

האגודה הישראלית
למשאבי מים



הכנס השנתי של האגודה הישראלית למשאבי מים

חוברת התקצירים

מרכז הכנסים מכללת אשקלון

2-3.4.2025

תוכן עניינים

- 9 פאנל: ביטחון מים בעידן ההתפלה
אדר, א.
- 10 הרצאת מליאה: מצב מקורות המים בעקבות חורף 2024/25
ליבשיץ, י.
- 11 ניהול נגר מגרשי- דגשים בהגשת דוחות ניהול נגר לרשות המים
אמיד, י., בר-נוי, נ., רבינוביץ', נ., נצר, ל., רונה, מ., ליבשיץ, י.
- 12 מודל מאזני חודשי לאקוויפר ירקון תנינים
אמיר, נ., יצחק, י., ליבשיץ, י.
- 13 זיהום חופי הים והנחלים כתוצאה מחיבורים צולבים בין ניקוז למערכת הביוב
ארבל, י., סילברמן, י., אבישר, ד.
- 14 מעיינות הערבה – מדוע הם מתייבשים והאם ניתן לשקמם?
באב"ד, א., מרוז, א., כהן, מ.
- 15 ניהול מי הנגר בשכונת האגמים המערבית בדרום אשקלון לטובת הקמת אגם ופארק לנופש וספורט - אקו-פארק אשקלון
בדולח, ש.
- 16 שימוש בגישת רצף להערכת הזרימה ותכנון מערכות החדרת אוויר לאקוויפר
בן-נח, א.
- 17 דינמיקת בריכה עונתית והתהליכים ההידרולוגיים הדומיננטיים באיגום ובניקוז שלה בסביבת נחל פולג
בר, ע., מורין, א., קמאי, ת.

- 18 שמירה על מאזן המים באקוויטרד האיוקני ברמות מנשה במסגרת תכנית בנייה
בר-נוי, נ.
- 19 הידרולוגיה וגיאומורפולוגיה של נחל הבשור בישראל ובעזה, פנטזיה מול המציאות
ברגמן, נ., רסקין, י., גרינבאום, נ., שאולקר, ע., גלילי, א.
- 20 ניסוי סמנים לבדיקת זמני השהייה בתת הקרקע של הקולחים המוחדרים בשפד"ן
ברודי, ס., גבאי, ר., נגב, ע., קורצמן, ד., רודניק, ג., ניצן, ע.
- 21 דינמיקה של איכות מים בנחל ים-תיכוני בסביבה עירונית
גודינגר, ט., אדר, צ., סבוראי, י., בל, ג., ארנון, ש.
- 22 לוגים חשמליים ככלי עזר בתכנון קידוחים למי תהום
גינזבורג, מ., אמיד, י., למפרט, מ., בר נוי, נ.
- 23 תחנת שאיבה לשפכים מרכזית לשכונת ברנע באשקלון – בחוף הים
גרייף, ח.
- 24 חקר משטר המים בקרקע ככלי לשיקום צומח וייצוב גדות נחל במרחב השפלה והחוף
הרלב, נ., מורן, א.
- 25 מבחני רגישות לפרמטרים של מודל HEC RAS דו-מימדי
וינר, ח., בן יאיר, ת., אלכסנדרוב, י.
- 26 השפעת הטרוגניות התווך ומיקום הקידוח בו על קיבולת ההחדרה של בארות יבשות
ולדמן, א., גנות, י., פרבר, א., אמיר, נ., עמיעוז, י., קמאי, ת.
- 27 הצבת מצלמת מהירות בתחנה הידרומטרית כאמצעי למדידת ספיקה
זיגל, א., כחלון, א., חכם, נ.
- 28 AI-BASED IMAGE RECOGNITION FOR FLOOD MANAGEMENT
חלמיש היימן, ע.

- 29 התגובה התרמלית של אגמים למחזורי אילוף סביבתיים: פיתוח תיאוריה כללית ואפליקציות
טאו, ג., אנזל, י., מקגוון, ח., ליוחבסקי, ו., לנסקי, ג.
- 30 זיהוי מערכת קרסטית בין מחצבת יחיעם למעיינות כברי וניצולה להחזרת המים למעיינות
טל, ע., רופא, ב., גסר, ג., הניג, ש., קבליק, ת., הלפר, ח.
- 31 הקשר בין פעילות חשמלית, עננות, גשם והאפשרות לחיזוי שטפונות
יניב, ר., הוכמן, א., חייקין, ג.
- 32 מה קורה כשמודל פיזיקלי לומד כמו AI? שימוש ב PEST++ לכיול מודל חיזוי שיטפונות
יצחק, י., בן שבת, י., פורת, י.
- 33 מה שהיה – לא יהיה, עתידו המשתנה של אקוויפר החוף
יצחק, י., לומלסקי, ס., לבשיץ, י.
- 34 מדידה של מהירות מים וקביעה של ספיקת מים, מקדמי חספוס, ועקומי רום ספיקה, בתחנות בבחרות של
השרות ההידרולוגי (בשיטת LSPIV)
כחולי, ת., חלפי, ע., באב"ד, א., לרון, י.
- 35 ניטור ודיגום מי שיטפונות – מועצה מקומית תעשייתית נאות חובב
לבנון, א., טל, ג., ענבר, א., דבורי, ג.צ.
- 36 מיפוי תמלחות מתחת לקרקעית הכנרת בעזרת טומוגרפיה גיאושמלית ימית
לוי, א., שטיין, ש., שלו, א.
- 37 אקוויפר ההר הצפון-מזרחי – תובנות ראשונות מהמודל המשולב לאגן
לומלסקי, ס., גוטמן, י., יצחק, י.
- 38 השלכות שינוי תפעול (הפסקת השאיבה) באקוויפר החוף של עזה על אקוויפר החוף הישראלי
ליבשיץ, י., יצחק, י., לומלסקי, ס.

- 39 המתקן ושברו – חקירת מתקן טיפול אגני לניהול נגר וסחף באגן נחל יבנאל
לסקה, ד., ויטנברג, ל., רונן, א., סנדלר, מ., לוטן, א.
- 40 פיתוח ושיקום תעלת הירדן המזרחית: מודל אינטגרטיבי לניהול שטחים פתוחים. מחלום למציאות מבוססת מודל הידראולי
ליץ, א., חותה, ע., ילז, א.
- 41 ניטור דינמיקת המים בקרקעות הטרוגניות לא רוויות עם מערכת רשת עצבית מונחת פיסיקה (PINN) ומדידות גאו-חשמליות עוקבות בזמן
מורנו, ז., שאקר, ג'.
- 42 עדכון ושדרוג מודל הזרימה לאגן הנגב, הערבה וסיני – כיוול המודל
מטמון, ד., צוריאלי, א., קרויטורו, ל., בר נוי, ג., יצחק, י., ליבשיץ, י.
- 43 תכנית אב לקולחים למדינת ישראל - נתונים ואתגרים
מיגמי, א.
- 44 SEQUESTRATION OF DESALINATION BRINE AND CO₂ IN SALINE COASTAL AQUIFERS
נוימן ולהיימר, ר., רוזנצווייג, ר., רזניק, א., שטיין, ש., לזר, ב., סיון, א.
- 45 תבניות בסדרות זמן לזיהוי תהליכי הסעה של חומרי הדברה ותרופות במי תהום
נוסבוים, ש., ויטנברג, ל., וולק, א., לרון, י., משה, א.
- 46 תהליכי זרימה ותנועת מזהמים בגדות נחלים בסביבות צחיחות, ובחינה של מודל הידרולוגי פשטני לקביעת פוטנציאל השטיפה של המזהמים תחת תנאי אקלים מדבריים; מקרי בוחן מנחל אשלים ונחל גרר
נחשון, א., גבריאלי, א., קציר, ר., שרעבי, ג., גולן, ר.
- 47 החדרת מי גגות והשפעתם על איכות מי התהום
נצר, ל., ליבשיץ, י., גסר, ג., קציר, ר., קורצמן, ד., בן חור, מ., נחשון, א.

48	DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF INTEGRATED NANO-SENSORS FOR ORGANIC RESIDUES AND PH FIELD DETECTION	סוצקוורין, ר., שטנברג, ג.
49	התוכנית לשדרוג ועיבוי רשת התחנות ההידרומטריות של השירות ההידרולוגי	סטורץ-פרץ, י., זיגל, א., סויבלמן, י., גלילי, א., רשף, ג.
50	שינוי אקלים וניהול הצפות	ספיר, ג.
51	ערכת תמיכה לקבלת החלטות באירועי שטפונות (DSS)	פולינסקי, א., Crosta, A.
52	הבנת הדינמיקה של תנועה ושרידות של אי-קולי בנחל משושים	פלג, א., טראן, א., שטיין, ש., גרויסמן, ל., בר זאב, ע., עסאלי, ש., ניסן, י., רובינשטיין, מ., בארי, י., גיניו, ש., ארנון, ש.
53	תכנון סטטוטורי לפיתרונות ניהול נגר אגניים	פרי, ש.
54	ארכיון לאומי של קידוחי מים נטושים ישנים בשרות ההידרולוגי	צוריאלי, א., ליבשיץ, י.
55	הקמת רשת ארצית לניטור קרקע, בעיות, למה בכל זאת, איך, וטיפה נתונים	קורצמן, ד., פרל, מ., ניצן, ע., פרלשטיין, ד., שטרובך, א.
56	התוכנית האגנית לניהול סיכוני שיטפונות - הגברת המוכנות של מדינת ישראל להתמודדות עם נזקי שיטפונות	קטנר, ר.
57	תכנון החדרת נגר לבארות/קידוחים יבשים בשיטה הנדסית-גרפית פשוטה	קמאי, ת.

- 58 שיקום מי תהום באתר תעשיות אלקטרוכימיות עבו – דוח התקדמות רבינוביץ', ג., קרויטורו, ל., למפרט, מ., ידלין לומברוזו, ג., בר נוי, ג.
- 59 ניהול נגר אגני - בראי הרגולציה רוזיליו, ח.
- 60 הטרוגניות באקויפרים בזלתיים: דוגמא מרמת הגולן רוזנטל, מ., נגב, ע.
- 61 מתודולוגיה חדשה לכיול תנאי התחלה של מודלים לחיזוי הסעה של מזהמים רוני, מ.
- 62 פיתוח מודל סטטיסטי לחיזוי מפלס הכנרת רפאלי, ד., זיגל, א.
- 63 צילום פלורוסנטי ועיבוד תמונה לשם כימות ואנליזת גודל חלקיקי מיקרופלסטיק במים שורשי, א., זוהר, א., ארנון, ש., טראן, א.
- 64 שונות רב-עשורית בדפוסי בצורת חקלאית במזרח הים התיכון וקשריה למערכות אקלים גלובליות שטרובך, א., מנחם, י.
- היבטים גיאוכימיים של מים בפארק עמק הצבאים בירושלים – פתרון מבוסס טבע משולב מי שיטפונות וקולחים
- 65 שרעבי, ג., נוסבאום, ר., מורין, א., עליאן, ס., פריימן, א., לינד, א., שמש, ע., בלבן, ע., טריין, פ., לוינטל, א., בן דור, י.
- השפעת הצפות פשטי נחל כתוצאה מגשמים קיצוניים על מאזן המים בקרקע ועל הצומח, בדגש על עץ אורן ביער נטוע
- 66 תורכ, ד., גורן, ת., גנות, י.

METEOROLOGICAL INGREDIENTS OF HEAVY PRECIPITATION AND SUBSEQUENT LAKE FILLING EPISODES IN THE NORTHWESTERN SAHARA	67
Armon, M., Rieder, J. C., Dente, E., Aemisegger, F.	
HYDROLOGICAL MODELING OF A HETEROGENEOUS BASIN – THE LAKE KINNERET WATERSHED, ISRAEL	68
Ben-Zur, E., Gvirtzman, H., Gal, G., Be’eri-Shlevin, Y.	
EFFECTS OF RIPPLE CELERITY ON THE FATE OF TRACE ORGANIC COMPOUNDS IN STREAMS AND THEIR STREAMBEDS	69
Gafni, A., Acuna, T., Villa, A., Spahr, S., Lewandowski, J., Arnon, S.	
PFAS CONTAMINATION IN ISRAEL’S WATER RESOURCES: PATHWAYS AND DISTRIBUTION IN GROUNDWATER AND SURFACE WATER	70
Kessler, N., Katz, H., Gasser, G., Gal, H.	
ASSESSMENT OF SATELLITE-BASED SOIL MOISTURE DATA IN THE MEDITERRANEAN REGION IN HYDROLOGICAL PERSPECTIVES	71
Kimchi, Y., Morin, E.	
EVALUATING THE PROCESSES CONTRIBUTING TO PFAS TRANSPORT FROM THE UNSATURATED ZONE TO THE GROUNDWATER	72
Kolade, S., Klint, K., Ronen, A., Dahan, O.	
IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FLASH FLOODS IN EASTERN MEDITERRANEAN DRAINAGE BASINS	73
Levin, O., Rinat, Y., Morin, E.	
SHIFTING FLOOD REGIMES UNDER CONTRADICTORY PRECIPITATION TRENDS	74
Morin, E., Rinat, Y., Armon, M., Goldschmidt, Y., Nussbaum, R., Marra, F.	
MODELING OF VOC TRANSPORT IN A LARGE-SCALE THICK VADOSE ZONE	75
Shalom, O., Lev, O., Gvirtzman, H.	

Stein, S., Sharabi, G., Zilberman, T., Levy, E.

- 77 סיור 1: גישה אגנית משלבת בניהול נגר והשפעתו על מרחב הנחל והעיר
שמואל בדולח וברק קסטרו
- 78 סיור 2: מסע הידרולוגי באקוויפר החוף הדרומי לאורכו של נחל שקמה
לאו וולין וליאור נצר
- 80 סיור 3: הקו השלישי לנגב – הובלת מי שפד"ן ל"אסם התבואה" של ישראל
עומר מרקוביץ

פאנל: ביטחון מים בעידן ההתפלה

אדר, א.

מכון צוקרברג לחקר המים, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

כושר ההתפלה הכולל בישראל של מי ים (כ- 650 מלמ"ק/שנה) ומים מליחים (כ- 85 מלמ"ק/שנה) הוא כ- 735 מלמ"ק/שנה. הביקוש למים בישראל צומח בקצב מהיר. לאור הצפי בירידה בכמות המשקעים שתגרור הפחתה בכמות זמינות של המים השפירים, אישרה הממשלה (2018) תוכנית חירום להשקעות במשק המים במטרה להקים מתקני התפלה ולהכפיל את כושר היצור של מים המותפלים בישראל להיקף של 1.1 – 1.2 מיליארד מ"ק עד 2030, ובפועל לאור הסכם עם ירדן, ל- 1.4 מיליארד ב- 2032. שכך, הצפי הוא שתגדל התלות של משק המים במים מותפלים. מפעלי ההתפלה הם מתקנים חיוניים הנשענים על תחנות כח, מתקנים חיוניים לכשעצמם. תקלה מהותית או פגיעה הרסנית באחד ממתקני ההתפלה (או פגיעה מתמשכת באספקת החשמל) זה תרחיש שמחייב התייחסות והיערכות הולמת כפרמטר מרכזי בביטחון הלאומי. שיקום של מפעל התפלה עם נזק מהותי יכול להמשך חודשים ארוכים שבמהלכן המערכת תחסר מים שפירים בהיקף של בין 100 ל- 150 מלמ"ק/שנה.

מטרת הדיון בפאנל היא להציף את הנושא ולבחון את הזמינות והפרמטרים היחודיים של מקורות מים חלופיים כגיבוי לכשל מתמשך במתקן התפלה. בפאנל תהיה התייחסות ליכולת ההולכה של מערכת המים הארצית למזער נזקים בעקבות הפחתה של כושר היצור של מים מותפלים. נסקור את תפקידם של הכנרת ומערך מאגרי המים הארצי, יחד עם מי התהום מאקוויפר ההר ואקוויפר החוף, למלא את החסר כתחליף למי התפלה, ונתייחס לצורך לפתח יכולת הפקה ממקורות מים נוספים כעתודה לשעת חרום.

הרצאת מליאה: מצב מקורות המים בעקבות חורף 2024/25

ליבשיץ, י.

רשות המים

חורף 2024/25 נרשם כחורף השחון ביותר מאז תחילת המדידות, עם כמות משקעים המהווה רק 54% מהממוצע הרב-שנתי באזורי ההזנה של מקורות המים הטבעיים. באזורים של מחשופי אגני המערכת הארצית, המצב אף ירוד יותר: ירקון תנינים (ירת") בחלקו הצפוני והמרכזי - 58%, החוף הדרומי - 51%, הגליל המערבי - 55%, וכינרת - 43%. מאחר שכ-81% מהגשם באזורנו יורד בחודשים אוקטובר-פברואר וחודש מרץ השנה לא מסתמן להיות גשום, יש להיערך לתרחיש של 50%-60% משקעים באגני המערכת הארצית, למעט בכינרת, שם אנו מצפים ל-40%-50% בלבד מהממוצע.

גל חום חיצוני שנכנס לאזורינו במרץ גרם להתייבשות משמעותית של אזורי המילוי החוזר כך שבכל מקרה תרומת גשמי האביב השנה תהיה נמוכה יחסית. כלומר, בשנה ההידרולוגית 2024/25 ההעשרה העונתית (נפח המים הנכנסים מפני השטח לתת הקרקע) צפויה להיות נמוכה במיוחד. כך לדוגמא, תוצאות מודל המבוסס על נתוני אקלים יומיים (DREEM-HSI), מצביעות על העשרה עונתית בירת"ן בשיעור של כ-20% מההעשרה בשנה ממוצעת.

בחמש השנים האחרונות מצב מקורות המים הטבעיים היה טוב. מצב האוגרים בתחילת 2024/25 היה גבוה מקווי התפעול המומלצים (הקווים הירוקים) בכ-156 מלמ"ק, כאשר סה"כ האוגר הניתן לניצול מידי מעל הקווים האדומים, באגני המערכת הארצית, והוערך בכמיליארד מ"ק. גם באזורי ההזנה מצב האוגר היה טוב. מצב כזה לא נרשם מאז השנים שלאחר חורף הגשמים של 1991/92 עד 1994/95.

ההערכות ההידרולוגיות על המילוי החוזר והמים הזמינים לניצול נעשו באמצעות מגוון מודלים הידרולוגיים הקיימים בשירות ההידרולוגי. על פי ההערכות, כמות המים הזמינים העתידה להיכנס השנה לאזורי הניצול של אגני המערכת הארצית, צפויה להיות בין 32% ל-40% ביחס לממוצע כתלות בתרחיש הגשם. בהתחשב בכך שכ-40% מהמים השפירים המסופקים בישראל מקורם במקורות טבעיים, השנה נאלץ להתמודד עם גריעה של כ-500 מלמ"ק מהאוגר. כלומר, כמחצית מהאוגר הזמין לניצול באגני המערכת הארצית ינוצל השנה.

כמו כן יש להתייחס להערות השירות המטאורולוגי לפיהם כמות הגשמים בשלוש השנים הבאות צפויות להיות נמוכות מהממוצע. יצוין שבכל תרחיש גשם בשנה הבאה, המילוי החוזר צפוי להיות נמוך מההעשרה העונתית.

ניהול נגר מגרשי- דגשים בהגשת דוחות ניהול נגר לרשות המים

אמיד, י. (1), בר-נוי, נ. (1), רבינוביץ', נ. (1), נצר, ל. (2), רונה, מ. (2), ליבשיץ, י. (2)

(1) אקולוג הנדסה בע"מ

(2) השירות ההידרולוגי, רשות המים

בשנים האחרונות ההתייחסות לשימור נגר הפכה לחלק אינטגרלי מהדרישות התכנוניות בפרויקטים העוסקים בבינוי. שימור נגר הינו תהליך בו כחלק מעבודות הפיתוח משולבים אלמנטים המאפשרים איסוף, הולכה, חלחול והחדרה של הנגר, אל מי התהום.

תפיסת שימור הנגר של רשות המים מתייחסת למי הנגר כמשאב לאומי ולא כמטרד הנדסי. טיפול נכון במשאב זה ושילובו במסגרת התכנון האורבני ישפר את רמת התכנון בהיבטים סביבתיים נוספים ובראשם: צמצום נזקי שיטפונות, העשרת האקוויפר, חסכון כלכלי בתשתיות ניקוז ועוד.

גופי התכנון והרגולציה מעדכנים ואוכפים את הדרישות לניהול הנגר בתחומי המגרש. ניהול הנגר המגרשי כולל מגוון אמצעים, להם יתרונות וחסרונות שונים, אך כוללים לרוב קידוחי החדרה ואמצעי איגום וויסות. מספר הפרויקטים של החדרת נגר לתת הקרקע בשנים האחרונות עולה בצורה אקספוננציאלית. בשנת 2024 לבדה, תוכננו בישראל כ-800 קידוחי החדרה לניהול נגר מגרשי, ברחבי הארץ ובעיקר בגוש דן. איכות תכנון וביצוע מערכות ניהול נגר אלו, מקבלת משמעות רבה, שכן אי עמידה בהנחיות התכנון הרלוונטיות עלולה לאפשר: החדרה ישירה של מזהמים למי התהום באמצעות חיבורים צולבים ובאזורים החשודים בזיהום, גרימת נזקי מים למבנה ובנוסף העמסה של מערכת הנגר העירוני וגרימת הצפות.

הגשת דוחות ניהול נגר מגרשי לאישור רשות המים, כרוכה בהגשת דוח ניהול נגר מגרשי ואקסל ייעודי הכולל מענה להנחיות רשות המים. לעיתים נדרשת הגשת מידע נוסף בדבר זיהום קרקע ומי תהום באתר המוצע להחדרה. ההרצאה תכלול מתן דגשים ודיוקים להגשת החומרים לרשות המים תוך התמקדות בעדכון ההנחיות ובמאפייני פרט קידוחי ההחדרה. מטרת ההרצאה לשפר ולקצר את התהליך הן באופן חיצוני אל מול חברות הייעוץ, והן באופן פנימי אל מול דרישות רשות המים.

מודל מאזני חודשי לאקוויפר ירקון תנינים

אמיר, נ., יצחק, י., ליבשיץ, י.

השירות ההידרולוגי, רשות המים

אקוויפר ירקון תנינים הינו אחד ממקורות המים העיקרים של מדינת ישראל. לצורך תפעול האקוויפר כמאגר מים נדרש כלי המאפשר לעקוב אחרי שינויים במצב האוגר באקוויפר באופן שוטף המתבסס על נתונים הנמדדים ברמה חודשית (כמויות הפקה, מפלסי מי התהום בקידוחים המיצגים ושפיעת מעינות עיקריים). פיתוח כלי מסוג זה החל באגף הידרוגאולוגיה לפני מספר שנים אך המודל הכיל סדרת נתונים היסטוריים קצרה יחסית (החל משנה הידרולוגית 1992/1993) ולא היה יכול לשמש לבניית סדרה של כניסות המים לאזור התפעולי של האקוויפר (תאי הדיווח 210, 211, ו-220).

במסגרת העבודה הנוכחית נבנתה סדרת נתונים אחידה (תוך שיחזור נתונים החסרים), בוצעו חשבוים מאזניים ברמה חודשית לתקופה של 51 שנים החל משנת 1973/1974 עד 2023/2024 ועודכנה סידרת כניסות המים לאזור התפעולי של האקוויפר במטרה להעריך את המילוי החוזר.

הממוצע הרב שנתי של הכניסות לאזור התפעולי עומד על כ-372 מלמ"ק בשנה אולם בעשור האחרון הממוצע עומד על 342 מלמ"ק בשנה. השוואה להעשרה עונתית מגשם מראה כי בעוד העשרה מגשם מתרחשת בחודשי החורף בלבד, הכניסה לאזור התפעולי מתרחשת לכל אורך השנה. כמו כן גם בשנים שחונות יחסית בהם העשרה מגשם עומדת על עשרות מלמ"ק בלבד עדיין ישנן כניסות לאזור התפעולי העולות על 200 מלמ"ק. הדבר מעיד שישנו אוגר מווסת המתמלא בשנים בהם העשרה העונתית גדולה מהכניסות לאזור התפעולי ומתרוקן כאשר העשרה העונתית קטנה.

ניתוח משולב של המודל המאזני ומודל מילוי חוזר מאפשר הבנה טובה יותר וכימות מדויק יותר של תהליכי מילוי חוזר באקוויפר ירקון תנינים ובהתאם ניהול טוב יותר של האקוויפר כמאגר מים עיקרי.

זיהום חופי הים והנחלים כתוצאה מחיבורים צולבים בין ניקוז למערכת הביוב

ארבל, י. (1), סילברמן, י. (2), אבישר, ד. (3)

(1) עמותת צלול

(2) מכון לאומי לאוקיאוגרפיה, חקר ימים ואגמים לישראל, תל שקמונה, חיפה

(3) אוניברסיטת תל אביב, המרכז לחקר המים, הידרוכימיה, המחלקה לגיאופיזיקה

הנגר העירוני סוחף עימו גם את זיהומי הרחוב אל הים ואל חופיו באמצעות הנקזים העירוניים הקבועים לעיתים ממש בצמידות לחופי רחצה מוכרזים. בכמה סקרים בחנו עד כמה נפוצה חדירת שפכים לניקוז, בעקבות תקלות במערכות הביוב ובשל היעדר הפרדה מלאה בין מערכת הניקוז למערכת הביוב.

בסקרים שביצענו בין השנים 2016 - 2024 ובכל עונות השנה, מאשקלון ועד עכו, נדגמו המים בפתחי הנקזים, בחול הים בחוף ובמורד פתח הנקז, במרחקים קבועים של 1-20 מ' מאפיק זרימת הניקוז. לכל דגימה נערכו אנליזות עבור חיידקים אינדיקטורים לזיהום צואתי: קוליפורמים צואתיים, אשריכיה קולי (E. coli), וסטרפטוקוקוס צואתי ונמדדו ריכוזי מתכות ונטריינטים. ב-32 מוצאי נקזים לים ולנחלים נמדדו גם שאריות של תרופות כגון קרבמזפין, Bezafibrate ו-Lamotrigine.

במי הנקזים בחופים (לרוב במי ניקוז ללא גשם וללא גלישת ביוב) נמצאו מאות עד אלפי חיידקים צואתיים (CFU ב-100 מ"ל). חריגות של מאות אחוזים מתקן רחצה בחופים ושיט בנחלים. ריכוזים אלו נמצאו גם במהלך עונת הרחצה ובצמידות לחופים מוכרזים. לעומת זאת לאחר אירועי גשם משמעותי (יותר מ-10 מ"מ) נמצאו לרוב ריכוזים של רבבות עד מיליוני CFU ל-100 מ"ל. ב-81% מהמקרים, מאותן דגימות, נמצאו גם שאריות של תרופות המעידות ביחד עם הריכוז הגבוה של חיידקים צואתיים, על חדירת שפכים ביתיים למי הניקוז.

ריכוזי החיידקים בחול במרחק 5, 10, ו-20 מ' מהנקז היו נמוכים מ-10 מושבות (CFU) ל-1 גר', ברוב הדגימות שבוצעו בחודשי הקיץ. לעומת זאת, בחודשי החורף (לאחר אירועי גשם וזרימות בנקז) נמצאו מאות חיידקים צואתיים לכל גרם חול, במרחקים של 5 ו-10 מטרים מהנקז. יתר על כן, לאחר אירוע של זרימת ביוב בנקזים, נמדד זיהום של מאות עד רבבות CFU של קוליפורמים צואתיים ושל E. coli ל-1 גר' חול במרחקים של 1-10 מטר מהנקז.

