

# תַר"מ – תכנון רגיש למים

שילוב שיקולי מים בתכנון עירוני ואזורי

אורי שמיר      נעמי כרמון

בהשתתפות אבנר קסלר

בהזמנת אגף האדריכל הראשי במשרד הבינוי והשיכון



המרכז לחקר העיר והאזור



הטכניון

מכון טכנולוגי לישראל



מכון גרנד למחקר המים

2007

# **WATER-SENSITIVE PLANNING:**

## **Integrating Water Considerations into Urban and Regional Planning**

**Uri Shamir      Naomi Carmon**

With contribution by Avner Kessler

כל הזכויות שמורות © 2007

למחברים, למשרד הבינוי והשיכון ולמוסד הטכניון בע"מ

Copyright © 2007

By the authors, The Ministry of Construction and Housing and The Technion Research and Development Foundation Ltd.

אין להעתיק, לצלם או לשכפל כל חלק מדו"ח זה ללא רשות בכתב ומראש מבעלי הזכויות.

מסמך זה משקף את דעות המחברים והמלצותיהם; משרד הבינוי והשיכון, המרכז לחקר העיר והאזור, מכון גרנד למחקר המים ומוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ אינם אחראים לדיוק הנתונים המופיעים בספר ולמסקנותיו.

למען הסר ספק, מודגש בזאת כי חברי הסגל ו/או הטכניון ו/או מוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ לא יהיו אחראים לכל נזק לרכוש ו/או לגוף ו/או להוצאה ו/או להפסד מכל מין וסוג אשר יגרמו או עלולים להיגרם לכם או למי מטעמכם עקב חוות דעת זאת או דו"ח זה, או בהקשר אליהם.

For the elimination of any doubt, it is hereby stressed that the staff members and/or the Technion and/or the Technion research and development foundation ltd will not be liable for any property damage and/or corporeal damage and/or expense and/or loss of any kind or sort that will be caused or may be caused to you or to anyone acting on your behalf, in consequence of this statement or opinion or this report, or in any connection to it.

מסת"ב 965-409-032-5 ISBN

## הקדמה והכרת תודה

ספר זה, שהוא בעיקרו מסמך מדיניות, מהווה שלב מסכם בסדרת מחקרים בנושאי תר"מ – תכנון רגיש למים – שנערכה בטכניון בתריסר השנים האחרונות. המחקרים הם פרי יוזמתם ועבודתם של החוקרים הראשיים, נעמי כרמון – פרופסור לתכנון עירוני ולסוציולוגיה בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, ואורי שמיר – פרופסור לניהול משאבי מים בפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית. ד"ר אבנר קסלר – מהנדס מים וניקוז, היה שותף בחלקי המחקר העוסקים בנגר העירוני וניהולו, ושמו על דף השער מבטא את שותפותו; ניסיונו ונכונותו לסייע ולייעץ היו חיוניים. דר' שמואל בורמיל – אדריכל נוף, היה שותף פעיל בשניים ממחקרי הסדרה. שש משתלמות לתואר שני ערכו את מחקרי התזה שלהן במסגרת סדרה זו, בהנחייתנו יחד עם שותפינו, ארבע במסלול לתכנון ערים ואזורים שבפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, ושתיים בשטח להנדסת סביבה ומשאבי מים שבפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית: סיגי מירון-פיסטינר (1995), לאה קרונבטר (1998), שרון כץ (1999), אנה לוין (2001), שלומית בארי (2004) ורחן חדד-סלע (2007). תודתנו לכל השותפים לעבודה.

המסמך הנוכחי הוזמן ומומן ע"י אגף האדריכל הראשי במשרד הבינוי והשיכון. תודה אישית לצוות המלווה מטעם המשרד, לאדריכל הראשי, קרלוס דרינברג ולאדריכלית מיכל נאור-ורניק, מנהלת תחום תכנון אורבני. שלבו הנוכחי של המחקר נמשך מעבר לתקופה שנחזתה מראש, בעיקר עקב הרחבת היקפו ומעורבותנו בהליכי גיבוש תמ"א 34ב'; הצוות המלווה התיר לנו את המרחב הדרוש להשלמת העבודה.

שלבם קודמים הוזמנו ומומנו ע"י נציבות המים, המשרד לאיכות הסביבה ומשרד הבינוי והשיכון. עיקר התקציב נתרם ע"י הטכניון, שמימן את זמנם של החוקרים הראשיים והעניק מלגות לשש הסטודנטיות, לאורך לימודיהן ומחקרן. תודתנו החמה נתונה לכל הגופים התומכים והמממנים.

ד"ר יודן רופא, אז במשרד הבינוי והשיכון, וד"ר ישעיהו בר-אור, במשרד להגנת הסביבה, ליוו את עבודתנו במשך השנים והשתתפו בסדנאות שערכנו. זכות ראשונים עומדת לצוות התחנה לחקר הסחף בנושא ניהול הנגר העירוני – רמי גרתי, שמוליק ארבל וד"ר משה גטקר - שטבעו את האימרה "הנגר העירוני הוא משאב, ולא רק מטרד".

רבים-רבים סייעו בעצה, בהשתתפות בישיבות, במשוב על מסמכים ובתגובה להרצאות שנתנו בפורמים שונים. נודה ל: זאבי אחיפז, טלי אלון-מוזס, נעמי אנגיל, נעמה אשל,

שמואל בדולח, חזי ביליק, נגה בליץ, טוני בר-און, ניר בר-לב ורוסקה ניקוליב, ישראל גב, יגאל גוריון ז"ל, יוסי דאובר, דליה הראל ושרון נוסבאום, יואב הרפז, משה הרפז, אביחי חדד, אורית כפרי, יעקב לב, עופרה ליבנה ומיכל איתן, ראובן לסטר, יעל מוריה וענת רחמל, רונית נתיב ז"ל, רן פאוקר, דוד פרגמנט, דן פרי, ערן פרידלר, אלון פרלמן וצוות אנוש מערכות, דני עמיר, אלכס קושניר, מוטי קפלן, צבי רבהון, יהודה רבין, מאיר רוזנטל, אמיר שישא, עמרם שלם וגדעון שריג.

במחקר שנמשך כתריסר שנים קשה לשחזר את שמות כל אלו שהתייעצנו איתם; אם נשכח מאיתנו מי שהשתתף ותרם, אך שגגה היא, ואיתם הסליחה.

שלומית בארי השתתפה בשלבים אחדים של העבודה וגם טיפלה בהכנת החומר לדפוס. סבטלנה שניידר השלימה את המלאכה. תודתנו להן.

בהכנת הביבליוגרפיה המוערת, המצורפת על דיסק, סייעו: גילי סגן-כהן, אפרת סנדרוביץ וליאו ניקולאיבסקי.

אנו מכירים תודה לכל מי שתרמו, אך על התכנים של מסמך זה אחראים המחברים בלבד.

# תַר"מ – תכנון רגיש למים

## שילוב של שיקולי מים בתכנון עירוני ואזורי

### תקציר הספר

#### מבוא

תַר"מ – ראשי תיבות של תכנון רגיש למים – הינו גישה חדשנית לתכנון אינטגרטיבי של בנייה ומערכות מים, המהווה חלק מפיתוח בר-קיימא. שני התחומים העיקריים של תַר"מ, התחום של תכנון עירוני ואזורי והתחום של ניהול משאבי מים, הינם שדות ותיקים ומבוססים של פעילות מדעית ומקצועית, אשר התפתחו ומיושמים בנפרד. היגד יסוד של ספר זה קובע, שהאינטרס הציבורי מחייב שיתוף פעולה הדוק ביניהם, שיתוף שיבטיח עבודה סימולטנית וסינרגטית.

הרציונל של תַר"מ נעוץ הן במניעה/הפחתה של נזקים, והן בתרומה לאיכות החיים. ב"מניעת נזקים" הכוונה היא למנוע פגיעה במשאבי המים, בעיקר מי התהום, ולהפחית נזקיהן של הצפות. ב"תרומה לאיכות החיים של התושבים" הכוונה לשימוש מושכל במים ובגופי מים (כמו נחלים), בערים ומחוצה להן, בעבור שירותי פנאי ונופש ולשיפור איכויות חזותיות. מטרת תַר"מ איננה לעצור פיתוח ובנייה עקב שיקולי מים, אלא לאפשר בנייה רצויה מבחינה חברתית וכלכלית, גם באזורים רגישים כמו מישור החוף של ישראל, המשתרע מעל לאקוויפר החוף, שהינו מאגר המים המרכזי של המדינה. כוונתנו לאפשר פחות ובנייה ולהבטיח שיתוכנו היטב, היינו: שיישם במ – במקומות המתאימים לכך - תכנון רגיש למים.

קטעים מגישת תַר"מ נחקרים ומיושמים בעשורים האחרונים במדינות מפותחות באירופה וצפון אמריקה, ביפן, באוסטרליה, ובמידה חלקית גם בישראל. החידוש בספר "תַר"מ – תכנון רגיש למים" מצוי הן במכלול הכלול בו, מכלול רב-מקצועי ורב-מרחבי, והן בחתירה לאינטגרציה בין חלקי המכלול. כוונתנו לאינטגרציה כפולת פנים: הפן האחד – שילוב עבודתם של מתכננים מתחומים מקצועיים שונים - מתכנני ערים ואזורים, אדריכלים, אדריכלי נוף, מהנדסי מים, מהנדסי ניקוז, וגם מהנדסי דרכים; הפן השני, שילוב בין רמות התכנון השונות – מתכנון ארצי, אזורי/מחוזי ויישובי, ועד לתכנון שכונתי, מבנני ומגרשי.

