

תכנון עירוני רגיש למים

פרופ' נעמי כרמון

ראש המרכז לחקר העיר והאזור
המים

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

פרופ' אורי שמיר

ראש מכון גרנד למחקר

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

הכנס הארצי השלישי לבנייה ולתשתיות

18 במרץ 2003

תכנון עירוני רגיש למים בנייה משמרת מים בנייה כחולה

לכל המושגים הללו משמעות דומה:
תכנון וביצוע של פיתוח עירוני
תוך התחשבות במשאבי המים
כמותם ואיכותם

יעדים של תכנון עירוני רגיש למים

- **חיסכון במים**

- **שימור מקורות המים**

- **בישראל:**

- העשרת מי התהום

- תועלת לאיכות מי התהום

- **הפחתת הצפות ונזקי שטפונות**

- הקטנת שכיחות ועצמה של הצפות בעיר

- הקטנת תחומי הצפה בערוצי נחלים ועורקי

- ניקוז במורד

- הפחתת נזקי שטפונות וסחף בנחלים

יעדים נוספים של תכנון עירוני רגיש למים

- שמירה על המאזן ההידרולוגי-אקולוגי הטבעי (LID = Low Impact Development)
- שימוש בנגר לטיפול הנוף המקומי
- שימוש בנגר לתגבור אספקת המים
- ייעול והוזלה של מערכת הניקוז
- תרומה לגיבוש קהילתי (ארגונים ירוקים)

תער"מ מקובל במקומות רבים בעולם ומשרת יעדים שונים

- שימור כמות ואיכות מי תהום: פרת'; לונג איילנד; בישראל – בעיקר מעל אקוויפר החוף
- הקטנת הצפות ונדקי שטפונות: יפן; סיאטל; בארץ – בעיקר במרכזי ערים
- שמירה על המאזן ההידרולוגי-אקולוגי: מחוז פרינס ג'ורג' ליד וושינגטון, ארה"ב
- הקטנת גודל ועלות מערכות הניקוז: תמיד
- חסכון במים: במקומות רבים ברחבי העולם

הרציונל שהניע את מחקרינו בטכניון על הנושא ההידרולוגי

- פיתוח נמשך במישור החוף גורם לאבדן העשרה של מי התהום ולהרעה של איכות מי הנגר
- שיקולי מים לא יהוו גורם מכריע בקביעת תכניות הפיתוח
- שאלנו: כיצד ניתן לתכנן ולפתח את העיר ולנהל את הנגר העירוני (בשכונות חדשות ובשכונות ותיקות) כך שהפגיעה בכמות ואיכות מי התהום תהיה מזערית
- במשך הזמן התייחסנו למטרות נוספות של תכנון עירוני רגיש למים (תער"מ)

המחקר שלנו נמשך כ-10 שנים

- שותפים: מתכנני עיר ונוף ומתכנני משאבי מים
 - שותפי מחקר: ד"ר שמואל בורמיל, סטודנטים משתלמים
 - התחנה לחקר הסחף
 - מהנדסי וחוקרי נציבות המים והשירות ההידרולוגי
 - יועצים פרטיים
- מממנים:
 - הטכניון, במימון ישיר ותמיכה במשתלמים
 - נציבות המים
 - המשרד לאיכות הסביבה
 - משרד הבינוי והשיכון

נושאים שטיפלנו בהם

■ איכות מי הנגר

■ מדידות

■ השוואה עם תקנים ומימצאים של אחרים

■ כמות מי הנגר

■ חישובים באמצעות מודלים

■ מדידות והשוואתן לחישובים

■ אומדן של אובדן העשרה באקוויפר החוף

■ כלי חישוב מתאימים לתער"מ

המיבנה

האגן המבני כ-23
דונם

מוצא ניקוז
מן האגן
המיבני



קרית גנים

ראשל"צ

כ-500 דונם

+190 דונם פרק
9 חולות

מוצא מן האגן
השכונתי

מפה 3: מבן בקרית גנים

מקרא:

- גבול האגן המבני 
- גבול המבן 



תאריך צילום: 2002

1:1,000

איכות מי הנגר

- דגימות נגר מן המרזב, מוצא המיבנן, מוצא השכונה
- השוואה למדידות של פרופ' רונית נתיב וחבריה באשדוד
- השוואה לתקן מי שתייה של משרד הבריאות (נובמבר 2000)
- השוואה לאיכות מי הנגר במפעלי ההחדרה בנחל שיקמה ובנחלי מנשה
- השוואה לאיכות מי התהום באיזור ראשון לציון

השוואת איכות מי הנגר בקרית גנים לאיכות מים המיועדים להחדרה בנחלי מנשה ובנחל שקמה (לפי מדידות מ- 1985-1995)

ריכוז החומר (מג"ל)	נקודות המדידה בקריית גנים			מפעלי ההחדרה (1985-1995)	
	מרזב	מבנן	שכונה	מפעל נחלי מנשה	מפעל שקמה
כספית (Hg)	0.002-0.02	0.002-0.02	0.002-0.02	0.1-0.2	0.1
צורן (Se)	1.6-2.2	1.6-2.2	1.6-3.8	1	1
קדמיום (Cd)	0.001-0.02	0.001-0.02	0.001-0.02	0.2-1.1	0.5
ארסן (As)	0.012-0.020	0.012-0.020	0.01-0.02	5	
כרום (Cr)	0.002-0.025	0.002-0.124	0.010-0.077	3-116	35
עופרת (Pb)	0.004-0.15	0.01-0.07	0.004-0.036	3-21	8
בריום (Ba)	0.01-3.66	0.01-0.50	0.01-0.65	9-210	1,500
מנגן (Mn)	0.001-0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	3-700	4,720
ברזל (Fe)	0.03-0.48	0.20-1.23	0.30-2.13	80-2,750	25,800
נחושת (Cu)	0.01-0.5	0.02-0.09	0.01-0.38	4-77	26
אבץ (Zn)	0.02-0.27	0.06-0.12	0.05-0.31	34-1,240	520
ניטרט (NO3)	1.61-7.73	1.41-5.20	0.85-2.40	14-38	3
מגנזיום (Mg)	2.30-11.84	1.20-11.92	1.4-3.6	8-13.8	10
כלור (Cl)	23.7-66.3	13.3-85.6	11.7-26.2	45-125	19
סידן (Ca)	15.0-53.4	9.3-59.9	10.3-21.3	73-126	16
pH	7.00-7.87	7.20-7.90	7.19-7.75	7.5-8.4	12

השוואת איכות מי הנגר בקרית גנים

לאיכות מי התהום

בתאי אקוויפר באזור ראשון לציון (ב-2001)