מסקנות: ריכוזי חיידקים צואתיים באירועי גשם עם נוכחות של שאריות של תרופות במוצאי הניקוז העירוני מהווה עדות חד משמעית על קיומם של חיבורים צולבים וגלישות של ביוב עירוני לנקזים. התוצאה - מפגע תברואתי וסגירת חופי רחצה בהוראת משרד הבריאות. על מנת לצמצם את התופעה נדרשת עבודה רבה בחידוש ותיקון תשתיות ישנות, ובפיקוח ואכיפה על חבורים פיראטיים בין מערכות הביוב לניקוז. בעונת הרחצה ובגשמים הראשונים מומלץ לבחון הטיה או שאיבה של מי הנקזים למערכת טיפול בשפכים, לפחות בשעה הראשונה וזאת עד להסדרת התקלות וביצוע הפרדה מלאה בין מערכת הניקוז למערכת הביוב.

מעיינות הערבה – מדוע הם מתייבשים והאם ניתן לשקמם?

באב"ד, א., מרוז, א., כהן, מ.

מו"פ מדבר וים המלח

בשולי הערבה, סמוך למרגלות הרי הנגב, שוכנים מעיינות רבים. מעיינות אלה, היוו במשך אלפי שנים, מקור חיים למערכת האקולוגית ואבן שואבת לפעילות האדם. המעיינות, שעיקרם נובע מאקוויפר המילוי מגיל רביעון ואקוויפר המישאש מגיל סנון, ניזונים מזרימת מי תהום מאקוויפרים אזוריים וכן מהעשרה על ידי חילול של מי שיטפונות – איבודי תמסורת. בעשורים האחרונים, שפיעת המעיינות הולכת ופוחתת ובמקרים מסוימים המעיינות התייבשו לחלוטין. גישות שונות הציגו התייבשות זו, כמהלך טבעי הנובע מהפחתה בכמות המשקעים במרחב. אולם, ניתוח חדש של כמויות המשקעים והשיטפונות במרחב, מעיד כי בהסתכלות של מספר עשורים, כמויות המשקעים והשיטפונות לא פחתו. לעומת זאת, כמות הפקת מי תהום המסופקת בעיקרה לחקלאות בערבה, עלתה באופן משמעותי.

בשל ירידת המפלסים המשמעותית, חזרה למפלסים המקוריים המאפשרים שפיעה טבעית איננה נראית אפשרית בטווח זמן סביר. על כן, בימים אלה מקודם פיילוט ראשוני לשיקום מעיין עין שחק בערבה. רעיון השיקום מבוסס על תפיסת מי שיטפונות, החדרתן לאופקים מוליכים ויצירת חציץ תת קרקעי, לטובת יצירת אוגר לחות שיתמוך בצמחיית המעיינות ויאפשר את קיום המערכת האקולוגית היחודית של סביבת המעיין.

ניהול מי הנגר בשכונת האגמים המערבית בדרום אשקלון לטובת הקמת אגם ופארק לנופש וספורט - אקו-פארק אשקלון

בדולח, ש.

חג"מ, מהנדסים יועצים ומתכננים (1980) בע"מ

שכונת האגמים הדרומית תוכננה ובוצעה ע"י משהב"ש בשנת 2006. בעיית סילוק השפכים נפתרה ע"י הקמת תחנת שאיבה. הניקוז תועל ע"י מתכנן הכבישים לאיזור השקע. לאור לחץ העירייה למציאת פיתרון הוחלט על הקמת פארק נופש עם אגם לאגירה וויסות מי השטפונות. התב"ע לפארק אושרה רק בשנת 2020. משרדנו המשיך בעבודת התכנון של כלל מערכות המים באגם.

1. שטח אגן ההיקוות המתנקז אל אגם אקופארק הינו 1,700 דונם ומוצאו אל האגם מסתיים בצינור בקוטר 200 ס"מ. ספיקת התכן חושבה בתקופות חזרה של 20%, 10%, 5%, 2%, ו-1% ובתנאי שלא תהייה גלישת מים בשכונת האגמים.
2. נפחו של האגם הינו כ-160,000 מ"ק. חושבו נפחי מים מצטברים באירועים גשם לפי תקופת חזרה וגלישות עודפים. האגם משמש הן לויסות מי נגר והן לשיט וקייט במשולב עם הפארק.
3. חלק משטחו המערבי של הפרויקט משמש כגוף מים עונתי הנקרא בריכת חורף ומדי שנה התמלא והתייבש, זאת על פי דרישת רט"ג.
4. משלב התב"ע ועד שלביו האחרונים של הפרויקט, תכנון הפיתוח של הפארק ובריכת החורף היו בהובלת משרד האדריכלים שלמה אהרנסון בהובלת ברברה אהרנסון.
5. מאחר ומערכת הניקוז הקיימת של שכונת אגמים מערב נמוכה ממפלס אגם אקופארק, תוכנן מתקן משאבות בורג (ארכימדס) אשר ירוקן את מערכת הניקוז של השכונה בעת ולאחר אירוע הגשם. המתקן מכיל ארבע יחידות שאיבה, כאשר כל יחידה מסוגלת להעביר 3,000 מ"ק"ש וביחד 12,000 מ"ק"ש. הפרש הגובה של הרמת המים הינו 7 מטרים. מי הנגר מובלים מהצינור הראשי של השכונה ואל מתקן משאבות הבורג בתחומי הפארק באמצעות צינור ניקוז בקוטר 1.5 מ'. צינור זה מונח בשיפוע של 0.2% ומסוגל להעביר ספיקה של 12,000 מ"ק"ש. כל עודפי מים מעבר לספיקה זו יוגלשו ישירות אל האגם בצינור בקוטר 2.0 מ'.
6. כדי לשמור על איכות מים, על פי דרישות משרד הבריאות, תוכנן מתקן לסחרור מי האגם. במתקן זה מבוצע סינון דו שלבי וחיטוי באמצעות כלור. ספיקת המתקן הינו 850 מ"ק"ש ובלחץ של 5.5 אטמ'.
7. מערכת הסחרור של האגם מחזירה את המים המטופלים בשני אופנים; האחד באמצעות טבעת לפיזור בדיזות בקוטר 4" כל אחת, בהיקף האגם, ובאופן השני באמצעות סחרור חלק מהמים דרך צינור הניקוז אל מתקן משאבות הבורג.
8. בעונה היבשה מילוי האגם נעשה באמצעות מילוי במים שפירים מרשת המים העירונית, להוספת פחת המים כתוצאה מהתאדות ומשטיפות הפוכות של המסננים.
9. גלישת עודפי המים, כאשר מפלס האגם מלא, מתוכננת באמצעות מתקן גלישה אל אזורי החלחול מדרום לפארק.

שימוש בגישת רצף להערכת הזרימה ותכנון מערכות החדרת אוויר לאקוויפר

בן-נח, א.

מכון וולקני

רקע: החדרת גז (לא מרטיב) לתווך נקבובי רווי בנוזל (מרטיב) משמש למגוון רחב של שימושים כגון ריאקטורים תעשייתיים, הפקת נפט, שיקום מי תהום וקרקעות מזוהמות, הטמנת פחמן דו חמצני, אגירת מימן, והוצא כשיטה אפשרית ליצירת מחסום הידראולי להגנה על מקורות מים. תכנון הצבת המערכות והפעלתן מוגבל על ידי יכולות המידול של זרימה רב-פאזית בתווך נקבובי. מודלים אלו, בנוסף לכל המגבלות ואי הוודאות להערכת זרימה חד-פאזית בתווך נקבובי, הינם יקרים מבחינה חישובית (זמן הרצה ארוך, דרישת זיכרון גבוהה) וסובלים מאי יציבות ורגישות גבוהה ובכל מקרה מספקים יכולות חיזוי נמוכות בלבד.

מטרות המחקר: מחקר זה בוחן את יכולות התאוריות הפיסיקאליות הקלאסיות להעריך את דגם זרימת האוויר בהחדרתו לתווך נקבובי, ומציע מסגרת מופשטת לתכנון מערכות החדרת אוויר לאקוויפר.

שיטות: בחינת יכולות גישת הרצף הקלאסית (שימוש בפוטנציאל שטף מטריצי) לתיאור זרימת אוויר נעשה בהשוואה לניסויי מעבדה קיימים. מסגרת התכנון מבוססת על מודל לא מצומד של זרימת האוויר והמים תוך שילוב של פתרונות אנליטיים ונומריים להשגת מודל פיסיקאלי ויציב לזרימה תמידית של אוויר ומים.

תוצאות: מהשוואות פתרונות אנליטיים להחדרת אוויר לתוצאות הניסויים נמצא שגישת הרצף מתארת את דגם זרימת האוויר בצורה מצוינת. מודל הזרימה המופשט הינו יציב ומהיר ומאפשר ניתוח של פרמטרי התכנון (עומק החדרה, מרחק הצבה, ספיקה) והערכת יעילות של מערכת החדרת אוויר.

מסקנות: יעילות מערכת החדרת אוויר תלויה בעיקר במרקם הקרקע כך שיעילותה גדלה ככל שהתווך דק יותר. עומק ומרחק ההצבה הינם פרמטרי התכנון העיקריים. עבור יצירת חסם הידראולי יעיל יש למקם את מקורות האוויר בגובה של עד 5 אורכים אופייניים מבסיס באקוויפר ולא יותר מ-70 אורכים אופייניים בין מקורות (בארות) אוויר.

דינמיקת בריכה עונתית והתהליכים ההידרולוגיים הדומיננטיים באיגום ובניקוז שלה בסביבת נחל פולג

בר, ע. (1), מורין, א. (2), קמאי, ת. (1)

(1) מכון וולקני

(2) האוניברסיטה העברית

במרחב המערבי של אגן ניקוז נחל פולג, בסמוך לקיבוץ יקום, יש מגוון שימושי קרקע, ביניהם שטחים חקלאיים, בנויים ופתוחים. בממשקים שביניהם, באזורים נמוכים הסמוכים לגדות נחלים באזור (פולג, אודים ורשפון), ישנה תופעה של היווצרות בריכות עונתיות. בריכות אלו מהוות אתגר בניהול הקרקעות באזור זה. בעוד הצפת שדות חקלאיים גורמת לקרקעות אלו להיות שוליות ולנטישתן, הברכות מהוות בית גידול לח ייחודי באזורנו. הבנה וכימות של דינמיקת התהליכים המעורבים ביצירת בריכה עונתית תתרום לפיתוח מערכות המשלבות כמה שימושי קרקע שונים לאיזון המערכת, תוך הפקת תועלת חקלאית וסביבתית כאחד. על מנת לחקור את הדינמיקה המורכבת של מערכות אלו, נבחר שטח מחקר בו מתרחשת בריכה עונתית בשדה חקלאי בגודל של כ-20 דונם הממוקם בגדה הדרומית של נחל פולג, בין קיבוץ יקום ומושב אודים. התהליכים ההידרולוגיים המעורבים בדינמיקת ההצפה העונתית הם: משקעים ישירים בחלקה, נגר עילי מאזורים סמוכים, חידור אנכי בקרקעית אזור ההצפה, חידור אופקי בין תוואי נחל הפולג וגדותיו, השתנות המפלס הפריאטי בתת-קרקע של אזור ההצפה, אידי ודיות. בכדי לאפיין ולכמת את התהליכים הללו, מבוצעות בשדה המחקר מדידות ברזולוציה שעתית של: משקעים, עומק המים בבריכה העונתית, ועומד המים בתת הקרקע הנמדד במספר מיקומים מרחביים בחלקה. כמו כן נתונים מטאורולוגיים נאספים מתחנה סמוכה. בנוסף לנתונים הנ"ל, מחקר זה כולל מידול הידרולוגי המייצג את התהליכים בפני השטח בצימוד עם התהליכים בתת-הקרקע, זאת על ידי שילוב בין מודל גשם-נגר ומודל זרימה בתווך רווי / בלתי-רווי. נציג את הנתונים וניתוחם על פני שתי עונות קיצוניות, שהתאפיינו במשקעים רבים (2024) ובצורת (2025). בשני החורפים נוצרה הבריכה העונתית והנתונים שנאספו עד כה מצביעים על הדדיות מרחבית-עיתית מורכבת בין התהליכים השונים. עם תחילת העונה הגשומה חידור אופקי מתוואי הנחל על גדותיו ובמידה מסוימת חידור מפני השטח תורמים לעלית המפלס הפריאטי באזור ויצירת גרדיאנט ששיאיו בסמיכות לתוואי הנחל. משקעים ישירים ונגר עילי מאזורים סמוכים גורמים להיווצרות איגום עונתי בחלקה הנמשך מספר חודשים, נוכחות המשטח הפריאטי בעומק רדוד פוגע בכושר החידור של שדה המחקר ותורם להימשכות הבריכה העונתית. עם היפסקות הגשמים חל תהליך ניקוז אופקי של התווך הנקבובי לכיוון תוואי הנחל. דינמיקה זאת, מאפשרת את ניקוז מי הבריכה העונתית בחידור לתווך הנקבובי בנוסף לתהליכי האידי והדיות הנמשכים כל העת בפני שטח הבריכה וסביבתה.

שמירה על מאזן המים באקוויטרד האיאוּקני ברמות מנשה במסגרת תכנית בנייה

בר-נוי, נ.

אקולוג הנדסה בע"מ

משרד השיכון מקדם במסגרת ותמ"ל (ועדת לתכנון מתחמים מועדפים לדיור) תכנית להקמת שכונה חדשה בדרום יקנעם בנפח של כ-2,650 יח"ד על שטח כולל של 591 דונם, בין הישובים עין העמק ואליקים. התכנית ממוקמת ברמות מנשה על קו פרשת המים העילי בין אגן הניקוז של נחל השופט ויובלו נחל השניים הזורמים צפון-מזרחה לנחל הקישון, לבין נחל תות ויובלו נחל בודד הזורמים דרום-מערבה לנחל דליה. בתחום התכנית נובעים מספר מעיינות, רובם עונתיים, בספיקות נמוכות המזינים את הזרימה בנחלים הנ"ל ותומכים במערכת אקולוגית מקומית ובתיירות. הסלעים החשופים בפני השטח ברמות מנשה הם בעיקרם גיר-קירטוני ורובדי קירטון מצורר מחבורת עבדת (תצורת עדולם) עם כיסוי נארי נרחב, כאשר בשולי הרמה ובין היתר באזור העבודה חשופים גם סלעי קירטון וחואר עתיקים יותר מחבורת הר הצופים. מרקם הקרקע באזור חרסיתי (רנדזינה חומה ורנדזינה בהירה) ולכן מקדם הנגר באזור גבוה והחידור נמוך (עד 10%). סלעי הגיר הקירטוני של תצורת עדולם מהווים באזור העבודה אקוויטרד מקומי, הנשען בעומק על סלעי הקירטון והחואר האטומים של חבורת הר הצופים, ומתחת ליחידה החוצצת של חבורת הר הצופים מצויים סלעי חבורת יהודה הגיריים, בהם אקוויפר הכרמל האזורי נמצא בתנאים כלואים. מוצאי מי התהום מאקוויטרד רמות מנשה, הם במעיינות הרבים באזור וכן בקידוחים בשולי האקוויטרד באזור עמק יזרעאל ועין עירון. בעבודות קודמות הוצע להתייחס למפלס מי התהום המיוצג במעיינות כמפלס מקומי שעון ולא כמפלס אזורי רציף. עם זאת, הרום הדומה של מרבית הנביעות ונביעתן בקו המגע הגיאולוגי בין סלעי חבורת עבדת והר הצופים, מצביעים דווקא על מאפיינים של אקוויטרד אזורי. נתוני מפלס מי התהום במעלה האקוויטרד מראים שמאזן מי התהום קרוב לטבעי ורגישותו לשינויים שישפיעו על הנביעות עלולה להיות גבוהה.

התיאור ההידרוגיאולוגי האזורי והמקומי תומכים בצורך לשמירה על המעיינות מבחינת ספיקות הנביעה ואיכות המים, ובהתאם לכל ניתנו הנחיות לשמירה על החדרת הנגר כך שיישאר דומה למצב הטבעי.

הידרולוגיה וגיאומורפולוגיה של נחל הבשור בישראל ובעזה, פנטזיה מול המציאות

ברגמן, נ. (1), רסקין, י. (2), גרינבאום, נ. (1), שאולקר, ע. (3), גלילי, א. (4)

(3) אוניברסיטת חיפה

(4) אוניברסיטת בר-אילן

(5) רשות ניקוז שקמה-בשור

(6) השירות ההידרולוגי - רשות המים

נחל הבשור הוא האגן עם הניקוז המערבי הגדול בישראל (3400 קמ"ר) והוא נחל חוצה-גבולות פעמיים. יובליו במעלה האגן הצפוני שלו ראשיתם בדרום הר חברון בהרי יהודה, רובו של האגן מנקז את רכסי צפון הנגב ושטחי הלס והחול במערב הנגב בישראל, ובקצהו נשפך לים ברצועת עזה. המצב הגיאופוליטי של מלחמה בין ישראל לרצועת עזה, מביא לפרסום מאמרים מוטים בכתבי עת מדעיים מהצד הפלסטיני שאינם מבוססים על המציאות בשטח האגן בישראל. המידע כולל פרסומים מדעיים של חוקרים ישראלים, וכן מידע חלקי של ארגונים ממשלתיים ישראלים כגון משרד החקלאות והשירות המטאורולוגי הנמצא ברשת. בניגוד למקובל בפרסומים מדעיים, בחלק מהמידע המובא אין מתן קרדיט, וכן יש בו ביצוע השלמות של תרחישים שונים על סמך דמיון חופשי ושמועות שמקבעות לאורך זמן נרטיב שקרי שהופך ל"אמת מדעית". אנו מביאים מספר דוגמאות של פרסומים פלסטינים מתחום ההידרולוגיה והגיאומורפולוגיה על נחל הבשור בהם יש מגוון טענות בעייתיות, דוגמת: התעלמות מהחלק הישראלי של האגן, טענות לפיהן ישראל משתמשת בנחל הבשור ככלי מלחמה כדי להציף את עזה בעזרת פתיחת סכרים (וזאת כשבפועל כיום כמעט כל המאגרים הם מאגרי צד ולא מאגרי גיא המשתמשים במי שפד"ן להשקיה), הערכת יתר על שפיעת מעיינות לאורך הנחל, התעלמות מוחלטת מאיבודי תמסורת ושאובת יתר ממי תהום ובנוסף גם טענות לפיהן ישראל תופסת את המים בשיטפונות ואוגמת אותם כדי שלא יגיעו למוצא בעזה בעזרת מאות מאגרים קטנים הממוקמים על היובלים כשבפועל מאגרים אלו נפרצו או ננטשו. הפרסומים הללו מתעלמים לגמרי מניטור ארוך-טווח של השירות ההידרולוגי בתחנות הידרומטריות על נחל הבשור ויובליו, על תקופות חזרה של שיטפונות גדולים, על מחקרים רבים בתחומים שונים על נחל הבשור, על שינויים גדולים באגן הבשור כולו דוגמת עיור, ייעור וחקלאות, ועל שינוי האקלים הדראסטי שעובר על האגן בעשורים האחרונים. המידע המוטעה יוצר הערכות יתר או חסר לתופעות הידרולוגיות שונות כיוון שהשתמשו בנתונים מומצאים או חלקיים מישראל. אנו מפריכים את הפרסומים הללו ומראים ששיתוף פעולה בין ישראל לעזה יכול היה להפחית את הסיכון של הצפות בנחל הבשור בשטח עזה וכיצד הנחל יכול היה להפוך מנחל מזוהם ומוזנח לנחל חוף בריא לרווחת התושבים משני צידי הגבול.

ניסוי סמנים לבדיקת זמני השהייה בתת הקרקע של הקולחים המוחדרים בשפד"ן

ברודי, ס. (1), גבאי, ר. (1), נגב, ע. (1), קורצמן, ד. (2), רודניק, ג. (2), ניצן, ע. (2)

(1) מקורות

(2) מכון וולקני

מפעל השפד"ן מטפל בשפכים העירוניים של גוש דן והוא הגדול מסוגו בארץ. המתקן מטפל בכ-150 מלמ"ק שפכים בשנה (עתיד לגדול ל-190 מלמ"ק) לרמה של קולחים שניוניים, ולאחר מכן הקולחים מוחדרים לטיפול SAT (Soil Aquifer Treatment), המשפר את איכותם לרמה שלישונית ומעלה. בשנים האחרונות חברת מקורות מתקשה לאשר קידוחי השבה חדשים לשדות ההחדרה בשפד"ן, בגלל החשש של משרד הבריאות (משה"ב) לזמני שהייה קצרים באקוויפר. על פי הנחיות משה"ב נדרש לשמור על זמני שהייה גבוהים מ-60 ימים לקולחים שלישוניים, ומ-90 ימים לקולחים שניוניים, לפני הפקת המים בקידוחי ההשבה. מנגד, הערכות הקיימות על בסיס מודל זרימה-הסעה נומרי מלמדות על זמני שהייה של עד כחודשיים לקידוחי ההשבה שבטבעת הקרובה ביותר לשדות ההחדרה. אי הוודאות הגדולה בהערכה באמצעות מודל נומרי והחשש לזמני שהייה קצרים מדי הובילו לדרישה של משרד הבריאות ורשות המים לבצע ניסוי סמנים בקנ"מ גדול באחד מאגני ההחדרה של השפד"ן.

ניסוי הסמנים מתוכנן ומבוצע על ידי מח' הידרולוגיה בחברת מקורות בשיתוף עם מכון וולקני. הניסוי מבוצע בשדה החדרה 'יבנה 1 קטן' הבנוי מ-4 בריכות החדרה בגודל כולל של 55 דונם, ובקידוחי ההשבה והתצפית המקיפים אותו. ביולי 2024 פוזרו בארבעת הבריכות כ-55 טון של מלחים הכוללים NaBr , NaCl , CaCl_2 ומלח אורגני פלואורסנטי (Uranine). המלחים פוזרו בשדה באמצעות מדשנת צנטריפוגלית ממוכנת והוצנעו בקרקע באמצעות משתת. יום לאחר הפיזור וההצנעה של המלחים חזרו השדות למשטר החדרה שגורתי, והחל דיגום אינטנסיבי בסדרת קידוחי תצפית והשבה שהוגדרו מראש.

הסמנים שמשמשים בניסוי הם ברומיד (שיושם כמלח NaBr), ויורנין שמאופיינים בתכונות הקונסרבטיביות שלהם, ריכוזי רקע נמוכים באקוויפר, סף זיהוי נמוך, ושיקולי מחיר. בנוסף יושמו NaCl ו- CaCl_2 במטרה לשמור על יחס אקוויולנטי של נתרן וסידן במים המוחדרים הדומה ליחס זה בקולחים שניוניים בשפד"ן, ולהעלות את המוליכות החשמלית של תמיסת הסמן במחשבה שנוכל לנטר אותה בקלות באמצעות חיישנים משדרים שהותקנו בקידוחי הניטור וההשבה.

במקביל נבנה מודל סטוכסטי (20 ראליזציות) של זרימה והסעה באקוויפר ברזולוציה גבוהה (40 מ', 1 יום), באמצעות הפותר הנומרי MODFLOW, ועל בסיס המודל הנומרי הכללי של השפד"ן המשמש את מקורות.

התוצאות הראשוניות של הניסוי מראות שהסמנים הופיעו בקידוח הניטור הקרוב ביותר לשדות ההחדרה החל ביום ה-6 לניסוי. רק לאחר 181 יום נצפתה עליה ראשונית של שני הסמנים בקידוח ההשבה הקרוב ביותר (יבנה 125, המרוחק כ-225 מטרים משדה ההחדרה), ומאז ועד היום (208 ימים לאחר ההחדרה) הם במגמת עליה. בקידוחי ההשבה הרחוקים יותר, ובקידוח התצפית העמוק, עדיין לא הופיעו סמנים. בהסתכלות ראשונית, נראה שמדובר על זמני שהייה ארוכים באופן משמעותי מזמני השהייה שהוערכו בעבר באמצעות המודל הנומרי הכללי של השפד"ן.

הניסוי צפוי להמשיך לפחות עד סוף שנת 2025 במטרה למדוד את זמני השהייה לקידוחים הרחוקים יותר. תוצאות הניסוי ישמשו לכיול מחדש של המודל הנומרי ולתכנון נכון יותר של קידוחי השבה במפעל.

דינמיקה של איכות מים בנחל ים-תיכוני בסביבה עירונית

גודינגר, ט. (1), אדר, צ. (1), סבוראי, י. (2), בל, ג. (2), ארנון, ש. (1)

(1) מכון לחקר המים ע"ש צוקרברג, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

(2) המחלקה לפיסיקה סביבתית, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

ניטור איכות המים בנחלים מאפשר מעקב אחר מצב ותפקוד המערכת האקולוגית ומהווה בסיס לקביעת רגולציה לשימוש במים כמשאב. יתרון מדידה רציפה באמצעות חיישנים הוא בהתאמת הרגולציה לתהליכים הידרולוגיים וביוגאוכימיים המווסתים או פוגעים בתפקוד המערכת האקולוגית. נחלים באקלים הים-תיכוני השורר בישראל נבדלים מאלו באזורי אקלים אחרים במשטר הזרימה בהם, בתקופה ממושכת בשנה בה הזרימה איטית במקביל לקרינת שמש גבוהה וכן באוכלוסייה הצפופה השוכנת באזורים אלו. כדי להעמיק את הידע וההבנה על הדינמיקה באיכות המים ותהליכים המשפיעים ומושפעים ממנה כגון מטבוליזם, הוקמה תחנת מחקר בנחל הירקון ביולי 2019. התחנה מכילה חיישני: חמצן, פחמן דו-חמצני, חנקן, חומר אורגני, כלורופיל, עבירות, ערך הגבה, מוליכות חשמלית, מפלס המים וקרינת שמש. מניתוח חמש שנים של מדידה ניתן להסיק כי בעוד ההשתנות העונתית של מומסים כגון חמצן, פחמן דו-חמצני, חנקן ו- cDOM קיימת אך אינה ברורה לעין, היא הופכת ניכרת ברמה היומית. לדוגמה, עבור חמצן ההשתנות היומית הגיעה לכ-30% בחודשי הקיץ, לעומת החורף בו ההשתנות היממתית היא כמעט אפסית. הקשר בין ריכוז המומסים לספיקה בזמן שיטפונות מצביע על מיהול בזמן השיטפון (מלבד חמצן) ושטיפה אל המורד. ככלל, רוב הזמן המערכת האקולוגית בנחל נוטה לצריכה על פני יצירת חמצן. כמו כן, מהתפלגות ריכוזי החמצן נראה בבירור כי היפוקסיה היא תופעה רווחת בנחל (הסתברות של כ-12% מהזמן בקיץ וכ-4.5% מהזמן בחורף) ומהווה חסם משמעותי לקיום מערכת אקולוגית נחלית בריאה. מחקר באמצעות חיישנים של איכות המים ומטבוליזם בנחלים ים-תיכוניים הוא נדיר ולכן לא ברורה לגמרי ההתנהגות של הנחל בסקאלות זמן שונות (שעות-שנים). עבודה זו מספקת מבט כולל על מצב איכות המים והמערכת האקולוגית בנחל ים-תיכוני ויכולה לסייע בעתיד במאמצי שיקום והבנת תהליכים המתרחשים בנחל כתוצאה משינויי אקלים.