ספר תר"מ, שעיקריו מתומצתים כאן, מהווה שלב מסכם בסדרת מחקרים בנושאי תר"מ, שהתנהלו בטכניון בתריסר השנים האחרונות, על-ידי החוקרים הראשיים, פרופסור נעמי כרמון מן הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים ופרופסור אורי שמיר מן הפקולטה להנדסה אזרחית (בהקדמה לספר ימצא הקורא את שמות שותפינו למחקר פורטו ובדף האחרון כאן את רשימת פרסומי תר"מ). הידע והמסקנות הכלולים בספר נסמכים בעיקר על סדרת מחקרים זו, שביניהם נכללו מחקר אמפירי - מדידות של כמות ושל איכות נגר עירוני, פיתוח של גישת תכנון והנחיות תכנון, וגם פיתוח והפעלה של מודלי סימולציות של נגר בעיר. בנוסף לכך, הסתמכנו על תובנות שהעלינו מתוך פרסומים רלבנטיים במדינות אחדות, בעיקר, אוסטרליה, ארה"ב ויפן, וכן על שורה של סדנאות עבודה, בהשתתפות בעלי המקצועות הקשורים בנושא.

קהל היעד של חיבור זה מורכב ממקבלי החלטות ומאנשי מקצוע בתחומי פיתוח הבנייה והמים ברשויות ממלכתיות ומקומיות, מן העוסקים בנושאי תכנון עירוני ומים בפרקטיקה הפרטית, וגם ממנהיגי דעת קהל בארגונים (בעיקר ירוקים) של החברה האזרחית. כוונתו היא להציג בפניהם את הנושא, לשכנעם להתקדם בכיוונו, לפרט מה רצוי ואפשר לעשות לשם כך, וגם להצביע על חסרים בידע וביישום.

הספר כולל שלושה חלקים:

(א) מבוא - חלק זה מספק את הרציונל, את ההסבר מדוע חשוב לאמץ מדיניות תר"מ, חשוב למדינת ישראל, לתושביה ולרשויות המקומיות בה. כאן מוצגים מהותו של תכנון רגיש למים (תר"מ), תועלותיו הרבות, ובצידם, הרקע התיאורטי, המדעי, המקצועי והמנהלי לפיתוחו וליישומו בארץ. בחלק זה של הספר נכללת גם סקירה של הניסיון המצטבר במדינות מפותחות אחדות ביישום של עקרונות תר"מ, סקירה שמסלימה את הרציונל לאימוץ מדיניות תר"מ.

(ב) מדיניות מקצועית - מציג מה צריך לעשות בתחומים מקצועיים מוגדרים, ובמילים אחרות: כיצד צריכים לפעול מתכנני ערים, אדריכלים, אדריכלי נוף, מהנדסי מים וניקוז, בכדי לתכנן פיתוח באופן מועיל לכמות ולאיכות משאבי המים, משלב את המים בתכנון הנוף העירוני, תורם ליעול מערכות הניקוז ולחיסכון בצריכת מים.

(ג) מדיניות מנהלית, משפטית וחינוכית - מפרט מהם התנאים שיש ליצור והאמצעים שיש להפעיל בכדי לממש את המדיניות המקצועית של תר"מ, כולל: שילוב עקרונות תר"מ בתכנון הסטטוטורי, יצירת תמריצים כלכליים, הסדרה משפטית ומנהלית, הכשרת בעלי המקצועות הרלבנטיים, חינוך והסברה לציבור הרחב ולנבחרי, יצירת מוקד ידע ונתונים ועידוד המחקר בתחום הנדון.

צמוד לספר כלי רב-ערך: תקליטור (CD) עם ביבליוגרפיה מוערת (annotated bibliography), המלווה במקבצי פרסומים. בתקליטור רוכזו מקורות בנושאי תר"מ – ספרים, דו"חות מחקר מדעיים ומקצועיים, מאמרים מספרים וכתבי עת, אתרי אינטרנט ותוכנות מחשב, חלקם מלווים בדברי הסבר קצרים אודות תכנון של המקור. בין היתר, ניתן למצוא בקובץ הנחיות לתכנון וגם מחקרי הערכה בדבר המועילות והיעילות של צורות תכנון אלטרנטיביות ושל מתקנים למיניהם. הביבליוגרפיה המוערת מתייחסת רק לחלק מנושאי תר"מ, בעיקר לניהול נגר עירוני - סוגיות של כמות ואיכות, ולחיסכון במים; בנושאים אלה היא מקיפה וכוללת דוגמאות ייחוס מארה"ב, קנדה, בריטניה, ספרד, אוסטרליה ויפן. יש בה גם מראי מקום מעניינים, המתייחסים לשיקום נחלים ולקשר בין פיתוח עירוני ומשאבי מים. אתרי האינטרנט הרבים הנכללים בקובץ מופיעים כ"קישור", כך שניתן "לקפוץ" ישירות מן הביבליוגרפיה הממוחשבת אל אתר האינטרנט. מקבצי הפרסומים מהווים ספריה, המאפשרת גישה ישירה אל חומר המקור.

## מהותו של תר"מ ומטרותיו

תכנון רגיש למים בשטח העירוני ובשטחים שמחוץ לעיר מכוון הן לשימור של משאבי מים (כמו מי תהום) ושל גופי מים (כמו נחל, אגם, אחו לח), החיוניים לאנשים ולמגוון המינים האחרים, והן למניעתם של סיכונים הנובעים ממים, סיכונים הגורמים להצפות, הפוגעות באנשים ורכושם וגם בגופי טבע. מעבר לכך, תכנון רגיש למים יכול – ולדעתנו, צריך – להשתמש בגופי מים ובעורקי מים, בכדי לשפר את רווחתם של האדם, החי והצומח, ובכדי להעשיר את שירותי הפנאי, למקומיים ולתיירים. מכאן: תר"מ משרתת בו-זמנית מטרות סביבתיות, חברתיות וכלכליות, ובכך עונה להגדרה הבסיסית של פיתוח בר-קיימא.

שלושה עקרונות יסוד מהווים את הליבה של מדיניות תר"מ, כלהלן:

1. שיקולי מים מהווים חלק חיוני מן השיקולים האמורים לקבוע את קווי המתאר של הפריסה המרחבית של שטחים בנויים ושטחים פתוחים; לפיכך, שיקולי מים ייכללו תמיד בשלב הראשון של התכנון, בכל רמותיו: רמת המדינה והאזור, רמת העיר והשכונה ורמתו של מגרש הבנייה הבודד. כל תכנון של שימושי קרקע ותכסיות קרקע, החל במיקום יישובים ותשתיות וכלה בתכנון החצר, יתייחס לשיקולים הנוגעים למים, כולל: שיקולי הגנה על מקורות המים (בישראל מדובר, בעיקר, בהגנה על כמותם ואיכותם של מי התהום), שיקולי שימור ושיקום נחלים וגופי מים אחרים, ושיקולי מניעה של נזקי שטפונות בשטחים הבנויים והפנויים.

2. ניהול נגר עירוני יחליף את התכנון הקונבנציונלי של ניקוז עירוני; ניהול הנגר יכוון בעת ובעונה אחת הן לשימוש מועיל ויעיל בנגר, על פני הקרקע או במי התהום, והן למניעת נזקי שיטפונות. דרך המלך לניהול נגר עירוני בגישת תר"מ הינה הפעלת אמצעים למזעור הנגר, היוצא משטחו של כל שטח מתוכנן – כל אזור, עיר, שכונה ומגרש - מזעור של נפח הנגר, של ספיקות השיא ושל זיהום הנגר.

3. הרשויות תעודדנה שימוש חסכוני במים, ובהדרגה, גם שימוש במקורות מים מקומיים חליפיים, כגון קציר גשם ושפכים מטוהרים.

המלצתנו המרכזית הינה לשלב את שלושת העקרונות הנ"ל בהליכים של תכנון עירוני ואזורי, בכל מקום במדינת ישראל ובכל רמות התכנון, רמת המקרו – תכנון ארצי ואזורי, המזו – העיר והשכונה, והמיקרו – המבנן ומגרש הבנייה היחיד. קבלת המלצה זו תתרום להשגתן של שלושה מטרות עיקריות: תוספת משמעותית למשאבי המים של ישראל, כתוצאה מהחזרה של נגר עירוני באיכות טובה למי התהום, משימוש ישיר במי גשם ובנגר עירוני ומחיסכון במים; תרומה לאיכות החיים בערים, באמצעות שיקום נחלים, מקווי מים וערוצי מים (כולל צומח וחיל), העשרת הצומח העירוני לשיפור איכות האוויר ולנוי, ושילוב מים גלויים בנוף העירוני; הקטנת השכיחות, העוצמה והנזקים של הצפות בעיר, באמצעות ניהול חדשני של נגר עירוני. בנוסף לכך, קבלת המלצה שלעיל תתרום להשגתן של מטרות משנה, כלכליות וחברתיות. בין הכלכליות יימנו: חיסכון בבניית צנרת ניקוז, בתשלומים עבור מים, בעלויות ביטוח ותשלומי ביטוח, הקשורים בהצפות, וגם עליית ערך נכסי נדל"ן, בעיקר דירות הסמוכות לנוף ירוק-כחול. בין החברתיות יימנו: מנוף לפיתוח קהילתי ולפעילות של ארגוני החברה האזרחית וגם פתרונות חירום למים בשעת חירום.

## **תועלותיו של תר"מ**

- תר"מ הינו מרכיב חיוני בפיתוח בר-קיימא – הוא מקדם באופן סימולטני וסינרגטי מטרות סביבתיות, חברתיות וכלכליות.
- תר"מ מגן על מקורות המים ותומך בשיקום נחלים וערוצים – על ידי ניהול נכון של מי הנגר, תר"מ תורם לכמות של מי תהום, של אגמים ונחלים, ומגן על איכותם.
- תר"מ תורם לשיפור הנוף העירוני - באמצעות שילוב דרכי וגופי מים בעיצוב הנוף ושימוש בנגר לריבוי ירק בסביבה העירונית.