ריכוז החומר (מג"ל)	ממצאים מנקודות המדידה בקריית גנים			ממצאים מתאי האקוויפר באזור ראש"צ		
	מרזב	מבנן	שכונה	39	59	79
כלור (Cl)	23.70- 66.26	13.30- 85.58	11.66- 26.20	125	116	243
ניטרט (NO3-2-N)	1.61- 7.73	1.41- 5.20	0.85- 2.40	47	83	74

מדידות של כמות הנגר העירוני

- מדידות במוצא המיבן והשכונה, במשך שלוש עונות (לא כל הסופות): 1999/2000, 2000/01, 2001/02 (רק עד סוף שנת 2001)
- ניתוח תוצאות המדידה לסופות בודדות, סיכום סה"כ הנגר וחישוב מקדם הנגר לכלל הסופות במשך העונה
- השוואת המדידות לתוצאות חישובים עם מודל SCS – לסופות בודדות ולכלל הסופות בעונה

חישובים של חלחול ואבדן העשרה

■ השתמשנו במודלים לחישוב הנגר לכל הסופות בעונה וסיכום שנתי:

■ **SCS** - של השירות לשימור הקרקע של ארה"ב

■ **HMM** - פותח על ידינו, ממשפחת **SWMM** של ה- **EPA** בארה"ב

■ עבור **SCS** הנחנו שהגדלת הנגר מתבטאת בהקטנה שווה של החלחול (העיור אינו משנה את ההתאדות במידה משמעותית)

אקוויפר החוף – 1900 קמ"ר פיתוח מעליו ונזק להעשרתו

אומדן הפסדי חלחול	תכסית אטומה בתוך היישובים וביניהם	שטח מפותח בתוך היישובים וביניהם	
70 מלמ"ש	250 קמ"ר (13%)	650 קמ"ר (35%)	1990
150 מלמ"ש	500 קמ"ר (26%)	1270 קמ"ר (67%)	תחזית ל- 2020

מסקנות מן המימצאים הנ"ל

- איכות הנגר העירוני מתאימה להחדרה
- הגדלת כמות הנגר עקב הבנייה העירונית משמעותית, ויש פוטנציאל להקטנתו ולמניעת הפסדי חלחול
- מודל SCS האמריקני יכול לשמש ככלי חישוב פרקטי לתער"מ, בוודאי אם נשכיל לפתחו כ- "SCS ישראלי"
- מומלץ ואפשר לממש תער"מ בישראל

מימוש תער"מ מחייב שותפות בין:

■ הסקטור הציבורי

■ רשויות ממלכתיות

■ רשויות מקומיות

■ הסקטור הפרטי

■ יזמים וקבלנים של בנייה ותשתיות

■ "הסקטור השלישי" (הוולנטרי)

■ ארגונים ירוקים

■ תושבים

■ המקצוענים

■ מתכנני ערים, אדריכלים, אדריכלי נוף

■ מהנדסי ניקוז, מים וביוב

■ חוקרים

פיתוח עירוני בר-קיימא

ניהול בר-קיימא של מים עירוניים

ניהול אספקת מים וביוב

ניהול נגר עירוני

נושאים אחרים של פיתוח עירוני (כמו תחבורה בת-קיימא)

תכנון בר-קיימא של המרחב העירוני

תכנון הנוף העירוני

תכנון שימושי קרקע

תכנון עירוני רגיש למים (תער"מ)

להלן דוגמאות לשיתוף פעולה
בין מתכנני ערים ואדריכלי נוף
לבין מהנדסי מים ומנהלי נגר עירוני
בפיתוח של

Best Management Practices

BMP's

BMP's

I. החדרת נגר במגרש הבנוי

הפיכת כל מגרש בנוי לאגן היקוות :

- לפחות 15% מן החצר פנויים וחדירים
- גדר אבן מסביב לחצר, 20 ס"מ לפחות
- חיבור מרזבים לשטח החדיר בחצר
- שיפוע כלפי השטחים החדירים
- שמירה על תכונות החלחול של הקרקע בשטח החדיר
- לעיתים: תוספת מתקני החדרה פשוטים

