מודל ה-SWMM לקבוע את מאפייניה של מערכת הניקוז הנדרשת ואת עלותה.
- המודל כולל הרחבה בנושא של תכנון מפורט של אלמנטים הנדסיים בניקוז, כגון: קוי הולכה, שוחות בקרה, שיפועים ומובלי ניקוז.
- חלוקת אגן הניקוז לתת-אגנים מאפשרת אפיון הנגר הנתרם מכל יחידת שטח בנפרד.
- ניתן לבצע סימולציות של סופות גשם בעלות השתנות בזמן ובמרחב. שינוי עיתי של עוצמות הגשם בתת-האגנים מאפשר סימולציות של סופות ניידות.
- מודל ההסעה מסוגל להתמודד עם מצבי ספיקה גדולים מכושר ההולכה של מערכת הניקוז.
- ניתן להזין את המודל בנתונים מטאורולוגים כמו גשם, התאדות, טמפרטורה וכו'. קליטת נתונים אלה מאפשרת הערכה טובה יותר של רטיבות הקרקע והחידור.
- במודל יש אפליקציה לאיכות המים.

חסרונות המודל:

- הנגר הנוצר מהגשם העודף מחושב על-ידי פונקציה לא ליניארית הנכללת במודל האוגר. עובדה זו מעבה את החישובים הנדרשים.
- המודל רגיש לגודל של תת-אגני הניקוז ולשיעור האיטום של התכסית. מציאת פרמטרים הכלולים בפונקצית הקשר בין הגשם לספיקה מחייבת כיול בעזרת מדידות.
- המודל מניח כי כל השטחים האטומים מחוברים ישירות אל מערכות הניקוז. שטחים אטומים המתנקזים לאזור חדיר נכללים בשטח החידור. אבחנה זו בין שני סוגי השטחים האטומים הינה בעייתית.

נספח 4.3: טבלאות מקדמי נגר

טבלה מס' 1:

Takeo Kinoshita – Estimation of the runoff coefficient of the rational formula by the proposed TS runoff coefficient.

LAND USE OR SURFACE CHARACTERISTICS	Percent Impreviuos	FREQUENCY			
		2	5	10	100
Business					
Commercial Areas	95	.87	.87	.88	.89
Neighborhood Areas	70	.60	.65	.70	.80
Residential					
Single-Family	*	.40	.45	.50	.60
Multi-Unit (detached)	50	.45	.50	.60	.70
Multi-Unit (attached)	70	.60	.65	.70	.80
1/2 Acre Lot or Larger	*	.30	.35	.40	.60
Apartments	70	.65	.70	.70	.80
Industrial					
Light Areas	80	.71	.72	.76	.82
Heavy Areas	90	.80	.80	.85	.90
Parks, Cemeteries	7	.10	.18	.25	.45
Playgrounds	13	.15	.20	.30	.50
Schools	50	.45	.50	.60	.70
Railroad Yard Areas	20	.20	.25	.35	.45
Undeveloped Areas					
Historic Flow Analysis	2	see:	Lawns		
Greenbelts, Agricultural					
Offsite Flow Analysis					
(when land use not defined)	45	.43	.47	.55	.65
Streets					
Paved	100	.87	.88	.90	.93
Gravel	40	.40	.45	.50	.60
Drives and Walks	96	.87	.88	.90	.93
Roofs	90	.80	.85	.90	.90
Lawns, Sandy Soil	0	.00	.01	.05	.20
Lawns, Clay Soil	0	.05	.15	.25	.50

Note: These Rational Formula coefficients do not apply for larger basins where the time-of-concentration exceeds 60 minutes.

טבלה מס' 2:

Crawfordsvile, Florida – Watershed Management Institue (1997) Operation, maintenace and management of Stormwater management.

Land Use, Crop, and Management	Hydrologic Soil Group A	B	C	D
CULTIVATED, with crop rotations				
- Row Crops, poor management	55	.65	.70	.75
Row Crops, conservation mgmt	.50	.55	.65	.70
Small Grains, poor management	.35	.40	.45	.50
Small Grains, conservation mgmt	0	.22	.25	.30
Meadow	.30	.35	.40	.45
PASTURE, permanent moderate grazing	10	.20	25	.30
WOODS, permanent, mature, no grazing	06	13	.16	.20
URBAN RESIDENTIAL residential				
30 percent of area impervious	30	.40	.45	.50
70 percent of area impervious	50	.60	.70	.80

Hydrologic Soil Group Descriptions:

A -- Well-drained sand and gravel; high permeability.

B -- Moderate to well-drained; moderately fine to moderately coarse texture; moderate permeability.

C -- Poor to moderately well-drained; moderately fine to fine texture; slow permeability.

D -- Poorly drained, clay soils with high swelling potential, permanent high water table, claypan, or shallow soils over nearly impervious layer(s).