- תר"מ מייעל את מערכות הניקוז - באמצעות ניהול הנגר – השהייה, אגירה והחדרה לקרקע – תר"מ מקטין כמויות וספיקות נגר, מפחית נזקי שטפונות ומקטין עלותן של מערכות הניקוז.
  - תר"מ מפחית את צריכת המים העירונית - באמצעות ניהול הביקוש למים ושימוש במים ממקורות בלתי קונבנציונליים, תר"מ מפחית את צריכת המים בכלל, ובמיוחד את הצריכה ממערכת המים המרכזית.
  - תר"מ מחנך לאזרחות טובה ומזרז יצירת הון חברתי - מימוש תר"מ מחייב מודעות ומעורבות של האזרחים, מתמרץ התארגנויות אזרחיות (ארגונים ירוקים) ושיתופי פעולה בין לבין הרשויות; ההתארגנויות ושיתופי הפעולה מקדמים יצירתו של הון חברתי.
  - תר"מ תורם לשיפור הבריאות, באמצעות תרומתו לשיפור איכות המים ואיכות האוויר.
  - תר"מ מאפשר מימוש הנ"ל בו-זמנית ובאופן סינרגטי, תוך שימוש באמצעים תכנוניים ופיסיים מרובי-יעדים.
- בשל תועלתיו הרבות, מומלץ לשלב תר"מ בהליך התכנון החל משלביו הראשונים, וזאת בכל הרמות, מתכנון ארצי ואזורי ועד לרמת המבנן, המגרש והבנין, ועל-ידי כל העוסקים בתכנון, באדריכלות ועיצוב עירוני, באדריכלות נוף, בהנדסת דרכים ומבנים ובהנדסת מים וניקוז.

## **מצע למדיניות מקצועית**

החלק המרכזי בספר כולל ארבעה פרקים, שכל אחד מהם מתייחס לתחום מקצועי ספציפי: הראשון - תכנון אזורי, השני - תכנון עירוני, כולל עיצוב הנוף העירוני ותכנון כבישים עירוניים, השלישי - ניהול נגר וניקוז, והרביעי – ניהול מים עירוניים. בכל תחום מוצעת, מנומקת ומפורטת מדיניות פעולה.

### **תחום א': תכנון ארצי ואזורי (מחוזי) רגיש למים**

התכנון הארצי והאזורי של שימושי קרקע חייב להיות רגיש למים, בכדי לשרת את שתי מטרתיו הראשיות: התאמה לצורכי המשתמשים והתאמה לשיקולים סביבתיים; גם שיקולים כלכליים, לפחות של הטווח הארוך, מחייבים תכנון רגיש למים.

הדרך העיקרית לקישור החיוני בין שיקולי מים לבין תכנון ארצי ואזורי הינה הכנת תכניות אב אגניות, המקיפות את כלל אגן הניקוז של כל נחל. הכנת תכניות אב אגניות אינה כלולה כיום בין הדרישות הסטטוטוריות של תמ"אות ותמ"מות למיניהן, ואנו ממליצים לתקן שגיאה זו. תכנית אגנית מקיפה את כלל אגן ההיקוות של נחל, שהוא כל השטח המתנקז באמצעות הנחל ויובליו. היא דרושה כדי לצמצם סיכויים של הצפות אסוניות על-ידי תכנון מונע ובכדי למקסם את התועלות ממים וגופי מים. תכנית אגנית תקבע פריסה מקדמית וכללית של יישובים ושל שימושי קרקע עיקריים ברחבי האגן, עם מיקוד בהבחנה בין שטחים בנויים לשטחים פתוחים ברחבי האגן, תוך התייחסות לגופי המים ולזרימות הנגר באותם שטחים, במעלה ובמורד הנחל. תוצרים חשובים של תכנית אגנית הינם: איתור שטחים במעלה האגן למאגרי נגר או מלכודות נגר; קביעת שטחים ברחבי האגן שישמשו בחלק מן הזמן להשהייה, אגירה ו/או החדרה של נגר; איתור שטחים לפשטי הצפה במורד האגן; הנחיות לספיקה מירבית (לתכנון מערכות ניקוז) ומזערית (לטובת הנחלים והסביבה) בנקודות קריטיות לאורך האגן ופרמטרים של איכות מים בנקודות נבחרות. תכנית אגנית שהוכנה כהלכה תספק הגנה טובה מפני שיטפונות (מניעה מראש, במקום התגוננות שלאחר קרות השיטפון), תמורת עלות שעשויה להיות נמוכה מעלותם של אמצעי ניקוז קונבנציונליים.

דוגמא ישראלית לתכנון מתקדם של פשט הצפה הינה התכנית לפארק האיילון. שטחו הענק של הפארק, הנמצא בלב אזור הביקוש לקרקע הער ביותר במדינה, נותר פתוח ופנוי בזכות מתכננים בריטיים. לפני כשלושת רבעי המאה הם הגדירו את האזור כפשט הצפה של נחל האיילון, אסרו כל בנייה בו ולא כללו אותו בתחומן של הרשויות המקומיות המקיפות אותו. המתכננים הישראלים שמרו על ההנחייה הבריטית, בודעם כי האיילון ויובלו – נחל השפירים – מועדים להצפות, במיוחד עם גידול הבנייה במעלה הנחל (בהרים). כיום מתוכנן באזור פשט ההצפה הפארק המטרופוליני הגדול ביותר והמיוחד ביותר במדינה, הכולל מאגר להשהייה ואגירה של מי השטפונות. הפארק כולו נועד להגן על האזורים הבנויים לאורך נתיבי האיילון מהצפות מסוכנות, בנוסף לתפקידיו החברתיים והסביבתיים המשמעותיים.

בכפיפות לתכנית האגנית יש לפתח תכנית כוללת עבור הרצועות של כל אחד מן הנחלים העיקריים בארץ, לכל אורכן. תכנית כזו תבטא במשולב שיקולים חברתיים, אקולוגיים וכלכליים, וגם שיקולים של שימור משאבי מים וניקוז. הכנת תכנית נחל ומימושה מחייבים תיאום בין הרשויות לאורך רצועת הנחל, לצורך חלוקה יעילה והוגנת של התועלות והעלויות, הכרוכות בפיתוח הרצועה והזרמת מים דרכה, בכמויות ואיכויות מתוכננות. חלק מתיאומים אלה ראוי שייערכו בין רשויות מקומיות ישראליות לבין מקבילותיהן ברשות הפלסטינית.

במסגרת הפרק על תכנון ארצי, מוצע פיתוחן של מפות ארציות ומקומיות, המורות על רציות (desirability) של החדרת נגר לקרקע, על פי שורה ארוכה של קריטריונים מומלצים, אשר

המפות הקיימות עונות רק על חלק מהם. המפות המומלצות אמורות לאפשר הבחנה בין שלוש קבוצות של שטחים: כאלה שאסור להחדיר בהם, כאלה שרצוי להחדיר בהם עבור העשרת מי התהום וכאלה שרצוי להחדיר בהן מטעמים אחרים, כמו מיתון ספיקות ומניעת שיטפונות או הגדלת שטחים ירוקים.

## **תחום ב': תכנון רגיש למים בעיר**

העיקרון הראשון של תר"מ בעיר קובע, כי שיקולי מים ייכללו תמיד בשלב הראשון של יצירת תכנית עירונית. זהו השלב המתאים להחלטות בדבר מיקומם וגודלם של השטחים הפתוחים העיקריים, תוך התחשבות בתוואי הנחל והערוצים הטבעיים שבעיר והתחשבות באפשרות להשהיית הנגר, לטיובו ולהחדרתו לקרקע. זהו גם השלב לסימון התוואים המשותפים לכבישים ולמערכות הניקוז.

מומלץ להשתדל מאד להתאים את פריסת השצ"פים – למערכת ההידרו-גיאוגרפית המקומית, בעיקר לתוואי הנחלים ולשיפועי השטח, היוצרים את נתיבי הזרימה של נגר על-קרקעי באזור המתוכנן. לעיתים יש להתחשב גם בזרימות תת-קרקעיות. אם יש שקעים במהלך הזרימה, שאין מתוכם ניקוז טבעי, יש לייעד אותם לשמש כשטחים פתוחים, אשר רצוי שישמשו להחדרת נגר לקרקע, ואולי גם לאגירתו. בכל מקרה, יש להימנע מלבנות עליהם בניינים או דרכים. גם מגרשי בניינים ציבוריים (גנים ובתי ספר, מרכזים קהילתיים ואחרים) יכולים לשמש להשהייה והחדרת נגר.

בכל עיר שיש בה או בקרבתה נחל, תר"מ מחייב לשקמו, לטפחו, למקם לאורכו שטחים ציבוריים ולהנגישו לאוכלוסייה רבה ככל שניתן, באופן שימצה את הפוטנציאל הטמון בנחל ויאפשר לו למלא את תפקידיו החברתיים, ההידרולוגיים והאקולוגיים. קל, יחסית, לממש המלצה זו באזורים שעדיין בלתי בנויים, אך ההמלצה מתייחסת גם לאזורים בנויים, בידיעה ששיקום נחל יכול לשמש כמנוף מרכזי בחידוש והחייה של אזורים עירוניים ותיקים וירודים.

המלצת מדיניות מרכזית של תר"מ גורסת תיאום קפדני בין תכנון מערכת הכבישים בעיר לבין תכנון מערכות הניקוז. הדרכים הסלולות - כבישים לסוגיהם, מדרכות, חניות - שהן לעיתים עיקר השטח האטום בעיר (לעיתים קרובות 50-70% ממנו), מהוות מרכיב מרכזי במערכת הניקוז העירונית. מומלץ להכפיף אלמנטים יסודיים בתכנון הראשוני של תוואי הכביש וגם של הגיאומטריה שלו לשיקולי ניקוז.

