

צעדים ראשונים לקראת ערים רגישות סים בישראל

מטרד למשאב - פרויקט הביופילטר ההיברדי בשכונה הירוקה בכפר-סבא

ד"ר ירון זינגר, מנהל המרכז לערים רגישות סים בישראל

כבדות, נוטריינטים כגון חנקן וזרחן, וטווח נרחב של חיידקים גורמי מחלות. בנוסף לכך, הערים בישראל גדלות בהתמדה והופכות צפופות יותר, חמות יותר ומזוהמות יותר. במקביל, בעקבות דישון יתר בעבר, אקוויפר החוף הפך למזוהם בחנקות באזורים מסוימים, דבר שהביא להשבתה של חלק משמעותי מהבארות לאורך החוף.

על פי ההערכות, עד שנת 2050, למעלה מ-160 מיליון מטרים מעוקבים של מי נגר שפירים ישתחררו לים מדי שנה מהערים בישראל. השבת מי נגר בקנה מידה רחב תאפשר תוספת של מקור מים חדש למשק המים העירוני, אשר יאפשר גמישות בתפעול משאבי המים על ידי גיוונם. את מי הנגר המטוהרים ניתן יהיה לנתב ישירות להחדרה לאקוויפרים מקומיים לשם העשרתם ושיפור איכותם. תועלת נוספת היא שיפור איכות החיים בערים בישראל באמצעות תועלות מיקרו-אקלימיות ותוספת מופע ירוק לנוף העירוני. לדוגמא: אי תנועה קיים מוגבה בדרך כלל ולכן בזמן שיטפון הוא מסלק ממנו את המים ולכן מהווה למעשה אלמנט פאסיבי, אי תנועה רגיש מים מסוג ביופילטר יהיה בהכרח מונמך מוגבה הכביש ולכן יאפשר ניתוב מי הנגר אליו, הביופילטר יטהר את המים וידאג להחדיר את המים למי התהום או לשימושים אחרים.

הביופילטר כאמצעי לניצול מי נגר

כדי ליישם קציר והשבה של נגר בישראל, חיוני לבחון ולפתח טכנולוגיות מותאמות לתנאים ולצרכים המקומיים. פרויקט הביופילטר ההיברדי בכפר-סבא היה הראשון בסדרה של ארבעה מתקני חלוץ שהובילה הקרן הקיימת בשיתוף עם רשויות מקומיות נבחרות. מטרתם לבחון ולהדגים טכנולוגיות קציר וטיהור מי נגר עירוני, שתכליתן להשיב מים מטופלים לצורכי שימוש מגוונים (לא לשתייה באופן ישיר) ולהגן על מבנים ומובילי מים בערים בישראל. הפרויקט מתוכנן להדגים את הגישה של תכנון עירוני רגיש מים (תר"מ) בישראל, תוך הצגת תכלית של אופן ניהול מערכות מי נגר. מה שיביא לשיפור הנוחות במרחב העירוני וליצירת תשתיות ירוקות ואיכות חיים גבוהה.

ביופילטרים לטיפול במי נגר ולהשבתם נחשבים לאחת הטכנולוגיות המבטיחות במסגרת מימוש עיר רגישת מים. יעילות הטכנולוגיה הוכחה באופן מובהק באוסטרליה ובסינגפור. ביופילטרים או בשמם הנפוץ 'גינות גשם', נבנים בדרך כלל בדרך כלל כתעלות או כאגנים המכילים מצעי סינון שנבחרו באופן הנדסי קפדני ובהם משולבים צמחים ייחודיים. מערכת

כמות גדולה של מי נגר שנוצרו בעקבות גשמים הולכת כל שנה לאיבוד בישראל וגורמת נזקי סחף לתשתית העירונית. שיטת הביופילטר לטיפול בסים אלו שנוסתה בהצלחה בכמה סדירות בטולם, הוכנסה לאחרונה לשימוש גם בישראל ויכולה לסייע בניצול יעיל של סים אלו

המגמה העולמית מצביעה על כך שעד אמצע המאה 80% מאוכלוסיית העולם תתקבץ בערים, ומציאות זו טומנת בחובה אתגרים לצד הזדמנויות לפיתוח עירוני רגיש מים. ישראל אשר משק המים שלה הפך לתלוי בהתפלה, מיישמת בהרחבה השבת שפכים לחקלאות, אך עדיין לא הפנימה את ההזדמנויות הכלכליות, החברתיות והנופיות שיש בהשבת מי נגר

