



משרד הביטחון והשיכון



תכנית מס' 201-0317131

כברי – שכונת בנים ב'

נספח ניקוז ושימור נגר עילי

הנחיות



נובמבר 2011
עדכון אפריל 2015
עדכון מאי 2016
עדכון יולי 2016



אינג' עמוס דנק – מהנדס יועץ
טל': 8207944-04, פקס: 8207942
ת.ד. 3280, חיפה 31032
E-mail: amosd@012.net.il



כברי

נספח ניקוז ושימור נגר עילי

הנחיות

להלן התייחסות לתכנית 201-0317131 בהתאם לנספח מנחה א' – לתמ"א 34 ב'3. מספרי הסעיפים להלן, תואמים למספרי הסעיפים בנספח מנחה א' הנ"ל:

1. כללי

1.7 תחום התכנית

קיבוץ כברי נמצא במועצה אזורית מטה אשר, כ- 5 ק"מ מזרחית לנהריה, צפונית לדרך 89 ומזרחית לדרך מס' 70. השכונה ממוקמת בצפון מזרח הקיבוץ. רום פני הקרקע משתנה בין +88 מטר מעל פני רום ועד +109 מטר. בצפון השכונה עובר ואדי, ממזרח למערב, אשר מנקז שטח כ- 640 דונם ממזרח לשכונה. שטחים נוספים בגודל 42 דונם מתנקזים אל השכונה בצידה הצפוני מערבי.

2. נתוני רקע

2.1 במפה הטופוגרפית המצורפת בקנ"מ 25 000 : 1 ניתן לראות כי בצפון השכונה עובר ואדי המנקז שטח של כ- 640 דונם, ממזרח לשכונה. הואדי מזרים את מי הנגר במורד מערבה לכוון נחל שעל.

2.2 התכנית מתייחסת לשכונת מגורים חדשה במקום אדמה חקלאית היום.

2.3 סווג הקרקע לפי חבורת קרקע טרה רוסה עם מקדם נגר עילי מוערך של $C = 0.12$.





תאור התכנית המוצעת

3.
3.1

מצורפת מפה טופוגרפית עם סימון גבולות אגני הניקוז וקוי התיעול המתוכננים בשטח התכנית.

האופי הטופוגרפי של השכונה הוא בעל מורד המשתפל ממזרח למערב בשפוע ממוצע של 10%.

קוי התיעול מזרימים את מי הנגר לכוון ערוץ הוואדי שזורם ממזרח למערב ונמצא מעבר לגבול הצפוני של השכונה.

3.2 חתכי אורך של קוי התיעול המתוכננים יוכנו בזמן התכנון המפורט.
3.4, 3.3 התכנית המוצעת אינה כוללת מתקנים מיוחדים.



3.5 תכנית הניקוז מחולקת ל- 2 אגנים. אל השכונה זורמים מי נגר משטחים חיצוניים כפי שיפורט להלן.
גודל אגני הניקוז הם כלהלן:

א. בשכונה חדשה:

אגן מס' 2	29 דונם
אגן מס' 3	21 דונם

ב. שטחים מחוץ לשכונה:

אגן מס' 1	565 דונם
אגן מס' 1A	75 דונם
אגן מס' 1B	15 דונם



3.5.1 שיטת חישוב הנגר העילי

ספיקת התכנון היא מן הגורמים המכריעים המשפעים על מימדי המאספים. קיימות שתי שיטות המקובלות לחישוב הספיקות: שטת ההידרוגרף והשיטה הרציונלית.

שיטת ההידרוגרף מבוססת על תצפיות ומדידות מדויקות בכל אגן ההיקוות, והיא מביאה בחשבון גורמים כמו גשם, כיסוי הקרקע, חדירות, קיבול הקרקע, גודל האגן, התאידות ונתונים נוספים החשובים לחישוב הספיקה, אך העדר נתונים מפורטים אלה מונע את ישומה במקרה זה, בהעדר נתונים.