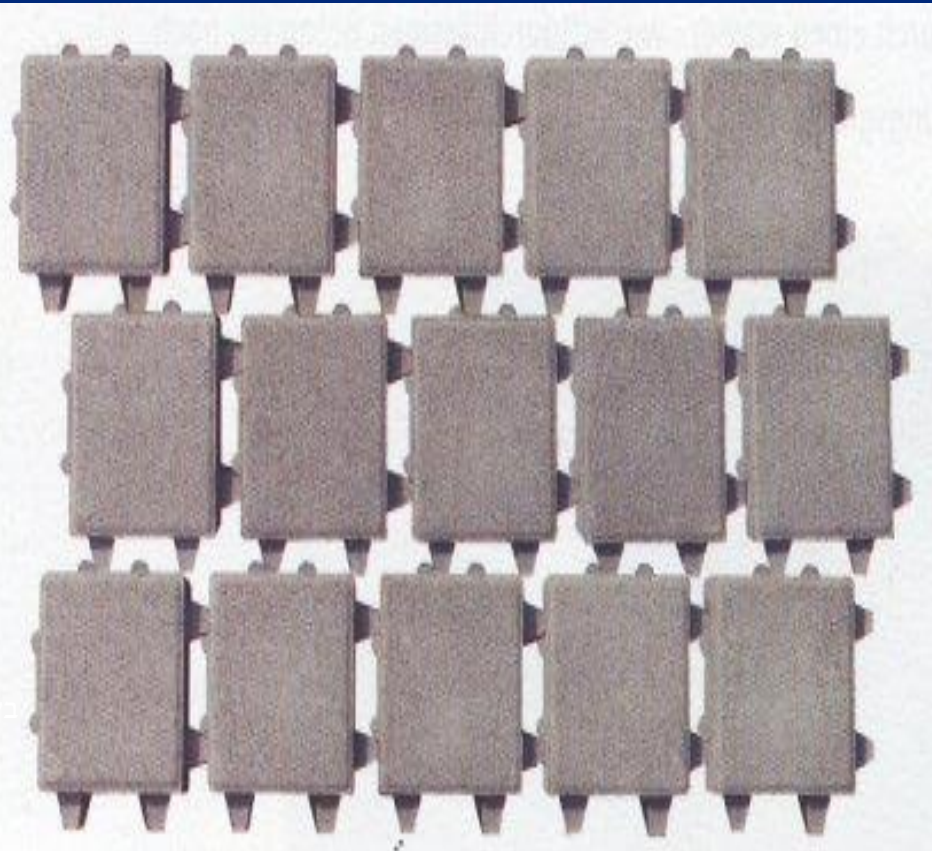
BMP's

II. מתקנים לטיפול בנגר והחדרתו

■ דוגמאות

- ריצוף חדיר
- תעלות החדרה וסינון
- תעלות עשב
- אגנים ירוקים בנויים
- בריכות

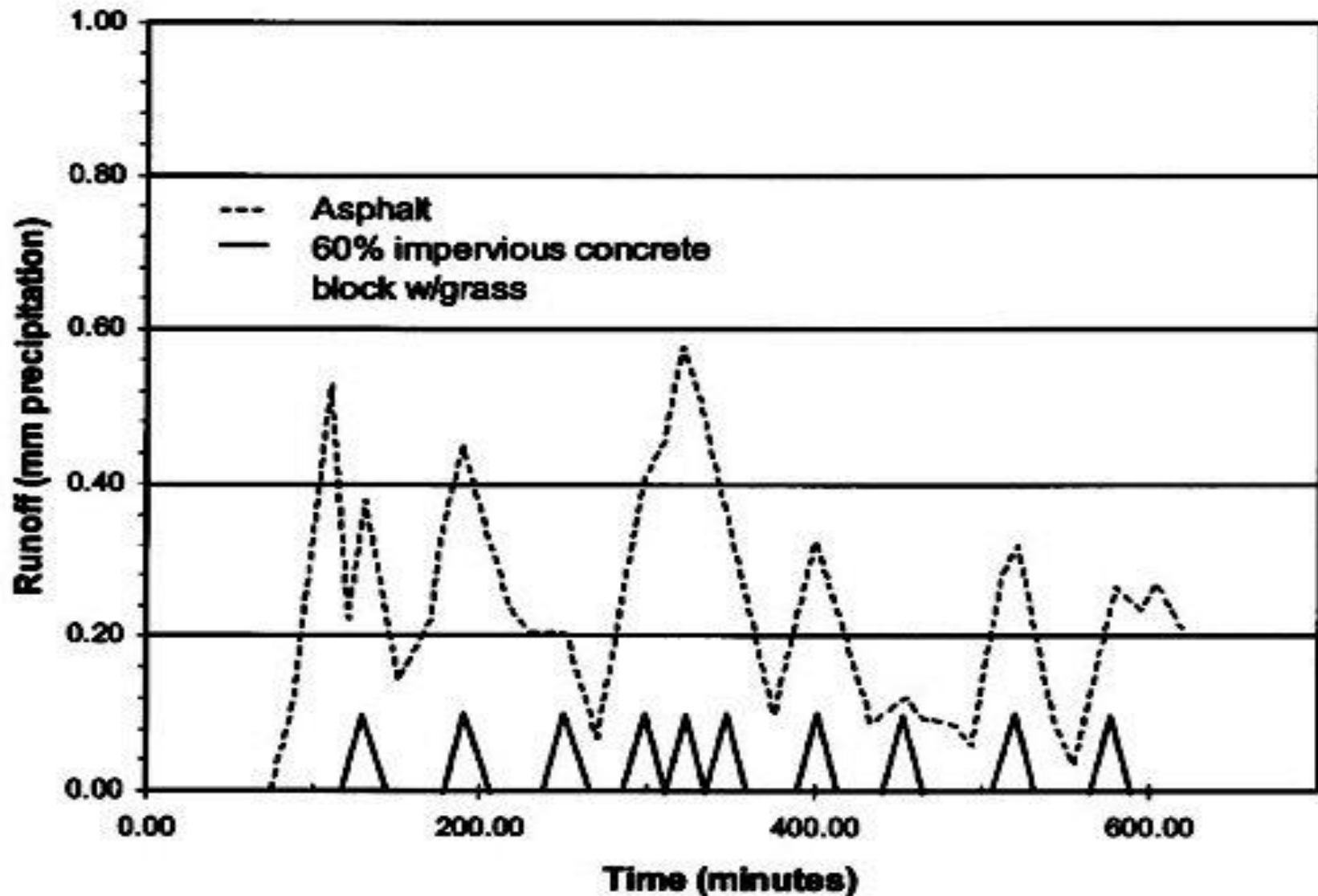
ריצוף חדיר



2

הפחתת נגר על ידי ריצוף חדיר

מקור: EPA, 2000 in: Booth, 1996



BMP's

III. חיסכון במים ברשויות המקומיות

- טיפול בפחת

- ניהול מים במוסדות ציבור

- אבזרים חוסכי מים בכל מוסד

- סחרור מים אפורים במקומות כדאיים

- גיבון עירוני חוסך מים

- עיצוב המשלב תכסיות של חצץ, טוף

- צמצום שטחי דשא

- צמחייה חסכונית במים

- חיפוי קרקע

- משטר השקייה – אביזרים, זמני השקייה²⁶

לאן כל זה מוביל?

- תער"מ מחייב פעולה מתואמת של מתכננים עירוניים עם מתכנני ומנהלי המים העירוניים
- תער"מ מחייב התייחסות לנגר העירוני כמשאב ולא רק כמטרד
- תער"מ מחייב בניית שותפות ציבורית-מקצועית-אזרחית להקמה ואחזקה של אמצעים לשימור מים
- תער"מ מחייב מדיניות ממלכתית