אחד מתפקידיו החשובים של אדריכל הנוף הינו להפוך את הנגר העירוני ממטרד למשאב. ביכולתו לנצל את רוב הנגר העירוני מסופות קטנות ובינוניות במרחבי המגורים העירוניים (כ-90% מסופות הגשם היורד על מישור החוף הישראלי קטנות מ-30 מ"מ ליום), הן לצורך

השקיה ועיצוב אלמנטים בולטים בנוף, והן לצורך החדרה לקרקע בעבור העשרה של מי התהום.

אדריכל נוף, המבקש לתרום לשימורו ולניצולו המועיל של נגר במרחב השכונתי והעירוני, יוכל להיעזר בהצעות שלהלן:

- חשיפה לציבור של נתיבי זרימת הנגר, באמצעות יצירת רצף גרביטציוני של דרכי מים ותעלות עשב, המשמשות להולכת נגר ולטיהור ויכולות לשמש גם להחדרתו
- שימוש בנגר להשקיית "יער עירוני" – עצים מתאימים לאקלים המקומי, היכולים להתקיים כל השנה ללא תוספת השקיה, מעבר להזרמת נגר בעונת הגשמים, לתוך הגומה המקיפה אותם;
- תוספת שטחים מתאימים, ולעיתים גם מתקנים מגוונים, בעבור השהייה ו/או איגום ו/או החדרה של נגר, לאורך שדרות ירוקות ו/או בשטחים ציבוריים פתוחים, קטנים וגדולים, תוך דאגה שלא יהוו סכנה לאוכלוסייה.

אמצעי תר"מ לניהול נגר במרחב העירוני הינם כל התקנות, ההנחיות התכנוניות והמתקנים, העוסקים בנגר עירוני, אשר אינם מסתפקים בסילוקו במהירות מן השטח הבנוי, אלא מכוונים לנצלו לטובת האדם והטבע. אמצעים אלה מכונים בעגה אנגלית Best Management Practices, ובקיצור BMPs. ה-BMPs נחלקים לשני סוגים עיקריים: הסוג האחד – הנחיות תכנוניות, המופנות אל האחראים לפריסת שימושי קרקע (כולל דרכים) ולתכנון תכניות הקרקע בעיר; הסוג השני הינו מתקנים טכניים, כמו תעלות ובריכות, שנועדו לטהר את הנגר, להאט את זרימתו ולהשהותו, לאגור אותו לצורך שימוש ישיר, או להחדיר אותו לקרקע ולמי התהום, לצורך שימוש עתידי. הספר מספק לבעל המקצוע המעוניין בכך רשימה ואפיון של החשובים שבין המתקנים להחדרת נגר, שיקולים בבחירתם, הדגמות של דרכים לשילובם במערך העירוני, בהתאמה לשיקולים סביבתיים וחברתיים, והפנייה למקורות מידע נוספים.

לבסוף, כחלק ממדיניות פיתוח בר-קיימא, נמליץ לתכנן ולבנות בנייה קומפקטית וצפופה בערי ישראל (לא המלצנו על בניית מגדלי מגורים). בבנייה גבוהה וצפופה (7 קומות ומעלה) אפשר לוותר על החדרה בתחומי החצר (שטח שדרוש לחנייה על-קרקעית או תת-קרקעית), ולתת עדיפות להחדרת נגר עירוני לקרקע בשטחים הציבוריים. במקרים כאלה מומלץ שילוב אמצעי תר"מ בנויים במרחב העירוני ובשוליו.

### **תחום ג': ניהול נגר עירוני וניקוז - גישה חילופית**

יישום תר"מ מחייב שינויים בפרקטיקות מקצועיות קיימות. השינוי הנדרש הגדול ביותר הינו בפרקטיקה של תכנון הניקוז. יישום תר"מ מחייב להכיל את הניקוז במכלול של ניהול נגר.

במשך עשרות שנים התייחסו האזרחים והשלטונות, ובתוכם גם מתכנני הערים ומהנדסי הניקוז, אל הנגר העירוני כמטרד, שאותו יש לסלק במהירות וביעילות מן השטח העירוני ולהעבירו למורד הנחל או ישירות לים. אנו מציעים לאמץ גישה/פרדיגמה חילופית, המבוססת על מחקרים חדישים בחו"ל ובארץ, שניתן להגדירה בעזרת שני היגדים: (א) הנגר הינו משאב ולא רק מטרד, וניתן להפיק ממנו תועלות למשאבי המים, לסביבה ולחברה; (ב) הרחקה מהירה של הנגר למורד באמצעות מערכת הניקוז אינה הדרך הטובה ביותר לשרת את המטרה של מניעת נזקי הצפות; מוטב להשהות, לאגור, להחדיר את הנגר ברחבי האגן, ובכך למתן את ספיקות היציאה, ובה בעת, לאפשר ניצול מי הנגר לשימוש ישיר או להעשרת מי התהום.

היעדים של ניהול הנגר העירוני, בהתאם לגישת תר"מ, הינם:

- מיזעור נפח הנגר (כמות המים) במוצא מכל יחידה של השטח המתוכנן, בכדי לאפשר שימוש מיטבי במי הנגר, בין אם שימוש ישיר (בדרך-כלל להשקייה) ובין אם שימוש עקיף עבור החדרה לקרקע להעשרת מי התהום.

- מיזעור ספיקות הנגר (נפח הזרימה ליחידת זמן) במוצא מכל יחידה של השטח המתוכנן, בכדי להקטין סיכוני הצפות, ולאחר שתוכח הצלחה גם בהקטנת סופות שיא - להקטין את עלות מערכת הניקוז.

- מיזעור זיהומים בנגר, בכדי למנוע זיהום של מקורות המים שאליהם מוזרם הנגר, בין אם זה הנחל או האגם המקומי ובין אם אלה מי התהום שמתחת לשטח המתוכנן.

אמצעים זהים או דומים יכולים להיות מופעלים להשגת כל אחד משלושת היעדים הנ"ל, אמצעים של אצירה/השהייה, של אגירה ושימוש במים, ואמצעים של החדרת נגר לקרקע. במקום שאפשרי שימוש ישיר ועכשווי בנגר, יש להעדיפו על החדרה, המאפשרת שימוש עתידי במים. אולם במקומות רבים בעיר ניצול נגר לצרכי החדרה לקרקע הוא הסביר ביותר.

כדי לאפשר החדרת נגר לקרקע ביעילות, נמליץ על כללים עבור תכנון רגיש למים של תכסיות קרקע כלהלן:

- ככל שתרכיבה התכסיות החדירות בשטח המתוכנן, כך יהיה מועיל יותר לשימור מים, וזאת בתנאי שצמחייתם לא תצרוך מים רבים;

- במידת האפשר, יש לקטוע רצפים של תכסיות אטומות ולשבץ ביניהם תכסיות חדירות, שתוכלנה לקלוט נגר ולהחדירו לקרקע;

- במידת האפשר, יש ליצור חיבורים של זרימת הנגר מתכסיות אטימות לחדירות, תוך התחשבות בקיים ובמתוכנן במעלה ובמורד האגן;

- העברת מי נגר דרך שטחים עם צמחייה מסייעת לטיהורם, בעיקר שיקוע מוצקים מרחפים, המביאים עמם מזהמים אחרים;

- מומלץ שיתוף האזרחים בתכנון הנוף, ובמידת האפשר בתחזוקתו, לשם השגת מטרות חינוכיות ולמניעת התנגדות צפויה למתקנים חריגים בנוף.

כללים מיוחדים פותחו עבור החדרת נגר ברמת המיקרו, בחצרו של המבנה הבודד. זאת, בהתאמה לעיקרון הקובע עדיפות להחדרת נגר לקרקע סמוך ככל האפשר למקום ירידתו של הגשם (on site):

- בכל מגרש בנייה בשטח שבו מותר להחדיר נגר לקרקע יושאר שטח חדיר בשיעור של לפחות 15% מן המגרש, שטח מגונן או מכוסה חצץ או טוף או חומר חדיר אחר;
- כל מגרש יהפוך ל"אגן היקוות זעיר", המשאיר בתוכו את רוב הגשם היורד עליו, באמצעות:

- גדר אבן בגובה 20 ס"מ לפחות, שתוצב מסביב למגרש או בקצהו הנמוך, ויהיה בה מוצא לעודפי מים שייווצרו בעת סופות גדולות;
- הפניית הנגר משטחים אטומים לשטחים החדירים במגרש, בעזרת מרזבים מן הגגות ושיפועים מתוכננים בחצר;

- יישמר כושר חדירות הקרקע הטבעית בשטח החדיר, ע"י מניעת ערבוב של חומרי בנייה וחומרים אוטמים אחרים, מניעה של הידוק הקרקע ועירוב יזום של חומרים, המגבירים את כושר חדירותה;
- במידת האפשר, ייעשה שימוש בחומרי ריצוף חדירים, למשל, באזור החנייה (לאחר שמחקרים מצאו שאיכות המים מחנייה פרטית ראויה להחדרה, גם למי התהום).

חישובים שערכנו, בעזרת נתונים על מאפיינים רלבנטיים של בנייה, קרקע וגשמים במישור החוף הישראלי, מורים כי קיום ההנחיות שלעיל (גם ללא ריצוף חדיר וללא מתקני החדרה) מאפשר החדרה בתחומי מגרש הבנייה של כ-70% מן הנגר שיורד עליו בשנת גשמים שופעת (600 מ"מ לשנה). נמליץ להסתפק בכך בעבור החצרות הפרטיות ולהעביר את יתרת הנגר לטיפול ברשות הרבים.

בנוסף להנחיות תכנון, הספר מציג ומפרש נתונים הידרולוגיים, שיטות חישוב ומודלים אחדים, האמורים לסייע בידי בעלי המקצוע המבקשים לממש את גישת תר"מ לניהול נגר וניקוז.