השיטה הרציונלית הינה השימושית והמקובלת לחישוב ספיקת התכנון. שיטה זה מבוססת על הקשר בין הנגר העילי מאגן הקוות כלשהו, לשטחו, תכונותיו הפיזיות של האגן ובין עוצמת הגשם. הנוסחה הרציונלית מתבססת על נסיון רב שהצטבר בכל רחבי העולם לחישוב ספיקות נגר עילי במיוחד באזורים מיושבים, כאשר גודל אגני הניקוז אינו עולה על 10 קמ"ר.

הקשר בין הגורמים האלה מבוטא בנוסחה הרציונלית: $Q = C.I.A$

- Q – הספיקה המכסימלית של הנגר העילי לשעה.
- C – מקדם הנגר העילי המבטא את אופי פני השטח באגן.
- I – עוצמת סופת התכנון למשך זמן נתון (במקרה זה זמן הריכוז), במ"מ לשעה.
- A – שטח אגן ההקוות המתנקז אל נקודת הריכוז, בדונמים.



3.5.2 מקדם הנגר העילי

מקדם הנגר העילי C מייצג את החלק היחסי של הנגר, המתנקז משטח נתון. גודל המקדם מושפע מאופי הקרקע, מחדירות הקרקע ומהתכסית וכן גם מעצמת ומשך הגשם ומתנאים מקומיים כמו שיפוע הקרקע וההתאידות, אשר במקומות חשופים לשמש ולרוח גבוהה יותר מאשר במקומות מוסתרים ומוצללים.

בהשוואה לשאר הגורמים בנוסחה הרציונלית, דורשת קביעתו של מקדם הנגר העילי מידה רבה של שיקול דעת וניסיון. יש להביא בחשבון השתנות הערכים עם הזמן, לאור פיתוח השטח. הערכים של המקדם יגדלו ככל שהבניה, רשת הכבישים, המדרכות ומגרשי החניה יהיו צפופים יותר. לעומת זאת יקטנו ערכי מקדם הנגר העילי ככל שיורחבו השטחים הבלתי מפותחים כגון שטחי בור, אזורי יעור וכו'.



לצורך חישוב נגר עילי משוקלל לכל סוגי השטחים, נעשה חישוב נפרד לכל סוג שטח, על פי אחוז תכסית השטח, גודל החצרות ואפשרויות האגירה. כמו כן הובא בחשבון סה"כ סוג שטח מכלל תכנית המתאר.

מניתוח אופי השטח הבנוי והשטח המתוכנן נקבעו מקדמי נגר לכל סוג שטח כלהלן:

כבישים	-	90%
גגות	-	90%
שטח פתוח/חצר	-	15%
שטח חקלאי	-	15%

עבור המצב הקיים, בשטח השכונה המתוכננת נמצאים מבנים חקלאיים (אורווה) ובעיקר שטחים פתוחים. מקדם הנגר המשוקלל למצב הקיים הינו 17%.

עבור השכונה המתוכננת התקבל מקדם נגר עילי משוקלל בשכונה של 49%.

הפירוט לתחשיב מקדמי הנגר מופיע בנספח א'.

3.5.3 זמן ריכוז

לשם קביעתה של זרימת הנגר העילי, או ספיקת התכנון, יש לדעת את זמן הריכוז. בשטח בנוי יש צורך להביא בחשבון שלושה מרכיבים:

- משך זרימת המים לאורך הדרך הארוכה ביותר בשטח הטבעי של אגן ההקוות.
- משך זרימת המים לאורך הכביש עד לקולטנים.
- משך הזרימה במובילים בין נקודות האיסוף.

זמן הריכוז משטחים מחוץ לשכונה

בכדי לקבוע את זמן הריכוז בשטחים פתוחים ובערוצים טבעיים, יש להתחשב בעיקר בשיפוע הקרקע, בתכנית זאת חשוב זמן הריכוז נעשה לפי נוסחת KirPich:

$$T_c = 5.4 \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.75}$$

- T_c זמן הריכוז, בדקות
- L האורך המכסימלי בנקז הטבעי, ב ק"מ
- S השיפוע הממוצע של הערוץ הארוך, הערך המוחלט.

זמן הריכוז בשכונה

זמן הריכוז בשטח השכונה נקבע על בסיס מהירויות זרימה ממוצעות בצנרת הכבישים (בהנחה כי שיפועי הצנרת מקבילים לשיפועי הכבישים המתוכננים).