טבלה מס' 3:

RATIONAL METHOD **RUNOFF COEFFICIENTS** FOR COMPOSITE ANALYSIS
FOR USE IN Q = CiA

Runoff Coefficients (C)

Character of Surface								
Return Period (Years)	0.5	1	2	5	10	25	50	100
Streets:								
Asphaltic	.70	.74	.78	.81	.85	.89	.93	.96
Concrete	.76	.78	.82	. 87	.90	.94	.97	.99
Drives and Walks (Concrete)	.76	.78	.82	.87	.90	.94	.97	.99
Roofs	.72	.75	.79	.84	.87	.93	.96	.99
Lawns, Clay Soil-Light (Loams)								
Flat 0-2%	.13	.14	.15	.16	.17	.19	.20	.21
Average 2-7%	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.23	.24
Steep 7%+	.23	. 24	.25	.26	.27	.29	.32	.34
Lawns, Clay Soil (Heavy)								
Flat 0.2%	.14	.15	.16	.18	.19	.20	.21	.22
Average 2-7%	.17	.18	.20	.21	.23	.24	.26	.27
Steep 7%+	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37
Undeveloped Woodlands and Pastureland								
Clay Soils - Light (Loams)								
Flat 0-2%	.19	.21	.23	.25	.27	.29	.31	.33
Average 2-7%	.26	.28	.31	.34	.37	.40	.43	.46
Steep 7%+	.34	.37	.40	.44	.47	.51	.55	.58
Clay Soil – Heavy								
Flat 0-2%	.23	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37
Average 2-7%	.30	.32	.35	.38	.41	.44	.47	.50
Steep 7%+	.38	.41	.44	.48	.51	.55	.59	.62

מקור: c Cuen (1998) Rational method runoff coefficients

טבלה מ'ס 4:

מקדמי CN המותאמים לשימושי קרקע חקלאיים, פרבריים ועירוניים (רמת רטיבות הקרקע 2, 0.25 = Ia).

Table: Runoff Curve Numbers for Selected Agricutrual, Suburban, and Urban Land Use (Antecedent Moisture Condition 2, and Ia= 0.25). (Sheater al, 1982).

Land use description		Hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Cultivated land:[a]					
Without conservation treatment		72	81	88	91
With conservation treatment		62	71	78	81
Pasture or range land:					
Poor condition		68	79	86	89
Good condition		39	61	74	80
Meadow: good condition		30	58	71	78
Wood or forest land:					
Thin stand, poor cover, no mulch		45	66	77	83
Good cover[b]		25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.:					
Good condition: Grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area		49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)		89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	93
Residential:[c]					
Average lot size	Average % Impervious [d]				
0.05 hectare (1/8 acre) or less	65	77	85	90	92
0.10 hectare (1/4 acre)	38	61	75	83	87
0.13 hectare (1/3 acre)	30	57	72	81	86
0.20 hectare (1/2 acre)	25	54	70	80	85
0.90 hectare (1 acre)	20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.[e]		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved with curbs and storm sewers[e]		98	98	98	98
Gravel		76	85	89	91
Dirt		72	82	87	89

a For a more detailed description of agricultural land use curve numbers refer to Ref. 9, Chap. 9.
b Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.
c Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed toward the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.
d The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.
e In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

נספח 4.4: מודל לחישוב כמויות הנגר ביחידות הבית הבודד

מקור: גרתי וחובריו, 1996, התחנה לחקר הסחף.

המודל המוצג כאן מניח את הבסיס העקרוני לחישוב כמויות הנגר המתפתחות ביחידה הבודדת.

כל נתוני התכנון הנדרשים למודל הם בהישג יד וברמת ידע גבוהה:

- **סופות גשם**: סירטי התחנות הרושמות של השרות המטאורולוגי ושל התחל"ס פונענחו ונמצאים בבסיסי הנתונים.
- **נתוני חידור** של רוב קרקעות ישראל וכן המוליכויות ההידראוליות שלהן, נמצאים בתחנה לחקר הסחף. הנתונים הם פרי של מחקרים אשר בוצעו בתחנה לחקר הסחף ובמוסדות מחקר אחרים.

המודל בוחן, בסופות גשם נתונות, תרחישים שונים של יחסים בין שטחים תורמי נגר לשטחים קולטי נגר, סוגי קרקעות, רטיבויות קרקע, אופי הגינה וכו'.

המודל מניח שתי יחידות בסיסיות: היחידה "התורמת" הכוללת את המבנה והשטחים המרוצפים. יחידה זאת משגרת את כל מי הנגר אל היחידה "הקולטת" שהיא הגינה.

הפרמטרים של היחידה התורמת כוללים: אוגר הגגות והמשטחים המרוצפים, קצבי חידור של דגמי ריצוף משטחים וספיקות התכנון של המרזבים.

הפרמטרים של היחידה הקולטת הם ערכי החידור התחיליים והסופיים של הקרקע כאשר פני השטח מחופים או חשופים וכן ערכי המוליכות ההידרואולית שלה ברוויה.

בדרך כלל הגורם המגביל של החדרת המים לקרקע הוא קצב החידור בפניה. כאשר עוצמת החידור גבוהה מהמוליכות ההידראולית, אזי תהיה האחרונה הגורם המגביל.