עבודה עכשווית

■ **משרד השיכון מממן כעת הכנת מדריך ל-
BMP's**

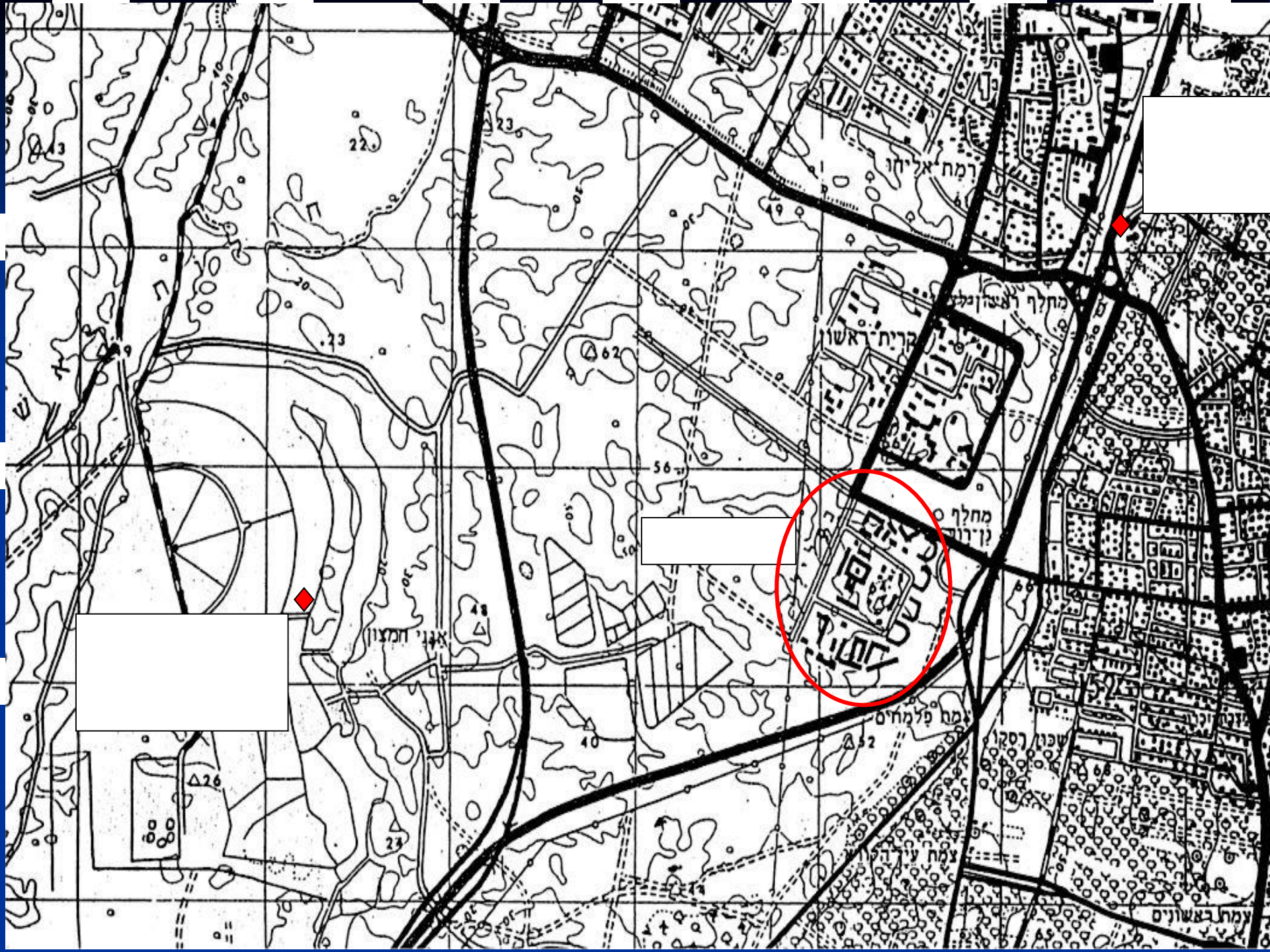
■ **אנחנו מכינים כעת מסמך מדיניות, שיקיף
את מכלול הנושאים של תכנון עירוני רגיש
למים (תער"מ)
במימון משרד הבינוי והשיכון
ובהיגוי משרדי הממשלה הרלבנטיים ונציגי
השלטון המקומי**

תודה למאזינים

נשמח לשמוע מנסיונכם בנושא














נעמי כרמון ואורי שמיר

תוספות





INDEX

-  Bricked
-  Building
-  Garbage Room
-  Closed Absorbent
-  Opened Absorbent
-  Asfalt
-  Drainage Hole
-  Gutter
-  Gutter Exit
-  Gutter Pipe
-  Basin drainage boundary
-  Height point
-  Wall

השוואת איכות מי הנגר בקריית גנים

לאיכות מי הנגר באשדוד (פרופ' רונית נתיב וחוב' 2002)

ריכוז החומר (מג"ל)	ממצאים מקריית גנים			ממצאים מאשדוד (ממוצעים)			
	מרזב	מבנן	שכונה	תל-אשדוד (59 דגימות)	עד הלום (10 דגימות)	נקז הפארק (30 דגימות)	נקז אזה"ת (14 דגימות)
pH	7.00-7.87	7.20-7.90	7.19-7.75	6.97	6.95	6.82	7.06
מוליכות חשמלית	0.27-116.0	0.14-63.0	0.12-65.0	0.349	0.159	0.334	0.273
כלור (Cl)	23.7-66.3	13.3-85.6	11.7-26.2	34.46	17.36	31.53	20.26
ניטרט (NO3)	1.61-7.73	1.41-5.20	0.85-2.40	4.06	5.32	3.39	1.59
סידן (Ca)	15.0-53.4	9.3-59.9	10.3-21.3	31.89	15.39	31.04	30.45
נתרן (Na)	5.1-34.7	3.5-48.2	3.5-16.6	23.58	9.91	19.71	13.29
אשלגן (K)	0.6-2.6	0.8-2.8	0.8-4.5	6.79	2.46	9.17	5.63
מגנזיום (Mg)	2.30-11.84	1.20-11.92	1.4-3.6	5.72	2.09	4.75	2.73
בורון (B)	0.02-0.26	0.02-0.198	0.003-0.072	0.056	0.03	0.065	0.05
בריום (Ba)	0.01-3.66	0.01-0.50	0.01-0.65	0.04	0.02	0.042	0.029
קובלט (Co)	0.005-0.02	0.002-0.02	0.002-0.02	0.003			
כרום (Cr)	0.002-0.025	0.002-0.124	0.010-0.077	0.009		0.004	0.007
נחושת (Cu)	0.01-0.5	0.02-0.09	0.01-0.38	0.017	0.01	0.012	0.026
ברזל (Fe)	0.03-0.48	0.20-1.23	0.30-2.13	0.84	0.06	0.218	0.0923

השוואת איכות מי הנגר בקרית גנים

לאיכות מי הנגר באשדוד (פרופ' רונית נתיב וחוב' 2002)

ריכוז החומר (מג"ל)	ממצאים מנקודות המדידה בקריית גנים			ממצאים מאשדוד (ממוצעים)			
	מרזב	מבן	שכונה	תל-אשדוד (59 דגימות)	עד הלום (10 דגימות)	נקז הפארק (30 דגימות)	נקז אזה"ת (14 דגימות)
ליתיום (Li)	0.001-0.02	0.001-0.02	0.001-0.02	0.009		0.007	0.007
מנגן (Mn)	0.001-0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	0.052	0.01	0.074	0.016
ניקל (Ni)	0.003-0.02	0.01-0.02	0.003-0.02	0.0156	0.001	0.012	0.005
זרחן (P)	0.06-0.885	0.1-4.57	0.1-0.84	0.628	0.23	0.63	0.349
עופרת (Pb)	0.004-0.15	0.01-0.07	0.004-0.036	0.027		0.0065	0.008
טיטניום (Ti)	0.01-0.2	0.01-0.056	0.01-0.095	0.065		0.005	0.003
אבץ (Zn)	0.02-0.27	0.06-0.12	0.05-0.31	0.123	0.13	0.099	0.065
וונדיום (V)	0.01-0.02	0.002-0.02	0.002-0.03	0.022	0.01	0.019	0.012
מוליבדן (Mo)	0.003-0.02	0.003-0.02	0.003-0.02	0.015		0.009	0.008