עבור שיפוע אופייני לשכונה של 3.0-4.0% עבור צנרת בטון בקוטר 40-60 ס"מ, המהירות הינה כ-4.0 מ' לשנייה. מתוך כך, עבור אורך צנרת של 500 מ' ובהוספת 5 דק' עד להגעת הנגר





מהמגרשים לכבישים ו-5 דק' נוספות עד להגעתם לקולטני הכביש זמן הריכוז המחושב הינו 12 דק'. לצורך חישוב נלקח זמן ריכוז של 15 דקות באגני השכונה. זרימת המים בצנורות תחושב על פי נוסחאות הידראוליות מקובלות, כפי שיתואר להלן, ופרק הזמן הדרוש נמצא בהתאם.

3.5.4 עוצמת הגשם

תחנת הגשם שנקבעה כמיצגת לחישוב עוצמת הגשם נבחרה תחנת נהריה. התחנה היא תחנה רושמת. הנתונים בטבלה המצ"ב הם ממוצעים על סמך 23 שנות מדידה.

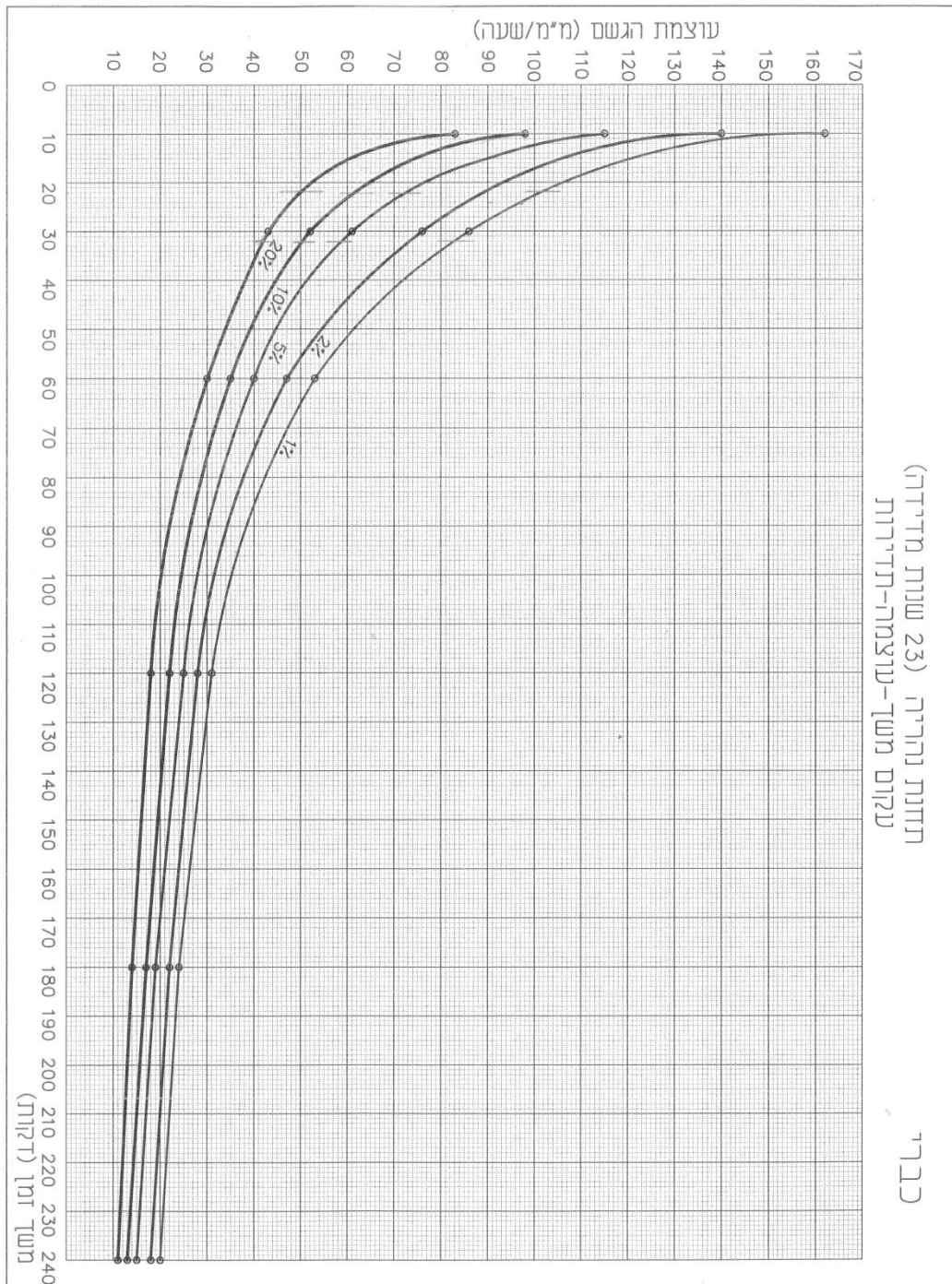
תחנת נהריה (23 שנות מדידה)