ביופילטרים לטיפול בסי נגר ולהשבתם נחשבים לאחת הטכנולוגיות המבטיחות במסגרת מימוש עיר רגישת מים. יעילות הטכנולוגיה הוכחה באופן מובהק באוסטרליה ובסינגפור

עירוני. בעת שיטפונות בערים בתקופת החורף, מי הנגר העירוני מסולקים במהירות ולעיתים תוך גרימת נזקי ארוזיה כבדים לנחלים העירוניים ובהם הסעת מגוון גדול של מזהמים לחופים וליים. בעקבות העיור המואץ וצמצום שטחי החלחול הטבעיים, צפויה ירידה משמעותית במילוי הטבעי של אקוויפר החוף. כשהגשם פוגש באספלט, בריצוף או בגגות, הוא סוחף עמו כל מה שנקרה בדרכו לכיוון הנחלים העירוניים והים ומזהם אותם במתכות



איור 2: הביופילטר בכפר סבא בקונפוגורציה של אמפיתאטרון

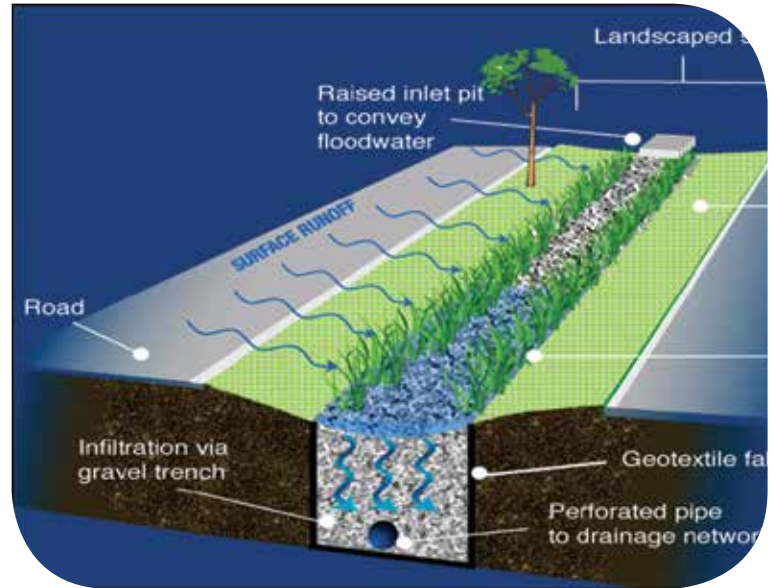


איור 3: הביופילטר לאחר אירוע גשם

שכבת חול קרקע מנוקזת (באספקה מקומית) אשר תומכת בצמחייה הייחודית ומאפשרת תהליכי פירוק מזהמים תלויי חמצן. מערכת הביופילטר נשתלה כשישה חודשים בטרם ניטרה וכוללת 12 סוגים של צמחים שונים, כאשר 50% מהם הינם מינים אוסטרליים שהוכיחו יעילות גבוהה בהרחקת מזהמים תוך שמירת יכולת סינון גבוהה של המערכת (מניעת סתימות). קצב החלחול המתוכנן הינו בין 300-400 מ"מ בשעה.

החדרה ו/או חלחול כפתרון קצה עירוני להשבת מי נגר

הרציונל המרכזי בפתרון קצה של החדרה ו/או חלחול הינו לאפשר להעשיר את מי תהום במקור מים חדש ובכך לפצות על הגירעון החמור באקוויפר החוף הנגרם בין השאר בגלל ירידה בהיקף חלחול טבעי בעקבות הגידול המשמעותי בשטח הבנוי והבלתי חדיר בסביבה העירונית. האתגר המרכזי היה למצוא טכניקה מתאימה בהיבט של עלות-תועלת שתאפשר בהמשך שימוש במי התהום העליונים (כולל המים שהחדרו) כאוגר תפעולי לטובת השקיה של הפיתוח הציבורי ובכך לייצור פיתוח בר קיימא המהווה את אחד העקרונות עליה מתבססת עיר רגישת מים. ביצוע תכנון מתקני החדרה/חלחול שלמים הפך פרויקט בפני עצמו. לכן הוקם צוות ייעודי שכלל את ד"ר יוסי גוטמן אשר היה הידרולוג הראשי של חברת מקורות, מר נועם דבורי מחברת אתגר ומשה ירקוני שפיקח גם על העבודות בשטח. שני סוגים של העשרת מי תהום נבחנו בפרויקט: 1. שימוש בבאר החדרה ישירה למי תהום, ישירות לשכבת הכורכר הנחשבת המיטבית לקליטת מים לעומק של 87 מטר בקוטר של 20 ס"מ. 2. ביצוע של שלושה קידוחי חלחול רדודים (לעומק של 24 מטרים ובקוטר של 1 מטר), כמטר אחד מעל מפלס מי התהום המקומי.