לוגים חשמליים ככלי עזר בתכנון קידוחים למי תהום

גינזבורג, מ., אמיד, י., למפרט, מ., בר נוי, נ.

אקולוג הנדסה

בשנים האחרונות ישנה מגמה עולה של ביצוע קידוחי תצפית מקדימים למי תהום עבור קידוחי הפקה אשר אמורים להקל על תכנון עתידי. במקרים רבים בעת ביצוע קידוחי התצפית, נתקלנו במגמות חוזרות של אי קבלת מדגמי קרקע מייצגים מעומק הקדיחה, איבודי מחזור וסטיות בעומקי הגדרת החתך הליטולוגי וכד' דבר המייצר למתכננים סוג של 'עיוורון ליטולוגי' המקשה על תכנון מדויק של הקידוח העתידי.

במקרים הנ"ל, יש צורך בשימוש בלוגים חשמליים אשר מודדים תכונות פיזיקליות וכימיות של הקרקע והמים בקידוח, דבר המאפשר לקבל תמונה גיאולוגית רחבה יותר מאשר הסתמכות רק על מדגמי הקרקע לצורך תכנון קידוח תצפית או הפקה, הם מציעים יתרונות משמעותיים על פני טכניקות קידוח מסורתיות. הלוגים החשמליים מסייעים לאנשי המקצוע הרלוונטיים והמתכננים להבין בצורה עמוקה יותר את חתך תת הקרקע ולקבוע עומקי צנרת, מדידת נתונים גיאולוגים בזמן אמת, השלמת מידע על אקוויפרים וכד' באופן מדויק הרבה יותר, דבר המסייע לקבלת החלטות מושכלות יותר במהלך תהליך הקידוח.

ההרצאה נועדה להראות מקרי בוחן בהם השימוש בלוגים חשמליים בקידוח היוותה כלי מרכזי בתכנון הקידוח כתוצאה מחוסר מידע ליטולוגי ופערים גיאולוגיים שלא היה ניתן להשליםם ללא ביצועם. השימוש בתוצאות הלוגים החשמליים מהווה כלי אמין המסייע לתכנן בצורה יעילה ומדויקת את קידוחי ההפקה העתידיים. שימוש בלוגים חשמליים תורם לא רק להבנת תכונות השכבות הקרקעיות אלא גם מסייע בקבלת החלטות מושכלות בנוגע לשימור וניהול משאבי המים. השימוש בלוגים חשמליים משפר את היעילות של תהליכי קידוח המים. היכולת לקבל תמונה מדויקת של מבנה השכבות התת-קרקעיות מאפשרת לתכנן את הקידוח בצורה מיטבית, לחסוך זמן ומשאבים ולמנוע קידוחים מיותרים. כל אלה מצביעים על כך שהשימוש בלוגים חשמליים בקידוחי מים הוא לא רק טכנולוגי, אלא גם אסטרטגי לקידום משאבי מים באופן אחראי ויעיל.

תחנת שאיבה לשפכים מרכזית לשכונת ברנע באשקלון – בחוף הים

גרייף, ח.

חברת ח.ג.מ מהנדסים

כללי: בשנת 1990 החלה חברת אפרידר לשיכון ופיתוח אשקלון, ביחד עם עיריית אשקלון, בטיפול סטטורי על שצ"פ קיים לאישור התחנה עם הקמת שכונת ברנע ב' ג' באשקלון. התכנון היה לפיתוח של כ-3,000 יח"ד למגורים ושטחי תיירות ומלונאות בקו החוף של אשקלון. פיתוח השכונה כלל בינוי לגובה ובניה נמוכה בקו הראשון והשני לטיילת החוף. בשנת 1993 הוחל בהקמת השכונה מתוך הנחה כי במקביל תיבנה גם תחנת השאיבה. התנגדות הדיירים של השכונה מנעה את בנית התחנה במקומה המיועד. העירייה נאלצה לחפש אתר חליפי לתחנת השאיבה הייעודית ונמצאה כבר כ-300 מ' צפונית לאתר המקורי. עד בניית התחנה בשנת 2021, הולכו שפכי השכונה החדשה שהוקמה אל שוחת שאיבה זמנית שכללה פינוי השפכים באמצעות ביובית 364 ימים בשנה.

אתגרים: מתן פתרון קצה לשפכים באמצעות תחנת שאיבה עבור השכונה כלל אתגרים הבאים:

- סטטוטוריים – אישור מתקן הנדסי לשפכים במרחק העולה על 50 מטר מקו המים ומקו הבתים הראשון. נדרשו לכך אישורי הולחו"פ ומשרד הבריאות.
- סביבתיים – מיקום הגאוגרפי שיועד לתחנה הינו בעל רגישות סביבתית מוגברת מאחר ונמצא במרחק קטן מקו המים על חוף הרחצה. תכנון רגיש למטרדי ריחות, מטרדי רעש (טיפול אקוסטי), גיבוי תפעולי מפני גלישת שפכים לים והעברת התראות במקרי כשל.
- נופיים – נראות ורעש שמייצר מתקן הנדסי בקו טיילת תיירותית לצד החוף.
- תפעוליים ותחזוקתיים – נדרש לתכנן לתחזוקה ללא פתח עילי בגג התחנה. פינוי של ציוד אלקטרומכני הכולל משאבות, מגוב מכני, מתקן ניטרול ריחות ואביזרים נוספים מתוך פתחים פנימיים בין מפלסי התחנה באמצעות מתקני הרמה והסעה וכניסה לחצר שירות ייעודית בשילוב דרכים ונוף שלא יורגש בפעילות החוף.
- עקרונות תכנון: בשל קרבת הפרויקט לים נדרשנו לשמור על רצועת התצפית לים ולמנף אותה למצפור תיירותי תוך הדגשת המוקדים הייחודיים שכללו:

1. התחנה תוכננה לספיקת תכן 350 מ"ק לשעת שיא ברוויה ללחץ 50 מטר.
2. מבנה תחנת שאיבה כלל אולם תפעולי במפלס החוף שתוכנן באופן שלא ייראה מהכביש. אולם זה כלל חדר איסוף גבבה, חצר תפעולית ואלמנט משרביה לאיוורור טבעי של חלל התפעול תוך יצירת אורט אשליה של ריחוף.
3. חדרי התחנה כללו חדר משאבות יבש, חדר צנרת ואביזרים, חדר חשמל, דיזל וחדר ובו מערכת ניטרול ריחות עבור 15-20 החלפות אויר בשעה.
4. בשל הקרבה לבתי המגורים ומצפור יהיו כל פתחי התחנה מוגנים אקוסטית למניעת רעש. הדיזל גנרטור, המפוחים לניטרול ריחות והמפוח להכנסת אויר צח יהיו מצוידים במעך השתקה.

חקר משטר המים בקרקע ככלי לשיקום צומח וייצוב גדות נחל במרחב השפלה והחוף

הרלב, נ., מורן, א.

מורן פיתוח וייעוץ בע"מ

משטר הרטיבות בקרקעות גדות נחלים ודינמיקת ההרטבה וההתייבשות לאורך עונת הגשמים משתנה לרוחב הגדה ולאורך עמודת הקרקע. המאפיינים ההידרולוגיים המשתנים במרחב מכתבים התבססות של חבורות צומח מתאימות לפי רצועות חיגור לאורך גדת הנחל. מידע זה, הכולל את אפיון רצועות החיגור לפי משטר המים בקרקע והכרת מאסף המינים המתאים לכל רצועה כזו, הינו חשוב ביותר לצורך תכנון פעולות שיקום הצומח בגדות נחל כחלק מתהליך של שיקום נחלים שעברו הפרות גסות. מחקר זה בחן את הדינמיקת בתכולת הרטיבות בקרקע בגדת נחל שורק באמצעות מערך ניטור שכלל 12 חיישני לחות, אשר הוצבו במרחקים שונים מערוץ הנחל ובעומקים שונים. הניטור בוצע במשך שנתיים והיווה חלק ממחקר רחב יותר על פרקטיקות לייצוב גדות באמצעים מבוססי טבע, שנוהל בשיתוף עם רשות נחל וניקוז שורק לכיש, מכון דש"א ויד הנדיב. הסקר עקב אחר מקורות ההרטבה העיקריים והשפעתם על משטר הלחות בקרקע, תוך שימוש בערכים רציפים של תכולת הרטיבות בקרקע. תוצאות המחקר הצביעו על שונות מובהקת במשטר ההרטבה וההתייבשות בין חגורות הלחות שנבחנו, אשר הושפעו מגורמים כגון סוג הקרקע, המרחק מערוץ הזרימה, מי גשמים, גאות בנחל וזרימה עונתית. הממצאים מצביעים על התאמה בין חגורות הלחות לבין חגורות הצומח בגדת הנחל, בהתאם למודל המוכר של חיגור חבורות הצומח. נמצא כי קרקעות אלוביאליות בסמיכות לערוץ הנחל, בעלות ערך קיבול שדה גבוה, תומכות בצומח בית גידול לח ושומרות על לחות גבוהה לאורך כל השנה. המשכו של אופק אלוביאי בעל רכיב חרסיתי גבוה זה נמצא בעומק מתחת לרצועה המרוחקת מספר מטרים מערוץ הנחל ומאפשר קיום מינים מעמיקי שורש גם בתנאים יבשים יחסית לאחר תום עונת הגשמים.

המחקר מדגיש את הצורך בביצוע סקרי קרקע בסיסיים ככלי מרכזי בתכנון צומח בגישה אקוהידרולוגית.

מבחני רגישות לפרמטרים של מודל HEC RAS דו-מימדי

וינר, ח., בן יאיר, ת., אלכסנדרוב, י.

אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה

בעבודה בחנו את מידת הרגישות של מודל דו מימדי לשינוי בפרמטרים של מקדמי חיכוך (מקדמי מנינג), גודל הריווח הרשתי (mesh) וצורת ההידרוגרף. מטרת העבודה היתה לבדוק עד כמה ישנתנו תוצאות המודל (שטח ההצפה ועומק המים) עם השינוי בכל אחד מהפרמטרים בנפרד ושינוי משולב שלהם.

אזור העבודה הוא בנחל חירות (יובל של נחל דרור), נחל אכזב העובר מדרום לתל מונד ומצפון למושב חירות. סך הכל אורך הנחל כ- 6 ק"מ ושטח ההיקוות שלו כ- 10 קמ"ר. עד תל מונד מנקז הנחל כ- 3 קמ"ר.

בשלב ראשון נבנה במודל דו-מימדי עם mesh של 6 מטר ושכבת Land Cover (ערכי מנינג) המבוססת על נתוני בנט"ל. התוצאות של מודל זה אושרו ע"י דרור אפשטיין, מהנדס רשות ניקוז ונחלים שרון. בהיעדר תחנות מדידה פעילות ואירועי הצפות מתועדים של נחל חירות, אישור רשות הניקוז מהווה את הכיול.

בשלב הבאים שינוי את הפרמטרים של המודל והשוונו לתוצאות של המודל המכיל.

מניתוח התוצאות עולה כי:

למקדם מנינג השפעה רבה על פשט ההצפה. ערך גבוה בהרבה בהשוואה לערכי המודל המכיל, הביאו להרחבת פשט ההצפה. מומלץ להשתמש בערכי מנינג בהתאם לשימושי הקרקע ולא בערך יחיד לכל המודל.

גודל הריווח הרשתי משפיע מאוד על התוצאות. מש גדול מאוד וקטן מאוד (20 מטר ו- 3 מטר, בהתאמה) לעומת המודל המכיל (6 מטר) הביא לשגיאה גדולה (שטח ההצפה קטן בהרבה במש של 20 מטר וגדול בהרבה במש של 3 מטר). לעומת זאת, נראה כי ניתן להשתמש בריווח רשתי של 8 עד 9 מטר, ללא שינוי משמעותי בתוצאות. לכך יש משמעות רבה בזמני ההרצה של התוכנה.

לספיקות השפעה ישירה על פשט ההצפה. להערכת יתר של הספיקה בכ - 10% יש השפעה קטנה יחסית על שטח ההצפה.

השפעת הטרוגניות התווך ומיקום הקידוח בו על קיבולת ההחדרה של בארות יבשות

ולדמן, א. (1,2), גנות, י. (2), פרבר, א. (3), אמיר, נ. (4), עמיעז, י. (5), קמאי, ת. (1)

- (1) המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מכון וולקני
- (2) מדעי כדור הארץ והסביבה, אונ' בר-אילן
- (3) מים, סביבה וקרקע - ייעוץ הידרוגאולוגי
- (4) השירות ההידרולוגי, רשות המים
- (5) גלבע מהנדסים

נפחי נגר גדולים ועודפים, אשר מעמיסים ביתר על מערכות הניקוז ולעיתים גורמים להצפות, מהווים אתגר למתכננים והזדמנות לניצולם להעשרה ושימור גופי המים הטבעיים. החדרת מי נגר לתווך הבלתי-רווי באמצעות קידוחים מהווה פתרון לשימור וניהול נגר בדרך יעילה, ויכולה להזין את האקוויפר שבבסיס, כפיצוי ותוספת על אובדן החלחול. קיבולת ההחדרה של קידוח יבש הינה כמות המים שניתן להחדיר בזמן מסוים. קיבולת זו משתנה עם הזמן ותלויה בגאומטריה של הקידוח (בעיקר קוטר ועומק) ובתכונות ההידראוליות של התווך, כולל המצב ההתחלתי שלו. בקידוח בעל ממדים נתונים קיבולת ההחדרה היא פונקציה של הנקבוביות (או החללים בסידוק וקארסט) והמוליכות ההידראולית של התווך הסובב את הקידוח.

בתווך הומוגני, בקידוח עם גאומטריה ידועה, במצב יציב של ספיקה וגובה מפלס המים ביחס לבסיס הקידוח, ניתן בעזרת ערכים אלה לחשב את המוליכות ההידראולית במשוואה פשוטה. כאשר הקידוח חוזר לתווך הטרוגני, נדגים ונסביר למה לא ניתן לאפיין את התווך על ידי מוליכות הידראולית אקוויוולנטית שיכולה לייצג את כל התווך. זאת משום שסדר ההטרוגניות בקרבת הבאר ישפיע על המוליכות ועל קיבולת הבאר לחידור. נבחן שיכוב אופקי במצבים שבהם בעוד ההטרוגניות זהה, סדר השיכוב משתנה וקיבולת החידור של הקידוח גם כן משתנה. במצב זה, בו המוליכות ההידראולית של כל אחת מהשכבות הומוגניות בתוך השכבה, אך שונה משמעותית מהשכבה האחרת, המוליכות האקוויוולנטית תלויה בסידור, למרות שכיוון הזרימה מהבאר רדיאלי וזהה. נדגים את התופעה עם מודל נומרי ונראה תצפיות ממבחן החדרה בשדה. כתוצאה מסידור ההטרוגניות, חישוב המוליכות ההידראולית הממוצעת בכל אחד מהתרחישים יניב ערכים שונים. תוצאה זו, שבה מתקבלים ערכי מוליכות שונים באותה גאומטריה באר והטרוגניות התווך, מדגישה כי בהחדרה בקידוח יבש בתווך הטרוגני אין ערך מוליכות הידראולית אחד שהוא אקוויוולנטי למוליכות של שתי השכבות יחד.

יש לכך משמעויות פרקטיות. בצורה כללית ניתן להבין מכך שבתווך עם הטרוגניות זהה, קיבולת ההחדרה של בארות יבשות תשתנה כתלות במיקום ובעומק החדירה, לא בגלל שינוי בהטרוגניות אלא בסדר שליד הבאר. בצורה יותר ספציפית יש לכך משמעויות למבחני ההחדרה לאפיון הבאר. לדוגמה, בתווך הטרוגני, במבחן החדרה שקצב ההחדרה המקסימלי בו לא העלה את המפלס עד לראש הקידוח, לא ניתן לאמוד את קיבולת ההחדרה של הקידוח על בסיס ערך המוליכות ההידראולית הממוצעת שהתקבל במבחן.

הצבת מצלמת מהירות בתחנה הידרומטרית כאמצעי למדידת ספיקה

זיגל, א., כחלון, א., חכם, נ.

השרות ההידרולוגי, הרשות הממשלתית למים וביוב

במהלך שנת 2023/24 הוצב מכשיר מדידה Discharge Keeper בית חברת Seba בתחנת המדידה באילון נתב"ג. מכשיר מדידה זה ניחן ביכולת מדידה קבועה ורציפה של מהירות פני המים לרוחב מלא של חתך המדידה, ובעזרת משתנה תיקון קבוע (פקטור), ניתן לחלץ את הספיקה בזמן נתון. מדידת המהירות מתבססת על צילום וידאו של פני המים, ושימוש בתוכנה המזהה חלקיקים צפים בתנועה: Particle Image Velocimetry Large Scale.

שיטת מדידה זו נעזרת במטרות מסומנות ומדודות, שביניהן מתבצעת מדידת המהירות של החלקיקים ע"י המצלמה. השימוש במצלמות מהירות למדידת מהירות צובר תאוצה ברחבי העולם, משום היתרונות הגלומים בשיטה זו:

צילום רציף של מהירות הזרימה, גם בשעות החשכה באמצעות קרינה אינפרה אדומה.

כיסוי מלא של טווח המדידה גם במהירויות גבוהות שלא ניתנות למדידה ע"י מד זרימה בחתך עם כבלים.

קבלה בזמנית של נתוני המדידה: רום – מהירות שטח באתר ייעודי ואגירת הנתונים.

במהלך שנת 2023/24 צוות הידרומטריה מרכז ערך ארבע מדידות זרימה, באמצעותן תואמה המהירות והספיקה המחושבת של המצלמה בסך כל חתך המדידה, לפי השלבים הבאים:

פירוט השוואת המדידות בין השרות ההידרולוגי לבין מצלמת המהירות.

בנית עקומי כיול (רום- ספיקה) – לפי השרות ההידרולוגי ולפי מצלמת המהירות.

תיקון המדידות במצלמה בטווח הרומים הנדרש לפי עקום הכיול של השרות ההידרולוגי.

השוואת נפחי הגאוויות המחושבים לאחר התיקון: מצלמה מול עקום כיול לפי מדידות זרימה.

השוואת מדידות הספיקה של המצלמה ביחס לשרות ההידרולוגי הראו על פער המתרחב בספיקות נמוכות ומצטמצם בספיקות גבוהות בטווח שבין 0.7-0.92 של מצלמת המהירות ביחס לשרות ההידרולוגי. לפיכך הספק בחברת Seba התאים בין עקום הכיול של השרות ההידרולוגי לבין עדכון חישוב פקטור המהירות ברומים מקבילים לתיקון חישובי הספיקות. עפ"י נתוני הספיקות המתוקנים בוצעה השוואה של ספיקות ונפחים כאשר המתאמים שנמצאו בין נתוני השרות ההידרולוגי לנתוני המצלמה מצוינים: $R^2 = 0.99$ בממוצע עבור הספיקות ו- $R^2 = 0.998$ עבור הנפחים.

לפיכך ההמלצה העיקרית של הניסוי הוא לשלב בתחנות הידרומטריות מצלמות מהירות נוספות, אך לפני הצבתן יש לוודא תאום כיול למדידות השרות ההידרולוגי בעיקר ברומים נמוכים, שם פקטור המרת מהירות פני המים למהירות הממוצעת פחות מהימן, לפחות על סמך המדידות שהיו השנה באילון נתב"ג.

AI-based image recognition for flood management

חלמיש היימן, ע. (1,2)

אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה (1)

(2) Newcastle University

Urban flooding, driven by climate change and rapid urbanization, poses significant challenges to cities worldwide. In the UK alone, it is projected to affect up to 3.2 million urban residents by 2050, with annual damages estimated at around £1 billion. Traditional methods of flood detection and prediction, such as rain gauges, hydrological models, and remote sensing, though widely used, face limitations in real-time accuracy and spatial coverage. In recent years, advancements in AI and machine learning, particularly in image recognition component, have introduced new approaches to flood detection and post-disaster analysis. AI models can analyze vast amount of visual data from sources like CCTV cameras and social media to identify disaster events, offering the potential for faster and more accurate real-time monitoring compared to traditional systems. This article explores the use of AI-based image recognition models for real-time flood detection using images from CCTV cameras across the Tyne and Wear, a metropolitan area in North-East England.

התגובה התרמלית של אגמים למחזורי אילוף סביבתיים: פיתוח תיאוריה כללית ואפליקציות

טאו, ג. (1,2), אנזל, י. (1), מקגוון, ה. (3), ליוחבסקי, ו. (2), לנסקי, נ. (1,2)

(1) האוניברסיטה העברית
(2) המכון הגיאולוגי לישראל
(3) אוניברסיטת קווינסלנד

התגובה התרמלית של אגמים למחזורי אילוף עונתיים, יממתיים וסופתיים סביבתיים (קרינה, טמפרטורת ולחות האוויר, ומהירות הרוח) מתרחשת בעיקר באמצעות חילופי חום בין פני המים לאטמוספירה. תהליך זה ותיאורו הכמותי מבוססים על עקרונות של שימור אנרגיה ומוגדרים כאיזון בין קצב השינוי של טמ' המים (חום אגור) לבין שטפי חום נכנסים (קרינת השמש) ויוצאים (אידי וחוץ מוחשי). תהליך זה מווסת את טמפרטורת המים באגמים, לה חשיבות רבה במחזורי ביוגיאוכימיים ובשמירה על החוסן האקולוגי של האגמים. כדי להבין ולחזות את התגובה התרמלית של אגמים, תחת טווחי זמן שונים ואילוצי סביבה מגוונים, יש עדיין צורך בניסוח מתמטי של תהליכי חילופי החום השולטים בתופעה זו. חשיבות צורך זה מוגברת על רקע שינויים גלובליים ואזוריים, שכבר ניכרים באגמים, באמצעות עלייה בטמפרטורת פני המים והגברת שיעורי האידי. במחקר זה, על ידי אנליזה מעמיקה של משוואת מאזן החום, אנו מספקים ביטויים מדויקים אלו. תחילה, אנו מגדירים את טמפרטורת שיווי המשקל – טמפרטורה בה יהיו שינויים זניחים בחום האגור של האגם (כאשר שטפי החום הנכנסים והיוצאים מאוזנים) והנשלטת רק על ידי תנאי הסביבה. הקשר בין טמפרטורת פני המים לבין טמפרטורת שיווי המשקל ניתן לתיאור על ידי יחס בין זמן המחזור הטיפוסי של האילוף הסביבתי (יום/עונה/סופה) לזמן התגובה התרמלי של האגם – הזמן האופייני להגעה לשיווי משקל, שתלוי לינארית בעומק האגם, בשכוב המאפיין אותו ובמהירות הרוח. לצורך בחינת התיאוריה המוצעת ואישושה, בחרנו לבדוק שנתיים של מדידות ישירות ברזולוציה גבוהה ובזמן-בשני אגמים סמוכים, המושפעים מקרינה ישירה ומאקלים ים תיכוני דומה מאד. האגמים שנבחרו מייצגים שני קצוות בתכונות פיזיות האופייניות לאגמים: הכנרת, אגם עמוק יחסית (40 ~ מטר) ואגמון החולה הרדוד (0.4 ~ מטר). תוצאות המדידות אישרו את הנוסחאות שפותחו, שכן הן מציגות שונות גדולה בין טמפרטורת פני המים לטמפרטורת שיווי המשקל ככל שסקאלת הזמן הסביבתית מתקצרת, וככל ששכוב האגם מעמיק. עקרונות אלו באו לידי ביטוי גם בגל חום חריג, אשר גרם לתמותה של מספר דגים גדולים באגם הרדוד בשל זמן התגובה התרמלי הקצר שלו, בעוד שבאגם העמוק הנזק נמנע, הודות לזמן התגובה התרמלי הארוך שלו. הביטויים המוצעים יכולים לספק תחזיות כלליות וטובות לטמפרטורות פני המים של אגמים בטווחי זמן שונים, בהתבסס אך ורק על מהירות הרוח ועומק האגם – משתנים זמינים בדרך כלל, הניתנים למדידה בקלות יחסית.

זיהוי מערכת קרסטית בין מחצבת יחיעם למעיינות כברי וניצולה להחזרת המים למעיינות

טל, ע., רופא, ב., גסר, ג., הניג, ש., קבליק, ת., הלפר, ח.

שירות הידרולוגי

מחצבת יחיעם ששימשה בעבר לכריית גיר מחבורת יהודה מיועדת כיום לקליטת שיטפונות מנחל הגעתון. במהלך הסדרת המחצבה לקליטת שיטפונות פרצו בה שני מעיינות ונגרמה פגיעה קשה בשפיעה של מעיינות כברי הנמצאים במרחק של כ-2.5-4 ק"מ. נמצא שהסיבה להתייבשות חלק ממעיינות כברי היא פגיעה במערכת המים הטבעית של המעיינות העוברת דרך מחצבת יחיעם. בהגיענו למחצבה מצאנו מעיין גדול בספיקה של כ-400 מק"ש שמימיו נבלעו כעבור כ-30 מטר חזרה לתת הקרקע ומעיין נוסף בספיקה של כ-150 מק"ש שגם מימיו נבלעו חזרה לתת הקרקע. ניסוי סמנים הראה שסמן יורנין שהוחדר במעיין הקטן יצא כעבור 20 שעות במעיינות כברי. הניסוי הראה שקיימת מערכת קרסטית המחברת בין מחצבת יחיעם למעיינות כברי, ושמי המעיין עדיין מגיעים למוצאם הטבעי במעיינות כברי. סמן נוסף שהוחדר במעיין הגדול לא הגיע למעיינות כברי. מכאן היה ברור שעל מנת לשקם את הספיקה במעיינות כברי היה צורך להעביר את מי המעיין הראשי לתוך המערכת הקרסטית. הבעיה הייתה לדעת היכן עוברת מערכת זו, באיזה עומק ואיך להגיע אליה. הדרך שנבחרה היא להשתמש במעיין "ישן" שנמצא במחצבה שבינתיים התייבש. ההנחה הייתה שאם מעיין זה פרץ מאותה מערכת הידרולוגית, היום כשהוא יבש, הוא יכול לשמש כמובל לאותה מערכת הנמצאת אי-שם בתת הקרקע. ניסוי סמנים נוסף שנעשה בפתחו של המעיין שהתייבש הראה שאכן המים שהוחדרו הגיעו למעיינות כברי. בעקבות הצלחת הניסוי נבנתה תעלת בטון הקולטת את מי המעיין הראשי ומביאה אותם לאתר ההחדרה בנקודת הנביעה שהתייבשה. המים נבלעים בתת הקרקע ופורצים במעיינות כברי. לאחר השלמת ההטיה, מעיינות כברי חזרו לשפוע בכמויות שהיו טרם פריצת המעיינות במחצבה. ניסוי סמנים נוסף שנעשה לאחר שכל מעיינות כברי התעוררו מצא שהסמן שהוחדר במחצבה יצא קודם במעיינות הקרובים יותר, צוף והשיירה ולאחר מכן במעיין שפע שהוא הרחוק ביותר ורק בסוף במעיין גיח שנמצא באמצע, תוצאה המראה על מורכבות הזרימה במערכת קרסטית.