עוצמת הגשם (מ"מ/שעה) בפרקי זמן בהסתברויות שונות

הסתברות					משק הזמן
20%	10%	5%	2%	1%	דקות
83	98	115	140	162	10
71	82	92	104	113	15
43	52	61	76	86	30
30	35	40	47	53	60
18	22	25	28	31	120
14	17	19	22	24	180
11	13	15	18	20	240







לצורך חישוב הנגר העילי בקווי ניקוז שונים נבחרו עוצמות גשם כלהלן:

1. עבור חישוב אפיק התעלה מצפון לשכונה

בהסתברות 1% - 113 מ"מ
בהסתברות 20% - 71 מ"מ

2. עבור חישוב מערכת התיעול בשכונה בהסתברות של 20%

בראש המערכת, זמן ריכוז של 15 דקות - 71 מ"מ



3.7 הקולטן הראשון במערכת התיעול יקבע במרחק של 80-100 מטר מנקודת הרכס. בדרך כלל המרחק בין הקולטנים יהיה כ-50 מטר. בכל מקרה מספר הקולטנים ומספר השבכות בכל תא קליטה יקבע כך שעובי הזרימה בכבישים לאורך אבני השפה יהיה 4-5 ס"מ. מקום הקולטנים יקבע בהתאם לתכנית מפורטת של הכבישים. נספח ב' כולל הנחיות למיקום קולטנים בתכנון המפורט.

3.8 ספיקת התכנון של קווי התיעול בשכונה חושבה על פי עוצמות גשם בתדירות של 20% והתעלה החוצה את השכונה בתדירות של 1% לפי השיטה הרציונלית. לאחר איסוף הנגר העילי מכל השכונה, הספיקה במוצאים מכל אגן היקוות היא המפורט בטבלה להלן:

ספיקת התכנון במוצאי קווי התיעול

עוצמות גשם לפי הסתברות				מקדם נגר עילי %	שטח דונם	מספר אגן ניקוז
20%		1%				
Q	I	Q	I			
1.55	71	2.47	113	12	655	1
0.61	71	0.97	113	49	63	2
0.42	71	0.66	113	49	43	3

Q – מ"מ/ק/שעה



4. השפעות צפויות על הסביבה

4.1 שימור נגר עילי שטחי החדרה והשהייה

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

הטופוגרפיה באזור השכונה מהווה מקום נוח לאגירה והחדרת הנגר.

שימור הנגר יכול להתבצע בשלוש דרכים עיקריות:

- בתחומי המגרשים הבודדים, על ידי יצירת אוגר מקומי והחדרתו בתחום כל מגרש.
- בתחומי שטחים פתוחים, בשיפועים מתונים יחסית.
- ברצועות ירוקות לאורך הדרכים.





בעקבות פיתוח השכונה משתנה מקדם הנגר המשווקלל בשכונה מ-0.17 ל-0.49. השינוי מאפיין את הפיתוח הצפוי בשכונה כפרית. בהסתכלות אגנית, אגן נחל שעל מנקז 25 קמ"ר במורדו כך ששטח השכונה מהווה כ-0.5% משטח האגן- השינוי באגן בטל בשישים. עיקר ההשפעה הינה על יובל נחל שעל, כאשר בספיקות נדירות מספיקת התכן למערכת הניקוז העירונית (20%) מומלץ לתכנן את שצ"פ 114 נמוך מסביבתו שיהווה אגן ויסות והשהייה לנגר שיגלוש מהכביש עד להגיעו ליובל נחל שעל.