איור 1: ימין, מערכת ביופילטר סכמתית בקונפוגורציה של אי תנועה

היברידית זו שנבחרה לראשונה בכפר סבא מסוגלת להרחיק ביעילות סדימנטים, מתכות, נוטריינטים ואף חיידקים מחוללי מחלות. הצמחים שבהם נעשה שימוש בביופילטרים הם לרוב סבילים לתנאי רוויה או ניקוז ומספקים מופע נופי ירוק. המערכות גמישות בגודלן ובעיצובן ולעיתים קרובות הן מותקנות בגנים ציבוריים, לאורך הרחובות ובכירות בעיר, כאלמנטים המייפים את הנוף העירוני. מערכות להשבת מי נגר עירוני מצריכות אוגר מתאים מבחינת עלות-תועלת, במיוחד במקומות שבהם הביקוש וההיצע הם עונתיים, כמו ישראל. מגוון של פתרונות איגום נמצאים בשימוש, אולם כאשר הגיאולוגיה מאפשרת, השימוש באקוויפר כאוגר תפעולי נמצא הכלכלי ביותר. גישת קידוחי החדרה/הפקה כוללת לעיתים מתקני טיהור של מי נגר בקנה מידה רחב יחד עם קידוחי החדרה ישירים למי התהום. אולם, יש לבחון את השימוש בבארות חלחול קומפקטיות המזונות גרביטציונית והמסוגלות לתמוך בהחדרה מבוצרת של מי הנגר.

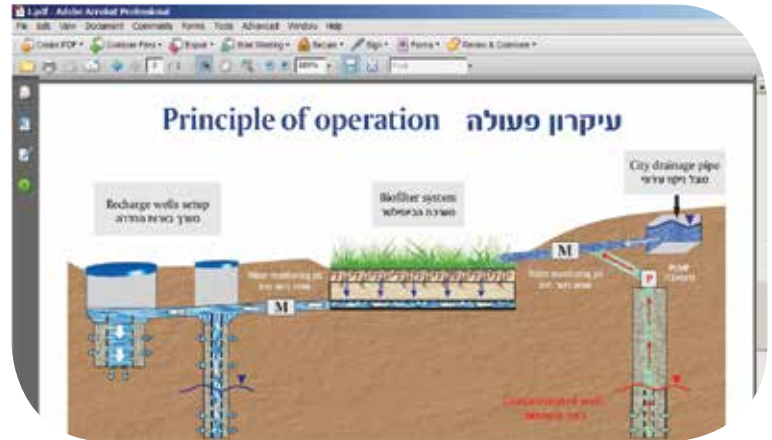
תכנון והקמה של פילוט ביופילטר בכפר-סבא

לשם בחינת ההיתכנות של תכנון עירוני רגיש מים בישראל והשבת מי נגר עירוני במיוחד, הוקם בכפר-סבא כאמור מתקן ביופילטר ייחודי בארץ. מערכת החלוץ מוקמה בפארק העוטף את "השכונה הירוקה" שמוקמת בצפון מערב העיר. היא תוכננה לקלוט, לטהר, ולהחזיר מי נגר עירוני לאורך עונת הגשמים, יחד עם בחינת טיפול במי תהום מזהמים במשך העונה היבשה (איור 4). כלומר, מערכת הביופילטר נבחרה כמערכת דו שימושית ורב עונתית (חורף/קיץ) אשר במידה ותוכיח את עצמה תהווה אמצעי יעיל של שימוש של פיתוח ירוק פונקציונאלי. לאורך כל השנה. בנוסף לכך, הפרויקט בוחן אפשרויות שונות של שיטות החדרה. לרווחת התושבים, המערכת הוקמה במופע נופי של אמפיתאטרון (איור 2) המכיל כ-350 איש המשתרע על פני שטח של 1500 מ"ר המהווה מוקד לקיום אירועים חברתיים קהילתיים.