בניגוד לטענות של חלק ממהנדסי הניקוז, מחקרים וניסיון שהצטבר במקומות רבים בעולם מלמדים אותנו, שאין סתירה בין המטרות של מניעת נזקי הצפות לבין המטרות של תכנון עירוני רגיש למים, וכי תכנון מושכל יכול להשיג את מטרות האחד בלי לפגוע באחר. אמצעים להשהייה, לטיפול, לשימוש ו/או להחדרה של מי נגר בתוך המרקם העירוני יכולים לתרום משמעותית הן למיתון ספיקות השיא וההצפות שהן גורמות, הן לטיוב המים (סילוק מזהמים), הן למניעת הפסדי מים באקוויפרים שמתחת לשטח הבנוי והן לשיפור הנוף ואיכות החיים בעיר ובסביבתה.

## תחום ד': ניהול מים בעיר - חיסכון במים ותוספות אחרות למשק המים המקומי

הביקוש למים בישראל גדול מן ההיצע הזמין, ולפיכך, קיים מחסור במים. אפשר להתמודד עם המחסור באמצעות הגדלת היצע המים, היינו, באמצעות ניצול אינטנסיבי יותר של המקורות הקיימים או פיתוח מקורות חדשים, ואפשר לבחור בנתיב אחר: חיסכון במים, המקרב את הביקוש להיצע הזמין. תר"מ ממליץ בראש ובראשונה על ניהול הביקוש ועל אימוץ חיסכון במים כקו מדיניות מוביל.

- החיסכון במים מהווה את האמצעי הזמין ביותר להקטנת הפער בין היצע וביקוש למים בישראל - חיסכון משמעותי במגזר העירוני ניתן להשגה בטווח הזמן המיידני, והוא אינו דורש תשתיות מיוחדות, כמו אלו שדורשים מפעלי התפלה ושימוש בקולחים.
- החיסכון במים כדאי מבחינה כלכלית, לפרט ולכלל - תוך כשנה וחצי, משק בית ממוצע מחזיר לעצמו את ההשקעה באביזרי חיסכון במים; עלות מ"ק מי שתיה מהתפלה גבוהה פי 3.5 עד פי 5 מעלות מ"ק מחיסכון.
- החיסכון במים רצוי מבחינה סביבתית - החיסכון במים מאפשר להקטין את העומס על מקורות המים הטבעיים ולשמר את איכותם וכמותם של המים בהם. בין היתר, הוא מאפשר להפנות "רזרבות" מים לטבע, לקיום נופים תלויי-מים ולטיפוח מיני חי וצומח, המתבססים על מים כמקור חיות.
- החיסכון במים יכול וצריך להיחשב כמרכיב קבוע ואמין במשק המים הישראלי - היגד זה מבוסס על בדיקה של התפתחות צריכת המים בעשור האחרון, כפי שמפורט בספר. ראוי לציין, כי החיסכון במים במגזר העירוני אינו אמור לפגוע באיכות החיים של התושבים. המטרה הינה לספק לאזרח שירותים ברמה גבוהה, שירותים של שתייה, ביטחון וניקיון וגינון, באמצעות כמות קטנה יותר של מים.
- מומלץ שניהול הביקוש למים, ובתוכו עידוד החיסכון במים, יקבל מעמד דומה לזה שיש כיום לפיתוח וניהול היצע המים (אספקת המים), ובהתאם לכך יזכה בתשומת לב מקצועית ובתקציבים נאותים.
- מומלץ להגביר את יציבותו ואמינותו של החיסכון במים באמצעות פעילות קבועה לאורך זמן רב, בעיקר בתחומי החינוך לילדים וההסברה למבוגרים. החינוך וההסברה יכללו יידוע הציבור בדבר התנהגויות חוסכות מים והפצת מידע על אביזרים לחיסכון במים בבית ובחצר. הספר כולל הצגה מפורטת למדי של אמצעים לחיסכון במים בבתי מגורים ובנייני ציבור, בגינות פרטיות ובגנים ציבוריים, והפנייה למקורות מידע נוספים.

- מומלץ להמשיך לפתח טכנולוגיות חדשות לחיסכון במים ולפעול לתקינה של אביזרים חוסכי מים.

תר"מ ממליץ לא רק על ניהול הביקוש למים בעיר אלא גם על הגדלת היצע המים בעיר, אך בניגוד למקובל, לא באמצעות תוספת מים מבחוץ, למשל מהתפלה, אלא בעזרת פיתוח מקומי (עירוני) של מקורות מים בלתי קונבנציונליים, כולל:

- קציר גשם - איכות מי גשם הנאספים מגגות (ואינם באים במגע עם הקרקע) טובה בדרך-כלל, ולאחר טיפול מתאים ניתן היה להשתמש בהם לכל צורכי הבית, אפילו לשתייה ולבישול. בארץ קיים פוטנציאל משמעותי של תוספת למים העירוניים, כתוצאה משימוש ישיר במי גשם ובנגר עירוני. ייתכן שיהיה לכך צידוק כלכלי גם בתחום משק הבית הפרטי, אך ברורה יותר הכדאיות לרשויות ציבוריות, המבקשות להקטין את כמות המים שהן נוטלות ממערכת האספקה הארצית. בחינה ראשונית מלמדת על אפשרות לאיסוף מי נגר סופתי בשטחי עיר שבגב ההר, בכמויות שבין 80,000 מ"ק ועד 500,000 מ"ק לשנת גשם ממוצעת, תלוי בגודל השטח התורם.

- מים אפורים מטוהרים - מדיניות תר"מ תומכת במיחזור מים אפורים במגזר העירוני. גם בהנחה שמים אלה לא ישמשו לשתייה, מומלץ למחזרם, בעבור הדחת אסלות והשקיית גינות, במיוחד במקבצי מגורים גדולים ובמוסדות ציבוריים. העודפים יוחדרו לקרקע לשם העשרת מי התהום. מימוש הפוטנציאל כרוך בהמשך מחקר ופרויקטי חלוץ מבוקרים.

- התפלה מקומית - במונח "התפלה" הכוונה כאן לטיפולים מתקדמים להרחקת מלחים וגורמי זיהום אחרים ממי ים או מי תהום או מים ממקור אחר. הקמת מפעל מקומי להתפלת מי תהום צורכת שטח עירוני קטן, אך כרוכה בו בעייה של סילוק הרכז, הנותר לאחר תהליך ההתפלה. מכיוון שתקני האיכות של מי שתייה הולכים ועולים, בשעה שמימיו של אקוויפר החוף הולכים ומזדהמים (לפחות, בחלק מן התאים), ומפני שבשנים הקרובות ייכנסו תאגידים לניהול מים עירוניים, במקום העירויות, סביר להניח שבעתיד הלא רחוק יוקמו לא מעט מתקנים עירוניים לטיפול מתקדם במי תהום. ההנחה הרווחת היא שיש כדאיות כלכלית להקימם, לעומת יבוא מים מותפלים, גם בשל החיסכון במחיר ההולכה.

לגבי כל אחד ממקורות מים בלתי קונבנציונליים יש הסתייגויות הגיוניות. תר"מ ממליץ על בחינת כל מקרה לגופו. על פי הניסיון בעולם, אפילו באזורים עתירי-מים, יש תועלות רבות בפיתוחם. בראש ובראשונה, הקטנת הכמויות הנלקחות ממערכות האספקה המרכזיות, עצמאות מקומית והורדת עלויות (בחלק מן המקרים), ובנוסף לכך, הקטנת העומס על מערכות הביוב המרכזיות והקטנת העומס הסביבתי. עם זאת, יש להבטיח יכולת מקצועית



וארגונית מקומית, על מנת לתחזק ולהפעיל בצורה נאותה מתקנים כאלה. דרושה גם התייחסות להשפעת השימוש החוזר במים אפורים על כמות וריכוז השפכים.

## **יישום תר"מ בישראל: מדיניות משפטית, מנהלית וחינוכית**

### **מסגרת משפטית נאותה**

יישומו של תכנון עירוני רגיש למים (תר"מ) ברחבי מדינת ישראל מחייב מסגרת משפטית נאותה. המלצתנו היא, שהמסגרת המשפטית:

- תחייב תכנון וביצוע על-פי עקרונות תר"מ בבנייה חדשה, תוך הקפדה מיוחדת על יישום במעלה הנחל, ותאפשר יישום העקרונות באזורים עם בנייה ותיקה;
- תחייב הליכים של תכנון וביצוע בנייה עפ"י עקרונות תר"מ בכל מקום ברשות הרבים, ותאפשר מימוש העקרונות ברשות היחיד.

הכלים המשפטיים הרלבנטיים למימוש תר"מ הינם:

חוק התכנון והבנייה – זהו חוק גמיש, המאפשר לכל רשות תכנון בדרג הארצי, המחוזי והמקומי להוציא הנחיות ולהתקין תקנות, הנראות לה כמשרתות את אינטרס הציבור. רשויות בכל הדרגים משתמשות בהרשאה נרחבת זו גם לנושאי תר"מ. בשנים האחרונות הוצאו תקנות תר"מיות, החל מתכנית המתאר הארצית המשלבת תכנון ומשאבי מים (תמ"א 34/ב'), דרך הנחיות של הוועדות המחוזיות בת"א ובמרכז, העוסקות בבנייה משמרת מים, ועד תקנות של רשויות מקומיות ספציפיות, המתנות קבלה של אישור לאיכלוס בניין בהוכחה של מימוש עקרונות תר"מיים במגרש. כל אלה מהווים כלים ראשוניים במעלה ליישום תר"מ, אך מומלץ לא להגזים בשימוש בהם, במיוחד לא באכיפה ברשות הפרט ו/או באכיפה באזורי בנייה ותיקים.

חוק המים - החוק קובע, כי כל מקורות המים בארץ הם קניין הציבור. יתרונו מבחינת תר"מ הינו בהכרה בנגר כמשאב, ולא רק כמטרד, והדרישה הכלולה בו לזהירות בשימוש במים ולחיסכון בהם. יחד עם זאת, הוא שם מכשולים בפני מימוש תר"מ, כי הוא דורש הרשאה מנציב המים (שתפקידו הוסב לאחרונה ל"מנהל הרשות הממשלתית למים ולביוב") עבור כל פעולה פרטנית של החדרת נגר לקרקע ושל איסוף (קציר) מי גשמים. אנו ממליצים לרכז איסורים חד-משמעיים אלה.