השוואת איכות מי הנגר בקרית גנים לתקן משרד הבריאות למי שתייה (נובמבר 2000)

החומר	ריכוז מרבי מותר (מ"ג לליטר)	מספר מדידות שבוצעו ונמצאו בהן ערכים בני מדידה ומספר הדגימות שהריכוז המרבי בהן עומד בתקן					
		מרזב		מבן		שכונה	
		סה"כ מדידות	מדידות העונות לתקן	סה"כ מדידות	מדידות העונות לתקן	סה"כ מדידות	מדידות העונות לתקן
ארסן (As)	0.05	1	1	0	0	2	2
בריום (Ba)	1.0	6	5	6	6	6	6
כרום (Cr)	0.05	6	6	6	5	6	5
ניקל (Ni)	0.05	6	6	6	6	6	6
עופרת (Pb)	0.01	5	1	4	1	4	3
קדמיום (Cd)	0.005	2	2	3	2	2	2
סה"כ	-	26	21	25	20	26	24

מסקנה: מי הנגר העירוני מתאימים להחדרה

מודל SCS

■ המודל מחשב את כמות הנגר מכל סופה

■ ניתן להשתמש בנתוני גשם יומיים, כאשר אין נתונים סופתיים ממכשיר רושם או ממכ"מ

■ האגן מחולק לשטחים הומוגניים לפי חדירות הקרקע, התכסית, וצורת החיבור למערכת הניקוז, למשל:

■ שטח אטום מחובר למערכת הניקוז

■ שטח אטום המתנקז לשטח חדיר (מרזב מגג לשטח חדיר בגינה)

■ שטח חדיר סגור (מוקף קיר המונע יציאת נגר, פרט לסופות קיצוניות)

■ שטח חדיר פתוח (העודף זורם ממנו לשטח אחר)

■ לכל שטח מחושב הנגר שהוא תורם

■ הנגר הכולל הוא סכום משוקלל של תרומות השטחים

■ המודל קל להפעלה, בגיליון אלקטרוני

מודל SCS

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

$$Q = 0$$

when $P > 0.2 * S$

when $P < 0.2 * S$

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

אשר בה (S גדל עם CN):
254

כאשר:

$$= Q$$

$$= P$$

$$= CN$$

$$= S$$

כמות הנגר, מבוטאת ביחידות של עובי (מ"מ)
הנפח הכולל של הנגר הוא עובי זה כפול בשטח האגן
עובי (כמות כוללת, מ"מ) של הגשם באירוע (סופה, יממה)
מקדם, שערכו נקבע על-פי חדירות הקרקע וסוג התכסית:
מקדם גבוה = אטום, מקדם נמוך = חדיר
גדל עם CN, נגר נוצר רק מגשם מעל $0.2 * S$

עיקר הנגר נתרם על ידי סופות גדולות

חלק ניכר מן החלחול נתרם על ידי הסופות הקטנות

מודל SCS

כמות הנגר (מ"מ) לתכסיות שונות ולגשמים שונים

P=100 mm	P=50 mm	P=10 mm	0.2 S mm	CN תכסית
94.03	44.26	5.67	1.04	98 אטומה
85.59	36.92	2.60	2.67	95 אטומה – שחון
7.13	0	0	52.87	49 חדירה – בינוני
0	0	0	118.53	30 חדירה ³⁹

אומדן הפסד ההעשרה למי

התהום באקוויפר החוף

- שני המודלים נתנו תוצאות שונות במידה משמעותית
- למדנו את הערכים המקובלים במקומות שונים בעולם
- למדנו את הערכים בהם השתמשו חוקרים ומתכננים שונים עבור עיור במישור החוף
- למדנו את הערכים שמחשב השירות ההידרולוגי לכמות הנגר השנתי בניקוז המערבי (מפרשת המים לים)
- הפעלנו שיקול דעת לאיזון בין תוצאות שני המודלים
- השלכנו את התוצאות מן השכונה בראשון לציון על כלל השטח העירוני מעל אקוויפר החוף – ב-1990 והתחזית לשנת 2020 על פי "ישראל 2020"

מסקנות לגבי כלי החישוב

■ השיטה הרציונלית מיועדת לחישוב מערכת הניקוז עבור סופות קיצוניות

■ מודל SWMM מורכב ודורש נתונים רבים ומפורטים – מוצדק להשתמש בו רק לתכנון מפורט של הניקוז

■ מודל SCS ניתן להפעלה פשוטה על אוכלוסייה שלימה של סופות

■ המודל אמפירי, ופותח עבור התנאים בארה"ב

■ השתמשנו רק במקדמים המתאימים לשטחים הומוגניים הניתנים לזיהוי בתנאי הארץ (אטום, חדיר, מחובר/לא מחובר למערכת הניקוז, וכו')

■ הנתונים הדרושים: חדירות הקרקע, תכסית, חיבור לניקוז + טבלה של מקדמי CN

■ אנו ממליצים על מודל SCS עבור תכנון עירוני רגיש למים, ועל המשך בחינתו תוך השוואה למדידות