תכנון הביופילטר התבסס על הנחיות אוסטרליות שעברו התאמה לתנאים המקומיים. שטח הביופילטר עומד על 87 מ"ר והוא בנוי כמצע מנותק באמצעות ריעת איטום וכולל חמש שכבות של מצעי סינון וטיהור בעומק כולל של 1.2 מטר. השכבה התחתונה מיועדת להיות רוויה באופן קבוע ובה נעשה שימוש בתוסף של תורם אלקטרוני (מקור פחמן) וזאת כדי לאפשר דנטרפיקציה מיטבית (הרחקת חנקן). השכבה העליונה בביופילטר היא



איור 6: בקבוקי דיגום מי נגר בכפר-סבא לפני ואחרי טיפול בביופילטר



איור 4: מערכת הביופילטר ההיברידי בכפר-סבא מציגה עקרון פעולה דו שימושי ורב עונתי (קצירת מי נגר בחורף ו'דיאליזת' אקוויפר בקיץ)

ניטור ודיגום הביופילטר

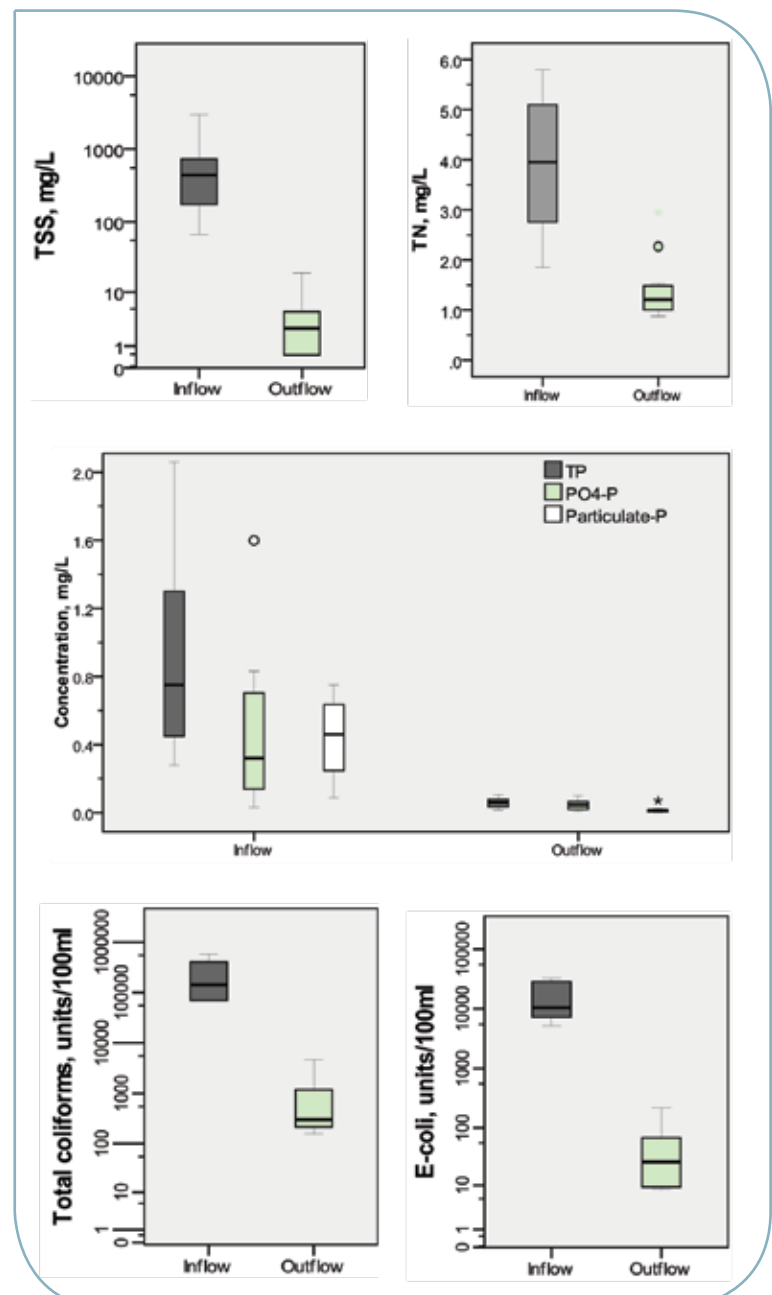
ספיקות הכניסה והיציאה מהביופילטר נוטרו באופן רציף (בהפרשים של דקה אחת) לאורך עונת הגשמים הראשונה של פעולת הביופילטר מ-2010 עד מאי 2011 כאשר דיגום פתגונים נמשך עד מאי 2012. בתקופה הנ"ל, לאורך 16 אירועי גשם נלקחו דגימות תלויות זרימה מהכניסה ומהיציאה מהביופילטר. האנליזות בוצעו במעבדה מוסמכת מטעם משרד הבריאות עבור המזהמים הבאים: מתכות כבדות כללי ומומס (26 יסודות), מוצקים מרחפים (TSS, TOC, EC, pH, PO4, TP, NH3, NO2, NO3, TKN), וכן חיידקים פתוגניים (אי-קולי, קולי צואתי, וקוליפורמים כללי). בנוסף נמדדו ספיקות בכניסה וביציאה מהביופילטר לרבות קצב החדרה לאורך זמן לכל אחד מסוגי בארות החדרה. התוצאות נותחו סטטיסטית, ורמות הזיהום סוכמו הן לגבי מי נגר עירוני גולמיים והן לגבי המים המטופלים ביציאה מהביופילטר. התוצאות שהתקבלו הושוו מול מספר תקנים ישראליים: 1. תקני איכות מי שתיה של משרד הבריאות משנת 2000. 2. תקן ועדת ענבר למי קולחין לצורכי השקיה בלתי מוגבלת. בנוסף, השוואת איכות מי הנגר המטוהרים לאיכות קולחין המיועדים להחדרה במתקני החדרה גדולים בישראל. ניטור הניטראט ומדידתו נעשו בתמיכה ובמימון רשות המים תוך ביצוע האנליזות במעבדה במכון וולקני.