4.1.2

בכדי לצמצם את הגדלת תרומת הנגר מהמצב הקיים מומלץ כי בחצרות אשר בשטחי המגורים ובשטחים למבני ציבור, יוסדרו חלקים משטחי החצרות בגודל של כ- 20% לפחות לצורך פזור והשהייה של מי גשמים. פני שטחים אלא יהיו נמוכים ב- 10 – 20 ס"מ מהסביבה כך שהם יהיו מקום לאגירה והשהייה של מי הגשמים עד לספיגתם בקרקע. השטח יהיה מרוחק מיסודות המבנים. בנוסף או לחלופין יותקנו קידוחים אשר ישמשו מקום לאיסוף והחדרת מי הגשמים אל תוך הקרקע. מוצאי המרזבים יהיו בשטחי הפזור או יחברו ישירות לקידוחים. בנוסף כאשר תכנון החצר כולל קיר גדר, מומלץ להבליט את הקיר ב- 20 ס"מ לפחות מעל פני הקרקע בחצר. על מנת למנוע הצפות בחצרות יעשו סידורי גלישה אל הכבישים הסמוכים, שם מי הנגר יקלטו במערכת התיעול. נספח ג' כולל מספר אלמנטים אופייניים לוויסות, ריסון ושימור נגר שניתן לשלב בתכנון השכונה.

4.1.3

לקראת פתוח השכונה בפועל, מומלץ לבצע בדיקות הידרוגאולוגיות לשם קביעת כושר החידור של הקרקע ולתכנן בהתאם את גודל השטחים המיועדים לאגירה, התקנת קידוחים בכל חצר או כל שיטה אחרת כמפורט לעיל ובתמ"א 34 ב/3.

4.1.4

מומלץ לתכנן את מערכת התיעול ברחובות השכונה על פי הנוסחאות המקובלות לתכנון צנרת תיעול, לעוצמות גשם בתדירות 20% בלי להתחשב בשטחי אגירה.

4.1.5



אמצעים למניעת נזקים

.5

בשטח השכונה יתוכננו שטחים להחדרת מים אל הקרקע ולהשהייה ועל ידי כך להעשיר את מי התהום ולהקטין את כמויות המים המגיעות למערכת הניקוז האזורית.

5.1

יהיה צורך בתכנון מפורט והסדרה של התעלה בקטע שהיא צמודה לגבול כתוצאה הפיתוח של השכונה ומחיבור מערכת התיעול של השכונה אל הנחל. אין סכנה לגרימת נזקים לטבע ולנוף, לאתרי עתיקות. אין סכנה להצפת שטחים הגובלים עם השכונה המתוכננת.

5.2, 5.3, 5.4





נספח א'
חישוב מקדם נגר משוקלל:

מצב קיים

שטח (מ"ר)	מקדם נגר	
10,000	0.9	גגות (מבנים חקלאיים)
10,000	0.12	חצר
129,000	0.12	שטח פתוח
149,000	0.12	סה"כ שטח

מקדם נגר	0.17
-----------------	-------------

מצב מתוכנן

בהתאם להוראות התב"ע חושב מקדם הנגר המשוקלל:

מקדם נגר	שטח (מ"ר)	מגורים (מ"ר)	מבני משק (מ"ר)	סה"כ
0.9	15,600			70,100
0.9		16,000	38,500	
0.12		24,000	38,500	78,900
0.12	10,300	6,100		
				149,000

מקדם נגר	0.49
-----------------	-------------



נספח ב'
הנחיות לתכנון ניקוז עירוני

1. דרישות לחישוב מרחקי קולטנים במערכת הכבישים המתוכננת

עקרונות לחישוב המרחקים בין תאי הקליטה יהיו כדלקמן:

רוחב הצפה מירבי: 1.5 מ'.

עומק הצפה מירבי: 3 ס"מ.