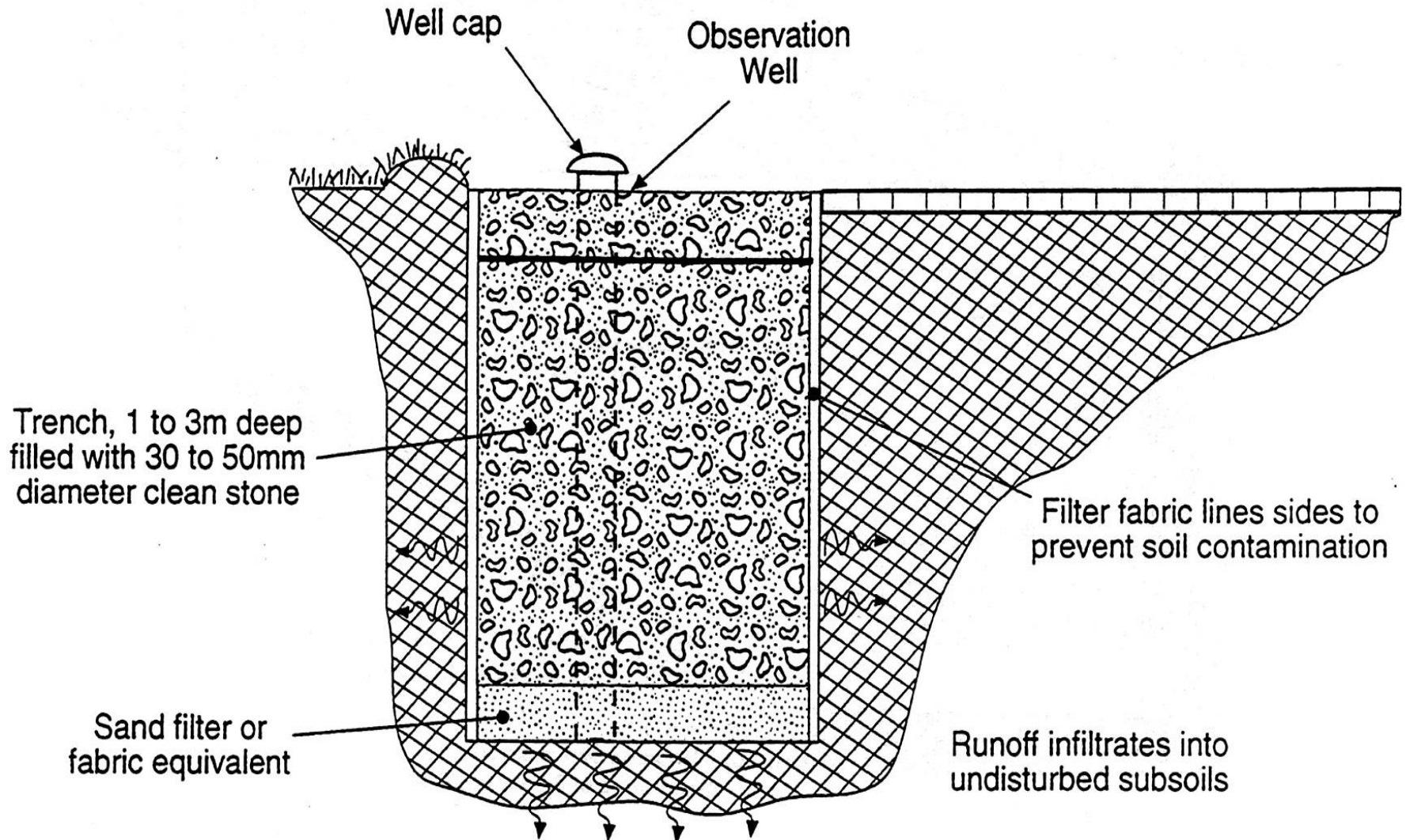
תכנון נאות

II. מתקנים לטיפול בנגר והחדרתו (Best Management Practice – BMPs)

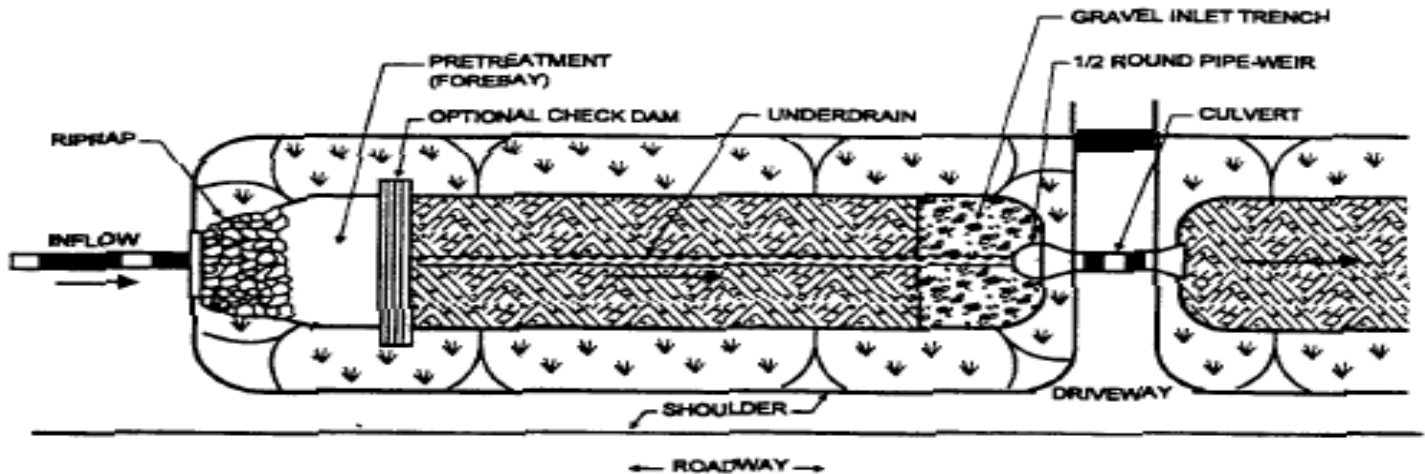
■ תועלות מצופות

- הפחתה של הצפות באגן שבו נבנה המתקן
- הפחתה של נזקי סחף ושיקוע באגן
- הפחתת נזקים בשטחים ובגופי מים שבמורד (נחל, אגם)
- הפחתה של רמת זיהום הנגר
- אגירת מים לשימושים שונים, בעיקר השקייה
- תוספת חלחול של נגר לקרקע, המעשירה את מי התהום
- שיפור הנוף העירוני, באמצעות תוספת מתקן כחול או ירוק
- הקטנת העלות הכוללת של מערכת ההגנה מפני הצפות