במהלך העונה היבשה נבחן הטיפול במי תהום מזהמים (דיאליזת אקוויפר) בתחילה בספיקות נכונות (2-3 מ"ק ליום), ולאחר מכן, בשלושה ניסויים מנתיים, בהם הוזרמו 50 מ"ק של מי תהום מזהמים לביופילטר בערך מוליכות ההידראולית המקסימלית של הביופילטר. בעונת היובש השנייה לפעולת הביופילטר נעשה ניסיון לבצע אופטימציה של משטר הזרימה ביישום של טיפול במי תהום (נפח כניסה וזמן הפוגה) במטרה למקסם את יכולת ההרחקה של החנקות במי תהום.

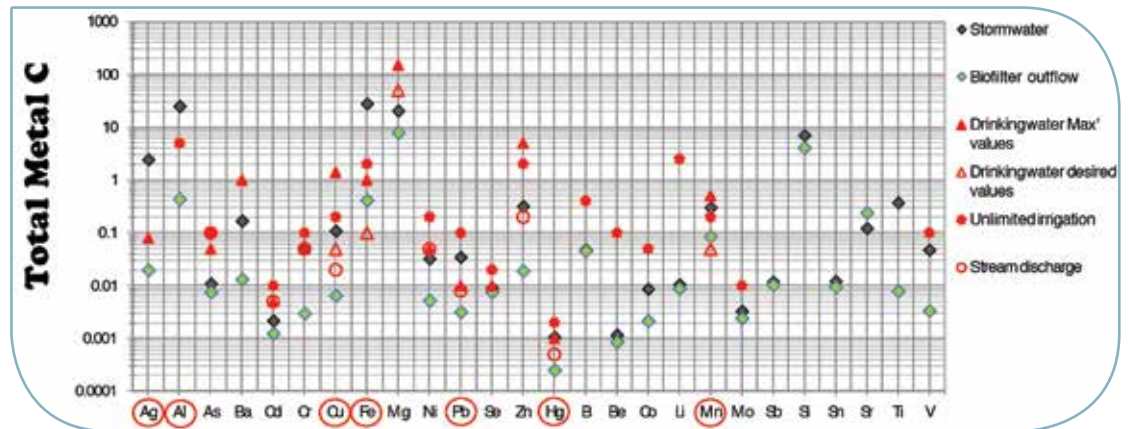
השבת מי נגר עירוני

בתקופה הרטובה בין דצמבר 2010 ומאי 2011, כאשר כמות המשקעים היתה מתחת לממוצע השנתי קצר מתקן פיילוט הביופילטר 1,411 מ"ק של מי נגר עירוני, כאשר 85% מהם טופלו והוחדרו למי תהום. כמות זו מהווה 5% מתחת לערך המטרה המשקף מערכות דומות באוסטרליה.