ערכי ספיקת קיבולת ליחידת רוחב כתלות בשיפוע הרחוב מתוארת בטבלה הבאה (על פי Drainage of highway pavements):

טבלה 4 ערכי ספיקת קיבולת כתלות בשיפוע

שיפוע [%]	0.2	0.3	0.5	1	2	3	4	5	7
ספיקה [ליטר/שניה]	4.25	5.66	7.08	10.7	14.1	17.5	19.8	25.4	25.7
				6	6	6	2	9	7

המרחקים בין תאי הקליטה לאורך הכביש, כתלות בשיפוע האורכי, מתוארות בטבלה הבאה:

טבלה 5 מרחקים בין תאי קליטה לאורך הכביש





7	5	4	3	2	1	0.5	0.3	0.2	שיפוע [%]
105	103	80	71	57	44	29	23	17	מרחק [מטר]

מספר הקולטנים יתוכנן בהתאם לספיקת קליטת קולטן יחיד- 30 ליטר לשניה.
המרחק בין הקולטנים יקבע בהתאם לשיפועי הכבישים.

2. הנחיות כלליות למערכת ההולכה

מהירות זרימה מינימלית למניעת שקיעת סחף בצינור – 0.8 מטר לשנייה.

חישוב קוטר קווי ניקוז

תכנון מערכת הניקוז יעשה לפי נוסחת מאנינג.

כאשר:

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} \sqrt{j}$$

[מ"ק/שניה]	Q – ספיקת התכן בצינור
[מ"ר]	A – שטח חתך הזרימה
[מטר] (היחס בין שטח הזרימה להיקף מורטב)	R – רדיוס הידראולי
[מטר/מטר]	j – גאדיאנט (שיפוע)
0.015 (לצנרת בטון)	n – מקדם חיספוס מאנינג

קוטר מינמלי לתכנון – 50 ס"מ משיקולי תחזוקה.

נספח ג'

אלמנטים לויסות, ריסון וחידור נגר

א. מפתנים לאורך צירי הזרימה בשצ"פים- בצירי הניקוז הזורמים בשטח השצ"פים ניתן לבצע מפתנים שיהוו מלכודות להחדרת הנגר אשר יצרו בספיקות הגבוהות מופע מים של מפלונים לאורך האפיק, שיש לו ערך נופי-סביבתי נוסף.



איור 1: מפתן בטון היוצר מלכודת נגר לריסון והחדרה מתוך "מדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עילי", אביב אנוש, 2004.





איור 2: מפתן
לוויסות נגר מתוך
המאסטר של
ליעד מרכוס.



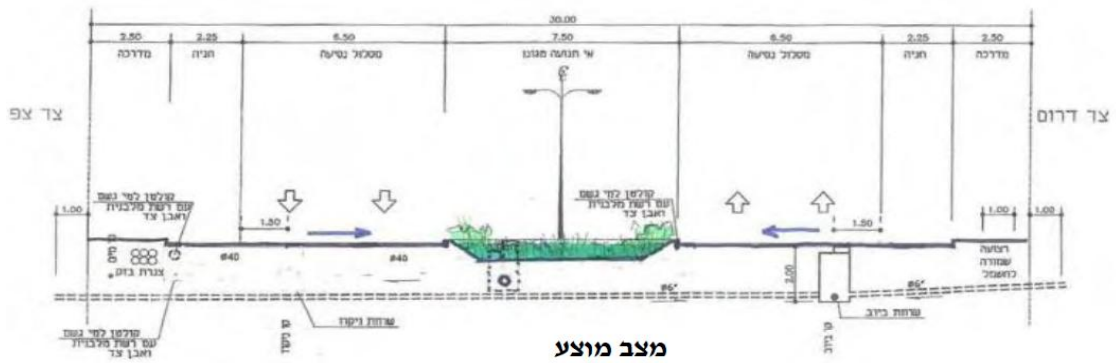
ב. פיתוח נופי מדורג לחלחול מי נגר

איור 3: גינן מדורג כולל צמחייה
לריסון וויסות (וושנגטון, ארה"ב)



ג. **אדריכלות "קעורה"** - בתכנון כבישים, המים מתועלים לרוב ישירות למערכת קולטנים ומובלים לצינור תת קרקעי. בתכנון מוטה נגר, כפי שניתן לראות באיור 4, ניתן להטות את שיפוע הכבישים לכיוון אי התנועה המגונן. באמצעות הנמכת מפלס הקרקע באי התנועה והחלפת הקרקע לכזאת המתאימה לניהול והשהיית נגר, תתאפשר קליטת נגר משמעותית.