הקשר בין פעילות חשמלית, עננות, גשם והאפשרות לחיזוי שטפונות

יניב, ר. (1,2), הוכמן, א. (1), חייקין, נ. (3)

(1) המכון למדעי כדה"א, האוניברסיטה העברית

(2) המרכז לחקר האקלים ובריאות הציבור, מכון גרטנר, שיבא תל השומר

(3) שטח פיזיקה, קמ"ג

אפיון האינטראקציה בין משתנים אקלימיים, מטאורולוגיים ומשקעים עם פעילות חשמלית באטמוספירה הוא אופציה לשיפור החיזוי בזמן אמת של אירועי מזג אוויר קיצוניים, כגון משקעים כבדים. מחקר זה מציג מדידות של השדה החשמלי וכמויות נצפות של ברקים במהלך פרקי גשם בדרום ומזרח ישראל. בנוסף, אנו מציגים עדויות להשפעת הגשם הישיר ולמעבר ענני סערה (Cumulonimbus) על השדה החשמלי, במטרה לזהות את החתימה החשמלית של שלבי מחזור חיי הענן לפני, בזמן ואחרי ירידת הגשם. מרכיב חדש במחקר הוא שילוב מדידות של ספיקת מים בנחלים, במטרה לבחון את הקשר בין הגשם המקומי לבין תגובת הנחלים באזורים שונים. בנוסף, אנו מציגים תוצאות ראשוניות המשלבות חיזוי אקלימי ואטמוספרי של אירוע השיטפון בנחל צפית – אחד האירועים הקיצוניים ביותר שהתרחשו בישראל ב-50 השנים האחרונות.

מה קורה כשמודל פיזיקלי לומד כמו AI? שימוש ב PEST++ לכיול מודל חיזוי שיטפונות

יצחק, י. (1), בן שבת, י. (2), פורת, י. (1)

(1) רשות המים, השירות ההידרולוגי
(2) EWRE הנדסת סביבה ומשאבי מים

מודלים פיזיקליים לחיזוי ההידרולוגי דורשים כיול מדויק של עשרות עד מאות פרמטרים פיזיקליים, מה שהופך את תהליך האופטימיזציה לאתגר חישובי מורכב. במסגרת פרויקט HYDRO5 לפיתוח מודל חיזוי שיטפונות ארצי הוטמעה מערכת PEST++ אשר מבצעת כיול ואופטימיזציה בצורה אוטומטית ומדויקת. בדומה ל"אימון" של רשתות נוירונים במודל AI אך על גבי מודל פיזיקלי "טהור". שיטות מסורתיות של כיול ידני או כיול באמצעות חיפוש גריד (Grid Search) דורשות זמן חישוב ארוך מאוד ומגבלות לתהליכים לינאריים. כך שההגעה לאופטימום ובוודאי לאופטימום גלובלי מאתגרת מאוד ולעתים קרובות גם לא אפשרית באופן מעשי. לעומתם השימוש ב PEST++-מאפשר הפחתה משמעותית של מספר הריצות לעומת שיטות כיול מסורתיות, שיפור בדיוק התחזיות בעקבות תהליך אופטימיזציה אוטומטי ולא רק כיול נקודתי של פרמטרים ושימוש באופטימיזציה מקבילית, מה שמאפשר חישובים יעילים יותר בניצול זמן חישוב. תהליך הכיול במערכת זו מבוסס שני שלבים: Global Sensitivity Analysis (GSA) לזיהוי הפרמטרים הקריטיים, ולאחר מכן שימוש בשני אלגוריתמים מתקדמים של PEST++ לצורך מציאת האופטימום: (1) Morris (1991) - שיטה מדורגת לפירוק השפעת הפרמטרים ולצמצום מספר הפרמטרים הלא-משפיעים ו-(2) Sobol (2001) - גישה הסתברותית מתקדמת לפירוק השונות ולזיהוי פרמטרים עם השפעות אינטראקטיביות. המודל כלל מספר פרמטרים גדול (מעל 250) שנדרש לכיול. לדוגמא: המוליכות ההידראולית של הקרקעות השונות, מקדמי חיכוך בערוצים ומקדמי חדירות הקרקע. פרמטרים אלו הוגדרו ברשתות חישוב שונות. מערכת ה- PEST++ שהותאמה למודל הריצה את רשתות החישוב עשרות אלפי פעמים. בשלב הראשון לשם צמצום מספר הריצות הנדרשות להגעה לערכים אופטימליים, תוך שימוש באסטרטגיות ניתוח רגישות ואופטימיזציה אדפטיבית ובשלב השני לצורך הגעה לאופטימום הגלובלי. לאורך התהליך נראה שהשימוש ב-PEST++ הראה שיפור משמעותי ביכולת הכיול של מודלים פיזיקליים מורכבים. התחזיות שהופקו באמצעות המודל החדש הציגו רמת דיוק גבוהה יותר מאשר גרסאות קודמות של המודל ההידרולוגי. תוצאות המחקר מצביעות על כך שהתהליך אינו רק שיפור אינקרמנטלי אלא שינוי מהותי בגישה לכיול ואופטימיזציה של מודלים הידרולוגיים, אשר עשוי להיות רלוונטי גם לתחומים נוספים כמו חיזוי שינויי אקלים וסימולציות של תהליכים גיאופיזיים.

מה שהיה – לא יהיה, עתידו המשתנה של אקוויפר החוף

יצחק, י., לומלסקי, ס., לבשיץ, י.

רשות המים, השירות ההידרולוגי

אקוויפר החוף של ישראל הוא אחד ממקורות המים המרכזיים במדינת ישראל. אף על פי כן, האקוויפר נתון לאיומים משמעותיים בשל שינויים אקלימיים, התפתחות אורבנית וגידול האוכלוסייה. מטרת העבודה היא לנתח את דפוסי ההעשרה של האקוויפר, לבחון את ההשלכות של תהליכים אלו ולפתח תחזיות ארוכות טווח לתכנון משק המים. במסגרת העבודה בוצעה בחינה היסטורית של סדרות הזמן לגשמים, דליפות אורבניות ונתוני השקיה מאז אמצע המאה ה-20. לשם כך, נעשה שימוש במודלים ההידרולוגיים המבוססים על נתוני תחנות גשם, הדמיות לוויין ומידע קרקעי. בנוסף, הוערכו ההשפעות של שינויי אקלים והצטמצמות שטחים טבעיים על שיעורי ההחדרה, תוך שימוש במודלים אקלימיים מסדרת CIMP6. על בסיס הנתונים ההיסטוריים ותחזיות האקלים פותח מודל משולב: הידרולוגי-אורבני-חקלאי. בעזרת מודל זה בחנו הן את מגמות העבר והשפעות גורמים שונים על ההעשרה לאקוויפר והן את התחזיות לעתיד. במסגרת העבודה נבחנו גם השיטות לבחינת ההעשרה בהן נעשה שימוש בעבר. תוצאות העבודה מעלות את המסקנות הבאות: (1) הפרדה בין רכיבי המילוי החוזר היא קריטית לצורך מידול מדויק והרצת תרחישים; (2) זוהתה ירידה בהעשרה ישירה ממשקעים בעקבות צמצום היקף השטחים הפתוחים ומגמות המשקעים; (3) זרימות תת-קרקעיות ממערכות אספקת מים עירוניות מהוות רכיב משמעותי שלא נלקח בחשבון במודלים קודמים. רכיב זה הופך לאורך השנים לרכיב מפתח; (4) השינויים בהיקף החקלאות צפויים להשפיע על היקף המילוי החוזר בשיעור נמוך משמעותית מזה שהוערך בעבר. אקוויפר החוף הוא האקוויפר היחידי בישראל בו בטווח הארוך לא צפוי אובדן אוגר משמעותי. אולם, זאת במחיר שינוי דרמטי בתמהיל המים הנכנסים לאקוויפר. שינוי אשר החל כבר לפני מספר עשורים. ממצאי המחקר מצביעים על הצורך בגישה משולבת לניהול האקוויפר, הכוללת התחשבות ברכיבים חדשים של העשרה ושיפור המודלים הקיימים. ביצוע עבודות מקבילות אשר יאפשרו לקבל תמונה מדויקת יותר על היקפי ומיקומי הדליפות האורבניות ואימות תוצאות העבודה בשיטות נוספות. בנוסף, ההשלכות ההנדסיות של עליית מפלס מי התהום עקב חדירת מי הים והשפעות תהליכי המלחה דורשות התאמות בתשתיות עירוניות ובמשטר הניהול של משק המים.

מדידה של מהירות מים וקביעה של ספיקת מים, מקדמי חספוס, ועקומי רום ספיקה, בתחנות נבחרות של השרות ההידרולוגי (בשיטת LSPIV)

כחולי, ת. (1), חלפי, ע. (2), באב"ד, א. (2), לרון, י. (1)

(1) אוניברסיטת בן גוריון בנגב

(2) מו"פ מדבר וים המלח

ספיקת מים מחושבת על ידי המכפלה של שטח החתך הרטוב במהירות הזרימה הממוצעת של המים. את שטח החתך הרטוב ניתן לחשב בדיוק רב בהתבסס על מדידות חוזרות של חתך הרוחב ובהנחה שהחתך אינו משתנה משמעותית במשך אירוע זרימה. אולם, המשתנה המורכב והבלתי מדויק בחישובי ספיקת מים בנחלים הוא מהירות המים בשיטפונות. במחקר חדשני זה, נעשה שימוש בשיטת Large Scale Particles Image Velocimetry (LSPIV) אשר יושמה לראשונה, בנחלי אכזב למדידה רציפה של מהירות פני מים. תוצר השיטה הוא שדה מהירויות דו ממדי ממנו מחושבת המהירות הממוצעת של פני המים. ארבע תחנות LSPIV בעלות מקדמי חספוס שונים הוקמו בסמוך לתחנות נבחרות של השרות ההידרולוגי. התחנות מהתלול והגס-גרגר למתון והחולי הן: ערוגות, רמון, צין ושקמה. בתחנות אלו חישובנו את ספיקת המים ברומים שונים ואת השינוי המרחבי והעיתי של מקדם החספוס (Maning). במהלך המחקר תועדו שישה אירועי שיטפון. תוצאות המחקר מדגישות את היתרונות ואת המגבלות של השימוש בטכנולוגיית LSPIV למדידה בתנאי שיטפונות בזק. כצפוי, נמצאה שונות גבוהה במהירות זרימת המים, בין הערוצים ובין חלקים שונים של ערוץ נתון. הממצאים מספקים תמונה ברורה על התפלגות הזרימה בפני המים לאורך חתך הרוחב של הערוץ ומדגישים את חשיבות ההבנה המרחבית של דינמיקת הזרימה. חישובי ספיקת המים סיפקו תובנות על דינמיקת הזרימה והשתנות התשתית בזמן השיטפון. למשל, זוהתה השקעת סדימנטים ששינתה את הגיאומטריה של החתך הרטוב וכתוצאה מכך – את מהירויות פני המים ואת חישובי הספיקה. השוואה לחישובי הספיקה של השרות ההידרולוגי הראתה התאמה כללית טובה, אך עם הבדלים משמעותיים בשלבי העלייה והשפילה הרדודים. באמצעות הנתונים שנאספו נבנו עקומות רום ספיקה לארבעת הנחלים. עקומות אלו מהוות כלי לחיזוי ספיקה בתנאי שטפון עתידיים ומספקות בסיס לשיפור מודלים הידרולוגיים באזורים צחיחים. מקדם החספוס הוא המשתנה בעל אי-הוודאות הגדולה ביותר בחישוב ספיקת מים. כצפוי, מקדם החספוס ירד עם העלייה בעומק המים. לדוגמה, בנחל שיקמה מקדם החספוס ירד מ-0.12 בזרימות רדודות ל-0.08 בזרימות עמוקות יותר. מגמה זו מעידה על עלייה ביעילות הזרימה בתנאים של עומק מים רב יותר. יחד עם זאת, בערוצים סלעיים כמו נחל ערוגות, נצפו חריגות מהמגמה הכללית, ככל הנראה בשל מבנה קרקעית לא אחיד וריכוז גבוה של בולדרים.

ניטור ודיגום מי שיטפונות – מועצה מקומית תעשייתית נאות חובב

לבנון, א., טל, ג., ענבר, א., דבורי, נ.צ.

אתגר א. הנדסה בע"מ

מרחב נאות חובב נמצא בתחום אגן הניקוז של נחל הבשור, ובתחומו מספר עורקי ניקוז המהווים יובלים של נחל באר שבע, כאשר העיקריים שבהם הם נחל סכר ונחל חובב. שיטפונות עונתיים באגני נחלים אלה מנקזים אתרים שעלולים להיות מזוהמים, בעיקר בעקבות פעילות תעשייתית. עבודות ניטור קודמות שנערכו באזור על ידי המועצה התעשייתית, הראו כי ביציאתם מאזור נאות חובב, בעיקר בתחילת אירוע השיטפון ובסופו, המים היו בעלי ריכוזים גבוהים של מלחים (בעיקר כלור, סולפט, נתרן, אשלגן, סידן ומגנזיום), מתכות, ותרופות אורגניות נדיפות וחצי נדיפות. מחקרים קודמים מראים שהמנגנון האחראי לזיהום מי השיטפונות הינו עליה קפילרית של מלחים מסיסים אשר מקורם במי התהום המזוהמים.

ניטור שיטפונות בנחלים סכר וחובב מתבצע לאור החשש כי מי שיטפונות אלה יזהמו את מאגרי הבשור ואת אקוויפר החלוקים שבמורד אגן הניקוז במזוהמים שמקורם בפעילות שהתקיימה או מתקיימת כיום במרחב נאות חובב. במסגרת תכנית ניטור למי שיטפונות במועצה המקומית התעשייתית נאות חובב הוקמו בשנת 2022 שתי תחנות דיגום אוטומטיות באגני הניקוז של נחל חובב ונחל סכר. שיטת הדיגום, אשר כללה הצבת דוגם אוטומטי בנחלים, הוכחה כיעילה בחורף 2022-2023 שבו התרחשו 7 אירועי שיטפון בנחל סכר ו-3 בנחל חובב. כמו כן, תוכנית הניטור כוללת דיגומי רקע במספר נקודות מפתח בשטח המועצה ומחוצה לה.

תוצאות הדיגום במהלך השנים 2022-2024 מצביעות על תובנות וממצאים חדשים בנוגע למערכת הזרימה וההשפעות על איכות המים במי השיטפונות בנחלים בתחום המועצה.

מיפוי תמלחות מתחת לקרקעית הכנרת בעזרת טומוגרפיה גיאושמלית ימית

לוי, א. (1), שטיין, ש. (2), שלו, א. (3)

(6) המכון הגיאופיזי לישראל

(7) המכון לחקר ימים ואגמים בישראל

(8) המכון הגיאולוגי

הכנרת הינה אגם המים המתוקים הגדול בישראל ומהווה אחד ממקורות המים הטבעיים החשובים בה, לכן איכות המים באגם ומליחותו משפיעה באופן ישיר על הפקת המים בישראל.

סביב הכנרת נמצאים מספר מוקדי המלחה ידועים שהחל משנות השישים של המאה הקודמת מוסטים למוביל המלוח, דבר שהוביל ירידה משמעותית במליחות האגם. אולם גם אחרי ההסטה הנ"ל מליחות האגם גבוהה ביחס למי הנחלים שנכנסים לכנרת ונראה שעדיין יש כניסת מלחים גדולה לאגם ממקורות לא מנוטרים.

במיפוי גיאופיזי משנת 1998 נמצא כי בעומק של 20 מטר מתחת לקרקעית האגם רוב השטח רווי במים מלוחים, וישנן נקודות מסוימות באגם ובחופיו בהן המליחיות מגיעות לעומקים רדודים של 5 מטרים, כאשר האנומליות הגדולות בדרום האגם מרוכזות בין האון לחוף שלדג וכן באזור חמי טבריה.

בעבודות משלימות שבוצעו בחופי האגם בהן נבדקה מליחות מי התהום מבורות רדודים ונמצא כי ישנם חופים בהן המליחות מי התהום גבוהה מאוד ומתקרבת למליחות של מי ים כאשר המליחות הגבוהה ביותר נמדדה בחופי האון, שלדג וחמי טבריה.

לצורך הבנה טובה יותר של התפרסות התמלחות תחת קרקעית הכנרת בוצע בינואר 2025 סקר גיאושמלי ימי בשיטת הטופוגרפיה הגיאושמלית הימית לאורך 80 ק"מ בדרום האגם ובמקביל לכל חופי הכנרת.

תוצאות ראשוניות מאמתות את הנתונים הקודמים, אך בנוסף מתקבל מיפוי ברזולוציה גבוה של האנומליות הקיימות בדרום האגם וכן מיפוי מדויק של האזרים בהם ישנה מליחות גבוה בחופים.

בין חוף האון לחוף שלדג קיימת אנומלית התנגדות חשמלית נמוכה בכיוון כללי מזרח – מערב ברוחב של כ- 500 מטר אשר מפורשת כאזור הרווי במים מלוחים.

קידוחים רדודים בחופי הכנרת מתוכננים לאמת את ממצאי הסקר החשמלי ולוודא שמקור האנומליה החשמלית הוא מליחות מי התהום.

אקוויפר ההר הצפון-מזרחי – תובנות ראשונות מהמודל המשולב לאגן

לומלסקי, ס. (1), גוטמן, י. (2), יצחק, י. (3)

- (1) ייעוץ הידרוגיאולוגי SLG
(2) ייעוץ הידרוגיאולוגי J.G.H
(3) רשות המים השירות ההידרולוגי

אקוויפר ההר הצפון-מזרחי הוא אחד מהמערכות ההידרוגיאולוגיות המורכבות בישראל. האזור מאופיין בשלושה תתי-אקוויפרים עיקריים (יהודה, איאוקן ואלובים), קשרים הדוקים בין מאגרי מי תהום, מערכת העתקות גיאולוגיות משמעותיות, ושאיבה מסיבית בצד הישראלי והפלסטיני. דינמיקות אלו מחייבות שימוש בגישה משולבת של מודלים נומריים לחקר זרימת המים וקביעת מדיניות ניהול עתידית. לאורך ארבע השנים האחרונות הוצב וכיל מודל משולב לשם חקר האקוויפר וניהולו כמקור מים בר קיימא. העבודה כוללת מודל נומרי הידרוגיאולוגי, המשלב מודל גיאולוגי מפורט, מודל זרימה תלת-ממדי ומודל מילוי חוזר הידרומטאורולוגי. כיול המודל התבסס על ניתוח מאזני מפורט והשוואת נתונים היסטוריים במאות קידוחים ומעיינות. עד כה בוצע כיול סטטי שנועד להעניק הבנה מדויקת על תנועת המים ולהוות כלי ניהולי לצורך בחינת תרחישי שאיבה. בימים אלו מושלם תהליך הכיול הדינמי לצורך בחינת תרחישי פיתוח ושינויי אקלים ארוכי טווח. הצבת המודל כללה פריצת דרך בהבנת הדינמיקה של היחידות ההידרולוגיות באקוויפר בדגש על התובנות הבאות: (1) המבנה הגיאולוגי – האגן למעשה כולל שני אגני משנה, מזרחי ומערבי המחולקים למספר תתי אקוויפרים בעלי עובי משמעותי מזה שהוערך עד כה; (2) משטר הזרימה – המבנה הגיאולוגי ומערכות ההעתקים המשולבות יוצרים גראבנים והורסטים המכתיבים את מסלולי הזרימה ממערב למזרח, תוך יצירת קישוריות לא אחידה בין תתי-האקוויפרים; (3) זרימות בין-אגניות ומאזני מים – נמצא קשר הדוק בין הפקת מים בשולי האקוויפר להשפעות על אזורי נביעה, במיוחד באזורי המעיינות בצפון; (4) תפקידו של המילוי החוזר – תהליכי חלחול וקליטת מים משתנים משמעותית בהתאם לסוג הקרקע, לכיסוי הגיאולוגי ולטופוגרפיה, בדגש על תהליכי מילוי חוזר נפרדים דרך סוגי התווח השונים: המסלע הטבעי במדרונות, ערוצי הנחלים ועמקים סגורים; (5) אי-ודאות ואופטימיזציה של מודלים – השימוש בשיטות מתקדמות לכיוול מודלים מאפשר הערכה מדויקת יותר של ההשפעות ההידרולוגיות, אך מצריך התאמות בין המודלים לבין תצפיות השדה. סקירת העבודה כולה מציגה את הדילמות המרכזיות בניהול מקורות המים של האקוויפר תוך שימוש במודל ככלי מרכזי לקבלת החלטות וניהול הלחצים על מקור המים כגון שאיבה פיראטית, שינוי אקלים ופיתוח חקלאי.

השלכות שינוי תפעול (הפסקת השאיבה) באקוויפר החוף של עזה על אקוויפר החוף הישראלי

ליבשיץ, י., יצחק, י., לומלסקי, ס.

רשות המים, אגף הידרוגיאולוגיה

אקוויפר החוף ברצועת עזה מהווה חלק מאקוויפר החוף המתחיל בחופי סיני ומסתיים באזור הכרמל. במצב טבעי מי התהום באקוויפר החוף זורמים ממזרח למערב. במצב זה לאורך הגבולות הצפוניים והדרומיים של הרצועה התקיימו גבולות הידרולוגיים ברורים דרכם לא היו כניסות/יציאות של מים. כך שבמצב טבעי מי התהום נכנסו לאקוויפר החוף של עזה רק מכיוון מזרח, דרך השוליים המזרחיים של אקוויפר החוף המצוי בשטח ישראל. בשנות השלושים של המאה הקודמת (מצב טבעי) סך הכניסות הוערכו בכ – 75 מלמ"ק לשנה, מתוכם כ- 25 מלמ"ק המגיעים בזרימה ממזרח (מים במליחות גבוהה) וכ- 50 מלמ"ק המגיעים כמילוי חוזר מהגשם הישיר היורד בשטח הרצועה. ערב מלחמת חרבות ברזל דיווחה רשות המים הפלסטינאית על מילוי חוזר כולל של כ – 100 מלמ"ק לשנה מתוכם כ- 75 מלמ"ק מדליפות ולא ממים טבעיים. זאת במקביל להפקה שנתית של כ- 240 מלמ"ק באמצעות כ- 4,000 בארות הפקה רשמיות ופיראטיות. הכרייה האגרסיבית של כ- 140 מלמ"ק לשנה מהאוגר התפעולי במקביל לכניסה של מים מזוהמים ממערכות הביוב הובילה לכך שמי התהום במרבית שטחה של הרצועה הזדהו, נוצרו שקעים עמוקים עד רום של 15- מ' בעיקר באזורים הצפוני והדרומי של הרצועה והתפתחה זרימה ישירה של מי-ים לתוך האקוויפר. למעשה, נכון לשנת 2022 היקף חדירה של מי הים הוערך בכ- 50 מלמ"ק לשנה. במקביל זרימת מים מליחים ממזרח גדלה עד כ- 40 מלמ"ק. כאשר הרכיב השפיר כמעט היחיד הוא משיכת מים שפירים מחלקו הפעיל של אקוויפר החוף הישראלי המוערכת בכ- 10 מלמ"ק. במסגרת העבודה הנוכחית נבחנה השפעת הפסקת הפקה בחלקה הצפוני של הרצועה על אפשרות חדירת מים מזוהמים מצפון הרצועה לאקוויפר החוף הישראלי. הבחינה נעשתה באמצעות הרחבת מודל הזרימה של אקוויפר החוף לחלקו הצפוני של רצועת עזה. מתוצאות העבודה עולה שבהנחה של הפסקת הפקה ברצועה, תוך שמירה על אופן תפעול "רגיל" של אקוויפר החוף בצד הישראלי, צפויה ירידה בכמויות המים השפירים שנכנסים לרצועה מגבולה הצפוני לכ- 5 מלמ"ק כבר במהלך השנה הראשונה לאחר הפסקת ההפקה. עם זאת, במצב הנוכחי (ללא שאיבה פעילה בחלקה הצפוני של הרצועה) משטר הזרימה בגבול בין ישראל לרצועה צפוי להשתנות, ועד שלושה מלמ"ק של מים שפירים באיכות גבוהה צפויים להיות "מוחלפים" במים מזוהמים מכיוון האקוויפר העזתי. למעשה יציאה משמעותית של כ- מלמ"ק אחד של מים מזוהמים מהרצועה צפויה להתחיל כבר בשנת 2028.

המתקן ושברו – חקירת מתקן טיפול אגני לניהול נגר וסחף באגן נחל יבנאל

לסקה, ד. (1), ויטנברג, ל. (2), רונן, א. (1), סנדלר, מ. (2), לוטן, א. (2)

(1) משרד החקלאות וביטחון המזון

(2) אוניברסיטת חיפה

אגן נחל יבנאל (כ-105 קמ"ר) מתאפיין בשימושי קרקע מגוונים, שטחים חקלאיים נרחבים, שטחים פתוחים ובשטח מבונה. לאגן טופוגרפיה תלולה היוצרת ערוצי ניקוז רבים, הסוחפים יחד עם הנגר העילי כמויות ניכרות של קרקע מהשטחים החקלאיים במעלה. במהלך השנים האזור סבל ממספר אירועי גשם קיצוניים שגרמו לסחף ואובדני קרקע משמעותיים. במטרה להתמודד עם אירועים אלו, למתן את מהירות הזרימה וללכוד את הסחף, הקימה רשות ניקוז כנרת מתקן הנדסי הכולל סדרה של תשע ברכות ויסות בערוץ משנה של נחל יבנאל. המתקן סוכם תת-אגן המחולק לשני אגני משנה בשטח 1.4 קמ"ר ו-7.4 קמ"ר. הרכב השטח במעלה המתקן כולל שטחים חקלאיים (42%), 45% שטח טבעי לא מופר ו-11% שטח בנוי הכולל את אזור התעשייה קדמת גליל, קיבוץ לביא וכבישים. במטרה לבחון את תפקוד המתקן, יעילותו והשפעתו הסביבתית עלה הצורך בבחינה שיטתית של פרמטרים תפקודיים. כחלק מהערכה זו גובשו מטרות המחקר: בחינת כמויות הסחף היוצאות מהאגן, הערכת התפקוד ההידרולוגי, בחינת ההשתקמות האקולוגית, פיתוח מודל קישוריות הידרומורפולוגי דינמי להערכת מקורות הסחף ומיקסום פעולות שימור קרקע במרחב וניתוח עלות-תועלת לבניית המתקן. מערך המחקר כלל שלוש תחנות הידרומטריות שמוקמו במעלה ומורד הברכות, הוצב דוגם רחופת כדי להעריך את יעילות הברכות בעצירת סחף, נערכו מיפויי רחפן למדידת נפח הסחף הנעצר בברכות ונערכו סיקרי צומח אקולוגיים. אחד מהאתגרים המשמעותיים שהתגלה במהלך המחקר היה יצירת עקומי רום-ספיקה בערוצי הזרימה הטבעיים באגן, כיוון שאינם עומדים בתנאי חישוב משוואת מנינג הן בשיפוע והן ברוחב הערוץ. מדידת נפחי הסחף ע"י רחפן נמצאה מאתגרת גם כן, כתוצאה מעליית צמחייה ומהמבנה החרסיתי של הסחף שגרם לתופעה משמעותית של תפיחה והתכווצות. בתאריך 23.12.2023, לאחר שלוש שנות מחקר, התרחש באזור אירוע גשם חריג של 140 מ"מ שהוביל לקריסת המתקן ולחקירת אירוע על פי ממצאי המחקר שבידנו.