חוק הניקוז וההגנה מפני שטפונות - העובדה שהחוק נמצא על שולחן הניתוחים ועובר תהליכי שיפוץ נרחבים, הינה הזדמנות חשובה לכלול בו את עקרונות תר"מ. המלצנו על חמישה

תיקונים מהותיים: ראוי שייקרא לא חוק להגנה משטפונות אלא חוק למזעור הצפות; ראוי לכלול בין הפעולות המוגדרות כניקוז גם החדרה לקרקע; יש להבחין בחוק בין המערכות האזוריות למקומיות ולהגדיר את סמכויותיהן, מקורות תקציביהן והתאום הדרוש ביניהן; נמליץ להעניק לרשויות הניקוז סמכויות פיקוח ואכיפה, במקום לרכזן בידי מנהל רשות המים, המרוחק מן האזור ואין לו מנגנון פיקוח; ולבסוף: נמליץ להסיר חסמים חוקיים מדרכם של אזרחים, המבקשים לממש את עקרונות תר"מ, ולהחליפם בתקנות מאפשרות מתאימות.

דיני השלטון המקומי - במרקם הקיים של מגורים עירוניים, נמליץ לקדם את הנושא בהדרגה ובאופן וולונטרי, בהתבסס על חינוך והסברה לתושבים ועל תמריצים כלכליים. זאת מפני, שמערכת הניקוז בבנייה ותיקה כבר מותקנת, כך שהתועלות הצפויות משינוי בכיוון המומלץ ע"י תר"מ בשום אופן אינן מצדיקות חדירה בדיעבד לרשות הפרט ודרישה לשינוי ברכושו. לעומת זאת, בבנייה חדשה, במיוחד בנייה הנמצאת במעלה אגן ההיקוות, יחסית לשטח הבנוי הקיים, חשוב להשתמש בחוקי עזר מקומיים, בכדי להבטיח שנפת הנגר, ספיקות השיא והזיהומים, היוצאים מן האזור החדש, יהיו מינימליים.

### **מיסוד תר"מ באמצעות תמ"א ותכנון**

מיסוד תר"מ באמצעות תכניות מתאר ארציות, מחוזיות ומקומיות, ובאמצעות ועדות התכנון המחוזיות והמקומיות, הפועלות מתוקף חוק התכנון והבנייה, הינו מרכיב בסיסי וחיוני ממימושו של תכנון רגיש למים (תר"מ) בארץ. בחלק הראשון של הספר הוצג מכלול הפעולות שכבר נעשו בשנות האלפיים לשילוב תר"מ ועקרונותיו בתכנון המחוזי והעירוני, ופורטו המלצות תר"מ שנכללו בתמ"א 34ב', תכנית מתאר ארצית משולבת למשק המים, כולל חלקנו בהטמעתן בתמ"א זו. כאן נוסיף ארבעה נושאים תר"מיים, אשר מומלץ מאד לקדם את מיסודם: שלושת הראשונים ביניהם דורשים מיסוד באמצעות תכניות מתאר והנחיות של ועדות תכנון, ואילו הרביעי תובע מיסוד בעזרת רשות המים החדשה:

- הכללת שיקולי מים החל מן השלבים הראשונים של התכנון, בכל רמותיו;
- תפיסת אגן הניקוז כיחידת תכנון, שתכניות אחרות נגזרות ממנה;
- הצורך במיפוי ארצי ומחוזי של אזורים להחדרת נגר;
- הצורך בתקנים לקביעת תקופות חזרה וספיקות תכן.

### **הכשרת בעלי המקצועות הרלבנטיים**

תנאי מקדים ראשוני למימושו של תר"מ הינו הכשרת בעלי המקצועות האמורים לתכנן ולבצע, בהתאם לעקרונות המוצעים. בעלי המקצועות, העוסקים באופן שוטף בפעילות הנדונה בספר

זה, הם מצד אחד אדריכלים, מתכננים עירוניים ואדריכלי נוף, ומצד שני, מהנדסי מים וניקוז; אל אלה יש להוסיף מהנדסי כבישים, וכמובן, מתכננים סביבתיים. חלקים חשובים מן ההכשרה המקצועית המקובלת כיום נוגדת את עקרונות תר"מ.

כדי לספק את הידע המתאים לבעלי המקצועות הנ"ל, חיוניים שינויים בתכנית הלימודים, כולל קורסים משותפים למתכננים ולמהנדסים, ודרושות סדרות של ימי עיון מקצועיים והשתלמויות עבור בעלי המקצועות הרלבנטיים, הפעילים כיום. הלימוד החדשני שיועבר במסגרות אלה יתייחס לשלושה היבטים: האחד - שינוי בפרדיגמות/אמונות/גישות מקצועיות בסיסיות; השני - תוספת כלים מקצועיים; השלישי - תרגול של שיתוף פעולה רב-מקצועי.

### **תמריצים כלכליים**

תמריצים כלכליים רצוי שיהיו בראש ובראשונה מסוג "הגזר" - תמריצים חיוביים של השתתפות הרשויות בהוצאות ושל הנחות בתשלומים. מומלץ שהמדינה תסבסד מתקנים להחדרת נגר ולחיסכון במים ושתעניק הנחות במחירי מים לרשויות מקומיות, אשר מנהיגות תכנון אלטרנטיבי של הניקוז במקומותיהן. הרשויות מצידן, נקראות לתת הנחות במחירי מים, היטלי ביוב ואולי גם תשלומי ארנונה, ליזמים ולאזרחים, המוכיחים ביצוען של פעולות עפ"י עקרונות תר"מ. במקרים מיוחדים מומלץ ויתור על היטל ההפקה.

בנוסף לתמריצים חיוביים, מקובלים גם תמריצים כלכליים מסוג "המקל", בצורת היטלים כספיים מיוחדים או מגבלות על הבנייה, הפוגעות בכיסו של היזם. רשויות מקומיות אחדות בארה"ב מטילות על היזמים הבונים היטל פיתוח, שהינו פונקציה של השטח שהבנייה הופכת לאטום לחדירת מים (מעבר למינימום מסויים). ניתן גם להגביל את אחוזי הבנייה המותרים במגרש או במבנה, אשר לא מיושמים בו עקרונות תר"מ.

### **בניית שותפויות: שיתוף פעולה ציבורי-אזרחי (PCP) וציבורי-פרטי (PPP)**

מימוש תר"מ תלוי במידה רבה בהשתתפותם של האזרחים, בין אם מדובר בהחדרת מים בחצר או בחיסכון במים בבית ובחצר או בתמיכה בהקצאת תקציבי הרשות המקומית לשיקום נחל. לפיכך, מיסוד של שיתופי פעולה בין הרשויות לבין ארגונים אזרחיים (PCP), במיוחד ארגונים סביבתיים המאוגדים ב"חיים וסביבה", הינו אחד האמצעים העיקריים בדרך למימוש עקרונות תר"מ.

המגמה של הקמת שותפויות ציבוריות-פרטיות (PPP), אשר החלו להשתמש בה בשנים האחרונות בעבור מימון הקמה ואחזקה של שירותים ציבוריים, שימושית גם לקידום תר"מ. במיוחד נכון הדבר לנוכח החוק החדש לתאגידי מים עירוניים, אשר עשויים לגלות עניין

בקידום המלצות תר"מ בדבר פיתוח תחלופה מקומית בין מי שתייה לבין מים אפורים וקולחים ובין מי שתייה למי נגר (ניקוז), בין אם לצורכי השקייה ובין אם כהקצאה לטבע.

### **חינוך והסברה לציבור הרחב ולנבחרי**

הנחתנו היא, שממוש תר"מ מחייב פעולה מקיפה בקרב משקי הבית ובשטחים שברשות הפרט, ולא הסתפקות בעשייה ציבורית בשטחים שברשות הכלל – במבני הציבור, בגנים העירוניים, בדרכים ובמגרשי החנייה. משקי הבית העירוניים צורכים כ-70% מצריכת המים העירונית, והם מתחזקים כ-40% משטחה של שכונת מגורים טיפוסית בישראל. איננו מציעים לכפות עליהם התנהגות ההולמת את עקרונות תר"מ, באמצעות שוטרים ועונשים, אלא לשכנע אותם באמצעות חינוך והסברה.

מטרת השימוש בכלים אלו הינה לשנות דפוסי חשיבה והתנהגות וליצור תנאים יציבים, שבהתאם להם ניתן יהיה לתכנן את מערכת התשתיות הזורמות בעיר. לכן, יש חשיבות רבה לתכנית חינוך והסברה ארוכת טווח, שתופעל לאורך זמן, ולא לתקופה חולפת של חודשים ואפילו שנים בודדות. על-מנת שפעילות החינוך וההסברה תשיג את התוצאות הרצויות, היא צריכה להיות מקיפה ולכלול קהלי יעד רלבנטיים, תכנים מתאימים וערוצי שיווק מגוונים. בספר מוצע פירוט של כל אחד מאלה.