חישוב החידור של הקרקע הקולטת נעשה באמצעות נוסחת האינפילטרציה, אשר פותחה בידי דר' יוסף מורין:

$$I_t=I_f\ 4(I_i - I_f)e^{-\gamma pt}$$

כאשר:

- It - עוצמת החידור לזמן (t מ"מ/ שעה)
- Ii - עוצמת החידור התחילית (מ"מ/ שעה)
- If - עוצמת החידור הסופית (מ"מ/ שעה)
- p – עוצמות הגשם (מ"מ/ שעה)
- t – משך הזמן מתחילת סופת הגשם (שעות)
- γ - מקדם הקובע את קצב דעיכת החידור האופייני לכל סוגי הקרקע (ללא מדדים).

הפרמטרים: ערכי החידור התחילי והסופי וערכי γ ידועים עבור רוב קרקעות ישראל. המודל מחשב עבור כל סופת גשם, בהתאם ליחסים בין השטח התורם לבין השטח הקולט, את כמויות הגשם והנגר המגיעות ליחידה הקולטת ואת משך הזמן הנדרש למים הנאגמים לחדור לקרקע.

המודל מאפשר בחינה מגוונת של תרחישים שונים:

- יחסים שונים בין שטח היחידה התורמת ליחידה הקולטת.
- קרקעות שונות עם חיפוי פני שטח שונים (חשוף, דשא, שיחים וכו').
- בחינה בסופות גשם שונות.
- בין משתנים אלה את כל הוריאציות האפשריות.
- אומדן רב שנתי של כמויות החידור והנגר, בעטיו של תכנון מסוים.

נספח 4.5: תקופות חזרה רצויות

תקופות חזרה (הסתברויות) לחישוב ספיקות תכן מייצגות את שכיחות הסופות על-פי תקופה ממוצעת בין חזרתן. תקופת החזרה מתארכת באופן סטטיסטי ככל שעוצמת הסופה גדולה יותר. קביעת תקופת חזרה מגדירה את עוצמת מופע הגשם – כמות בזמן נתון – המירבית אשר התכנון מותאם לה. ככל שהנזק הפוטנציאלי הנגרם מהסופה רב יותר, או ככל שהתועלת המושגת מניצול המים רבה יותר יעשה התכנון לתקופת חזרה ארוכה יותר.

קביעת תקופת החזרה הרצויה בתכנון הניקוז נקבעת על-פי שיקולים כלכליים ושיקולי רווחת הציבור במניעת נזקים ישירים ועקיפים של הצפות. תקופות חזרה מקובלות לתכנון ניקוז בשטחים אורבניים הנן בין 2 ל- 10 שנים, על פי שיקולים ספציפיים. (עבודה מפורטת בנושא זה הוכנה על-ידי ד"ר אבנר קסלר עבור אגף שימור קרקע וניקוז במשרד החקלאות ב – 1996).

התועלת הנובעת מתכנון ובנייה משמרת נגר עילי הינה, כאמור, בשני תחומים עיקריים:

- שימור המים על-ידי החדרתם לתת הקרקע.
- מיתון ספיקות שיא והקטנת קיבולת נדרשת של מערכת הניקוז.

היות ומבחינה כלכלית ההערכה היא כי הגורם השני הנו העיקרי, וכן כדי לקיים עקביות בתכנון מערכת הניקוז הכולל, מוצע לאמץ את תקופת החזרה שתיקבע לתכנון הניקוז בכלל גם לצורך תכנון האוגר ומתקני ההשהיה, ההובלה וההחדרה לשימור הנגר העילי. כלומר תקופת החזרה תהיה כמקובל בטווח של 2 עד 10 שנים, ובממוצע כ – 5 שנים.

יש לציין כי גם בקביעת תקופת חזרה קצרה יחסית של שנתיים, רק סופה קיצונית אחת בשנתיים תחרוג מהפרמטרים התכנוניים שייקבעו.

נספח 4.6: הנחיות לחישוב האוגר הרצוי- אזור החוף

מקור: גרתי וחובריו, 2000, התחנה לחקר הסחף.

טבלה מס' 1: **אוגר מחושב בקרקעות חמרה, חול וכורכר** (מ"ק ל-1000 מ"ר)
(קצב החידור הסופי = 60 מ"מ/ שעה).

תקופת חזרה (שנים)	אחוז השטח הבנוי			
	80%	75%	67%	50%
100	55	48	41	29
50	48	44	37	26
33	46	41	34	24
25	44	39	32	22
20	42	37	31	21
10	37	32	26	18
5	31	27	22	14
2	23	19	15	9

טבלה מס' 2: **אוגר מחושב בקרקעות כבדות בינוניות** (מ"ק ל-1000 מ"ר)
(עוצמת החידור הסופי = 45 מ"מ/ שעה).