פיתוח ושיקום תעלת הירדן המזרחית: מודל אינטגרטיבי לניהול שטחים פתוחים.

מחלום למציאות מבוססת מודל הידראולי

לץ, א. (1) , חותה, ע. (2) , ילז, א. (3)

(1) גיאוטבע יעוץ סביבתי
(2) קרן קיימת לישראל
(3) רשות ניקוז ונחלים כינרת

פארק התעלות נמצא בלב עמק החולה בין מורדות הגולן ורמות נפתלי ובליבו תעלת הירדן המזרחית. התעלה המזרחית מהווה רכיב מרכזי במערכת האקו-הידרולוגית של עמק החולה ומשמשת כאפיק ניקוז מרכזי. במקביל, היא נושאת פוטנציאל רב לפיתוח אתרי טבע קולטי קהל ותיירות אקולוגית, אשר עשויים לתרום לכלכלת האזור ולחיזוק מודעות הציבור לערכי הטבע והמורשת. תכנית פארק התעלות מבוססת על מספר תוכניות אב אזוריות כגון תכנית "לייף" למקורות הירדן בחסות ה-EU (2009), תכנית אב לשטחים פתוחים של המועצות האזוריות הגליל העליון ומבואות החרמון (2020), תכנית מכון דש"א לניהול מבקרים בתעלה המזרחית (2020) ומובלת על ידי מנהלת נחלים ושטחים פתוחים שבגליל העליון. במסגרת זו, התוכנית שואפת לשיקום ול-"ריפוי" של תעלת הירדן ובכך לשפר את שירותי המערכת של הנחל להתמודדות עם אתגרי הניקוז באזור, מניעת הצפות, קידום החקלאות לצד פיתוח אתרי טבע ותיירות בממשק עם אתרי טבע במרחב כולו, תוך יצירת איזון בין שימור ופיתוח בר-קיימא. המתודולוגיה התכנונית כוללת ניתוח תהליכים הידרולוגיים-מורפולוגיים-אקולוגיים בעמק החולה לצד תכנון פרוגרמה תיירותית המותאמת למאפייני השטח ולצורכי ציבור המבקרים. חלופות התכנון נבחנות בקפידה בצוות תכנון משולב הכולל מרכיבי רקע בכל דיספלינה (הידרולוגיה-אקולוגיה-נוף) והתכנון הפיזי עובר בקרה הידראולית על ידי מודל מרחבי להערכת כושר ההולכה ועמידות התכנון ביחס לספיקות הרצויות. תוצאות ראשוניות מאפשרות להשוות את אופי חלופות התכנון על בסיס קביעת חתכים ואלמנטים אופייניים על פי השפעתם על מהירויות הזרימה ומאמצי הגזירה לאורך מקטעי התכנון ולהבין את ההשפעות ההידראוליות על אזור הפיתוח. בנוסף, תצפיות שדה הנאספות מדי תקופה משמשות לאימות התכנון לנוכח השפעות הסביבה הטבעית ובכך ליישם את מדיניות תכנית האב מדי עונת פיתוח מעונה לעונה בין מקטע למקטע. לסיכום, התוכנית מדגישה את החשיבות שבשימור ושיפור שירותי המערכת האקולוגית של תעלת הירדן המזרחית לרווחת התושבים והמבקרים בתעלה. שיתוף פעולה בין גורמי הניקוז, התיירות, החקלאות והתושבים המקומיים יבטיח את מימוש הפוטנציאל של התעלה כמוקד של איזון בין שימור, פיתוח ותועלת ציבורית.

ניטור דינמיקת המים בקרקעות הטרוגניות לא רוויות עם מערכת רשת עצבית מונחת פיסיקה (PINN) ומדידות גאו-חשמליות עוקבות בזמן

מורנו, ז., שאקר, ג'.

מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני

אפיון התכונות ההידראוליות של הקרקע הינה משימה בעלת חשיבות עליונה ביישומים חקלאיים והידרולוגיים. עם זאת, הטרוגניות הקרקע, המתבטאת בעיקר בשינויים חריפים במוליכות ההידראולית במרחב, מהווה קושי ממשי בהערכה וחיזוי דינמיקת המים בתת הקרקע. שיטות ניטור קונבנציונאליות הינן פולשניות, יקרות, ומסוגלות לספק מידע מרחבי בעל היקף מצומצם ועל כן אינן יכולות לתאר כנדרש את מצבה הטיבעי של תת הקרקע. בניגוד לשיטות דיגום קונבנציונאליות, טומוגרפיה חשמלית (ERT) הינה שיטה גאופיזית המסוגלת לספק מידע נרחב, רציף, זול ולא פולשני על תת הקרקע. בבסיס השיטה, מפות דו ממדיות של המוליכות החשמלית של תת הקרקע מושגות על ידי מדידות חשמליות שמבוצעות בפני השטח. את המוליכות החשמלית ניתן להמיר לתכולת רטיבות דרך קשרים הידרו-חשמליים שכווילו ספציפית לאתר. על פי רוב, כיוול הקשרים ההידרו-חשמליים מבוצע על ידי איסוף דוגמאות ומדידת המוליכות החשמלית בתנאי רוויה שונים. אפס, קבלת הטומוגרמה החשמלית ממדידות גולמיות דורשת לפתור את הבעיה ההפוכה (inverse problem) שהינה בבסיסה פונקציית בעיה חולה (ill-posed problems) המלווה בשגיאות והחלקת סטרוקטורת תת הקרקע. בנוסף, הרזולוציה המרחבית של הטומוגרמה נקבעת מהמרחקים בין האלקטרודות המוצבות בפני השטח ובכך הפתרון שמתקבל הינו עבור נפח קרקע המשתנה במרחב. דבר זה עלול לגרום לסטיות משמעותיות כאשר ממרים את הטומוגרמה החשמלית לתכולת רטיבות עם קשרים הידרו-חשמליים שכווילו בנפח דגימה אחר. מחקר זה בחן את ההתכנות של שיטת לימוד מכונה מסוג "רשתות עצביות מונחות פיסיקה" (Physics-Informed Neural Networks; PINN) לאפיון המוליכות ההידראולית והקשרים ההידרו-חשמליים בסקלות מרחביות שונות, תוך כדי ניטור דינמיקת המים בקרקעות הטרוגניות, עם מדידות גאו-חשמליות עוקבות בזמן. לצורך כך, סימולציות נומריות בעלות רזולוציה מרחבית גבוהה המתארות חידור מים לקרקע הטרוגנית שימשו כמקרה בוחן. סקרים גאו-חשמליים סינטטיים עוקבים בזמן ובעלי מרווחי אלקטרודות הגדולים פי 10 מרזולוציית המודל בוצעו על מנת לספק טומוגרמות חשמליות. הטומוגרמות החשמליות הוזנו למערכת ה-PINN אשר בתורה סיפקה מפות דו ממדיות של המוליכות ההידראולית, הקשרים ההידרו-חשמליים, ותכולת הרטיבות, תוך כדי תהליך החידור. מערכת ה-PINN שיחזרה בדיוק מירבי את שדה המוליכויות ההידראוליות והקשרים ההידרו-חשמליים. תבניות ההרטבה שוחזרו עם שגיאה ממוצעת של 3%. מערכת ה-PINN הפחיתה את השגיאה בתכולת הרטיבות ביותר מ-30% בהשוואה לפרקטיקה המקובלת בה הטומוגרמות החשמליות מומרות ישירות לתכולת רטיבות עם קשרים הידרו-חשמליים ידועים והומוגניים במרחב.

עדכון ושדרוג מודל הזרימה לאגן הנגב, הערבה וסיני – כיול המודל

מטמון, ד. (1), צוריאלי, א. (2), קרויטורו, ל. (1), בר נוי, נ. (1), יצחק, י. (2), ליבשיץ, י. (2)

(1) אקולוג הנדסה בע"מ

(2) רשות המים

העבודה הנוכחית מהווה עדכון ושדרוג למודל הזרימה לאגני הנגב, הערבה וסיני עבור האקוויפרים המרכזיים באגן: כורנוב, יהודה, והמילוי, והצבת מודל אחד לכלל היחידות ההידרוגיאולוגיות. במסגרת העדכון והשדרוג הורחב המודל גם כלפי דרום ומערב לתחומי סיני וצפונה עד דרום הר חברון וצפונית לאזור באר שבע. בשלב ראשון, עודכנה גיאומטריית המודל, באמצעות בנייה מחדש של הסטרטיגרפיה על פני כל שטח המודל. שלב זה כלל איסוף ועיבוד נתונים של גג חבורות כורנוב ויהודה כולל העתקים ראשיים, וחלוקה פנימית של חבורת יהודה לתתי אקוויפר בכל שטח המודל. רשת המודל הנוכחי כוללת שמונה שכבות, (ביחס לשש שכבות במודל הקודם), זאת בכדי לייצג את החלוקה הפנימית של חבורת יהודה לתתי אקוויפר עליון ותחתון. בשלב השני, הוצב מודל הזרימה כאשר נתוני הקלט למודל כללו הצבה של מספר פרמטרים: תנאי גבול, מילוי חוזר מגשם, מפלסים התחלתיים להרצה, פרמטרים הידראוליים ליחידות השונות, מחסומים הידראוליים לאורך העתקים ונתוני הפקה. בהצבת תנאי גבול של שטף ומילוי חוזר הוכנסו סדרות גשם מלאות לתקופת ההרצה 1974-2020. הצבת נתוני קלט לכיול כללו נתוני מפלסי מי תהום ומיפוי שדות הקידוחים. סה"כ עבור שלושת האקוויפרים הוצבו נתוני מפלסים מ-621 קידוחים ב-54 שדות קידוחים. תהליך הכיול כלל התאמה של נתוני מפלסי מי תהום מחושבים במודל למפלסים מדודים מקידוחים עבור 446 קידוחים בשלושת האקוויפרים, זאת תוך שמירה על המאזנים שנקבעו בשלבי העבודה הקודמים ותואמים לידע הקיים היום. עבור כל קידוח הוכן גרף כיול המציג את ערכי המפלס לאורך תקופת הכיול ביחס למדידות המפלס בתקופה זו. עבור 70% מהקידוחים חושבו השגיאות בין ערכים מחושבים למדודים בקידוח על פי פונקציית המטרה RMSE. עבור כל שדה קידוחים באקוויפר ספציפי חושבה השגיאה הכוללת לשדה הקידוחים וכן חושבה השגיאה הכוללת ליחידה האקוויפרית כולה. תהליך הכיול כלל שינוי והתאמה של הפרמטרים העיקריים: תנאי גבול של שטף או עומד בהתאמה למודל הקונספטואלי ולערכי המאזן המקובלים בעבודות קודמות, מילוי חוזר מגשם במחשופים, אגני ניקוז ונחלים, קיום מחסום הידרולוגי וערך מוליכות המחסום, מוליכות הידראולית של האקוויפר והנקבוביות האפקטיבית (Specific Yield). איכות הכיול הוצגה ברמת היחידה האקוויפרית, ברמת שדות הקידוחים וברמת הקידוח הבודד. הכיול ברמת האקוויפר טובה מאד, וברמת שדות הקידוחים איכות הכיול טובה ב- 80-90% משדות הקידוחים. המודל מוכן להרצות תרחישים עתידיים שיכללו בין היתר, השפעת המשך הפקה בקידוחים קיימים, הגברת הפקה בקידוחים הקיימים, תוספת הפקה בקידוחים מתוכננים ופיתוח שדות הפקה נוספים בדגש על האקוויפרים הרגיונליים של חבורות יהודה וכורנוב.

תכנית אב לקולחים למדינת ישראל - נתונים ואתגרים

מיגמי, א.

נכון לשנת 2020 זרמו בנחלים עודפי קולחים בהיקף של כ- 70 עד 90 מלמ"ק (כולל מים שהוקצו למטרת טבע). קצב הגידול בתפוקת הקולחים עומד על כ- 12 מלמ"ק בשנה.

רשות המים הכינה תכנית אב לניצול קולחים למדינת ישראל לשנת 2050 עם תחזיות ארוכות יותר (2075).

עקרונות התכנית הם חיבור והולכת קולחים מאזורי היצור לאזורי האספקה.

צריכת הקולחים תהיה בעדיפות ראשונה קרוב לאזור היצור, ועודפים יוזרמו לשני אזורים עיקריים: העמקים המזרחיים והנגב.

עלות התכנית כ-5.3 מיליארד שקל בפריסה על פני הזמן.

המימוש יהיה באמצעות התארגנויות של אגודות מים לספקים מרחביים שיזכו למענק של 70% עד 85%.

התכנית הוצגה בכנס שיתוף ציבור במרץ 2023 ותובא לשיפוט לאחר סיכום עם האוצר.

בהרצאה יוצגו עיקרי התכנית ההנדסית והאתגרים למימוש.

Sequestration of Desalination Brine and CO₂ in Saline Coastal Aquifers

נוימן ולהיימר, ר. (1), רוזנצווייג, ר. (2), רזניק, א. (2), שטיין, ש. (3), לזר, ב. (4), סיון, א. (1)

(1)אוניברסיטת בן גוריון בנגב

(2) המכון הגיאולוגי

(3) ימים ואגמים לישראל

(4) האוניברסיטה העברית

Carbon dioxide (CO₂) emissions from burning fossil fuels for energy are increasing globally and is one of the main factors causing climate change and sea level rise. Additionally, Reverse Osmosis (RO) desalination, which is one of the leading technologies for coping with the increasing water demand, produces about 0.4-6.4 kg CO₂-eq m⁻³. Furthermore, the RO process also pollutes the environment with the rejected brine generation and its subsequent discharge into the near-shore environment. The environmental hazards of producing potable water through RO desalination must be mitigated for sustainable water and energy nexus operation. In this work, we suggest mitigating these environmental hazards by saturating the brine with CO₂ from an adjacent power plant and injecting it into the saline part of the confined coastal aquifer. The CO₂-saturated brine solution would sink to the bottom of the aquifer due to its higher density than its surroundings and may also react with the host rock to form carbonate minerals. That may serve as a sequestration method for storing CO₂ for a long time scale and eliminating the environmental impact of brine discharge to the nearshore marine ecosystem. Here we show PHREEQC results for CO₂ sequestration in Israel's deep saline coastal aquifer. We calculate CO₂ saturation levels in seawater (SW) and saline groundwater (SGW) desalination brines under aquifer pressure, examining the resulting changes in pH and dissolved inorganic carbon (DIC) concentrations. Our preliminary findings indicate that both SW and SGW brines sequester considerable amounts of CO₂, which leads to some dissolution of CaCO₃ and an increase in pH values. In future work, we aim to explore the hydrological implications of this method and develop a combined geochemical-hydrological model for this system.

תבניות בסדרות זמן לזיהוי תהליכי הסעה של חומרי הדברה ותרופות במי תהום

נוסבויס, ש. (1,2), ויטנברג, ל. (1), וולק, א. (2), לרון, י. (3), משה, א. (2)

- (1) בית הספר ללימודי הסביבה אוניברסיטת חיפה
(2) התחנה לחקר הקרקע, האגף לשימור קרקע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
(3) המחלקה לסביבה, גיאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

חומרי הדברה ותרופות נמצאים באופן נרחב בשדות חקלאיים. מקורם בפיזור חומרי הדברה על ידי חקלאים והשקיה במי קולחים המכילים שאריות תרופות. מזהמים אלו מכילים מאות תרכובות אורגניות המקשות על חיזוי פיזורם בסביבה בשל מגוון תכונות כימיות הקשורות למידת המוביליות של המזהמים ופירוקם. דבר זה מקשה על קביעת תקנות יעילות ועל ניהול אגנים חקלאיים. מחקרים רבים עסקו במזהם מסוים ובתפוצתו המרחבית בהשפעת ההידרולוגיה ותכונותיו הכימיות. מחקרים בהם נחקרו עשרות או מאות חומרי הדברה עסקו במיון מזהמים אורגניים שנדגמו במרחב לקבוצות על פי יעוד החומרים או זמן יישומם. מחקרים הכוללים עשרות מזהמים אורגניים ובנוסף עוסקים בהתנהגותם הסביבתית כמעט ולא קיימים ואינם קיימים כלל, למיטב ידיעתנו, באזור הים תיכוני. באזור זה ישנה עליה הדרגתית של רטיבות הקרקע מתחילת החורף, שעשויה להביא לתנאים הידרולוגיים ייחודיים להסעת המזהמים. במחקר זה נדגמו ארבעה פיאזומטרים במשך שבועיים, לפני, בעת ואחרי סערה שהתרחשה בתאריכים 25-28/1/2022. הדוגמאות נשמרו בקירור עד להעברה למעבדה, שם בוצעה אנליזת LC-MS עבור 96 חומרי הדברה ו-15 תרופות. במקביל, נאספו דגימות מפני הקרקע, ומנקזים תת-קרקעיים עבור הנגר התת-קרקעי. דגימות נוספות נאספו גם בהשקיה באביב הקודם (2021). התקבלו 39 סדרות זמן של מזהמים אורגניים שנמצאו במי התהום. מרבית המזהמים הציגו אחד מארבעה דגמים: (1) עליית ריכוזים לפני שיא הסופה ולאחריה, (2) עליית ריכוזים רק לפני שיא הסופה, (3) עליית ריכוזים רק לאחר שיא הסופה, (4) ירידת ריכוזים מתחילת אירוע הגשם. את ההתנהגות יכולנו ליחס לשני גורמים עיקריים: לריכוזים סביבתיים, של המזהם בנגר התת-קרקעי ובעמודת הקרקע ולניידות המזהמים. את עליית הריכוזים לפני אירוע הגשם, לפני עליית המפלס בפיאזומטרים, יכולנו לייחס לזרימת בוכנה: המים שנמדדו היו מים 'ישנים' שנדחקו על ידי מים 'חדשים'. עבור מים אלו לא מצאנו קשר לדגימות של הנגר התת-קרקעי. רק לאחר שיא הסופה ניתן היה להדגים עליית ריכוזים עבור מזהמים להם היה ריכוז דומה או גבוה מריכוזי הנגר התת-קרקעי. כדי להגדיר את מקור המים בכל שלב השונו בין סדרת הזמן למי-נגר התת-קרקעי מיד לאחר הסופה השנייה. לא נמצאה כל התאמה לפני שיא הסופה ($R^2 < 0.1$) וההתאמה הטובה ביותר ($R^2 = 0.51$) התקבלה בימים שלאחר שיא הסופה. אנליזה בעזרת דנדרוגרמה קבעה שהרכב המים ביום השני שונה מאד מהימים שבסוף הסופה. לפי הדנדרוגרמה הימים של הסופה ולאחריה היו קרובים זה לזה. רק היום האחרון היה קרוב ליום הראשון, ושניהם מדגימים את תנאי ההתחלה ואת השיווי המשקל החדש לאחר הסופה, בהתאמה. תוצאות המחקר מדגימות מנגנוני הסעה שניתן לזהות בתנאי שדה שונים ולאפיין בעזרתם התנהגות סביבתית גם של תרכובות רבות.

תהליכי זרימה ותנועת מזהמים בגדות נחלים בסביבות צחיחות, ובחינה של מודל הידרולוגי פשטני לקביעת פוטנציאל השטיפה של המזהמים תחת תנאי אקלים מדבריים; מקרי בוחן מנחל אשלים ונחל גרר

נחשון, א. (1), גבריאלי, א. (2), קציר, ר. (1), שרעבי, ג. (2), גולן, ר. (1)

(1) מכון וולקני, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה
(2) המכון הגאולוגי

אזורים צחיחים מאופיינים בנוכחות גבוהה של תעשיות מזהמות, במיעוט משקעים, באידוי גבוה, ובאירועי קיצון אקלימיים שגוררים הצפות ושיטפונות. כל אלו – מגבירים את הסיכון להתרחשות של אירועי זיהום חמורים. דוגמאות מייצגות מהשנים האחרונות הן: אירוע זיהום הנפט בעברונה, שפך חומצה בנחל אשלים, הזרמה של מי ביוב בנחל שקמה, זיהום נחל הבשור במורד רמת חובב (נאות חובב) ועוד. בכדי לשפר את היכולת שלנו להתמודד עם אירועי זיהום שכאלה ובכדי לתכנן בצורה נכונה את תהליכי השיקום של הסביבות המזהמות, יש להבין לעומק את תהליכי תנועת המזהמים, הצטברותם בקרקע, ופוטנציאל השטיפה של שכבות הקרקע המזהמות. בעבודה זו יוצגו מדידות שדה וניסויי מעבדה שבוחנים את תהליכי השטיפה, ההסעה וההצטברות של מלחים ומזהמים אנ-אורגנים בעמודת הקרקע. עיקר המדידות והתצפיות הן מנחל אשלים שנפגע קשות מאירוע הזיהום ב-2017. המדידות בחנו את תנועת המלחים המזהמים בקרקעות חוליות, בתנאי יובש קיצוניים. בנוסף – יוצגו תוצאות ומדידות באתר באגן נחל גרר שבמערב הנגב, אזור לח יותר, עם נוכחות מי-תהום רדודים. בנחל גרר, מקור המלחים הוא מתהליכי המלחה טבעיים וממקורות חקלאיים והקרקע היא קרקע דקת מרקם (לס). בשני האתרים נמצא כי מיעוט המשקעים ותהליכי האידוי המואצים מעודדים את הצטברות המזהמים והמלחים קרוב לפני השטח של הקרקע. יחד עם זאת – בעת אירועי גשם נמדדו שטיפות מוגבלות של המומסים אל תת-הקרקע, אך עם סיום הגשם המומסים הוסעו בחזרה אל חזית האידוי בפני הקרקע. מדידות השדה הראו שלשיפוע גדול הנחל השפעה מרכזית על אזור הצטברות המומסים וככל שהמדרון תלול יותר, כך ההצטברות תהיה חריפה יותר ומוגבלת לשכבות זיהום מוגדרות וצרות. נמצא כי אופי הצטברות המומסים מושפע מקצבי האידוי ומהירות הזרימה של התווך המימי לאורך גדות הערוצים. בנוסף – נבחן מודל הידרולוגי פשטני שבוחן את כמות המשקעים אל מול האורך הקפילרי האופייני של הקרקע. המודל נבדק אל מול אירועי גשם בדידים, אירועי גשם מצטברים, ומשטרי גשם שונים, ונמצא שהוא כלי טוב לאפיון גורל המלחים ופוטנציאל השטיפה שלהם מאזור בית השורשים אל שכבות קרקע עמוקות יותר.

החדרת מי גגות והשפעתם על איכות מי התהום

נצר, ל. (1, 2, 3), ליבשיץ, י. (1), גסר, ג. (1), קציר, ר. (2), קורצמן, ד. (2), בן חור, מ. (2,3), נחשון, א. (2)

(1) השירות ההידרולוגי, רשות המים

(2) המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מכון וולקני

(3) המחלקה למדעי הסביבה, גאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן גוריון

מרבית השטחים העירוניים אטימים למים (אספלט ובטון), ורוב הנגר העירוני מנותב למערכות הניקוז כך שהמים נגרעים מהמאזן ההידרולוגי הטבעי ו"הולכים לאיבוד". מעבר לכך העומס על מערכות הניקוז בסופות גשם חזקות גורם להצפות ולפגיעה בתשתיות ואף בנפש. החדרת מי גגות לתת-הקרקע, ברמת המגרש, הוא פתרון פופולארי מאוד בשנים האחרונות, זאת מכיוון שמצד אחד הוא "מטפל" בנפחי מים גדולים, ומצד שני השטח הנדרש למערכת ההחדרה מצומצם יחסית. אתר פיילוט להחדרת מי גגות לאקוויפר החוף הוקם ע"י רשות המים בשטח המחלקה למדעי הקרקע, המים והסביבה במכון וולקני. האתר כולל מערכת לאיסוף מי נגר מגג הבניין, מערכת שיקוע וסינון, וקידוחי החדרה לתווך הרווי והלא-רווי. המערכת פועלת, מנוטרת, אוספת דוגמאות מים לאנליזות כימיות, ומחדירה מים אל אקוויפר החוף החל מחורף 2020/21. במהלך החורפים האחרונים נאספו כ- 100 דגימות מים מגגות שטוחים המכוסים ביריעות איטום ביטומניות, ובכללם הגג מאתר ההחדרה במכון וולקני. התבצעה אנליזה כימית ליונים ראשיים, מתכות ופחמן אורגני כללי (TOC). הנתונים מצביעים כי נגר הגגות המתקבל מעשרת המ"מ הראשונים הוא באיכות נמוכה משמעותית, ביחס לדגימות המים שהתקבלו בהמשך החורף אשר היו באיכות טובה מאוד הדומה לאיכות מי הגשם הישיר. בדיקות ה-TOC הצביעו גם כן על ריכוז מאוד גבוה (של מאות מג"ל) במי השטף הראשון, ובהמשך החורף על ירידה משמעותית, אך עדיין הריכוז הממוצע שנמדד במהלך החורף (כ- 30 מג"ל) היה גבוה בשני סדרי גודל מהריכוז האופייני במי התהום (כ- 0.5 מג"ל). מחקר זה מגדיר את "השטף הראשון" מן הגג, אשר רצוי להימנע מהחדרתו אל מי-התהום. בנוסף, מכיוון שהכלרת מים בעלי TOC גבוה עשויה לייצר טריהלומתאנים יש לנסות להקטין את שטף החומר האורגני ממי הגגות ככל הניתן, ולהתחשב במיקום אתרי החדרת מי הגגות (ואף אתרים שכונתיים/עירוניים) ביחס לקידוחי הפקה המספקים מים לשתיה.

Development and Characterization of Integrated Nano-Sensors for Organic Residues and pH Field Detection

סוצקוורין, ר. (1), שטנברג, ג. (2)

(9) המחלקה להנדסת תעשיות מים, המכללה האקדמית כנרת

(10) מכון וולקני

הגידול המתמיד באוכלוסיית כדור הארץ והצורך לעמוד בתקני איכות המים המקומיים והעולמיים מהווה אתגר אמיתי. המים חשובים הן כמי שתייה, אך גם לצורך גידול מזון ובעלי חיים, לתעשייה, כמו גם לבריאות האדם בכלל. משוכה מרכזית וקריטית המשפיעה על איתור מזהמים במאגרי מים היא חלוף הזמן בין רגע איסוף הדגימה לבין אפיון התוצאות במעבדות מוסמכות. במסגרת פרויקט זה פיתחנו ואפיינו את הביצועים של חיישן חדשני לזיהוי מהיר של רמות שאריות אורגניות ו pH-בדגימות מים. החיישן מבוסס על ננו-חומרים פחמניים, Carbon nanomaterials (CNM), המצופים בפולימר מוליך חשמל, פוליאנילין (PANI). הפלמור התבצע בשיטה חדשנית של אמולסיה הפוכה תחת שדה אולטראסוני, של אנילין בנוכחות ננו-צינוריות פחמן (CNT) או גרפן. אפיון החומרים ההיברידיים התבצע באמצעות אנליזה תרמו-גרבימטרית (TGA) ומיקרוסקופ אלקטרוני סורק ברזולוציה גבוהה. אמינופנול ופנול שימשו כמולקולות מודל לזיהוי שאריות אורגניות. החומרים הננו-מרכיבים PANI/CNM שימשו לייצור חיישנים דקים. פעילות החיישן אופיינה ונמצא שגבול הזיהוי הקטן ביותר (LOD) הושג עבור CNT מסוג MWCNT עם ערכי LOD של 9.6 ppb עבור אמינופנול. הכיול וההדירות של החיישן נבחנו גם כן והתקבלה התאמה לינארית גבוהה מאוד של 0.997, עם רגישות ממוצעת של 2.3 kΩ/pH בסביבה חומצית.