### **תוספת ידע ומידע חיוניים**

במחקרנו השתדלנו להציג בפני הקוראים את הידע הקיים ולהרחיבו. אולם בהתחשב בהתקדמות שחלה לאחרונה בכניסתו של הנושא לפרקטיקת התכנון והבנייה, ובהתקדמות הצפויה לנוכח ההתקדמות בפיתוחה ובאישורה של תמ"א 34/ב', המחייבת עריכת תכניות לניצול מיטבי של נגר בכל רחבי הארץ, חיוני להדגיש חסרוננו של ידע מספק. כדי לאוספו ולהעמידו לרשות החוקרים, מקבלי החלטות, המקצוענים וציבור האזרחים, מומלצים:

- הקמת פרויקטי חלוץ וניטורם - קיימת סתירה בין הרצון לממש עקרונות תר"מ באופן המוני ומיידי, כפי שמסתבר מתוך תקנות תמ"א 34/ב' ומתקנות שהוציאו לאור ועדות תכנון מחוזיות ומקומיות אחדות, לבין מיעוט הידע המדעי והפרקטי על השפעות תר"מ. חסר מאד ידע הן על התועלות והן על הנזקים הפוטנציאליים, ידע שמקורו לא בתיאוריה השאולה ממקומות אחרים אלא במציאות שלנו. כדי ליצור ידע מותאם למציאות בישראל חיונית הקמתם של פרויקטי חלוץ, בראש ובראשונה לעניין השהייה והחדרה של נגר עירוני, אשר ינוטרו לאורך זמן. את שיטת הפרויקטים הניסיוניים יש לממש גם עבור צבירת ידע בשיקום נחלים וערוצי מים, ובוודאי גם בתחום עידוד החיסכון במים וצריכת מקורות מים בלתי קונבנציונליים, כמו קציר גשם ומים אפורים.

- הקמת מוקד של נתונים וידע בנושאי ניהול נגר עירוני וניקוז – במוקד המוצע ייאספו וינתחו נתוני גשמים ונתונים על זרימות נגר לפי אזורים בעלי מאפיינים שונים, נתונים של תכונות קרקע, של התאדות ודייט באזורים בנויים, של השפעת החדרה על זרימות נחלים ועוד. במוקד יבחנו את שימושיותם של מודלים שונים לניתוח נפחים, ספיקות ואיכויות של נגר, יעריכו את יתרונותיהם וחסרונותיהם בהקשרים שונים ועבור פרויקטים בקני מידה שונים. ללא פיתוח מוקד ידע כזה, שבתוכו תיערכנה השתלמויות למנהלי נגר עירוני, לא מומלץ להחיל באופן נרחב תקנות המחייבות ניהול תר"מי של נגר, כולל החדרת נגר להעשרת מי התהום.

## לסיום

תר"מ הינו גישה חדשנית לתכנון אינטגרטיבי של בנייה ושל מערכות מים, המצטרפת לשורה מתארכת של גישות תכנוניות לפיתוח בר-קיימא. תר"מ, כפי שפותח והוצג בספר זה, מאופיין במספר עקרונות, אשר, להערכתנו, מאפיינים/אמורים לאפיין גם גישות אחרות לפיתוח בר-קיימא:

- חתירה לסינרגיה בהשגת מטרות – תר"מ מכוון למימושן של מטרות סביבתיות, כמו שימור מקורות המים, להשגת מטרות חברתיות, כמו ריבוי שטחים ירוקים לבילוי פנאי, ולקידום מטרות כלכליות, כמו הקטנת ההוצאות עקב הצפות; על-פי גישת תר"מ, תכנון משולב לקראת שלושת סוגי המטרות מועיל ויעיל יותר מאשר תכנון ספציפי לקידום כל סוג בנפרד.
- ריבוי מטרות ויעדים ואחדות אמצעים – אמצעים זהים או דומים משמשים להשגת מטרות או יעדים שונים, בדומה ל"עירוב שימושים", המקובל בפיתוח בר-קיימא של שטחים עירוניים. לדוגמא: גן ציבורי, מתוכנן בהתאם להמלצות תר"מ, יכול לשרת את תושבי האזור וגם לשמש כאמצעי לשימור כמות ואיכות של מי נגר (ומי תהום), מבלי ליצור עול כבד על צריכת המים העירונית. ועוד: מתקן להשהיית נגר ומניעת הצפה יכול לשמש גם עבור טיהור נגר עירוני והחדרתו למי התהום, ואולי גם כמתקן נוי בקרבת העיר.
- שיתוף פעולה לא רק רב-דיסציפלינארי, אלא בין-דיסציפלינארי, בדרך ליצירת תחום טראנס-דיסציפלינארי – לפנינו תחום מדעי-מקצועי חדש, הנוצר מתוך עבודה משותפת של מומחים מתחומים שונים. מכיוון שת"מ מחייב עבודה משותפת ומשולבת בין מתכנני מרחב בנוי ופתוח ומתכנני נוף לבין מהנדסי מים וניקוז, מהנדסי תחבורה ומהנדסי קרקע, צומחים/יצמחו בתוכו מודלים טרנס-דיסציפלינאריים מועילים.

- דגש על תכנון מונע ולא רק על תכנון מגיב – כוונתנו לפיתוח והשקעה באמצעים למניעת מפגעים, במקום הסתפקות בהשקעה באמצעים להתמודדות עם מפגעים. לדוגמא: בעוד ששיטות ניקוז קונבנציונליות עוסקות ב"הגנה מפני שטפונות" (ר' שמו של חוק הניקוז התקף), תר"מ מכוון לפריסה מרחבית של בנייה ולתוספת מתקנים (BMPs) עבור מניעה במקור - במקום שהגשם נופל על הקרקע - של ספיקות גדולות שיוצרות הצפות.
- עקרונות תכנון זהים ברמות תכנון שונות – לדוגמא: אותם עקרונות לניהול נגר עירוני, שהם מיזעור נפח הנגר היוצא משטחה של כל יחידה בתכנית, מזעור ספיקת הנגר ומזעור זיהומי הנגר היוצאים מאותו שטח, חלים הן על רמת המקור – תכנון ארצי ואזורי, הן על רמת המזו – העיר והשכונה, והן על רמת המיקרו – המבן ומגרש הבנייה היחיד.
- הליכה עם הטבע, במקום נגדו – לדוגמא נציג את המלצת תר"מ להתאים את פריסת השטחים הבנויים והפתוחים, את הדרכים ודרכי הניקוז למבנה ההידרו-גיאוגרפי של השטח המתוכנן, ובמיוחד לנתיביהם של הנחלים שבתוכו. זאת, במקום לנצל יכולות טכנולוגיות (של הזזת הרים וסתימת גיאות), המקובלות בבנייה קונבנציונלית ומאפשרות כמעט להתעלם מטופוגרפיה ומהרכב טבעי של הקרקע.
- ולבסוף, "קטן הוא יפה" (כלשון הסיסמא שטבע הכלכלן שומאכר בספרו מ-1973) – עקרונות פיתוח בר-קיימא מעדיפים בדרך-כלל השקעות מקומיות קטנות ובינוניות על-פני בנייתם של "פרויקטי דגל" ענקיים, וזאת בהסתמך על הניסיון הבינלאומי המצטבר, המורה שפרויקטי ענק מובילים לעיתים קרובות למדי לנזקים אדירים (סכר אסואן, למשל), בעוד שפעולות פיתוח קטנות יוצרות – אם בכלל – שגיאות קטנות וניתנות לתיקון, בנוסף להיותן מותאמות טוב יותר לרוחן של קהילות מקומיות. בהתאמה לכך, תר"מ מדגיש פעולות ברמת המיקרו והמזו – החצר והשכונה – כקודמות וכמתנות את אפשרות הפעולה ברמת תכנון גבוהה יותר. לדוגמא: מיזעור נפחי נגר ביציאה מכל חצר ומבן נחוץ למיזעור הנפח ברמת השכונה והעיר.

מקבץ זה של עקרונות פיתוח בר-קיימא הינו תרומה נוספת של מחקר תר"מ. תרומה זו עשויה להועיל הן לגיבוש תיאורטי של המושג פיתוח בר-קיימא והן ליישומו על-ידי מתכננים ומהנדסים בשטחים מגוונים.



## מכון גרנד למחקר המים

המכון למחקר המים ע"ש סטיבן וננסי גרנד מקדם את המדע, הטכנולוגיה, ההנדסה והניהול של מים באמצעות מחקר ופיתוח בין-דיסציפלינרי והפצת הידע, בדגש על בעיות המים של ישראל. הנושאים המטופלים נוגעים גם לאזורים אחרים בעולם, במיוחד לאזורים צחיחים וצחיחים למחצה.

המכון הוקם ב-1992, כמכון סנטי בו פועלים חברים מ-7 פקולטות. חוקרים ממוסדות אחרים משתתפים במחקר המכון, ומספר חברי סגל מאוניברסיטאות אחרות בישראל יכולים להתקבל כחברים במכון. בכך מתממשת מטרותו של המכון להיות בפועל מכון המחקר הלאומי למים.

המכון מנוהל על ידי ראש המכון, בהנחיית הנהלה, בה חברים המשנה לנשיא למחקר, דקני הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסה כימית והנדסת מזון וביוטכנולוגיה, שני חברי מכון נבחרים, וראש המכון.

ועדה מדעית בינלאומית (ISAC), בה חברים שישה מדענים בעלי שיעור קומה מן הארץ ומחו"ל, מתמנה על ידי נשיא הטכניון, ומסייעת בבחינת פעילות המכון ובהתוויית דרכו.

קרן יד הנדיב שותפה לטכניון בהקמת המכון, ומאז הקמתו זוכה המכון לתמיכה ולתמיכת ידידי הטכניון בחו"ל.

המכון מפעיל מספר מוקדים (הנקראים "מעבדות") לפעילות מחקרית רחבה בנושאים מוגדרים: המעבדה להתפלה ע"ש רבין, המעבדה לאיכות מים וטיפול במים ע"ש ארתור ורזלינד גילברט, המעבדה לטיפול בשפכים ושימוש חוזר בתמיכת קרן פוהס, המעבדה למשאבי מים ע"ש קרן משפחת מיטשל, מעבדת סיידל למדידות זרימה. פעילויות אלו ממוקמות באתרים שונים ברחבי הקמפוס.