תקופת חזרה (שנים)	אחוז השטח הבנוי			
	80%	75%	67%	50%
100	62	56	48	37
50	56	51	43	33
33	53	47	40	31
25	50	45	38	29
20	48	43	37	28
10	42	38	32	23
5	36	32	27	19
2	26	23	19	12

לאזורים בעלי נתוני גשמים וקרקעות שונים – יערך חישוב על-פי נספח "המודל לחישוב כמויות הנגר המתפתחות ביחידת הבית הבודד", של התחנה לחקר הסחף, או יבוצע אומדן משוער על בסיס אינטרפולציה או אקסטרפולציה מנתוני הטבלאות שלעיל.

אגן ניקוז/היקוות	אזור יבשתי מוקף הרים שממנו מתנקזים/נקווים מים בערוצים אל המקום הנמוך ביותר.
אוגר	נפח המים הניתן להשהיה ואגירה זמנית בתחום המגרש, עד השלמת חלחולו בתנאי גשם משתנים.
אצירה	אגירת מים.
אקוויפר	שכבת סלע נקבובית, המכילה מים ומאפשרת זרימה באופן שניתן להפיק אותם ממנה לבארות.
אקויפר כלוא	אקוויפר הנמצא בין שתי שכבות אטומות בעלות צורה קעורה.
אקויפר שעון	גוף מים מעל לשכבה אטומה, שמעל למי התהום
הידרו-גיאולוגיה	תורה המתארת את התהליכים המרחשים במי התהום המצויים בתוך שכבות הסלעים, הבונות את קרום כדור הארץ.
הידרולוגיה	תורה המתארת את תפוצת המים על פני הקרקע ומתחתיה, ואת התהליכים המתרחשים בהם.
חדירות	כושרו של הסלע להוביל דרכו נוזל.
כושר חידור	קצב המילוי החוזר (חלחול) של הנגר העילי אל מי התהום.
מאגר	מתקן המשמש לאחסון מים עד לשימוש בהם. מאגר יכול להיות פתוח או סגור.
מאגר שיקוע	מאגר בו שוהים המים לשם שיקוע מזהמים ומשם הם מובלים לחידור למי תהום.
מי תהום	מים האגורים בנקבובים ובסדקים שבסלעים.
מפעלי החדרה/תפיסת מי שטפונות	נועדים לתפוס את מי השטפונות הזורמים בנחלים ולהחדירם לאקוויפר לצורך אגירה.
מקדם נגר עילי	היחס שבין הזרימה העילית הנוצרת כתוצאה מגשם היורד על השטח הנבדק לבין כמות גשם שירדה עליו.
מקדמי חידור	קצב החדרת המים על פי סוג הקרקע.
נוסחת דרסי	נוסחה לחישוב המהירות בה עוברים מים דרך תווך נקבובי.
נגר עילי	זרימת מים על פני הקרקע עקב ירידת גשמים או נביעת מעינות, לאחר האידוי לאטמוספירה ולאחר החידור למי התהום.
פן ביני	משטח המגע בין מי תהום מתוקים לבין מי תהום מלוחים. המליחויות משתנות באופן הדרגתי ונוצר אזור מעבר שעוביו כמה מטרים.

קו פרשת המים	קו המחבר פסגות של הרים לאורך רכס ומגדיר שני תחומי התנקזות של זרימת מים לשני אגני היקוות.
רצועת חלחול	רצועת תכסית פנויה לצורך החדרה באמצעים שונים.
שצ"פ	שטח ציבורי פתוח.
תקופת חזרה	שכיחות סופות על פי תקופה ממוצעת בין חזרתן. תקופת החזרה מתארכת באופן סטטיסטי, ככל שעוצמת הסופה גדולה יותר.
תב"ע	תכנית מפורטת (תכנית בנין עיר)

אבן-ארי מ., שנן ל., תדמור נ., 1980, הנגב – מלחמת קיום במדבר, מוסד ביאליק ירושלים.

אנוש, 2001. חיזוי איזורי של אובדני נגר עילי כתוצאה מפיתוח במישור החוף והגדרת דרכים תכנוניות לצמצומם. דו"ח לנציבות המים, אנוש מערכות ניהול והנדסה, הוד השרון, 88 עמ'.

אסף ל., נתיב ר., חסן מ., שיין, ד., 2002. כמויות ואיכויות נגר עירוני בעיר אשדוד. הנדסת מים, 54, עמ' 33 -37.

בן-צבי א. 1975. חקר המערכת הארצית ותכנונה לקראת מצבים קיצונים צפויים בשנות ה80- וה90-. תחזית השפעת העיור על המילוי החוזר לאקוויפר החוף. תה"ל., האגף להידרולוגיה.

בורמיל ש., שמיר א., כרמון נ., 2003, נגר עירוני בשכונות מגורים,המרכז לחקר העיר והאזור הטכניון, המרכז לחקר העיר והאזור ומכון גרנד לחקר המים, 120 עמ'.

ברוריה מ., בן-צבי א., 1976. הידרולוגיה של שטחים עירוניים – סקר ספרות. דו"ח הידרולוגי 6/1976, השרות ההידרולוגי, נציבות המים, משרד החקלאות.