התוכנית לשדרוג ועיבוי רשת התחנות ההידרומטריות של השירות ההידרולוגי

סטורץ-פרץ, י., זיגל, א., סויבלמן, י., גלילי, א., רשף, ג.

השירות ההידרולוגי, הרשות הממשלתית למים וביוב

מתוקף תפקידה של רשות המים לנטר ולשמר את מקורות המים הטבעיים בישראל, הוקמה על ידי השירות ההידרולוגי רשת התחנות ההידרומטריות המנטרת כמויות זרימה של נגר עילי בנחלים (זרימות בסיס וגאיות). הרשת מונה כיום מעל 120 תחנות הידרומטריות מסוגים שונים המודדות מפלס מים באופן רציף ומשתנים נוספים המאפשרים חישוב נתוני ספיקה ונפח. כאשר מתקיים ניטור ארוך טווח, מתקבלת סידרת נתונים לכל תחנה המאפשרת חישובים סטטיסטיים ונתוני תכן לתכנון עבור משק המים. מאז הקמת רשת הניטור ההידרומטרית נוספו שימושים נוספים למידע המתקבל מרשת התחנות, כגון תכנון עבור ניהול נגר וניקוז, שיקום נחלים והתרעה מפני שיטפונות, על כן יש לעדכן את מטרות הניטור ולהבטיח שרשת הניטור מספקת מענה מתאים. בנוסף לכך יש לוודא שרשת התחנות מייצגת נחלים עם מאפיינים שונים, כדי שיהיה ניתן להסיק מהם על נחלים שאינם מנוטרים. לשם כך ובהתאם לפערים במידע שעולים לא פעם, יש להשלים את רשת התחנות לפריסה מיטבית. רשת ניטור הידרומטרית משודרגת תאפשר בסיס נתונים איכותי ומהימן אשר ישפר את היכולת לקבל החלטות באופן מושכל ומבוסס מידע וידע וכן ישפר תכנון ארוך טווח ובר-קיימא. התוכנית לשדרוג ועיבוי רשת התחנות, המשמשת כחזון לרשת ניטור הידרומטרית אופטימלית בישראל, נבנתה באמצעות מתודולוגיה מקצועית שכללה את השלבים הבאים: (1) מיפוי צרכים של צרכני מידע (מסקטורים שונים; 2) גיבוש מטרות לניטור; (3) זיהוי הפערים (4) בחינת רשת התחנות הקיימת ביחס למטרות החדשות ושדרוגן בהתאם; (5) זיהוי המטרות שאינן מקבלות מענה; (6) הצעת פריסה משלימה של תחנות חדשות מייצגות; (7) הערכת משאבים נדרשים למימוש התוכנית; (8) גיבוש המלצות. התוכנית מציעה שדרוג תחנות קיימות, ברמות שונות וכן תוספת של כ-70 תחנות חדשות. התוכנית תחולק לשלושה שלבי ביצוע. עלות התוכנית מוערכת בכ-150 מלש"ח ודורשת תוספת תקנים להקמה, תיפעול ותחזוקת רשת המדידה. חשיבות כח אדם מקצועי, מיומן ומנוסה בעל היכרות מעמיקה של התחנות הוא קריטי להצלחת מימוש התוכנית ומתן מענה למטרות הניטור לטווח ארוך. מכיוון שהעלויות להקמת תחנות חדשות הן מאוד גבוהות, נבחנות במקביל טכנולוגיות מדידה חדשות. במידה ואלו ימצאו מתאימות ומהימנות דיין, השימוש בהן יוכל להוזיל חלק מעלויות ההקמה וכן לאפשר מדידה לא פולשנית בנחל. לכך יש השלכות גם על אופן ניהול הנגר וההיבטים האקולוגיים בשיקום הנחלים.

שינוי אקלים וניהול הצפות

ספיר, ג.

DHV MED

התחממות הים התיכון, המתרחשת בעשורים האחרונים, גורמת לעלייה בעוצמות הגשם ברחבי אגן הים התיכון, כולל בישראל. לאחרונה נרשם אירוע גשם שובר שיאים של כמעט 200 מ"מ בארבע שעות באזור מעגן מיכאל. בנוסף, שלל אירועי גשם קיצוניים מתרחשים בשנים האחרונות באגן הים התיכון, חלקם כוללים מאות מילימטרים של גשם, עד 800 מ"מ ביממה! בהתאם, מספר הנפגעים בנפש משיטפונות נמצא בעליה והנזקים לרכוש נאמדים במיליארדי יורו בכל שנה. כאן בישראל הגיעו הנזקים לרמה כזו שחברות ביטוח לא מוכנות לבטח רשויות ניקוז כנגד הצפות. ניהול נגר עירוני אמור לטפל באירועים של 1:50 שנה. ע"פ הסטטיסטיקות שבתוקף כרגע, מדובר ב-40 עד 60 מ"מ בארבע שעות. מערכות התיעול המתוכננות לאירועים של 1:5 שנים מתוכננות לעוצמות גשם שאף פחותות מכך. אירועי התכן לפיהם מתוכננים פרויקטי תשתית לאומיים, דוגמת תת"ל 33 ותמ"א 75, הם בסדר גודל של 200 מ"מ ליומיים. תרחיש הייחוס של רח"ל הוא 200 מ"מ לארבעה ימים (לעומת 200 מ"מ בארבע שעות שירדו במעגן מיכאל!). סטנדרט התכנון בישראל הוא בסדר גודל של עשרות מ"מ בעוד הגשמים היורדים בפועל הם בסדר גודל של מאות מ"מ לארבע שעות. גם אם יעודכנו עוצמות הגשם לתכנון בהתאם לשינויי האקלים, אין בנמצא ולא יהיו תשתיות המסוגלות להתמודד עם אירועי גשם קיצוניים של מאות מ"מ גשם במספר שעות. המסקנה היא שנדרש להקים מרכז לאומי לניהול שיטפונות בזמן אמת. הכוונה היא לא לחיזוי שיטפונות, אלא לפעולות בשטח טרם ובעת התהוות השיטפונות. חלק מתפקידיו של מרכז כזה יהיו אחזקת ציוד להגנה מהצפות לפריסה מהירה תוך 48 שעות - מהדברים הפשוטים ביותר כמו שקי חול ועד רכישות ציוד מתקדם; תרגולות תקופתיות בשיתוף המרכז לחיזוי שיטפונות, רשויות ניקוז, רשויות מוניציפאליות, כבאות, משטרה וצוותי חירום; הכנת פרוטוקולים לפינוי אוכלוסייה והכנת תכניות לפריסת הציוד באזורי סיכון. התכניות יכללו: א. מיפוי אזורי סיכון להצפה – איסוף פשטי ההצפה המעודכנים ביותר המחושבים ברשויות הניקוז וברשויות המוניציפליות; ב. מיפוי פרטני של תשתיות בסיכון, עד לרמת מפתני כניסה לחניונים תת קרקעיים; ג. הכנת תכניות פריסת הציוד בהתאם למיפוי לעיל. האפיון הראשוני לעיל הוא לשם הדוגמא ואינו העיקר. החשוב בשלב זה הוא הפנמת הסכנה בפער בין התשתיות וסטנדרט התכנון, לבין תרחיש הייחוס לגשם וקבלת החלטה אופרטיבית להתמודדות עם הנושא.

ערכת תמיכה לקבלת החלטות באירועי שטפונות (DSS)

פולינסקי, א. (1), Crosta, A. (2)

(11) פלגי מים

DHI (12)

1. כללי:

בשנים האחרונות חל שינוי בתפיסה ובהתנהלות מול אירועי שטפונות, מגישה פסיבית שבודקת את האירוע רק לאחר שהוא נגמר לגישה אקטיבית של ניהול הנגר והאירוע השטפוני.

על מנת לצמצם אירועי שטפונות מקודמות תכניות לריסון וניהול נגר במספר אגנים בארץ.

כיום ההתנהלות גוררת התנגשות אינטרסים בין גורמים שונים – עיריות, המשרד להגנ"ס, רט"ג ועדות מחוזיות תאגידי מים ועוד. בין כל אלה נמצאות רשויות הניקוז ללא כלי לניהול האירוע.

מטרת המערכת הינה לתת לרשויות הניקוז כלי המנתח את האירוע לפני הסופה ובמהלכה, שיקולי המערכת הינם על בסיס נתונים בזמן אמת וללא שיקולים זרים.

2. צרכי הרשות מהמערכת:

רשויות הניקוז צריכות מערכת אשר משקללת את כלל הנתונים באגן, החל מתחזית מזג האוויר לפני תחילת האירוע ועד מדידות ונתונים בזמן אמת כמו כושר הולכה ומפלסי מים בנקודות קריטיות ודרך מפלסי המים במתקני הוויסות השונים. להלן רשימת צרכים:

- קליטת תחזית מזג האוויר ותרומה לכדי גלי זרימה, הידרוגרפים.
- השלכת ההידרוגרפים לכדי מפלסי מים בנחלים וסכנת הצפות.
- תרגום התחזית הצפויה למפלסים במתקנים השונים והמלצה כיצד להתחיל את האירוע במתקן, מתקן מלא / חצי מלא / ריק. סגר פתוח לגמרי / חצי פתוח / סגור.
- בזמן אמת, הצגת מפלסי המים בנקודות קריטיות.
- הצגת מפלסי המים במתקני הוויסות.
- המלצות על ניהול המתקנים, לפתוח / לסגור וכו'.
- הצגת סיכוני הצפות באזורים רגישים קרי אזורים מאוכלסים, כבישים ראשיים וכו'.
- אופטימיזציה לאגירה וניצול מי השטפונות לצרכים נוספים.

3. בסיס המערכת:

המערכת מבוססת על מדידות קיימות בתחנות הידרומטריות, מפלסי מים מדודים, תחנות גשם ועוד. בנוסף לפני האירוע ובמהלכו המערכת מבוססת על קליטת נתונים בזמן אמת מרשות המים והשירות המטאורולוגי. לפיכך שיתוף הפעולה בין הרשויות השונות הינו קריטי להצלחת המערכת לספק נתונים איכותיים המתעדכנים באופן שוטף.

4. סיכום:

- מערכת ניהול שטפונות תקדם את רשויות הניקוז באופן משמעותי בתחום ניהול השטפונות.
- ניהול נכון של אירועים סופתיים, ללא שיקולים זרים, יכול להועיל לכלל השותפים באגן הניקוז ולהביא לצמצום נזקי שטפונות מחד וניצול המים למטרות נוספות (השקיה, החדרה, טבע וכו').

הבנת הדינמיקה של תנועה ושרידות של אי-קולי בנחל משושים

פלג, א. (1), טראן, א. (2), שטיין, ש. (3), גרויסמן, ל. (4), בר זאב, ע. (1), עסאלי, ש. (4), ניסן, י. (4), רובינשטיין, מ. (4), בארי, י. (3), ניניו, ש. (3), ארנון, ש. (1)

- (1) מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן גוריון בנגב
- (2) מכון שמיר למחקר, אוניברסיטת חיפה, קצרין
- (3) המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל
- (4) משרד הבריאות, המעבדה הארצית לבריאות הציבור

חיידק אי-קולי (*E. coli*) משמש כאינדיקטור לזיהום צואתי בגופי מים. בשנים האחרונות ישנם מקרים רבים בהם נמדד בנחלי הגולן ריכוז קולי צואתי שחורג מהערך שנקבע על ידי משרד הבריאות כערך סף לכניסת מתרחצים למים. מצב זה מוביל להתראות חוזרות על זיהום, קריאה לציבור להימנע מכניסה לנחלים, ופגיעה בשירותי המערכת שנחלים אלו מספקים לציבור. במקרים רבים, עולה ריכוז אי-קולי בנחלים בעקבות שיטפונות. ניכר שבמשושים ישנן תצפיות חוזרות של ריכוזי אי-קולי גבוהים מהמותר לרצח במיוחד בתקופת הקיץ. אולם, לא ברורה לגמרי הסיבה לעליה בריכוזי אי-קולי בקיץ, המקור שלהם, והאם עליה בריכוז אי-קולי קשורה לזיהום בחומרי הזנה. מחקר זה משלב נתונים הידרולוגיים, כימיים ומיקרוביאליים שנמדדו בארבע נקודות לאורך נחל המשושים. בכל נקודת דיגום נמדדו טמפרטורה, עכירות, ספיקה, מוליכות חשמלית, pH וחמצן. במקביל נדגמו מי נחל ובוצעו אנליזות למדידת ריכוזי פחמן, חנקן וזרחן וריכוזי קוליפורמים ואי-קולי. בנוסף, נערך אפיון להרכב האוכלוסייה המיקרוביאלית. תוצאות ראשוניות משנת 2024 מראות שישנה מגמת עלייה בריכוזי חיידקי האי-קולי במים בעונה החמה. בנוסף, ריכוזי חומרי ההזנה במים נשארים דומים בתחנות השונות לאורך כל השנה, אם כי הריכוזים במעלה הנחל היו גבוהים יותר מהמורד. הואיל וכך, השונות העונתית בריכוזי האי-קולי אינה תלויה בריכוזי חומרי ההזנה שריכוזם קבוע יחסית במהלך השנה. ריכוזי האי-קולי בסדימנט מעיד על פוטנציאל גדול של אי-קולי שעלולים להשתחרר אל המים. ריכוזי האי-קולי בסדימנט עולה ככל שגודל גרגר הסדימנט יורד, ומגיע למקסימום ($MPN 5 \cdot 10^4$ לגרם סדימנט יבש) בגודל חלקיקים קטן מ-75 מיקרון. יש לציין שגודל חלקיקים זה הוא בעל פוטנציאל הסעה במים ועשוי להוות גורם משמעותי בהסעה והשקעה של חיידקים פתוגנים. מדידות בנחלי הגולן מתבססות כיום על דיגום במוקדי השימוש על ידי הציבור אך הן לא מוכוונות להבנת הגורמים לכך שיש ריכוזים גבוהים רק בתקופות מסוימות בשנה וכיצד ניתן למזער את הסיכון לציבור. המחקר מכון להבנת הדינמיקה של זיהום הנחלים באגן המשושים מפתגנים, על מנת להמליץ על פעילויות להפחתת הזיהום והסכנה לבריאות הנופשים.

תכנון סטטוטורי לפיתרונות ניהול נגר אגניים

פרי, ש.

משרד החקלאות וביטחון המזון

בחינה של עלויות נזקי ההצפות בשטחים המבונים במדינת ישראל בעשורים האחרונים מעלה כי ישנה מגמה מתמדת של גידול והחרפה לאורך השנים. הבעיה צפויה להקצין בשל תוספת הבינוי העתידית המאושרת והמתוכננת ובשל שינויי האקלים המשנים את מופעי הגשם בעוצמה ובתדירות. הצורך בהכנת תוכניות סטטוטוריות לניהול נגר אגני נובע מאבדן מתמשך של שטחים פתוחים המשמשים כמנקזים, משהים ומווסתים את הנגר העילי באגני הניקוז במדינה, ומהצורך בהכוונת התכנון והיערכות תכנונית, ברמה אגנית, בכדי להביא לצמצום תופעת ההצפות והשיטפונות בשטחים המבונים. כבר כיום תוכניות פיתוח רבות מתקשות להציג פתרון ישים ומקיים להגנה מפני שיטפונות והצפות. האפשרות להגדיל באופן משמעותי את כושר ההולכה של המובלים באזורים האורבניים הצפופים הינה בעייתית, וכיום הולכת וגוברת ההכרה בחשיבות ניהול הנגר בראיה אגנית ומתכללת. הצורך מתחדד לאור העובדה שתוכניות פיתוח רבות, הכוללות אלפי יח"ד, נתקלות בקשיים במימושו עקב העדר פתרונות ניהול נגר מתאימים. לאחר שנים של נקיטת פעולות תגובתיות, מתגבשת כיום האבחנה כי נדרשת פעולה אסטרטגית. הגישה המובלת כיום על ידי האגף לניהול נגר ונחלים במשרד החקלאות וביטחון המזון, כמו גם במנהל התכנון, היא של הסתכלות רחבה על הצרכים של ניהול הנגר בראיה לעתיד, ושמירת השטחים הנדרשים לצורך כך. זאת, בניגוד לגישת העבר שהתמקדה במתן מענה בדיעבד לבעיות שנוצרו כתוצאה מפיתוח. המהלכים המקודמים כיום נועדו להטמיע ביתר שאת היבטים של ניקוז וניהול נגר בעולם התכנון הפועל מתוקף חוק התכנון והבנייה. הליכים סטטוטוריים אלה נעשים בתאום ובמקביל לאמצעים משלימים כמסמכי מדיניות, תוכניות אב לניהול סיכונים שיטפונות במרחבים שונים בארץ ולקידום תיקון 8 לתמ"א/1 העוסק בתחומי הפיתוח העירוניים, כולם, תוך התבססות על גישה אגנית מתכללת. הגישה התכנונית ואמצעי התכנון הסטטוטוריים מקודמים מתוך ראייה אגנית המותאמת למאפייניו של כל אגן, בדגש על פתרונות מבוססי טבע והרחבת התועלות הסביבתיות והחברתיות הנגזרות מכך. התוכניות מתייחסות למכלול ההיבטים ההידרולוגיים, הנופיים, האקולוגיים וההנדסיים לניהול הנגר ברמה האגנית ושואפות לפגיעה מינימלית בפעילות החקלאית. הגישה התכנונית כוללת שני מרכיבים עיקריים: הראשון הוא שמירה על התשתית ההידרולוגית הקיימת, שבה זורמים מי הנגר בשגרה. השני הוא הגדרת כלל הפתרונות המשלימים הנדרשים על מנת לטפל בעודפי הנגר באירועי קיצון, באגנים שבהם צפוי נזק.

ארכיון לאומי של קידוחי מים נטושים ישנים בשרות ההידרולוגי

צוריאלי, א., ליבשיץ, י.

השרות ההידרולוגי, רשות המים

בשרות ההידרולוגי ברשות המים קיים בסיס נתונים גדול של תיקי קידוחים ישנים מאוד שמוגדרים כ"קידוחים נטושים". מדובר בתיקי קידוחים ישנים במצב טכני מורכב ולעיתים ירוד שכוללים מידע רב על קידוחי תצפית והפקה שנקדחו עוד לפני קום המדינה ועד אמצע שנות ה-70. חלק מהקידוחים הנטושים הללו שימשו כקידוחי שאיבה שננטשו במהלך השנים הראשונות של המדינה. מדובר באלפי קידוחים לתת הקרקע לעומקים משתנים, שפרוסים בכל רחבי הארץ, לרבות מאות קידוחים באזור רצועת עזה. הנתונים מתיקי הקידוחים כוללים מידע רב על מפלסי מים ישנים (החל מאמצע המאה הקודמת), מבנה השכבות בתת הקרקע, חתכי קידוחים ישנים והרכב כימי של המים. תיקי קידוחים אלו במשך עשרות שנים נשמרו בארגונים בשרות ההידרולוגי וכלל לא היו זמינים לשימוש. בתקופה האחרונה יצא השרות ההידרולוגי בפרויקט של בניית בסיס נתונים של הקידוחים הנטושים באמצעות סידור בסיס הנתונים, תיוק מחודש, סריקה של כל החומר הקיים בתיקים והעלאתו על שרתי המחשב של רשות מים. הפרויקט נמצא בשלבי סיום ומטרתו הסופית היא להנגיש את המידע הרב הזה של "הקידוחים הנטושים" לציבור הרחב. פרויקט זה יהווה השלמה למידע הרב של ארכיון הקידוחים הקיים בארכיון הממוחשב של רשות המים ומהווה נדבך נוסף בפרויקטים נוספים של הנגשת מידע מקידוחים לציבור כגון: סריקה ודיגיטציה של לוגים גיאופיזיים מקידוחי מים.

הקמת רשת ארצית לניטור קרקע, בעיות, למה בכל זאת, איך, וטיפול נתונים

קורצמן, ד. (1), פרל, מ. (2), ניצן, ע. (1), פרלשטיין, ד. (1), שטרובך, א. (1)

(1) קרקע, מים וסביבה, מכון וולקני
(2) אגרו מטאורולוגיה, משרד החקלאות

תכולת הרטיבות של הקרקע היא נתון דינמי שיש לו השפעה על תהליכים טבעיים ואנתרופוגניים רבים. עם זאת, עד לא מזמן כמעט ולא היו רשתות של תחנות ניטור שסיפקו נתונים אלה בפריסה עיתית ומרחבית משמעותית. הסיבה העיקרית לכך היא שתכולת הרטיבות (ומשתני קרקע רבים) הרבה פחות רציפים במרחב ממשתנים אטמוספריים. לכן, קשה להסיק ממדידה בנקודה מסוימת על ערך המשתנה המרחבי באותו זמן בנקודה אחרת, אפילו סמוכה. גם המדידה של המשתנה הזה היא עקיפה, ויקרה ועד לפני כעשור דרשה מיומנות גבוהה (Time Domain Reflectometry – TDR). עם זאת, פישוט המדידה, אגירה ותקשורת נתונים בעידן הדיגיטלי, פריחת מדע הנתונים והתפתחות של אומדנים מתוחכמים, צורך ב-ground proofs, לאמצעי חישה מרחוק, מצד אחד, וביקוש לנתוני קרקע מהמגזרים: מטאורולוגיה, חקלאות, הידרולוגיה (עילית ותת קרקעית), כיבוי אש, מחליפי חום ואחרים, הביאו ליצירה של רשתות כאלה בעולם. שיתוף פעולה בין מכון וולקני ומשרד החקלאות (אגף אגרו מטאורולוגיה) איפשר את הקמת הרשת הישראלית בשנתיים האחרונות (נמשכת בימים אלה).

ההבנה, שתקציב מוגבל להקמה בלבד, מחייב חבירה לרשת מתוקצבת ומתוחזקת באופן רציף עם הרבה אינטרסים משותפים הביא להקמת הרשת על בסיס תחנות הניטור האגרו מטאורולוגיות של משרד החקלאות (כ-70 תחנות ברחבי הארץ). בחירת התחנות בהן הוצבו חיישני הקרקע נעשתה משיקולי; הימצאות קרקע באזור התחנה, פריסה גיאוגרפית וייצוגיות לסוגי קרקע. כרגע, ב-23 תחנות, מלוטן בערבה הדרומית עד גשר הזיו ואלרום בגליל המערבי ובגולן, יש כבר חיישני TDR ב-4 עומקים: 10, 30, 70 ו-150 ס"מ מתחת לפני הקרקע. בכוונתנו להגיע ליותר מ-30 תחנות. כל חיישן מודד טמפרטורה, תכולת רטיבות נפחית, ומוליכות חשמלית של הקרקע בה הוא נעוץ. החיישנים מוחזרים (ככל הניתן) לקיר קרקע אנכי לא מופר שנוצר מחפירת באגר.

הנתונים (בחלקם 10 דקותיים ובחלקם שעותיים) נאגרים בשרת של משרד החקלאות. ביקורת איכות הנתונים וממשק עם ציבור המשתמשים עדיין בהתהוות. נראה תוצאות ממספר תחנות. לדוגמא תחנת מבוא חורון בה החתך מעורב סלע קרבונטי וקרקע רנדומלית, וממנה יש יותר משנה של נתונים. נתוני מבוא חורון מראים שתכולת הרטיבות בעומק 10 ס"מ עלתה וירדה יותר מ-10 פעמים במהלך חורף 2023-24, לעומת עליה אחת בלבד בעומקים 30 ו-70 ס"מ, ואדישות מוחלטת של תכולת הרטיבות למחזור השנתי בעומק 150 ס"מ. מחזור הטמפרטורה היומי מורגש רק בחיישן בעומק 10 ס"מ, כבר בעומק של 30 ס"מ לא מורגש מחזור טמפרטורה יומי במשך כל השנה.

התוכנית האגנית לניהול סיכוני שיטפונות - הגברת המוכנות של מדינת ישראל להתמודדות עם נזקי שיטפונות

קטנר, ר.

משרד החקלאות

שיטפונות והצפות הם אסונות הטבע השכיחים ביותר בעולם והם, כידוע, בלתי ניתנים למניעה. סכנת ההצפות בישראל עתידה להחמיר נוכח שינוי במשטר הגשמים עקב שינויי אקלים, קצב גידול האוכלוסייה ופיתוח ובינוי מואצים אשר מתוכננים בחלקם בתוך פשטי הצפה ומצמצמים את השטחים הפתוחים לחלחול וייסות הנגר העילי. התוכנית האגנית לניהול סיכוני שיטפונות מקודמת ע"י משרד החקלאות במטרה למפות ארצית בצורה אחידה את פשטי ההצפה בהסתברויות שונות על גבי תמונת הפיתוח העתידית ולכמת את פוטנציאל הנזק הכלכלי כתוצאה מאירועי הצפות. בהמשך מגובשת תכנית מענה אגנית המכילה מגוון פתרונות לצמצום הנזקים תוך שימוש בכלים תכנוניים וכלכליים ובמבט אגני. המתודולוגיה לניהול סיכוני שיטפונות מבוססת על הדיקטיבה האירופית כולל שינויים והתאמות ייחודיים לישראל. עקרון הבסיס בגישה זו הוא קבלת החלטות מבוססת מידע. התוכנית מורכבת משני שלבים עיקריים: (1) מיפוי הסיכון: מיפוי נחלים ראשיים ומשניים, חלוקה לאגנים ותתי אגנים ומיפוי פיתוח עתידי לשנת 2040 (החל מתוכניות אסטרטגיות ועד לתוכניות מפורטות ושטחים חקלאיים). על בסיס נתונים אלו והיכרות עם השטח נקבעו אזורי התמקדות שייבחנו לעומק בשלב המודל. פשטי ההצפה הורצו במודל הידראולי המתבסס על מדידת לידר ברזולוציה גבוהה ומידול מתקנים קיימים לאורך הערוצים. הנתונים ההידרולוגים שהוכנסו למודל הם הידרוגרפים צופי פני עתיד בחמש הסתברויות (20%, 10%, 5%, 2%, 1%) עבור הנחלים במקטעים הרלוונטיים. נתונים אלו נקבעו בהתייעצות עם האגף לניהול נגר ונחלים ורשות המים. על בסיס פשטי ההצפה וייעודי הקרקע הקיימים בשטח ובתוכניות הפיתוח העתידיות נערך ניתוח כלכלי של עלויות נזקי ההצפה הצפויים בהסתברויות השונות. (2) בניית תכנית המענה: לאחר זיהוי אזורי הפיתוח המוצפים נקבעת אסטרטגית המענה (מניעה, התאמה, הגנה והכלה) בכל אזור בהתאם למדרג התוכנית וייעוד הקרקע. תוכנית המענה כוללת בחינת חלופות של סלי פתרונות ניהול נגר אגניים ובחירת חלופה מועדפת באמצעות ניתוח עלות-תועלת. ניתוח התועלת כולל תועלות נוספות על צמצום הנזק, כגון תועלות נופיות ואקולוגיות וגם לוקח בחשבון את מידת היתכנות הפתרון. לכל אחת מ-11 רשויות הניקוז יש צוות המורכב ממנהל, איש GIS והידרולוג. לכל צוות יש ועדת היגוי המורכבת מנציגי משרדי ממשלה ושלטון מקומי, גופי תשתית ורשויות שונות. רשויות הניקוז מתמודדות עם קשיים מגוונים בשלב מיפוי הסיכון; רשויות ניקוז שנמצאות באזור הים התיכון ונדרשות להתחשבות בעליית מפלס פני הים, רשויות ניקוז שחלק מהנחלים שלהן מגיע משטח מעבר לקו הירוק כך שאין להם מידע מלא ושליטה במלוא האגן. מלחמת חרבות ברזל עיכבה גם היא את התקדמות חלק מהצוותים. התוכנית לניהול סיכוני שיטפונות מורכבת מעבודה רבה של אנשים רבים שתורמים ככל שביכולתם להצלחת הפרויקט אשר ישפר את יכולת התכנון הארצית ויגדיל את המוכנות לשיטפונות. הצלחתם-הצלחתנו.