המחקר מצא שמי הנגר בכפר-סבא מזהמים אף יותר בהשוואה למי נגר 'אופייניים' כפי שתועדו במספר מחקרים בערים אחרות בעולם. חציון של



איור 5: ריכוזים ממוצעים לאירועי גשם-נגר בכניסה (מי נגר גולמיים - לפני טיפול בצבע אפור) וביציאה מהביופילטר (מי נגר מטוהרים - לאחר טיפול בצבע ירוק)



איור 7: ריכוזים ממוצעים של מזהמים לאירוע גשם עבור מתכות כבדות בכניסה לביופילטר (באפור) ומי נגר מטוהרים ביציאה מהביופילטר (בירוק) בהשוואה לתקני איכות מים שונים (באדום).

שעברו טיפול אקסטנסיבי (שלישוני) המאפשר החדרה לאקוויפר לשם העשרתו ושימוש בהמשך כמי שתייה.

הביצועים ההידראוליים (מוליכות הידראולית - קצב חידור) של הביופילטר הינם בגדר הצפוי, כאשר במשך שלושת החודשים הראשונים לפעולתו ירדה המוליכות ההידראולית לערך של 30 מ"מ לשעה, אך בארבעת החודשים שלאחר מכן חידש הביופילטר את יכולת קצב החידור שהתייצבה על יותר מ-300 מ"מ לשעה. מכאן אפשר להסיק שהצמחים בהם נעשה שימוש בביופילטר הצליחו לשמור על קצב החידור בביופילטר ולאפשר את פעולתו התקינה על פי הניסיון האוסטרלי.

בחירת הביופילטר לטובת שיקום האקוויפר בעונה היבשה

רמת החנקות במי התהום של כפר סבא ובשרון בכלל נחשבת לגבוהות בישראל, בטווח של בין 122-144 מ"ג/ל (תקן למי שתיה עומד על 70 מ"ג/ל). בספיקות קליטה נמוכות (בין 2-3 מ"ק ליום) הביופילטר הראה עלייה מתמדת ביכולת ההרחקה של החנקת בשיעור של 46% עם התחלתה של ההתבססות הביולוגית של הצמחים והחיידקים בביופילטר ועד 73% (35 מ"ג/ל) לאחר שישה חודשים שהמערכת הגיעה ליעד מוכנות ביצוע, ולמעשה ריכוז המהווה מחצית מהריכוז המקסימלי המותר למי שתיה. יחד עם זאת, כאשר ספיקות גבוהות יותר של מי תהום מזהמים הוזרמו למערכת, יכולת ההרחקה ירדה משמעותית, כאשר הריכוז ביציאה הגיע ל-70 מ"ג/ל לאחר שטופלו 10-15 מ"ק של מים. יכולת ההרחקה הנ"ל השתפרה כאשר המערכת חוותה הפוגה של שבועיים בין שני הניסויים, דבר המצביע על אפשרות לתפעל את הביופילטר בעונה היבשה בפונקציית מדרגה שתאפשר הפוגות. הניסויים הדגימו את היתכנות היישום של מערכת הביופילטר דו שימושית (תפעול שונה בחורף ובקיץ). אולם נדרש המשך מחקר ופיתוח לאופטימיזציה תפעולית על-מנת לטפל באופן רציף בריכוזים הגבוהים של חנקת המצויים באקוויפר החוף. תוצאות פרויקט זה היוו טריגר לפרויקט באו"ב בן גוריון כחלק מתוכנית ליצירת ערים רגישות מים בישראל. פרויקט העוסק באופטימיזציה של הביופילטר ההיברידי להשבת נגר בחורף וטיהור החנקות במי תהום בקיץ.