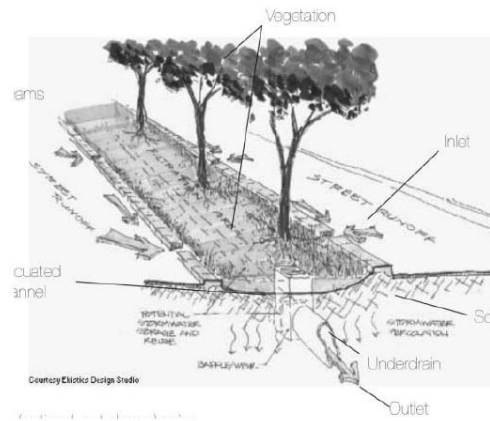


מצב מוצע

איור 4: ניהול נגר בחתך דרך עירונית מהירה



ניתן לתכנן ערוגות גשם בצד הדרך באמצעות פתחים באבני השפה לצד הכביש. הפתחים יאפשרו זרימת מים לערוגה מונמכת. יש לבצע חיבור overflow למערכת הניקוז העירונית לצורך מענה באירועי גשם גדולים.

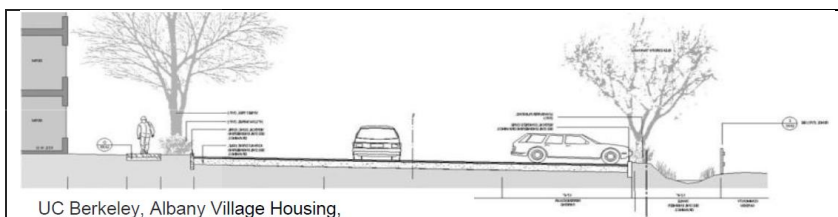


איור 5: חתך דרך – שקע מחלחל



ד. ניהול נגר להשהייה וריסון

איור 6 ו-7 לקוח מאוניברסיטת ברקלי, ארה"ב. ניתן לראות כי שיפוע החניון מוטה לכיוון השקע, ומרווחים באבני השפה מאפשרים למים להיכנס פנימה. המים זורמים דרך אגרגטים גסים אשר מונעים את סחף הקרקע ומאפשרים סחרור המים והחדרת חמצן. הקרקע מתוכננת בהנחיית יועץ קרקע ומתאימה להשהיה וחלחול. ניתן לראות את פתח הניקוז לקליטת עודפי המים (overflow) הממוקם כ-5 ס"מ מתחת לגובה כניסת המים למערכת. פתרון זה אידיאלי להשהייה וריסון בשקעים מקומיים.



UC Berkeley, Albany Village Housing.



איור 7: סכמה מוצעת

איור 6: ניהול נגר לצד חניון



ה. ריצוף מחלחל

ריצוף מחלחל הינו מוצר מדף נפוץ בשוק בשנים האחרונות. בחללים ישנם אגרגטים בעלי כושר חלחול ומתחת לריצוף ישנו בסיס איכותי ועמיד של מצעים מחלחלים. יש לציין כי ריצוף גם משמש פילטר ראשוני למים ומונע מזיהומים מוצקים להגיע לקרקע.



איור 9: סכמה ריצוף מחלחל

איור 8: סמטה עם ריצוף מחלחל

ו. מוצא ניקוז כולל שבירת אנרגיה

לבקשת רשות הניקוז מוצאי הניקוז יכללו אלמנטים לשבירת אנרגיה. הפתרון הנ"ל רלוונטי למוצאי הניקוז לשטח פתוח. מוצאי ניקוז שינוקזו לציר הניקוז ישירות ידרשו את ייצוב המוצא ובמידת הצורך ייצוב התעלה גם כן. מתוך "הנחיות משרד השיכון לתכנון עירוני", מרץ 2007.