במסגרת המכון הקים פועל מרכז המידע ע"ש בלומנשטיין, כמרכז הלאומי למידע על מים. מרכז בו מידע על פרסומים וחמרים המתייחסים למשאבי המים בישראל ובאיזור, וכן על מחקרים, כנסים, סדנאות ופעילויות שוטפות. באתר של מרכז המידע ניתן למצוא חומר זה, כמו גם קישור למוקדי מידע אחרים בארץ ובחו"ל בנושאי מים, וכן מערכת מידע "מי ומי במשק המים".

המכון מפעיל מספר מחקרים אזוריים עם עמיתים ירדניים ופלסטינים, במגמה להרחיב שיתוף פעולה מקצועי המהווה בסיס לניהול מושכל ומתואם של משאבי המים באיזור.

במאי 2005 חנך המכון את ביתו החדש, הבנין ע"ש סטיבן וננסי גרנד, אשר בו מוקמים משרדי המכון, מרכז המידע, אולם הרצאות, ומעבדות מרכזיות של המכון.

**אתר מרכז המידע**

<http://qwri-ic.technion.ac.il>

**אתר המכון**

<http://qwri.technion.ac.il>



## המרכז לחקר העיר והאזור

המרכז לחקר העיר והאזור, שהיה ראשון מסוגו בישראל, הוקם בטכניון בשנת 1969 על-ידי פרופ' משה היל ז"ל. מאז 1989 המרכז זוכה לתמיכתה הנדיבה של משפחת פיליפ ואתל קלצניק. מרכז המחקר שוכן בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים וקשור הדוקות במסלול ללימודי מוסמכים בתכנון ערים ואזורים שבפקולטה. הוא משתף פעולה עם מוסדות מחקר אחרים בטכניון ועם עמיתים-חוקרים בטכניון ובישראל בכללה.

ייעודו של המרכז הוא לקדם את הידע, הנוגע להבנת תהליכים של התפתחות ותפקוד עירוניים ואזוריים, ולסייע בקביעת מדיניות פיתוח ברמה הלאומית, האזורית והיישובית-מקומית. העקרונות המנחים את עבודת החוקרים הם מצוינות מחקרית בקנ"מ בינלאומי, מצד אחד, ותרומה לאיכות החיים של תושבי מדינת ישראל, מצד שני.

החוקרים הפעילים במרכז עוסקים בתחומים הבאים: תכנון שימושי קרקע, תכנון חברתי, תכנון כלכלי, היבטים פסיכולוגיים ביחסי אדם-סביבה, היבטים משפטיים בתכנון, היבטים סביבתיים בתכנון, פיתוח אזורי, פיתוח מקרקעין, תחבורה, דיור, שיקום והתחדשות עירונית, תכנון ומשאבי טבע (מים, אנרגיה), תכנון ועיצוב הנוף, שיטות ממוחשבות מתקדמות בתכנון, שיתוף הציבור בתכנון, מיתון קונפליקטים בתהליכי הפיתוח העירוני ותכנון עבור אוכלוסיות ספציפיות: ערבים, קשישים, ילדים.

מחקרים תקדימיים בישראל, שפילסו את הדרך לתחום התכנון העירוני בארץ, נערכו במסגרת המרכז לחקר העיר והאזור. מביניהם נזכיר את תסקיר ההשפעה הסביבתי הראשון בישראל – הבדיקה למיקום תחנות הכוח, את סדרת המדריכים למכסות קרקע לשירותים ציבוריים, את ההערכה הכוללת של פרויקט שיקום השכונות בישראל, ואת פרויקט המחקר והתכנון בתמיכת 13 משרדי ממשלה וגופים ציבוריים נוספים – "ישראל 2020 – תכנית אב לישראל בשנות ה-2000".

מחקרי המרכז ממומנים על-ידי קרנות וגופים בינלאומיים ולאומיים, על-ידי מרבית משרדי הממשלה בישראל, רשויות מקומיות וגופים ציבוריים אחרים בארץ. הידע הנאגר באמצעות המחקרים מופץ לחוקרים עמיתים, לציבור המתכננים ולמקבלי החלטות באמצעים מגוונים: בראש ובראשונה באמצעות ספרים ומאמרים, כולל הוצאת ספרים עצמית, שבמסגרתה רואים אור גם דוחות המחקרים וניירות עמדה (בעברית ובאנגלית). בנוסף לכך, המרכז יוזם סמינרים, ימי עיון וסימפוזיונים אקדמיים וציבוריים. החוקרים מרבים להשתתף בכנסים מדעיים ומקצועיים, בינלאומיים וישראלים, ומכהנים לעיתים קרובות בוועדות ציבוריות, לאומיות ומקומיות.

### המרכז לחקר העיר והאזור

<http://www.ccrs.technion.ac.il>



לרכישת פרסומים נוספים בנושא תכנון רגיש למים ובנושאי תכנון אחרים

(סביבה, דיור ובנייה, פיתוח כלכלי והיבטים משפטיים)

היכנסו לאתר המרכז לחקר העיר והאזור

[www.ccrs.technion.ac.il](http://www.ccrs.technion.ac.il)

## פרסומים בסדרת תר"מ

### ספרים

בארי, ש., כרמון, נ. ושמיר, א. (2005) חיסכון במים במגזר העירוני: בדיקת ייתכנות והמלצות פעולה. חיפה: המרכז לחקר העיר והאזור ומכון גרנד למחקר המים (231 עמ').

כץ, ש., בורמיל, ש., כרמון, נ. ושמיר, א. (2001) תכנון עירוני רגיש למים: החדרת גשם למי התהום באמצעות עיצוב חצרות - ספר עזר לאדריכלים ואדריכלי נוף, מתכננים סביבתיים ומהנדסי ניקוז. חיפה: הטכניון, המרכז לחקר העיר והאזור (160 עמ' + נספחים).

מירון-פיסטינר, ס., כרמון, נ. ושמיר, א. (1996) פיתוח עירוני רגיש לשיקולי מים: לקראת הנחיות תכנון. חיפה: הטכניון, המרכז לחקר העיר והאזור (120 עמ' + נספחים).

יונגר, מ., כרמון, נ. ושמיר, א. (1993) מי נהנה ממשאבי המים של ישראל? ניתוח התועלות שהפיקו קיבוצים ומושבים. חיפה: המרכז לחקר העיר והאזור (160 עמ').

### דוחות מחקר

כרמון, נ., שמיר, א. ובארי, ש. (2004) ניהול הביקוש למים במגזר העירוני: בדיקת ייתכנות. חיפה: המרכז לחקר העיר והאזור (272 עמ').

בורמיל, ש., שמיר, א. וכרמון, נ. (2003) נגר עירוני בשכונות מגורים. חיפה: המרכז לחקר העיר והאזור (120 עמ').

Kronaveter, L., Shamir, U. and Kessler, A. (1998) Hydrologic Response to Urban Watersheds: The Effects of Spatial Variability, Physical Parameters and Some Planning Alternatives. Technion, The Mitchell Family Foundation Water Resources Management Laboratory, Water Research Institute (93 pages).

כרמון, נ. ושמיר, ש., (בהשתתפות ר. ארמון, ד. גולדמן, ש. כץ ול. קרונבטר) (1997) תכנון עירוני רגיש למים: הגנה על אקוויפר החוף הישראלי. חיפה: המרכז לחקר עיר ואזור (227 עמ').

### תזות

חדד (סלע), ח. (2007) נגר (מי גשם) כמשאב בפיתוח הנוף העירוני. חיבור על פרויקט לתואר מגיסטר למדעים בתכנון נוף, הטכניון. מנחים: טלי אלון-מוזס ונעמי כרמון.

בארי, ש. (2004) חיסכון במים במגזר העירוני בישראל: בדיקת ייתכנות כוללנית. חיבור על מחקר לתואר מגיסטר למדעים בתכנון ערים ואזורים, הטכניון. מנחים: נעמי כרמון ואורי שמיר.

Levin, A. (2001) Water-Sensitive Urban Planning: Analyzing Alternatives for Increasing Infiltration. Research Thesis for Master of Science in Civil Engineering and Management of Water Resources, Technion. Supervisors: Uri Shamir and Shmuel Burmil.

כץ, ש. (1999) הגברת ההחדרה של מי גשמים לקרקע באמצעות עיצוב חצר הבית העירוני. חיבור על מחקר לתואר מגיסטר למדעים בתכנון ערים ואזורים, הטכניון. מנחים: נעמי כרמון ושמאל בורמיל.

Kronaveter, L. (1998) Hydrologic Response of Urban Watersheds: The Effects of Spatial Variability, Physical Parameters and Some Planning Alternatives. Master of Science in Civil Engineering and Management of Water Resources, Technion. Supervisors: Uri Shamir and Avner Kessler.

מירון-פיסטינר, ס. (1995), תכנון עירוני המתחשב בשיקולים של מי תהום: לקראת גיבוש הנחיות תכנוניות. חיבור על מחקר לתואר מגיסטר למדעים בתכנון ערים ואזורים, הטכניון. מנחים: נעמי כרמון ואורי שמיר.

### מאמרים

Kronaveter, L., Shamir, U. and Kessler, A. (2001) "Water-Sensitive Urban Planning: Modeling On-Site Infiltration", Journal of Water Resources Planning and Management, American Society of Civil Engineers.

Shamir, U. and Carmon, N. (1999) "Water-Sensitive Urban Planning: The Case of Israel's Coastline Aquifer", in: Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality, Ed. By B. Ellis, IAHS Publications No.259, pp. 409-415.

Carmon, N. and Shamir, U. (1997) "Water-Sensitive Urban Planning: Concept and Preliminary Analysis", in: Groundwater in the Urban Environment: Problems, Processes and Management, Ed. By J. Chilton et al., Proceedings of the XXVII IAH Congress on Groundwater in the Urban Environment, Nottingham, UK, 21-27, September 1997, pp. 107-113.

Carmon, N., Shamir, U and Meiron-Pistiner, S. (1997) "Water-Sensitive Urban Planning: Protecting Groundwater", Journal of Environment Planning and Management, 40(4), pp. 413-434.