גלר י. 1997. השוואת שיטות לחישוב נגר על-קרקעי באזורים עירונים. עבודת MA, הטכניון, חיפה, 115 עמ'.

גרתי ר. 1988. אומדן ספיקות תכן באמצעות מודל תחל"ס. התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 11 עמ'.

גרתי ר., ארבל ש., גטקר מ., 1993. הבינוי העירוני מגביר את ספיקות השיא ואחוזי הנגר, אמת או אגדה. דו"ח M-43, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 18 עמ'.

גרתי ר., מורין י., גטקר מ., ארבל ש., 1996. ניהול מיטבי של מי הגשם והנגר באיזורים בנויים – המשימה הלאומית. דו"ח פרלמינרי PL-25, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 10 עמ'.

גרתי ר., מורין י., גטקר מ., ארבל ש. 1997 הנחיות לתכנון ניקוז עירוני. פרק א: מיזעור כמויות הנגר העירוניות. דו"ח פרלמינרי PL-29, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 10 עמ'.

גרתי ר., גטקר מ., ארבל ש, 1997, המשימה הלאומית- ניהול מיטבי של מי הגשם והנגר באזורים בנויים. מים והשקייה 370 עמ'..

גרתי ר., מורין י., ארבל ש., גטקר מ., 2000, הנחיות לתכנון ניקוז עירוני. פרק א: מיזעור כמויות הנגר העירוניות. פרסום מקדים PL-29 A, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 9 עמ'.

גרתי ר., גטקר מ., ארבל ש., 2000, הנחיות לתכנון ניקוז עירוני. פרק ב: מודל לקביעת ספיקות תכן למערכות ניקוז עירוניות. פרסום מקדים PL-29 B, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות ופתוח הכפר, 6 עמ'.

דלינסקי י., ב"צ כינורי, 1974 הנדסת ניקוז קונטרס מס' 4, תה"ל 311972, קונטרס מס' 5 תה"ל .

הועדה המחוזית, מדינת ישראל משרד הפנים, מדיניות מחוזית לנושא בניה משמרת נגר, יום עיון למהנדסי ערים, אוקטובר 2002.

המנהלה לשיקום נחלי ישראל, נחל אלכסנדר, תכנית אב ובסיס לתכנית מתאר, ספטמבר 1995.

הנחיות בנושא שימור מים, המשרד לאיכות הסביבה, פברואר 2002.

הנחיות כלליות (מס' 2) למתכננים, אדריכלים ויזמים, בדבר הכנת תכניות ניקוז לבניה משמרת מים, עיריית נתניה.

הנחיות לעבודות תכנון, משרד הבינוי והשיכון, מהדורה מעודכנת.

הנחיות לשימור מים, עיריית כפר סבא.

הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל, מרכז בינוי 5600 , 2001.

הנחיות לתכנון רגיש למים בתכניות מפורטות ומתאריות, ועדה מחוזית לתכנון ובנייה מחוז מרכז, החלטת מליאה לתאריך 26.7.00.

הנחיות לתכנון רחובות בערים, תכן גיאומטרי של רחובות עירוניים, כרך 1 הוצאת משרד הבינוי והשיכון ומשרד התחבורה 8/1983.

הנחיות לתכנון רחובות הערים, מבני מיסעות כבישים, משטחים ומדרכות כרך 3 הוצאת משרד הבינוי והשיכון 8/2000.

זיגל א. 1998. איבחון קשרים בין בינוי עירוני בצפון ירושלים לבין הגברת הנגר העילי באגן שורק העליון. עבודת גמר לתואר .M.A, החוג לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

זיהום פוטנציאלי של קידוחי ראש העין ע"י כביש חוצה ישראל, השרות ההידרולוגי, נציבות המים, פברואר 2001.

זעירא ש., קליאוט נ., 2001. קציר מים. מים והשקיה, 419, עמ' 34-35.

חוק המים, תשי"ח - 1957

חוק הניקוז וההגנה מפני שטפונות, תשי"ח – 1957.

חקר המאפיינים, הערכה והצעת הנחיות לרחובות משולבים, המכון לחקר התחבורה, דו"ח 150-90 5/1991.

כביש עורקי ראש העין, תכנית מח/ 167, זיהום מי תהום כתוצאה מתשטיפים מן הכביש, הצעת הנחיות לחוות דעת, אנוש, ספטמבר 2002.

ליאור אסף, פרופ' רונית נתיב, מרואן חסן, דרור שיין, כמויות ואיכויות נגר עירוני בעיר אשדוד, האוניברסיטה העברית.

כנורי ב.צ. ו-עוזי דויד, בעיית הניקוז בישראל, 3 כרכים תה"ל, תכנון המים לישראל בע"מ.

כץ ש. 1999. הגברת ההחדרה של מי גשמים לקרקע באמצעות ייצוב חצר הבית העירוני. עבודת MA, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון, חיפה.