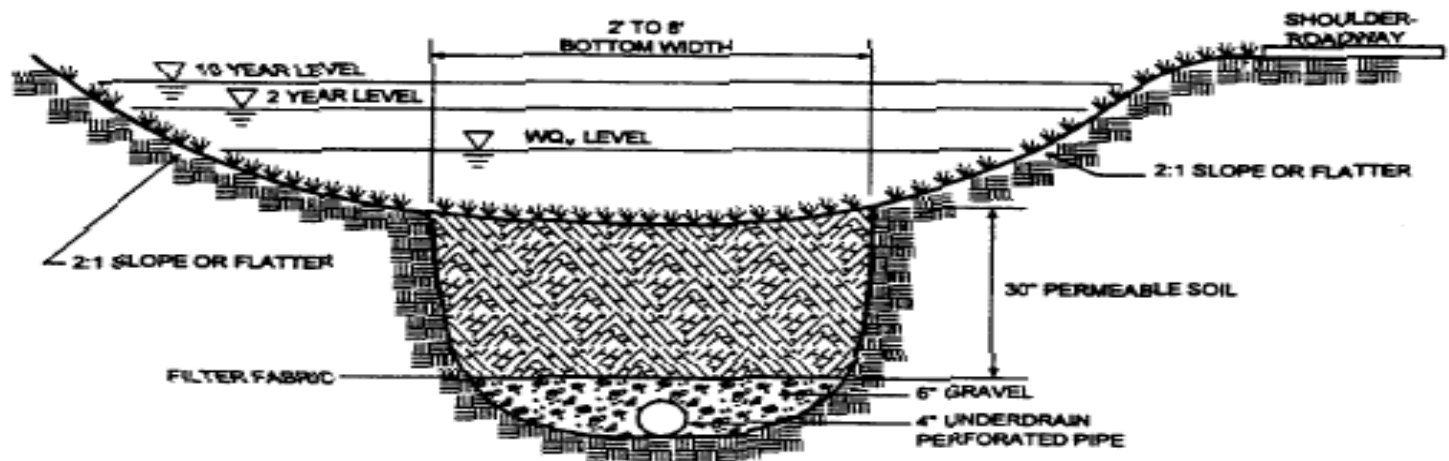
תעלת החדרה



תעלת צמחייה



PLAN VIEW

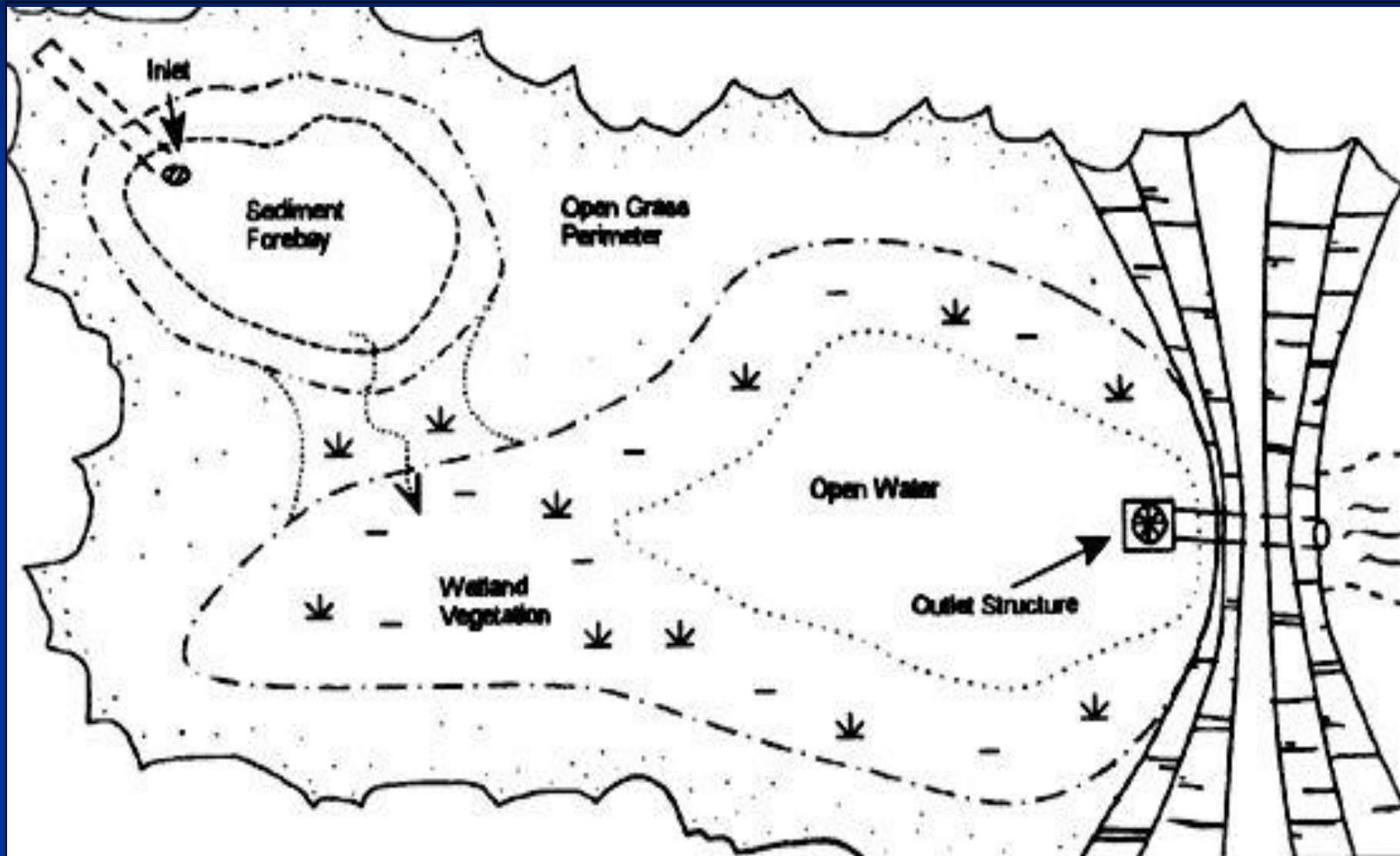


תוצאות הפחתת המזהמים במערכת רצועות סינון דרך צנרת ניקוז תת-קרקעית מחוררת

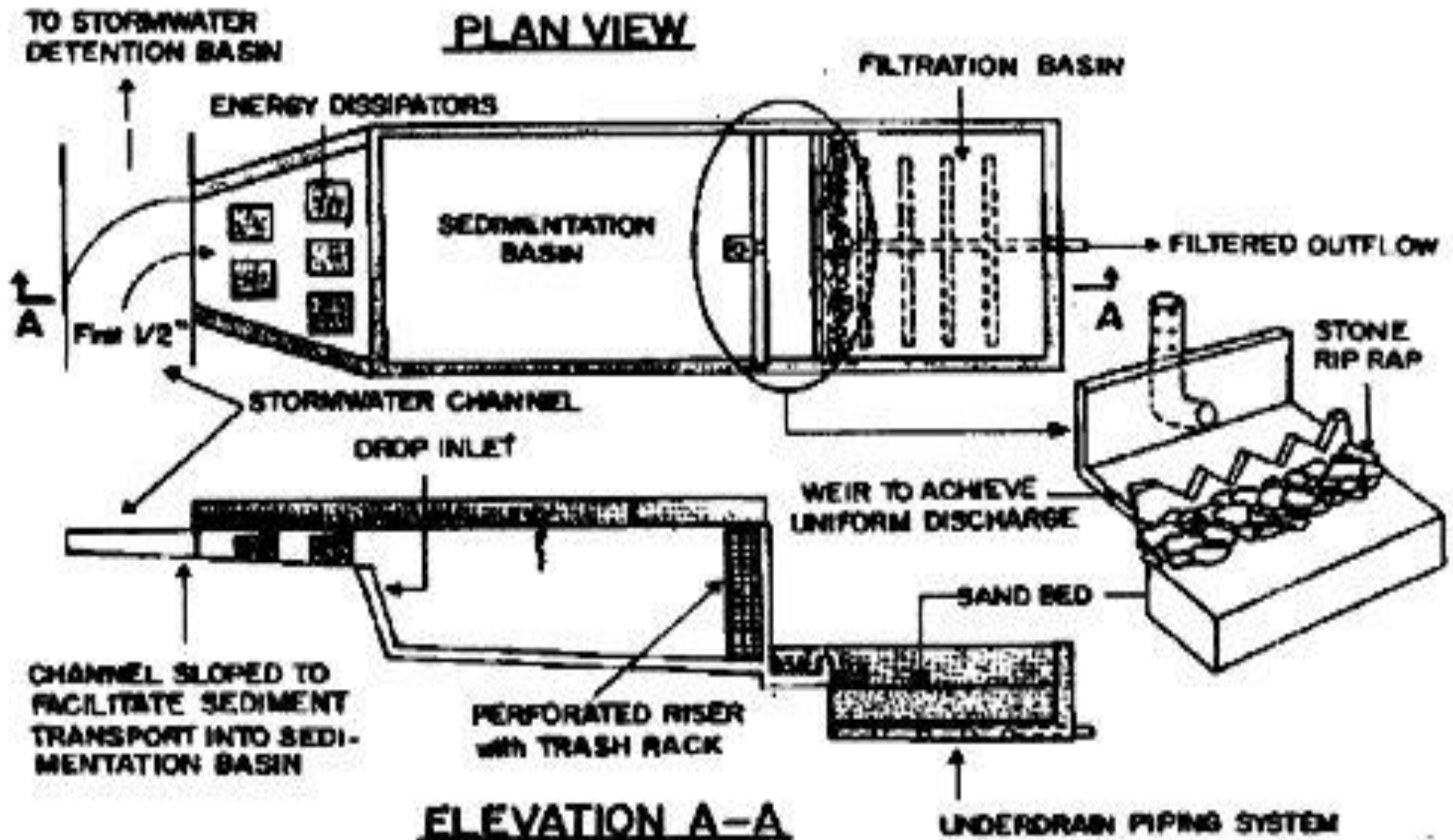
מקור: EPA, 2000

החומר	נחושת (Cu)	עופרת (Pb)	אבץ (Zn)	סידן (Ca)	זרחן (P)	ניטרט (NO ₃ ⁻)
% הסילוק	43	70	64	27	87	15

Constructed Wetland - אגן ירוק בנוי



מסנן חול



כל היעדים הנ"ל נכללים במסגרת פיתוח עירוני בר-קיימא

פיתוח בר-קיימא הינו פיתוח המקדם סימולטנית
וסינרגטית שלושה מקבצי מטרות:

מטרות חברתיות, כלכליות וסביבתיות

במקרים ספציפיים, ייתכן שאחד מן המקבצים

יהיה דומיננטי, אך הפיתוח יתחשב גם בשני

המקבצים האחרים

תפקידי הסקטור הציבורי בתער"מ

■ **חינוך והסברה**

- חינוך מהנדסים ומתכננים

- חינוך ילדים ונוער

- הסברה למבוגרים

■ **עידוד פרויקטי חלוץ**

- בבנייה ציבורית (כמו "רמות" באר שבע)

- בבנייה פרטית

■ **חיסכון במים**

- במבנים ושטחים ציבוריים

- במשקי הבית ובשטחים הפרטיים

תפקידי הסקטור הציבורי בתער"מ

■ פיתוח הנחיות ותקנות

■ דילמות:

■ אחידות בכל הארץ?

■ רק לבנייה חדשה או גם לבנייה קיימת?

■ הנחיות מכוונות-תוצאה או הנחיות תפעוליות?

■ אכיפת הנחיות – האם הגיעה זמנה? האם אפשרית?
רק בבנייה ציבורית או גם בפרטית?

■ תמריצים כלכליים

■ לרשויות מקומיות

■ לקבלנים ובונים

■ לתושבים

תפקידי הסקטור הציבורי בתער"מ

■ עידוד המחקר

■ מעקב אחר פרויקטי חלוץ

■ מדידות בשטח: כמות ואיכות

■ SCS ישראלי

■ מחקר תהליכי יסוד: התאדות ודית, חידור הקרקע