ניטור בארות החדרה/חלחול כפתרון למי הנגר המטוהרים

בוצע מערך של 3 בארות חלחול רחבות קוטר לצד קידוח צר קוטר החדרה ישירה לעומק של 87 מטר, כאשר בין שני סוגי הבארות הותקן מד ספיקה

ריכוזי ה-EMC(Event Mean Concentration) עבור מוצקים מרחפים (TSS), חנקן כללי (TN) וזרחן כללי (TP) היה גבוה פי ארבעה, שלוש ופי שניים בהתאמה מהערך הגבוה של ריכוזים שתועד במי נגר עירוני אופייניים באירופה, ארה"ב ואוסטרליה. גם ריכוזי המתכות שנמדדו הינם גבוהים יותר ממה שמתועד בספרות העולמית, כאשר ברזל ואלומיניום היו חריגים באופן בולט מעל תקן ההשקיה בישראל שנקבע ע"י ועדת ענבר ב-2010. רמות חיידקי האי-קולי שנמצאו היו בתחום הטווח הצפוי, כלומר רמה גבוהה מדי של זיהום המגביל שימוש ישיר במי נגר עירוני להשקיה. הנוכחות הגבוהה של מוצקים מרחפים ומתכות מהווה בעיה יוצאת דופן במידה והמים מופנים להחדרה לאקוויפרים, במיוחד בארות החדרה/חלחול הנוטות להיסתם עקב כניסה של סדימנטים.


"התקבלה המסקנה שריכוזים גבוהים של מוצקים מרחפים, חיידקים מחוללי מחלות ומתכות במי הנגר העירוני בכפר-סבא מגבילים יישומי החדרה ישירה לאקוויפר או כל שימוש אחר של מים שפירים לרבות השקיה בלתי מוגבל. ובמילים אחרות, נמצא כי מי הנגר העירוני בכפר סבא אינם עומדים באף תקן איכות מים מוכר במדינת ישראל לרבות אוסטרליה וניו-זילנד"

תפקוד המערכת אל מול מי הנגר המזהמים

בבואנו להשוות את תוצאות איכות המים שנמדדו במי הנגר העירוני הגולמיים בכניסה לביופילטר אל מול איכות המים שהתקבלה לאחר הטיהור בביופילטר אל מול תקני איכות מים בישראל (שתיה רצוי ומקסימלי, השקיה בלתי מוגבלת, ושחרור לנחלים) כפי שניתן לראות בגרף באיור 7, למעט אי קולי וכלל קוליפורמים, כל הפרמטרים שנבחנו עומדים בתקן מי שתיה של משרד הבריאות (2000). ההשוואה מלמדת שריכוזים גבוהים של מוצקים מרחפים, חיידקים מחוללי מחלות ומתכות במי הנגר העירוני בכפר-סבא מגבילים יישומי החדרה ישירה לאקוויפר או כל שימוש אחר של מים שפירים לרבות השקיה בלתי מוגבלת. במילים אחרות, נמצא כי מי הנגר העירוני בכפר סבא אינם עומדים באף תקן איכות מים מוכר במדינת ישראל לרבות אוסטרליה וניו-זילנד. המצב שונה לאחר השימוש בביופילטר. לדוגמא, בגרף המתואר באיור 7, כל המתכות הכבדות שנדגמו ביציאה מהביופילטר היו מתחת לערכי התקן המקסימליים המותרים במי שתייה. שיעור הרחקת חיידקים צוואתיים הינה יותר מ-3 סדרי גודל בין הכניסה ליציאה מהביופילטר (log reduction 3.2), תוך עמידה בתקנות ועדת ענבר ברוב האירועים, כאשר הביופילטר השיג הפחתה של יותר משני סדרי גודל של הרחקה בדרך כלל ועמד בכל יעדי התקן של שחרור מים לנחלים. איכות המים של מי הנגר המטוהרים הייתה מקבילה לאיכות מים של קולחין

הנ"ל לא כלל בשלב זה תועלות נוספות כגון: שיקום האקוויפר המקומי, 2. הקטנה של תשתיות הניקוז הקונבנציונליות כאשר מי הנגר מושבים במקור, 3. תועלות סביבתיות וחברתיות כגון מניעת זיהום נחלים, חופים ומקורות מים ויצירת אזורים ציבוריים נעימים יותר, 4. מופע נופי ירוק בתווך העירוני המשפר את רווחת התושבים ומאפשר ויסות מיקרו-אקלימי. לכן, ניתן להסיק שלקצירת מי נגר עירוני ישנה היתכנות כלכלית בישראל.