כ.ץ, ש., בורמיל, ש., כרמו, נ. ושמיר, א. (2001), תכנון נוף רגיש למים: החדרת גשם למי התהום באמצעות עיצוב חצרות – ספר עזר לאדריכלים ואדריכלי נוף, מתכננים סביבתיים ומהנדסי ניקוז, חיפה: הטכניון, המרכ ז לחקר העיר והאזור 168 עמודים+ נספחים).

מירון-פיסטינר ס., כרמון נ., שמיר א., 1996. פתוח עירוני רגיש לשקולי מים. המרכז לחקר העיר והאיזור, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון, חיפה, 120 עמ'.

מפרט כללי לסלילת מסלולים בשדות-תעופה, כבישים ורחבות, פרק 51 מהדורה 1998 ועדה בין-משרדית, הוצאה לאור משרד-הביטחון.

מפרט כללי לעבודות סלילה וגישור, הספר הירוק, מע"צ 10/1996.

משרד הפנים, הצוות הבינמשרדי לבניה משמרת מים, חוזר מנכ"ל מס' 3/2002, מאי 2002.

ניר להן , נגר עילי כמות ואיכות, עבודת סמינר מחלקתי, האוניברסיטה העברית.

סימון א., קרקש ר., אילביצקי י., דר פ., 1988. סקר ראשוני של אפשרויות ניצול הנגר העל-קרקעי משטחים בנויים במישור החוף. תה"ל, ת"א.

חואניקו ופרידלר, 2000, סקר זיהום מקורות מים מכבישים.

עמיר ד., ניקוז והחדרת מי נגר במחוז ת"א, חוות דעת שהוגשה לועדה מחוזית לתכנון ובניה מחוז ת"א, דצמבר 2000.

ענבר. מ., פלדץ א. וזיגל א', 2003, מציאת מקדם הנגר העילי בסביבה עירונית.

עצמון, ב. 1992. סיכום יחסי נגר-גשם באגן עירוני קטן, קרית אליעזר, חיפה 1983/4-1990. השרות ההידרולוגי, נציבות המים, משרד החקלאות.

פרוזנין ע., כביש 6 – האומנם סיכון לזיהום מים בקידוחי ראש העין, יולי 2000.

קולין מ.ל., רשימת ה- Pollsite, הערכת רגישות מי תהום לזיהום פוטנציאלי מסוגי שימושי קרקע, נציבות המים, אפריל 1995.

קסלר א. 1996, סקר תקופות חזויה ללתכנון מתקני וסופות, דו"ח עבור משרד החקלאות, הנדסת סביבה ומאגרי מים, 19 עמ'.

קסלר א., 1996, תשתית הניקוז למטרופולין המרכז, ניתוח חלופות פיתוח לשנת 2020. דו"ח, הנדסת סביבה ומשאבי מים בע"מ.

רגב, ד. 1993. ניצול נגר על-קרקעי באמצעות מערכות ביוב. עבודת MA, הטכניון, חיפה.

רום, ד. ודיסקין, מ. 1992. השבת נגר עילי באמצעות מערכות ביוב לשפור איכות והגדלת כמות הקולחים להשקייה. דו"ח שנתי מס' 3, מחקר מס' 013-061, המרכז למחקר בהנדסת הסביבה ומשאבי מים, מוסד הטכניון למחקר ופתוח.

כרמון נ , שמיר א., 1996, .תכנון עירוני ומי תהום – דו"ח ביניים, הטכניון, המרכז לחקר העיר והאזור.

כרמון נ., שמיר א., 1997, תכנון עירוני רגיש למים: הגנה על אקוויפר החוף הישראלי, המרכז לחקר העיר והאזור, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון, המרכז לחקר העיר והאזור 226 עמ'.

שמיר א. וכרמון נ., 2001. בניה משמרת מים. מים, הנדסת מים, גליון 47, אפריל 2001, 18-20.

שפרן נ. ומזור ע., 1987, נדבכים בגיאולוגיה של ישראל. עריכה מדעית של קבוצת מחברים. האוניברסיטה הפתוחה.

תכנית מבני מיסעות, מרצפות משתלבות- דו"ח מחקר 83-85, המכון לחקר התחבורה 9/85.

תקנות הניקוז וההגנה מפני שטפונות, (הקמת רשות ניקוז) תשכ"ב – 1962

תקנות הניקוז וההגנה מפני שטפונות, תשכ"ב - 1962

Aasto, A Policy On Geometric Design Of Highways & Streets, 2001.

Andrews D.C., Soils In The Perth Area-The Citycentre. Research Scientist Organization, Perth, Western Australia, 1.

Australian Academy Of Technology Sciences And Engineering, Perth's Water Balance-The Way Forward, November 2002

Australian Academy Of Technology Sciences And Engineering, Water Resources For Perth And The Goldfields, 2001

Bell W., "A Catalog Of Stormwater Quality Best Management Practices For Heavily Urbanized Watersheds" In National Conference On Urban Runoff Management: Enhancing Urban Watershed Management At The Local, County, And State Levels, 1993.

Boller M, Tracking Heavy Metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems, Water Sci Tech. Vol. 35 No. 9, pp 77-87, 1997.