תכנון החדרת נגר לבארות/קידוחים יבשים בשיטה הנדסית-גרפית פשוטה

קמאי, ת.

מנהל המחקר החקלאי – וולקני

ניהול נגר מהווה אתגר הולך וגובר. כמויות וספיקות נגר כיום גבוהות מבעבר וצפויות להמשיך להתגבר עקב תהליכי עיור המקטינים את החלחול ועוצמות גשם משמעותיות, שכנראה יתעצמו עוד יותר עם הקצנת האקלים. נגר מנוהל בעיקרו על ידי השהיה וחיזור, ובעוד אלה מוגבלים ומצריכים הקצאת שטחים לא מבוטלים לכך, ניתן להגביר את החיזור ישירות לתת הקרקע על ידי בארות יבשות. החדרה דרך בארות יבשות, שחודרות את הקרקע אל התווך הבלתי רווי, יעילה וזולה יחסית. בארות אלה חודרות את פני הקרקע, שזהו לרוב התווך המשמעותי שמגביל חיזור, מה שמאפשר נגישות אל התווך של תת הקרקע שמאפשר חיזור יחסית גבוה יותר בשטח החדרה יחסית קטן. בנוסף, באר יבשה מצריחה קידוח רדוד יחסית, מה שמפשט ומוזיל את פיתוחה. החדרה דרך בארות יבשות יכול להוות פתרון גם לצמצום שיטפונות וגם לשימור נגר. תכנון החדרת הנגר ופיתוח של בארות יבשות בהתאם, מצריך כימות קיבולת החיזור של הבאר. אך זה נושא מורכב, בעיקר בגלל עיתיות תהליך החיזור, בו קצב החיזור יורד משמעותית ככל שהתהליך מתארך. בנוסף, קיימת אי-הוודאות לגבי התכונות ההידראוליות של תת הקרקע, שמאוד משפיעות על החיזור. אציג שיטה יחסית פשוטה, המקשרת בין קצב החיזור בבאר ובין הנפח המצטבר המוחדר. במקום לתאר את החיזור כתלוי זמן, נעשה קישור בין קצב החיזור לנפח הכולל שהוחדר. נראה כיצד קצבים שונים של חיזור מתכנסים לעקום אחיד של קצב-כמות, המאפיין את קיבולת החיזור של הבאר. בשיטה זו ניתן לתכנן את קיבולת הבאר על פי ספיקות ונפחים שונים, גם מבעוד מועד וגם במהלך סופה ועונת גשמים. בהשוואה לניסויים או הסתמכות על מודלים שמצריכים ידע, שיטה זו מאוד פשוטה להבנה וליישום ויכולה להוות כלי תכנוני וניהולי להחדרת נגר בבארות יבשות.

שיקום מי תהום באתר תעשיות אלקטרוכימיות עכו – דוח התקדמות

רבינוביץ', נ., קרויטורו, ל., למפרט, מ., ידלין לומברוזו, נ., בר נוי, נ.

אקולוג הנדסה בע"מ

מפעל תעשיות אלקטרוכימיות הוקם בשנת 1952 ופעל עד שנת 2003. המפעל ממוקם מדרום לעיר עכו. רום המפעל הוא כ- 2-6 מטר מעל פני הים ושטחו כ-430 דונם. רום מי התהום ברוב שטח האתר הוא כ-1 מ'. בעבר ייצר המפעל, מוצרים אורגניים (בעיקר PVC וחומרי ביניים המשמשים לייצור PVC), מוצרים אנאורגניים (בעיקר כלור, נתרן הידרוקסיד והידרוקסיד האשלגן) וחומרי הדברה מבוססי כלור כגון לינדן. המפעל פעל עד שנת 2003 שבמהלכה התרחשו ארבעה אירועים סביבתיים משמעותיים (שריפות ופיצוצים). בסוף 2003 הוצא נגד המפעל צו הפסקת פעילות מנהלי ואח"כ שיפוטי והמפעל נסגר באופן סופי. משנת 2003 ועד היום התבצע פינוי חומ"ס משטח המפעל על ידי המשרד להגנת הסביבה. בתקופה שלאחר סגירת המפעל היה האתר באחריות המשרד להגנת הסביבה ובהמשך נרכש ע"י חברת דלק ים מעגן. ביוני 2010 הוגש למשרד להגנת הסביבה דו"ח סקר היסטורי שהוכן ע"י חברת LDD. הדו"ח סקר את ההיסטוריה הסביבתית של האתר, תהליכי הייצור באזורים השונים וניתוח של פוטנציאל הזיהום בכל שטח המפעל. ממצאי הסקר ההיסטורי העידו על כך שבאזורים נרחבים משטח המפעל הייתה פעילות מזהמת או החשודה בזיהום קרקע. בהמשך לממצאי הסקר, בין השנים 2013-2021 בוצעו באתר מספר סבבים של סקרי קרקע, גז קרקע אקטיבי וחקירת מי תהום. ממצאי הסקרים הצביעו על זיהום נרחב בתרכובות אורגניות נדיפות בקרקע בשטח המפעל ובמי התהום. עיקר המזהמים שאותרו הם מזהמים אורגניים נדיפים (VOC's) וכספית (אותרו עוד מגוון מזהמים, לרבות חומרי הדברה, ארסן ועוד). במהלך 2021 נחתמה עסקה בין חברת דלק ים מעגן לחברת תדהר הראל מניבים לרכישת האתר, עסקה אשר הושלמה באפריל 2022, לאחר שאושרה תכנית טיפול ושיקום עקרונית לקרקע ולמי התהום באתר ע"י המשרד להגנת הסביבה ורשות המים. במהלך 2023-2024 הושלמה חקירת זיהום מי התהום באתר, אשר כללה בין היתר התקנה של מעל ל-50 קידוחי ניטור בעומקים של 15-90 מ', כולל קידוחים טלסקופים דרך אופקים שעונים מזהמים, דיגום מאות קידוחים, דיגומי חטף למי תהום חופיים ומי ים, עשרות מבחני שאיבה והחדרה, חיפוש ואיתור פאזות נפרדות (קלות וכבדות) במי התהום, שיקום קידוחים הרוסים וסתומים, נטישת וסתימת קידוחים, ובנייה וכיול של מודל הידרוגיאולוגי לזרימה והסעה ייעודי לאתר. לאור מצב הזיהום באתר, כלל העבודות מבוצעות תחת הנחיות בטיחות וגהות ייעודיות לפי מלאכה, תחת ציוד מיגון מותאם למזהמים באתר וחליפות גוף מותאמות. עבודות החקירה והשיקום במקום שבאחריות היזם - קבוצת תדהר, הראל ודלק מעגן, כוללות דיסציפלינות שונות, ומאתגרות עקב היקף הזיהום והגופים העובדים במקום. כלל החקירות והשיקום באתר מתבצעים במקביל. העבודה הנוכחית סוקרת את הפעילויות העיקריות שבוצעו עד עתה באתר על ידי אקולוג בנושא החקירה ושיקום מי התהום באתר.

ניהול נגר אגני - בראי הרגולציה

רוזיליו, ח.

משרד החקלאות וביטחון המזון

ניהול נגר מיטבי באגני היקוות לטובת צמצום ומניעת שיטפונות חייב להיעשות בהסתכלות רחבה. הדבר כולל היבטים רבים ומגוונים החל מהידרולוגיה, שימור קרקע, אקולוגיה וכלה בהיבטים סטטוטוריים, משאבים תקציביים, שיתופי פעולה ולא פחות חשוב היבטי התחזוקה. ניהול נגר במעלה אגן ההיקוות, עשוי לצמצם את העבודות הנדרשות במורד הנחל וכן למנוע נזקי התחתרות וסחף קרקע. ארגז הכלים לניהול נגר כולל בתוכו פעולות אגרוטכניות בשטחים חקלאיים לטובת שימור הקרקע, מתקני תפיסת סחף ומתקני ויסות מסוגים שונים. ביצוע מרבית הפעולות בנחלים עצמם ובסמוך להם נעשה על ידי רשויות הניקוז ובמקומות מסוימים גם ע"י קרן קיימת לישראל ורשויות מוניציפאליות. במעלה האגן המבצעים הם בראש ובראשונה החקלאים בשיתוף רשויות הניקוז. שלבי ביצוע פעולה כוללים בדרך כלל: (1) זיהוי צורך מידי או ארוך טווח; (2) הצעה לפתרון רך; (3) זיהוי ההזדמנויות לשיתופי פעולה (Win Win); (4) בניית תכנית מענה מקצועית אופטימאלית, בהתחשבות בפרמטרים כגון: גיאומורפולוגיה, בחינה אגנית להתאמת כמות, סוגי ומידות המתקנים המוצעים להידרולוגיה המתוכננת; (5) בחירת המיקום ליצירת אפקטיביות מקסימאלית; (6) בדיקת היתכנות סטטוטורית ו-(7) מציאת מקור מימוני. בשנים האחרונות, לאור המגמה הולכת וגוברת לשלב מגוון פתרונות לניהול נגר ברחבי האגן כולו, צצות ועולות מורכבויות סטטוטוריות שלא עלו עד כה. עבודות פתורות מהיתר, היתר במסגרת חוק הניקוז, היתר במסגרת חוק התכנון והבניה, שטחים בשימושים אחרים, דו שימוש בשטחים חקלאיים, קיימות מתקנים לטווח ארוך ותחזוקה הם רק חלק מהקונפליקטים העולים במסגרת ניהול אגני. הרצאה זו תיגע במורכבות הנקודות הנ"ל ובהצגת דוגמאות לפעולות שבוצעו בשטח.

הטרוגניות באקויפרים בזלתיים: דוגמא מרמת הגולן

רוזנטל, מ., נגב, ע.

מקורות

פעילות וולקנית אשר נקטעת לסירוגין ע"י תקופות שקט יוצרת קילוחים וולקניים שנבדלים זה מזה בעובי ובגיל. סדרת קילוחים מסוג זה בונה את חבורת הבשן ברמת הגולן שעיקרה סלע בזלתי, יחד עם יחידות פירוקלסטיות כדוגמת טוף וסקוריה. בין הפאזות הוולקניות מצויים אופקי חרסית שנוצרו מבלייה בזלתית בתקופות השקט בין ההתפרצויות. אקויפר הבזלת בנוי מאותן פאזות וולקניות, כאשר החרסיות מייצרות הפרדה הידרולוגית ביניהן. העומק לבסיס האקויפר משתנה במרחב ומבטא נטייה כללית לכיוון דרום-מערב, לפי המידע הגיאולוגי והגיאופיסי שהצטבר עד כה. כיוון הנטייה ושיפועה אינם אחידים במרחב, כך שמתקבל דפוס סטרוקטורלי של שקעים ומגבהים מקומיים המשפיעים על תכנון קידוחים חדשים באיזורים אלה. מרבית הקידוחים לא חדרו את היחידות הקדומות הקבורות מתחת לבזלת ולכן בתכנון קידוחי מים ישנו קושי להעריך את עובי האקויפר ואת גיל השכבות אותן הוא מכסה באיזור העניין. דוגמאות מקידוחים קיימים וחדשים (לרבות קידוח מנצורה 6 שקדיחתו הסתיימה בשנת 2024) ממחישות את ההטרוגניות בעובי האקויפר ובפאזה הוולקנית המשמשת להפקה, עד כדי הבדלים משמעותיים ביכולות הפקת המים במיקומים שונים בגולן. התנהגויות המפלסים מעידות על הטרוגניות גם בשדה הזרימה, עם מוליכות הידראולית אופקית משמעותית יחסית לרכיב האנכי שככל הנראה מוגבל עקב ההפרדות החרסיתיות. להשתנות המרחבית של מאפיינים אלה ישנן השלכות תפעוליות למשק המים, מאחר והיא משפיעה על כושר ההפקה של אקויפר הבזלת שמספק למעלה מ-97% מצריכת המים השנתית בגולן, ללא חלופות אספקה נכון להיום.

מתודולוגיה חדשה לכיול תנאי התחלה של מודלים לחיזוי הסעה של מזהמים

רונה, מ.

רשות המים

כאשר מתגלים אתרים בהם ישנו זיהום מי תהום הדורש הצבה וכיול של מודל זרימה והסעה לצורך הערכת התפשטות הזיהום ובחינת תרחישי שיקום שונים, ישנו בדרך כלל מחסור בנתונים לגבי ריכוזי המזהמים ופירוס הזיהום הנדרשים לצורך כיול מודל ההסעה. בשל המחסור בנתונים, לרוב מבוצע כיול של מודל הזרימה, ועל גבי מודל זה מציבים את פלומת הזיהום הנוכחית על ידי אינטרפולציה של נתוני הזיהום אשר נמדדו ומריצים את מודל ההסעה על גבי מודל הזרימה לבחינת תרחישים שונים. לכיול באופן המוצג לעיל ישנם מספר חסרונות - ביצוע האינטרפולציה מוסיף אי וודאות למודל ונוטה "לנפח" את פלומות הזיהום מעבר להיקפה במציאות. בנוסף, שיטות האינטרפולציה השונות לא לוקחות בחשבון את כיווני הזרימה הנובעים מההטרוגניות של הקרקע (כלומר מקיום של עדשות חרסית וכדומה). ברצוני להציג מתודולוגיה חלופית לכיול השתרעות פלומת מזהמים התחלתית (נוכחית) על ידי שילוב בין הרצות חוזרות של מודל הזרימה עם מודל ההסעה לקבלת פירוס הזיהום ההתחלתי במוקד יחד עם אינטרפולציה של נתוני הזיהום לקבלת שולי הפלומה. המתודולוגיה המוצעת תודגם באמצעות נתונים מאתר מזוהם במרכז הארץ. במסגרת ההרצאה אדון ביתרונות, בחסרונות ובמגבלות השיטה ואציע כיוונים לשיפור הכיול ולהמשך העבודה.

פיתוח מודל סטטיסטי לחיזוי מפלס הכנרת

רפאלי, ד. (1), זיגל, א. (2)

(1) המרכז לבינה מלאכותית ומדעי הנתונים – אוניברסיטת ת"א

(2) הרשות הממשלתית למים וביו

המים הזמינים מוגדרים ע"י כניסות המים לאגם הכנרת בניכוי ההתאיידות ומהווים את האמצעי העיקרי לחיזוי מפלס הכנרת. עפ"י חיזוי המפלס נקבעות החלטות אופרטיביות בוועדת התפעול של רשות המים ביחס לכמות המים הניתנת לשאיבה מהכנרת בעונה נתונה. בן צבי (1974) היה הראשון שהציע גישה הקושרת בין עובי גשם באגן הכנרת לנפחי המים הזמינים, על ידי מציאת מתאם טוב בין תחנת הגשם של איילת השחר, בה קיימת סדרה ארוכה של נתוני גשם (80 שנה), לבין נפחי המים הזמינים. עקרון חשוב של מודל זה הוא מתן משקל לגשמי עונה קודמת, המבטאים את "הזיכרון ההידרולוגי" באגן היקוות, מושג המתייחס לתלות ההידרולוגית בגשמי השנה הקודמת, תוצאה של עיכוב הזרימה בתווך התת-קרקעי. גבעתי (2006) נשאר נאמן לעקרונות המודל אך החליף את תחנת מרום גולן באיילת השחר אחרי שנמצא כי המתאם למודל עבורה הוא הטוב ביותר מבין תחנות הגשם באגן הכנרת. במשך השנים הבאות בהן המודל נבחן, נמצאו אי התאמות בין החזוי למדוד, כתוצאה מכמויות גשם אנומליות בתחנת מרום גולן ביחס לתחנות הגשם האחרות באגן, מה שחייב את שיפור המודל ע"י הוספת פרמטרים. בשיתוף המעבדה לסטטיסטיקה באוניברסיטת ת"א נבחנו מספר פרמטרים להם יכולה להיות השפעה על נפחי המים הזמינים. בסיום המבחן הסטטיסטי נמצא כי נפח המים הזמינים הטוב ביותר מתקבל ע"י רגרסיה רב משתנית הכוללת בתוכה את הרכיבים הבאים: עובי הגשם בתחנות כפר גלעדי ומרום גולן ונפח המים הזמינים של השנה הקודמת, כלומר רכיב "הזיכרון ההידרולוגי" של הגשם של אשתקד הוחלף ברכיב של נפח המים הזמינים. בהשוואה בין ביצועי המודל הישן למודל המשופר על פי פרמטר הטעות (RMSE) בין נפחי המים המדודים מול החזויים, נמצא שיפור של 16% במודל המעודכן. רכיב נוסף של פרויקט המחקר הסטטיסטי באגם הכנרת, היה בחישוב נפחי המים הזמינים היומיים. חשיבותו של נתון זה נגזרת מצורך חיזוי מפלסי הכנרת במפלסים גבוהים על מנת להיערך כראות לאפשרות של גלישה ופתיחת סכר דגניה. במקרה זה נבנה מתאם רב משתני לחיזוי נפח המים הזמינים היומי בו המשקל המרבי ניתן לחיזוי הספיקה בירדן בנוסף לרכיבי הגשם הישיר על הכנרת ומים זמינים של יום אתמול ויום שלשום. לאחר בדיקת המתאם בין המדוד לחזוי בנתונים שלא נעשה בהם שימוש לבניית המודל נמצא כי המודל מסביר 90% מהשונות ($R^2 = 0.9$). על פי התוצאות מתאם זה מאפשר חיזוי מהימן של מפלסי הכנרת באמצעות רכיבי הגשם, הספיקה והנפח שנבחנו ברגרסיה הרב משתנית.

צילום פלורוסנטי ועיבוד תמונה לשם כימות ואנליזת גודל חלקיקי מיקרופלסטיק

במים

שורשי, א. (1), זוהר, א. (1), ארנון, ש. (2), טראן, א. (3)

(1) המכללה האקדמית תל חי

(2) אוניברסיטת בן גוריון בנגב

(3) מכון שמיר למחקר

זיהוי וכימות מהיר ויעיל של חלקיקי מיקרופלסטיק בדוגמאות סביבתיות הם קריטיים להערכת מידת החשיפה הסביבתית לפלסטיק. אחת מהשיטות המקובלות בספרות מבוססת על צביעת החלקיקים בדיו פלורוסנטי, סינון על גבי פילטר, שימוש במצלמה ועיבוד תמונות. אולם ישנו חוסר בתיקוף השיטה בספרות. בשלב ניתוח התמונה יתכנו שגיאות רבות כתוצאה מצירוף חלקיקים קטנים המתורגמים בניתוח כחלקיק יחיד גדול בזמן שבפועל ישנם מספר חלקיקים בסמיכות או חפיפה. שגיאה זו עשויה להוביל להערכת חסר במספר חלקיקי פלסטיק בסביבה היבשתית והפחתה בהבנת היקף הבעיה והתמודדות איתה. מטרת עבודה זו היא לבחון שיטה שתקטין את הטעות במדידת חלקיקי המיקרופלסטיק (במיוחד צירוף החלקיקים, coincidence) בשיטות של עיבוד תמונה. אנו משתמשים בחלקיקים מהונדסים בעלי צורה, מרקם וגודל שאינו אחיד במטרה לדמות מיקרופלסטיק שנמצאים בסביבה, המחקר מבוצע בתנאי מעבדה ואינו עושה שימוש במיקרופלסטיק או מים מהסביבה. תחילה החלקיקים מסומנים בדיו אדום מסוג Nile Red, מדוללים עשרונית, ומפוזרים על פילטר זכוכית. ביצענו ניסוי קולונה (עם חול ומים מזוקקים) על מנת לבחון את יכולת השיטה לתת תוצאות בעלי ישום מהיר. הפילטר מצולם גם באמצעות מצלמה דיגיטלית (DSLR) וגם באמצעות סטראומיקרוסקופ. מהלך הצילום בסטראומיקרוסקופ נעשה בשתי שיטות צילום, האחת צילום רנדומלי של הפילטר (10 תצלומים), והשניה חיבור פנורמי של התמונות לכדי הפילטר השלם בעזרת תוכנה יעודית במכשיר. כלל התמונות המתקבלות מנותחות ע"י תוכנת ImageJ תוך שימוש או בקוד MP-VAT או ע"י קוד color-MP-VAT, המבוסס על הקוד הידוע ומבחין בחלקיקים קטנים יותר (מעבר לסף הגילוי של הקוד הידוע). בנוסף, התמונות המתקבלות מהסטראומיקרוסקופ נספרות באופן ידני ומשמשות לתיקוף התמונות המעובדות. ניתוח התמונות של מצלמת DSLR הראו חלקיקים קטנים מאוד שהקוד MP-VAT לא הצליח לזהות ועל כן, פותח קוד color-MP-VAT שהצליח לזהות את החלקיקים והראה שגודל שלהם מתחיל מ-40 מיקרון. ניתוח התמונות שהתקבלו מתצלומים רנדומלים הציג מגמה שמספר התצלומים המינימלי הכרחי לאמינות הכימות הוא 7, 4 ו-5 עבור ריכוז חלקיקים גבוה (מעל 1500), בינוני (500-1500) ונמוך (קטן מ-500), בהתאמה. ניתוח התמונות הפנורמה שהתקבלו מראות תצוגה יפה של הפילטר השלם ומאפשרות להיות בסיס לתיקוף השיטה. מגמה נוספת שעלתה בניסוי קולונה הוא כי רק חלקיקים קטנים ביותר (100-8 מיקרון) יצאו מהקולונה עבור נתוני הסטראומיקרוסקופ עם מקסימום תצלומים רנדומלים (10). הבנת מגבלות השיטה תורם לפיתוח אמצעים לאפיון החלקיקים והבנת התנהגות בסביבה היבשתית והערכת כמותם בצורה מדויקת.

שונות רב-עשורית בדפוסי בצורת חקלאית במזרח הים התיכון וקשריה למערכות אקלים גלובליות

שטרובך, א. (1), מנחם, י. (2)

(1) קרקע, מים וסביבה, מכון וולקני

(2) מדעי כדור הארץ, מכון ויצמן

הבנת דפוסי בצורות חקלאיות וקשריהם לשונות אקלימית בקנה מידה גלובלי היא חיונית לניהול יעיל של משאבי מים וגידולים חקלאיים, במיוחד באזורים צחיחים. מדדי בצורת חקלאית מסורתיים מסתמכים בעיקר על נתוני משקעים ואידוי ואינם לוקחים בחשבון תהליכים מורכבים בקרקע כמו נגר עילי וחלחול למי תהום. כתוצאה מכך, היכולת שלנו לקשר תהליכים בסקאלה גלובלית עם אירועי בצורת מקומיים היא מוגבלת. לעומת זאת, מדדים המבוססים על זמינות מים לצמח בקרקע, תוך שימוש ברטיבות קרקע או פוטנציאל מטרי עשויים לתפוס בצורה מדויקת יותר את האינטראקציות המורכבות בין דפוסי האקלים הגלובליים לתנאים המקומיים. מחקר זה בוחן את ההתפתחות בזמן ובמרחב של בצורת חקלאית בישראל באמצעות מדדים אלו המתארים את כמות המים הזמינה לצמח בקרקע, ובדק את קשריהם עם תהליכי אקלים גלובליים. בעזרת נתוני ראנליזה (ERA5-Land) בחנו מגמות של מדדי בצורת שונים בשני פרקי זמן נפרדים (1952-1982 ו-1992-2022) בישראל. לאחר מכן, מדדי הבצורת הושוו עם מספר אינדקסים אקלימיים שונים על מנת לכמת את הקשר בין תהליכים גלובליים לתנאי בצורת מקומיים. תוצאותינו מצביעות על שינוי ברור ממגמות מעורבות שנצפו בין 1952 ל-1982, למגמות שליליות ברובן בין 1992 ל-2022 המעידות על התייבשות הקרקע. שינוי זה בולט במיוחד בשכבות הקרקע העמוקות, ומרוכז באזורים הצחיחים למחצה של ישראל. הניתוח של הקשר בין הבצורות לתהליכים גלובליים חשף מתאם חזק בין תנאי הבצורת למספר תנודות אקלימיות, במיוחד התנודה האטלנטית הרב עשורית (AMO) ודפוס צפון הים הצפוני-ים הכספי (NCP) עם מקדמי מתאם העולים על 0.5 ברוב חלקי הארץ. קשרים אלו היו בולטים במיוחד בשכבות הקרקע העמוקות, מה שמרמז על פוטנציאל השימוש בהם כאינדיקטורים לשינויים אקלימיים ארוכי טווח. מדדים המבוססים על זמינות מים בקרקע הראו קשר יותר חזק לתנודות אקלים גלובליות דבר המעיד על פוטנציאל לחיזוי בצורות בסקאלת זמן עשורית. בכך, מחקר זה מדגיש את פוטנציאל השימוש במדדים אלו למעקב אחר בצורות חקלאיות, הערכות מוקדמת אליהן וכן בהערכת התאמת אזורי גידול לשינויים אקלימיים ארוכי טווח.

היבטים גיאוכימיים של מים בפארק עמק הצבאים בירושלים – פתרון מבוסס טבע משולב מי שיטפונות וקולחים

שרעבי, ג. (1), נוסבאום, ר. (2), מורין, א. (2), עליאן, ס. (1), פריימן, א. (4), לינד, א. (3), שמש, ע. (3), בלבן, ע. (3), טריין, פ. (3), לוינטל, א. (4), בן דור, י. (1)

- (1) המכון הגיאולוגי לישראל
- (2) האוניברסיטה העברית בירושלים
- (3) החברה להגנת הטבע
- (4) אוניברסיטת בן גוריון בנגב

בשל הגדלת סיכוני השיטפונות הקשורים לשינויי אקלים ועיור, פתרונות המתמודדים עם אתגרים סביבתיים חייבים להשתלב בצורה יעילה יותר בסביבות עירוניות. שטחים ירוקים ותשתיות כחולות-ירוקות, המשלבות מים, צמחייה ואזורי פנאי, יכולים לתרום הן להפחתת הסיכון לשיטפונות, תוך התייחסות לאפקט של התחממות עירונית, ובסופו של דבר לשפר את איכות החיים בערים. מתקנים אלה מקדמים גם מגוון ביולוגי וחוסן אקולוגי, תומכים במערכות אקולוגיות יציבות תוך מתן מרחבי בילוי ירוקים ופתוחים גם בלב אזורים עירוניים שוקקים. פארק הטבע העירוני עמק הצבאים, הממוקם במטרופולין הצפוף של ירושלים, משמש דוגמה מצוינת למאמצים כאלה. הפארק נבנה בסטנדרטים הגבוהים ביותר של עיצוב אקולוגי, והפך במהרה ליעד פופולרי עבור תושבים ומבקרים כאחד, ומציע מודל לשילוב פתרונות אקולוגיים-הידרולוגיים בנופים עירוניים. כחלק ממחקר מתמשך, מנטרים זרימת המים ואיכותם בתוך מערכת המים של הפארק. מערכת המים של הפארק, המוזנת ממי גשמים בעונה הרטובה (חורף) ובשפכים מטופלים בעונה היבשה (קיץ), עוברת מעקב באמצעות דיגום ומדידות במעבדה בשילוב עם מדידות רציפות באמצעות תחנות ניטור, אשר עושות שימוש בחומרה פתוחה, לצורך מדידות רציפות באמצעים זולים וזמינים. מדידות אלה מסייעות לקבוע את הרכב המים ואת הדינמיקה של איכות המים על מנת להעריך את ההשפעה של פתרון מבוסס טבע עירוני על איכות המים. במסגרת זו נציג תוצאות ראשוניות של הרכב כימי של המים הנכנסים למערכת בעמק הצבאים, וכן את השינויים בהרכבם בעקבות אירועי גשם וסחרור במערכת המים.