פיילוטים ובחינת מערכות קצירת נגר חדשות

מערכת פיילוט הביופילטר בכפר-סבא הציגה בפועל תרחיש להשבת מי נגר עירוני. כל זאת במסגרת מערכת קצה קו למובל ניקוז קיים הממוקמת בפיתוח חדש של פארק עירוני, הנתונה לגיאולוגיה מסוימת. כך שיש צורך לבחון אמצעים נוספים במגוון תרחישים ובקונפיגורציות שונות, לרבות שוני טופוגרפי וגיאולוגי, וקצירת נגר במקור - עקרון מוביל בגישת ערים רגישות מים. כלומר, הרעיון הוא להמיר את שטחים ציבוריים פתוחים (שצ"פ) הקיימים בפיתוח ירוק פונקציונאלי ירוק לקצירת נגר כדוגמת הביופילטר שהוא רק מרכיב אחד במחסן כלים של אמצעים וטכנולוגיות שייתן מענה רחב יותר לאתגרים בערים. מערכות אלו יקלו על מערכות הניקוז הקיימות בעיר תוך שיפור רווחת התושבים. זה היה המניע העיקרי להקמת מערכות חלוץ נוספות בערים בת-ים וברמלה. מערכות אלה שולבו ברחובות קיימים, תוך הדגמת טכנולוגיות מודולריות חדשניות שפותחו לאחרונה באוסטרליה. מערכות אלה אינן עושות שימוש בצמחים ולכן לא צורכות מים להשקיה, ויכולתן לקלוט מי נגר אף גבוהה בהרבה לעומת הביופילטר. מערכות חלוץ אלו ירו את יריית הפתיחה להקמה של המרכז לערים רגישות מים בישראל בהובלתה של קק"ל בשיתוף הטכניון, אונ' העברית ואונ' בן גוריון בנגב. המרכז מוביל תוכנית מחקר יישומית ארבע שנתית לבחינת היבטים תכנוניים יישומיים מגוונים כבסיס לרגולציה לאומית עתידית של ערים רגישות מים בישראל. 

המאפשר בידוד אחד משני סוגי הבארות לטובת ניטור. הבאר העמוקה שתוכננה ליכולת החדרה של 25-20 מ"ק"ש הראתה יכולת החדרה מקסימלית של 11 מ"ק"ש. לעומת זאת, הניסויים הראו שבאר רדודה בודדת הצליחה להחדיר יותר מ-20 מ"ק"ש - ערך הגבוה בסדר גודל אחד מעל החדרת התכן שתוכננה. התצפיות שנערכו לאורך שתי שנות הפעלת המערכת הראו שהביופילטר בכפר-סבא מצריך למעשה רק באר אחת מסוג באר חלחול רחבה כדי לענות על צורכי ההחדרה שמערכת הביופילטר מייצרת. בעקבות זאת, התקבלה המסקנה כי בארות ההחדרה הרדודות הן בעלות יחס עלות - תועלת גבוה. לכן, ניתן ליישם אותן כפתרון קצה להחדרת המים המטוהרים בביופילטר בקנה מידה רחב ומבוזר בסמיכות למערכות השבת מי נגר (פשוט וזול יותר להקים באר רדודה לעומת באר עמוקה). כל זאת, באזור שבו הגשם יורד, דבר שיקטין משמעותית את גל הגאות (שטפון) בעיר ובכך יקל על מערכות הניקוז הקיימות ואף עשוי לחסוך את הרחבתן. למרות שתוצאות אלו מבטיחות, יש לקחת בחשבון שהן ספציפיות לסביבת הביצוע, מאחר שיכולת ההחדרה/חלחול של הבארות תלויה בתנאים ההידרו-גיאולוגיים המקומיים.

היבטים כלכליים של פוטנציאל השבת נגר עירוני בישראל

דו"ח ההיתכנות הכלכלית שערך מר גדי רוזנטל - מנכ"ל חברת כיוון בניתוח נתוני עלות, ביצוע ויכולות הביופילטר בכפר סבא מצביע על כך שעלות קצירת והשבה של מי נגר עירוני באמצעות טכנולוגיית הביופילטרציה קטנה ב-14% מעלות של התפלת מי ים, כאשר עלות הטיפול ב-1 מ"ק של מי נגר עירוני עומדת על 2.93-3.25 ש"ח בהשוואה לעלות ההתפלה של 1 מ"ק העומדת על 3.6 ש"ח. הניתוח הכלכלי הנ"ל מבוסס על עלויות של מערכת הפיילוט בכפר-סבא, אשר מטבע הדברים כמתקן חלוץ נחשבת ליקר הרבה יותר ביחס למערכות דומות המבוצעות באוסטרליה. למעשה, הדו"ח