Boller M. The Contribution of municipal Drainage to the Accumulation of pollutants in soil, EAWAG NEWS 38 E, 1995

Boyd, M.J., Buffil, M.C., Knee, R.M.. Predicting Pervious And Impervious Storm Runoff From Urban Drainage Basins. Hydrological Sciences, Vol. 38(6), Pp. 463-478,1994.

Carmon. N. Shamir U and Meiron – Pistiner, S., (1997). "Water –Sensitive Urban Planning. Protecting Groundwater", Journal of Environment Planning and Management, 40 (4). Pp. 413.

Carmon. N. Shamir U, (1999). "Water –Sensitive Urban Planning. The case of Israelis Coastline Aquifer", in Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality, Ed by B Elis, IAHS Publictions No 259, pp. 409-415.

City Of Tucson – Water Harvesting Guidance Manual, Department Of Transportation, Stormwater Section, Jan. 2002.

Data Book For Civil Engineers. "Design". Volume One, Elwyn E Seelye New York-John Wiley And Sons, Inc.

DEP, WRAC Discuss Draft Final Stormwater Policy, Pennsylvania Environmental Reporter, V.11, No.8-9, August- September 2002

Design Criteria Recommendations. Ouzi David. Tahal (Water Planning) Ltd. Volumes 1, 2, 3.

Drainage Of Highway Pavements Fhwa 3/1985.

Drainage Principles And Applications. Publication No.16, Vol. 1, 2, 3. International Institute For Land Reclamation And Improvement. Wageningen, The Netherlands

Edgar E. Foster, Rainfall And Runoff, The Macmillan Company.

Edgar E. Foster, Rainfall and Runoff. The Macmillan Company.

Engineering Hydraulics. Rouse. John Wiley And Sons, Inc.

Fuchs S, T haritopoulou, M Schafer and M Wilhelmi, 1997, Heavy metal in freshwater ecosystems introduced by urban rainwater runoff- Monitoring of suspended solids, river and biofilm Sci. Technol. 36 (8-9): 277-282

Grodek, T., Lekach. J., Schick, A.P. 2000. Urbanizing Alluvial Fans As Flood-Conveying And Flood-Reducing Systems: Lessons From The October 1997 Eilat Flood. IAHS Publ. 261, Pp. 229-250.

Hall, M.J. Urban Hydrology. London, Elsevier,1984..

Handbook Of Applied Hydraulics. Davis. Mcgraw Hill, Book Company

Harbor, J.M.. A Practical Method For Estimating The Impact Of Land-Use Change On Surface Runoff, Groundwater Recharge And Wetland Hydrology. Journal Of American Planning Association, Vol. 60, No. 1, Pp. 95-107,1994.

Hollis, G.E.. Rains, Roads, Roofs And Runoff: Hydrology In Cities. Geography, Vol. 73, Pp. 9-18, 1988.

Hollis, G.E.. The Effects Of Urbanization On Floods Of Different Recurrence Interval. Water Resources Research, 11, 1975.

Issues Pertaining To The Permeability Characteristics Of Coarse-Graded Superpave Mixes.Ncat Rep. No 2002-06 7/02

Kronaveter, L. Shamir. U. and Keissler, A (2001), “Water-Sensitive Urban Planning: Modeling On – Site Infiltraton”, Journal of Water Resources Planning and Management. American Society of Civil Engineers.

Legget, R. F., Latest Edition, Cities And Geology. Mc-Graw Book Company.

Leopold, L.B.. Hydrology For Urban Land Planning – A Guidebook On The Hydrologic Effects Of Urban Land Use. U.S.G.S. Circular 554,1968.

Leopold, L.B.. Lag Time For Small Drainage Basins. Catena, Vol. 18, Pp. 157-173,1991.

Levin, A.. Water Sensitive Urban Planning: Infiltration In Urban Public Spaces. MA Thesis, Technion, Haifa, 2000.

Linsley, K.P., Kohler, M.A., Paulhus, J.L. Hydrology For Engineers. Mcgraw Hill Company,1958.

Livingston, E.H., E. Shaver. Institutional Aspects Of Urban Runoff Management: A Guide For Program Development And Implementation. Watershed Management Institute ,Ingleside, M.D. In Cooperation With U.S. Environmental Protection Agency (EPA),1997.

Makepeace D.k et al ‘Urban Stormwater Quality: Summary of Contaminant Data Environmental Science and Technology, 25 (2): 93-139 (1995)

Mangarella P., Strecker E. And Boyd G. “Targeting And Selection Methodology For Urban Best Management Practices” In National Conference On Urban Runoff Management: Enhancing

Urban Watershed Management At The Local, County, And State Levels, 1993.

Martens, L.A.. Flood Inundation And Effects Of Urbanization In Metropolitan Charlotte. U.S.G.S. Water Supply Paper 1591-C, 60 P,1968.

Mikkelson H. Pollution From Urban Stormwater Infiltration. Water Science and Technology vol 29.no 1 pg 293-302 1994

NAVFAC DM-7.1, Latest Edition, Soil Mechanics, Design Manual. U.S. Dept. Of The Navy.