ניסיון ביפן

- מפתחים חייבים להכין נפח אגירה יחסית לגודל השטח המפותח
- חובת התקנת מתקנים לקליטת מי הנגר וחיבור שטחים אטומים אליהם, ברמה של הבניין הבודד (חד-משפחתי עד רב-קומות), מבני ציבור, המיבן, השכונה
- טיפול ואחזקת המתקנים על ידי חברות מתמחות (כמו ניקוי קולטנים או שאיבת שפכים)
- התעשייה מייצרת מיגוון רחב מאד של מתקנים לקליטת מי הנגר: צינורות ניקוז מחוררים, שוחות, תעלות תת-קרקעיות מחדירות, ריצוף חדיר, ועוד

ניסיון ביפן

- נבחרו שני אגנים סמוכים בעיר טוקיו, עם בנייה דומה:

- 13.2 דונם, עם מתקנים לעצירה, אצירה וחלחול מי הנגר

- 18.4 דונם, ללא מתקנים

- נמדדו ספיקות הנגר במוצא שני האגנים, במשך 10 שנים (1981 –

- 1991)

- חושבו נפחי הנגר ב-40 הסופות הגדולות ביותר

- חושב יחס הנפחים. תוצאות:

- מעל 30% - סופה אחת (32.2%)

- 20% - 30% - 5 סופות

- 10% - 20% - 14 סופות

- פחות מ-10% - 20 סופות

ניסיון ביפן

■ מקדמי הנגר הממוצעים לכלל 40 הסופות:

0.513 ■ באגן ללא מתקנים

0.062 ■ באגן עם המתקנים

תפקיד המקצוענים בתער"מ: תכנון נאות Good Practice

- הפיכת כל מגרש בנוי, פרטי או ציבורי, ל"אגן היקוות"; בנייה ואחזקה של מתקנים לשיפור איכות ולהחדרה של מי הנגר (BMPs) - נמצא בהכנה מדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עילי
- חיסכון בצריכת מים ברשויות המקומיות – סקר עבור נציבות המים

תפקיד המקצוענים בתער"מ: תכנון נאות Good Practice

רמת המגרש הבודד (רמת המיקרו) היא
הרמה היעילה ביותר לטיפול בנגר
הפיכת כל מגרש בנוי ל"אגן היקוות"
אך ההצלחה לאורך זמן תלויה בנכונותם
של התושבים