Ora Tamir, Legal And Administrative Aspects Of The Water Laws In Israel.

Packman, J.C., Lynn, P.P., Beran, M.A., Lowing, M.J., Kidd, C.H.R.. The Effect Of Urbanization On Flood Estimates. Wallingford:Institute Of Hydrology Urban, Drainage Research Note To National Water Council (WP-HDSS-76/17) And CIRIA (SG/244/5),1976.

Quek U. Trace Metal in roof Runoff. Water Air and soil pollusion 1993 vol. 68 pg 373-389

Reducing the impacts of stormwater runoff from new development, New York State Department of Environmental Conservation 1993

Rieman, U.. Impact Of Urban Growth On Surface Water And Ground Water Quality In The City Of Dessau, Germany. IAHS Publ. 259, Pp. 307-314,1999.

Runoff and its control in Japan. Water Sci. Technol Uchimura K, E Nakamura and S Fujita, 1997, Characteristics of stormwater runoff and its control in japan. Water Sci. Technol.36 (8-9):141-147

Schick, A.P.. Fluvial Processes On An Urbanizing Alluvial Fan: Eilat, Israel. In: Natural And Anthropogenic Influences In Fluvial Geomorphology, AGU, Washington DC, US, 209-217, 1995.

Schiling, W.. Rainfall Data For Urban Hydrology: What Do We Need? Atmospheric Research, Vol. 27, Pp. 5-21,1991.

Schueler, T.R., Design Of Stormwater Wetland Systems: Guidelines For Creating Diverse And Effective Stormwater Wetlands In The Mid-Atlantic Region, Regional Water Committee, October 1992.

Seaburn, G.E.. Effects Of Urban Development On Direct Runoff To East Meadow Brook, Nassau County, Long Island, New York, Washington DC, US. Geological Survey Professional Paper 627-B, 1969.

Sheafer, J.R., Wright, K.R., Taggart, W.C., Wright, R.M.. Urban Storm Drainage Management, Maecell Dekker, N.Y, 1982.

Sloto, R.A. Effects Of Urbanization On Storm-Runoff Volume And Peak Discharge Of Valley Creek, Eastern Chester County, Pensylvania. U.S.G.S. & Chester County Water Resources Authority, Report 87-4196, 1988.

Sneh A., Bartov Y. And Rosensaft M., Geological Map Of Israel, Scale 1:200,000, Sheet 1 To 4. Geological Survey Of Israel, 1998.

Soil Conservation Service. Urban Hydrology For Small Watersheds. Technical Release No. 55, Engineering Division Soil Conservation Service, U.S.D.A, 1975.

Stephenson, D. Comparison Of The Water Balance For An Undeveloped And Suburban Catchment, Hydrological Sciences, Vol 39, Pp. 295-307, 1994.

Stormwater Management In Pennsylvania – From The Internet: Www.Dep.State.Pa.Us

Tod, D. K., Latest Edition, Groundwater Hydrolegy. John Wily & Sons.

USBR, Latest Edition, Earth Manual. United States Dept. Of The Interior, Bureau Of Reclamation, Washington.

Van De Ven, F.H.M.. From Rainfall To Sewer Inflow: A Process With Consequences. Water In Urban Areas, Netherland: The Hauge, TNO Committee On Hydrological Research, 1985.

Viessman, W. Introduction To Hydrology. Harper & Row, N.Y, 1977.

Walling, D., The Hydrological Impact Of Building Activity: A Study Near Exeter. In: Hollis, G.E. (ED.) Man's Impact On The Hydrological Cycle In The UK. Norwich, Geo Books, Pp. 135-152, 1979.

Water Sensitive Urban Design In The Sydney Region,Case Studies In Subdivision Scale , Victoria Park, Zetland Kograrah Town Square , 2002.

Water Urban Design Research Group, Water Sensitive Residual Design: An Investigation Into Its Purpose And Potential In Thr Perth Metropolitan Region. The Western Australian Water Resources Council, Leederville, WA., Australia, 1989.

מאמרים מהאינטרנט

http://www.cpatsa.embrapa.br/doc/technology/4_10_Stephen_Ngigi.doc

http://twri.tamu.edu/twripubs/WtrSavrs/v3n2/article-1.html

Watershed Partners Participate in Comprehensive Municipal Infrastructure Planning: A Case Study

Cis Myers, Sr. Environmental Coordinator
Project Coordinator, City of Smithville
Lower Colorado River Authority, Austin, TX

Reducing the Impacts of Urban Runoff

with Alternative Site Design Approaches
NIPC Bulletin - May 1997

מפעל לטיפול במי נגר עילי בסנטה מוניקה, ארה"ב

santa monica urban runoff recycling facility

Sustainable Urban Drainage Bibliography
ספרות בנושא טיפול ושימור נגר עילי בסקוטלנד

General Manuals about Stormwater and Urban Runoff
רשימה של מדריכים לטיפול ושימור נגר עילי בארה"ב