השפעת הצפות פשטי נחל כתוצאה מגשמים קיצוניים על מאזן המים בקרקע ועל הצומח, בדגש על עץ אורן ביער נטוע

תורכ, ד., גורן, ת., גנות, י.

אוניברסיטת בר אילן

עודפי נגר גדולים עלולים לפגוע בתפקוד מערכות הניקוז ולגרום להצפות ושיטפונות, אך ניהול נכון יכול להפוך להזדמנות עבור המתכננים להעשרת מי תהום ולשימור מקורות מים טבעיים. אחת הדרכים המוצעות להתמודדות עם סיכון השיטפונות במורד נחלים היא בעזרת מתקנים לריסון ולהשהיית נגר במעלה האגן. מתקנים אלו מתבססים לרוב על פשטי ההצפה של הנחלים, כאשר חלקם מתוכננים בשטחים חקלאיים, וחלקם בשטחי שמורות ויערות. בעוד שהתועלת ההידראולית-הנדסית של פשטי-הצפה במעלה הנחל כאמצעי לריסון שיטפונות והצפות במורד הנחל גבוהה, השפעת תדירות ומשך ההצפה על שימושי קרקע שונים הנמצאים או גובלים בפשטי ההצפה מאתגרת יותר לניבוי, ועלולה להיות חיובית או שלילית בהתאם לסוג ושימוש הקרקע. במחקר זה אנו בוחנים את ההשפעות האקו-הידרולוגיות של שימוש בפשטי-הצפה כמתקני-ריסון נגר תחת אירועי גשם קיצוניים. התמקדנו במדדי קרקע וצומח, כאשר הצומח שנבדק הוא עץ אורן עקב שכיחותו ביערות נטועים ורגישותו היחסית להצפות. המחקר משלב ניטור וניסויי שדה ביער נטוע (יער חורשים), ניסויי עציצים עם שתילי אורנים, ומודל קרקע-צמח-אטמוספירה המשלב סימולציות של סופות גשם קיצוניות תחת שינויים אקלים. בכנס נציג תוצאות מניסויי השדה, אשר כללו חלקות טיפול וביקורת. כל חלקה כללה 4-5 עצי אורן ומערכת לניטור מדדי קרקע (תכולת רטיבות, חמצן, ופוטנציאל חמצון-חיזור) ומדדי צומח (קוטר גזע רציף, ירוקיות עלווה, ואורך מחטים). חלקות הטיפול הוצפו למשך 24-48 שעות על מנת לדמות אירוע ריסון נגר שאופייני ליער חורשים תחת תרחישי קיצון. בעקבות ההצפה הקרקע עברה ממצב מאוורר לתנאי עקת חמצן (היפוקסיה), תנאים אשר ניכרים גם במדדי הצומח. בנוסף, מאחר שהיווצרות תנאי עקה תחת הצפה מושפעים מקצב ניקוז הקרקע, נמדדו בנקודות שונות ביער חורשים קצבי ניקוז בעזרת ניסויי חלחול. התוצאות מראות הטרוגניות גבוהה במרחב של קצבי החלחול, ולכן בתרחיש הצפה של כל היער תתקבל כל הנראה גם הטרוגניות של תנאי עקה בקרקע והצומח.

Meteorological ingredients of heavy precipitation and subsequent lake filling episodes in the northwestern Sahara

Armon, M. (1,2), Rieder, J. C. (2), Dente, E. (3), Aemisegger, F. (2,4)

(1) The Hebrew University of Jerusalem

(2) ETH Zurich

(3) University of Haifa

(4) University of Bern

The dry Sahara was potentially wetter in the past during the warm African Humid Period. Although debated, this climatic shift is a possible scenario in a future warmer climate. One major line of evidence reported for past green periods in the Sahara is the presence of paleo-lakes. Even today, Saharan desert lakes get filled from time to time. However, very little is known about these events due to the lack of available in-situ observations. In addition, the hydrometeorological conditions associated with these events have never been systematically investigated. This study proposes to fill this knowledge gap by examining the meteorology of lake-filling episodes (LFEs) of Sebkha el Melah — a commonly dry lake in the northwestern Sahara. Heavy precipitation events (HPEs) and LFEs are identified using a combination of precipitation observations and lake volume estimates derived from satellite remote sensing. Weather reanalysis data is used together with three-dimensional trajectory calculations to investigate the moisture sources and characteristics of weather systems that lead to HPEs and to assess the conditions necessary for producing LFEs. Results show that hundreds of HPEs occurred between 2000 and 2021, but only 6 LFEs eventuated. We find that LFEs are generated most frequently in autumn by the most intense HPEs, and characterize their main ingredients. The runoff coefficient, a very useful characteristic to assess storm impacts on water availability, ranges across five orders of magnitude for the 6 LFEs investigated; much lower than the ratios often cited in the literature. Based on the insights gained into Saharan LFEs in the present-day climate, we suggest that the initial filling and persistence of Saharan lakes may be related to changes in the intensity, frequency, or synoptic pattern of HPEs, rather than a change to mean precipitation alone. Future studies can leverage these insights to better assess the mechanisms involved in the greening of the Sahara in the past and potentially in a warmer future.

Hydrological modeling of a heterogeneous basin – the Lake Kinneret Watershed, Israel

Ben-Zur, E. (1,2), Gvirtzman, H. (1), Gal, G. (2), Be'eri-Shlevin, Y. (2)

(1) The Hebrew University of Jerusalem

(2) The Kinneret Limnological Laboratory, Israel Oceanographic and Limnological Research

The Lake Kinneret Watershed (LKW), located in northern Israel, is a significant water system feeding the largest freshwater reservoir in the Levant, Lake Kinneret. Over the past two decades the region has suffered from water scarcity due to longer and more frequent drought years and increasing exploitation of freshwater. These trends are expected to intensify due to climate change and population growth. The LKW is characterized by high spatial variability of topography, precipitation and land use. Its main water source is groundwater that is fed by a number of aquifers. A revised version of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT+), a physical, semi-distributed, and continuous watershed-scale model, was applied to study the LKW surface and groundwater processes, including regions that have not been modeled to date. Currently, the model is run with a focus on surface processes, as the main springs are simulated as point sources and a time-series of their discharge is an input to the model. In the future, the model will be used to evaluate the long-term effects of various stressors under climate change scenarios and water management actions.

Results of this version of the model show good correlation between observed and calculated monthly discharges of the LKW main streams (e.g., NSE > 0.6 for Meshushim, Dishon, Hermon and Upper Jordan streams). The watershed spatial variability is reflected by different values of the subbasins parameters. The extended version of the model, which includes simulations of the phreatic aquifers of the LKW by application of the gwflow module, is still under development. Preliminary simulations show a good fit between locations of main springs and cells in the model with a 'saturation excess' flux. Using the extended model, the LKW can serve as a case study of modelling a heterogeneous watershed, with an important groundwater component. In addition, the model could be used as an operative tool for the management of the LKW.

Effects of ripple celerity on the fate of trace organic compounds in streams and their streambeds

Gafni, A. (1), Acuna, T. (1), Villa, A. (2), Spahr, S. (2), Lewandowski, J. (2), Arnon, S. (1)

(1) The Zuckerberg Institute for Water Research, Ben Gurion University, Israel

(2) Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Germany

Trace organic compounds (TrOCs), including pharmaceuticals and personal care products, persist in aquatic environments due to incomplete removal in wastewater treatment plants. Streams receiving treated wastewater, stormwater runoff, or leaky sewer water often exhibit high TrOC concentrations, posing risks to ecosystem health and water quality. Water and solute exchange between the stream and the sediments (i.e., hyporheic exchange) facilitates TrOC attenuation by transporting contaminants into streambed sediments, where biotransformation and other processes occur. However, the influence of hyporheic exchange at high streamflow velocities, where the streambed is under motion, on the fate of TrOCs remains poorly understood.

In this study, we conducted flume experiments under various streamflow velocities to quantify the effect of streambed migration (celerity) and dissolved oxygen distribution on TrOCs attenuation. We hypothesized that increasing celerity would initially enhance TrOCs removal due to greater hyporheic exchange flux and oxygen penetration. However, at higher celerities, reduced residence time in the bed could limit attenuation efficiency. Our results provide new insights into the interaction between streambed dynamics, redox zonation, and TrOCs degradation. Understanding these processes is essential for improving water quality management in dynamic stream environments.

PFAS Contamination in Israel's Water Resources: Pathways and Distribution in Groundwater and Surface Water

Kessler, N., Katz, H., Gasser, G., Gal, H.

Israel Water Authority

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are persistent environmental pollutants increasingly detected in water bodies and drinking water systems worldwide. Over the past four years, nationwide water quality surveys in Israel have included monitoring and production wells, wastewater, and effluent reservoirs. These surveys indicate widespread PFAS contamination across Israel's water supply network. During the winter of 2024/2025, PFAS concentrations were monitored in surface water at selected locations, revealing substantial levels. These findings reinforce previous surveys, demonstrating extensive PFAS presence throughout Israel's water system. Additionally, they suggest that surface water may play a significant role in PFAS transport between water sources, possibly explaining contamination patterns that deviate from typical groundwater transport dynamics. Understanding these mechanisms is essential for evaluating contamination risks and formulating effective mitigation strategies.

Assessment of Satellite-Based Soil Moisture Data in the Mediterranean Region in Hydrological Perspectives

Kimchi, Y., Morin, E.

The Hebrew University of Jerusalem

Soil moisture (SM) is a critical water cycle component, affecting infiltration, runoff generation, and flood risks. In the Mediterranean region, rising temperatures and decreasing precipitation alter SM distribution, contributing to a declining trend. Intensifying rain events driven by climate change further challenge SM's flood regulation role. Therefore, accurate SM assessments are essential for understanding these dynamics. However, the scarcity of in-situ measurements necessitates reliance on satellite-based data, which offer global coverage but involve uncertainties. This study aims to evaluate the accuracy of satellite-based SM data in the Mediterranean and explore SM dynamics under climate change. SM data from NASA's Soil Moisture Active Passive (SMAP) mission was qualitatively analyzed using hydrometeorological data, including rainfall and streamflow from the Yarkon-Ayalon basin in Israel. Due to the lack of in-situ data in Israel, SMAP data was quantitatively assessed against in-situ SM measurements from the REMEDHUS network in Spain. The methodology included data preprocessing, quality control, spatiotemporal averaging, pixel-based and spatial average comparisons, and time-series analyses to assess SMAP accuracy at event and seasonal scales. Results indicate that SMAP captures general SM dynamics observed in the REMEDHUS network, though accuracy varies across stations and seasons. Spatial averaging reduces these errors and improves data reliability. Comparisons with rainfall and streamflow data in the Yarkon-Ayalon basin reveal consistent dynamics, underscoring SMAP's utility in capturing hydrological responses to rainfall events and seasonal variations. Based on these findings, further analysis will examine extreme SM events across various Mediterranean basins, identify their meteorological and hydrological drivers, and analyze SM trends concerning climate change. These insights will improve understanding of SM dynamics, enhance SM predictions under climate change, and support flood risk and water resource management in the Mediterranean.

Evaluating the processes contributing to PFAS transport from the unsaturated zone to the groundwater

Kolade, S. (1), Klint, K. (2), Ronen, A. (1), Dahan, O. (1)

(1) Department of Hydrology and Microbiology, Zuckerberg Institute for Water Research, Ben Gurion University of the Negev, Sde Boker, Israel

(2) GEO, Denmark

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are persistent anthropogenic chemicals primarily discharged from firefighting sites, industrial facilities, landfills, and wastewater treatment plants, contaminating water resources and environmental biota.

Our study investigated the factors governing the downward migration of PFAS through the unsaturated zone using laboratory experiments and field observations at contaminated sites.

At the laboratory scale, a combination of four PFAS compounds with different chemical structures — representing the dominant PFAS types found at firefighting sites — was applied to a 3 m-long, 0.4 m-diameter, unsaturated soil column. Water percolation, along with PFAS and Br transport across the column, was monitored through breakthrough characteristics at multiple depths. Short-chain PFAS (PFHxA, PFPeA) exhibited tracer-like mobility, while long-chain compounds (PFOS, PFOA) showed notable retardation and complex mobility patterns. Competitive adsorption was also observed among co-occurring PFAS, favoring the preferential transport of short-chain variants.

In the field, vadose zone monitoring systems, which enabled frequent collection of sediment pore water and continuous measurement of sediment moisture variations, were used to track PFAS transport. Two monitoring stations were installed:

- i) A firefighting response site in Ashkelon, Israel
- ii) A firefighting training facility in Korsør, Denmark

At the Ashkelon site, PFAS concentrations remained steady during the dry season but showed a significant release during the wet season. Similarly, at the Korsør site, high concentrations of both short- and long-chain PFAS were detected, with substantial release occurring during periods of high water infiltration, spanning from the land surface to the water table.

Findings from both the laboratory and field scales indicate that PFAS transport is generally a nonlinear, water content-dependent process. This process is influenced by multiple factors, including the presence of co-contaminants, PFAS chemical structure and adsorption mechanisms, climatic conditions, and environmental media heterogeneity, which collectively impact flow dynamics.

Impact of climate change on flash floods in Eastern Mediterranean drainage basins

Levin, O. (1), Rinat, Y. (2), Morin, E. (1)

(1) The Hebrew University of Jerusalem

(2) Geological Survey of Israel

Flash floods are a major natural hazard in the Eastern Mediterranean region, causing significant damage to property, infrastructure, and loss of life. Climate change plays a crucial role in altering rainfall patterns, directly impacting flash flood behavior. The Eastern Mediterranean, recognized as a climate change hotspot, is expected to experience more intense extreme rainfall events, but lower rainfall amounts, both potentially affecting flash flood severity. However, key knowledge gaps remain. First, there is a lack of event-based studies utilizing high-resolution distributed models essential for capturing flash flood dynamics. Second, the impact of climate-induced rainfall changes on flash flood dynamics remains uncertain, particularly given their sensitivity to basin heterogeneity and local rainfall characteristics. This study investigates flash flood behavior in the Yarkon-Ayalon basin, a large Mediterranean basin in central Israel characterized by high spatial heterogeneity. We employ the Grid-Based Hydrological Distributed Runoff (GB-HYDRA) model, which was developed to capture flash flood dynamics. The original model was modified to improve its ability to represent diverse and complex basin characteristics, various hydrological processes, and rainfall variability. The latter is achieved using the high spatiotemporal resolution radar rainfall data as the model rainfall input. To assess the model's performance, we have simulated 40 historical flood events of varying intensities and durations. The model is currently undergoing calibration and validation, focusing on key hydrological parameters to enhance its representation of the basin's hydrological response. This process aims to refine parameterization and improve the agreement between simulated and observed runoff volumes and peak discharges at different sub-basins, ensuring the model can reliably capture flood behavior under different hydrological conditions and at intra-basin scale. Future work will further refine the model and expand its application to assess the influence of climate change on flood characteristics. By analyzing shifts in rainfall patterns and their hydrological consequences, we aim to identify key drivers of flood response under evolving climatic conditions. The insights gained from this study will contribute to a broader understanding of flash flood dynamics in Mediterranean basins and provide a foundation for improving flood risk management strategies.

Shifting Flood Regimes Under Contradictory Precipitation Trends

Morin, E. (1), Rinat, Y. (2), Armon, M. (1), Goldschmidt, Y. (1), Nussbaum, R. (1), Marra, F. (3)

(1) Hebrew University of Jerusalem

(2) Geological Survey of Israel

(3) University of Padova

Global warming is driving an increase in extreme precipitation events across many regions worldwide, often leading to intensified flooding. However, other changing precipitation characteristics may counterbalance this effect. These include reductions in total event precipitation, precipitation coverage area, duration, and frequency. The interplay of these often-contradictory trends remains poorly understood, with limited mapping and quantification available.

Through a series of studies focusing on the eastern Mediterranean region, we identify this area as susceptible to these contrasting precipitation trends. Our research reveals a decline in average precipitation and the number of wet days, alongside an increase in extreme precipitation events for return periods ranging from 10 to 100 years. Furthermore, storm total precipitation, coverage area, and duration decrease while conditional precipitation intensities rise.

When these trends are incorporated into hydrological models to simulate catchment responses and flood impacts, the role of soil moisture emerges as a critical factor in flood regulation. Due to lower precipitation amounts and wet days number, average soil moisture decreases. Despite heightened precipitation intensity, this leads to diminished runoff in most cases. Additionally, smaller storm sizes reduce runoff-contributing areas, resulting in lower flow discharges within concentrating channels. However, urbanization amplifies these dynamics, as urban areas are more sensitive to increased precipitation intensities due to limited soil moisture regulation. Consequently, in future climate scenarios, the largest runoff events produce higher peak discharges and total runoff compared to historical conditions. In contrast, lower-intensity events exhibit reduced peak and total runoff. These effects are intensified as urban impervious surfaces expand, making precipitation intensity a dominant driver of urban runoff.

Our findings suggest that floods are not universally intensifying, even in the context of more extreme precipitation. The dampening effects of other precipitation properties can offset flood magnitudes, highlighting the complexity of flood behavior under changing climate conditions.

Modeling of VOC Transport in a Large-Scale Thick Vadose Zone

Shalom, O., Lev, O., Gvirtzman, H.

The Hebrew University

Groundwater contamination by volatile organic compounds (VOCs) presents a pressing environmental challenge, particularly in complex subsurface systems. As persistent pollutants, VOCs degrade water quality, threaten ecosystems, and pose serious health risks, necessitating effective containment and remediation strategies. In this study we employ transport modeling to investigate industrial contaminant spreading in the Jerusalem Mountains, Israel, characterized by a thick, stratified, karstic, faulted, and folded vadose zone, including two-story perched aquifers. Despite limited monitoring data and a 50-year delay in detecting VOC leakage, our FEFLOW model successfully reconstructed key contaminant transport processes, including convection, dispersion, retardation, volatilization, and attenuation. By integrating a transport model with a calibrated flow model, we trace the evolution of the VOC plume over 70 years, revealing critical dynamics within the vadose zone. Preferential flow occurs horizontally via perched aquifers and vertically through faults, both enhanced by karstic networks. The vast extent of contamination, with the plume reaching the deep regional aquifer several decades after the presumed onset of pollutant dispersion, underscores the vadose zone's dual function as both a buffer and a facilitator of flow. While rapid flow paths enabled the aquitards to be traversed, effectively spreading contaminants into the regional water source, the majority of the unsaturated zone successfully contained the VOCs, mitigating their migration toward residential neighborhoods and critical groundwater resources. Our modeling predicts that, without remedial actions, the VOC plume will persist in the vadose zone, leaching slowly over time, with negligible attenuation in the coming decades. By uncovering these dynamics, this research not only aids local remediation efforts but also provides a framework for addressing similar challenges in complex hydrogeological settings worldwide.

The influence of Lake Kinneret level fluctuations on saltwater intrusion through lacustrine groundwater discharge

Stein, S. (1), Sharabi, G. (2), Zilberman, T. (2), Levy, E. (2)

(1) Israel Oceanographic and Limnological Research, the Kinneret Limnological Lab

(2) Geological Survey of Israel

Lake Kinneret (the Sea of Galilee) is a key freshwater source in the water-scarce Eastern Mediterranean. However, its relatively high salinity (~260 mg Cl/L) poses challenges for agriculture, groundwater quality, and drinking water supply in Israel and Jordan. Salts enter the lake through onshore and offshore saline springs (point sources) and seepages from surrounding sediments (non-point sources). Fluctuations in lake and groundwater levels alter the hydraulic gradient, affecting Lacustrine Groundwater Discharge (LGD). However, the impact of these changes on brine discharge and shallow groundwater salinity remains poorly understood. To investigate these processes, shallow (~1 m) monitoring wells were hand-dug along the shore near the Kinneret Limnological Laboratory. Groundwater was monitored using sensors (every 15 minutes) and water sampling (biweekly). Sensors recorded electrical conductivity (EC), water level, temperature, dissolved oxygen (DO), and pH, while water samples were analyzed for major ions, trace elements, and water isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$). Results show that as lake levels rose and flooded the monitoring area, groundwater salinity increased. The hydraulic gradient between groundwater and the lake intensified, leading to higher salt influx. Chemical and isotopic analyses revealed two distinct water sources: a fresh end-member (Lake Kinneret water) and a saline end-member, a mixture of non-Ca-chloridic brine (abundant around the lake) and fresh groundwater with a light isotopic signature. Since the saline end-member is located beneath the lake, it contributes to well salinization when the lake level rises and inundates the area. This occurs because the lake, as the lowest hydraulic head in the region, directs brine flow toward it. This study demonstrates that lake level fluctuations influence brine discharge and groundwater mixing. The monitoring approach can be applied to similar lacustrine environments to distinguish water sources and LGD regimes, improving our understanding of saltwater intrusion in freshwater lakes.

סיור 1: גישה אגנית משלבת בניהול נגר והשפעתו על מרחב הנחל והעיר

שמואל בדולח (ח.ג.מ מהנדסים) וברק קסטרו (אגמא)

הסיור מציע הזדמנות להעמיק את ההבנה של הגישה האגנית המשולבת, תוך בחינת דוגמאות בשטח של קשרי גומלין בין המעלה למורד. נדון בהשפעות תכנון ובנייה בפשטי הצפה, בפתרונות לויסות נגר בשיתוף עם חקלאים, ובתרומתם האפשרית להעשרת מי התהום ולצמצום נזקי הצפות. הסיור יועבר בשיתוף רשות ניקוז ונחלים שורק לכיש ואנשי מקצוע רלוונטיים נוספים. הסיור יתרום להבנת ההשפעה של פיתוח ובנייה לא מתוכננת על מערכת הנחלים, ללמידת פתרונות מבוססי טבע לניהול נגר, שימור מים והקטנת נזקי הצפות, ולחיזוק הקשר בין תכנון עירוני, חקלאות והידרולוגיה באמצעות גישה אגנית משולבת.

תחנה 1 - אגם פארק, אקו - ספורט, אשקלון: ניהול נגר כחסם לפיתוח שכונה.

רקע: לשכונת האגמים מערב היה חסם ניקוזי. התנאי להקמת השכונה היה מציאת פתרון לניהול הנגר המגיע באופן טבעי אל שקע בלתי מוסדר. משרד השיכון, רמ"י ועיריית אשקלון החליטו להקים במקום פארק לכל תושבי הסביבה שבמסגרתו יוקם אגם נוי ונופש שעיקר מימיו יגיעו כמי נגר משכונת האגמים.

באתר יוצגו הנושאים ההידרוליים הבאים:

- מבנה תא הסגרים לשליטה על זרמים המגיעים מחוץ לאגם: מי נגר ותחנת מי קיץ.
- מבנה משאבות הבורג להרמת מי הנגר למפלס עליון למילוי האגם.
- מערך הסינון, טיהור מי האגם וסחרור מי האגם.
- פתרונות למילוי האגם בקיץ וגלישת עודפים בחורף.

תחנה 2 - מעלה נחל לכיש – מושב עזריקם: פתרונות לויסות נגר בשיתוף חקלאים.

רקע: באזור זה יושמו פתרונות לויסות נגר בשיתוף פעולה עם החקלאים המקומיים לאחר מספר שנים בהם הבתים באיזור הוצפו מהנחל.

באתר נדבר על :

- הפעולות שבוצעו, כמו בניית סכרים קטנים ואלמנטים לוויסות נגר.
- השפעת הפתרונות על הנחל במורד.
- שילוב חקלאים בתכנון וניהול אגני.

תחנה 3- מעלה נחל לכיש – מושב גבעתי: פוטנציאל העשרת מי תהום.

רקע: באזור מושב גבעתי, סמוך לנחל לכיש, קיימות דוגמאות נוספות לניהול נגר בר קיימא, כחלק מהראייה האגנית, המאפשרות בנוסף לויסות הנגר, פוטנציאל להחדרתו למי התהום.

באתר נדבר על :

- הפוטנציאל בהעשרת מי תהום דרך פתרונות מבוססי טבע למניעת הצפות.
- ההשפעה ארוכת הטווח על הקרקע החקלאית, הנחל ותושבי האזור.

סיור 2: מסע הידרולוגי באקוויפר החוף הדרומי לאורכו של נחל שקמה

לאו וולין וליאור נצר (השירות ההידרולוגי)

אקוויפר החוף הדרומי משתרע בין אזור ניר-עם בדרום לאשדוד בצפון. לאזור זה חשיבות תפעולית רבה, מרבית כלי ההפקה בו הם של חברת מקורות המספקים מים למערכת הארצית מה שמאפשר לווסת ולנהל את האוגר באקוויפר באזור זה ובשנים שחונות לנצל יותר מים. אגן נחל שקמה מתחיל מהשיפולים הדרום מערביים של רכס יהודה, ובשטחו המורדי חוצה את אקוויפר החוף בחלקו הדרומי באזור גברעם ומייצר אינטרקציה בין הזרימה העילית לבין מי התהום. במהלך הסיור נתקדם לאורך הנחל מאזור ברור חיל ועד השפך לים.

תחנה 1- גבעת חוליקאת- פרויקט שיקום ושימור אקוויפר החוף הדרומי

נקודת תצפית שממנה נפרס כל חלקו הדרומי של אקוויפר החוף וממנה רואים היטב את המבנים המורפולוגיים שמושפעים מרכסי הכורכר המכתיבים את זרימת המים העל קרקעית. בתחנה זו נשמע על חשיבות האקוויפר באזור זה ועל התכנית לשיקום ושימור אקוויפר החוף הדרומי הכוללת את קידוחי הנקז המזרחי שנועד לעצור את המים המליחים המגיעים ממזרח והעברתם למתקני התפלה, צמצום הפקה בתאי האוגר, החדרת מים ע"מ לשפר את איכות המים, והקטנת תשומות המלח המגיעות מפני הקרקע.

תחנה 2- תחנה הידרומטרית שקמה ברור חיל

אגן השקמה מנוטר כ- 70 שנים. בתחנה הידרומטרית זו של השירות ההידרולוגי מתבצעות מדידות רציפות של ספיקת המים ומחושבים נפחי המים העוברים במקטע זה. בתחנה זו נכיר את אגן נחל שקמה ואת שיטות המדידה.

תחנה 3- מאגר שקמה- מפעל החדרת מי שיטפונות שקמה

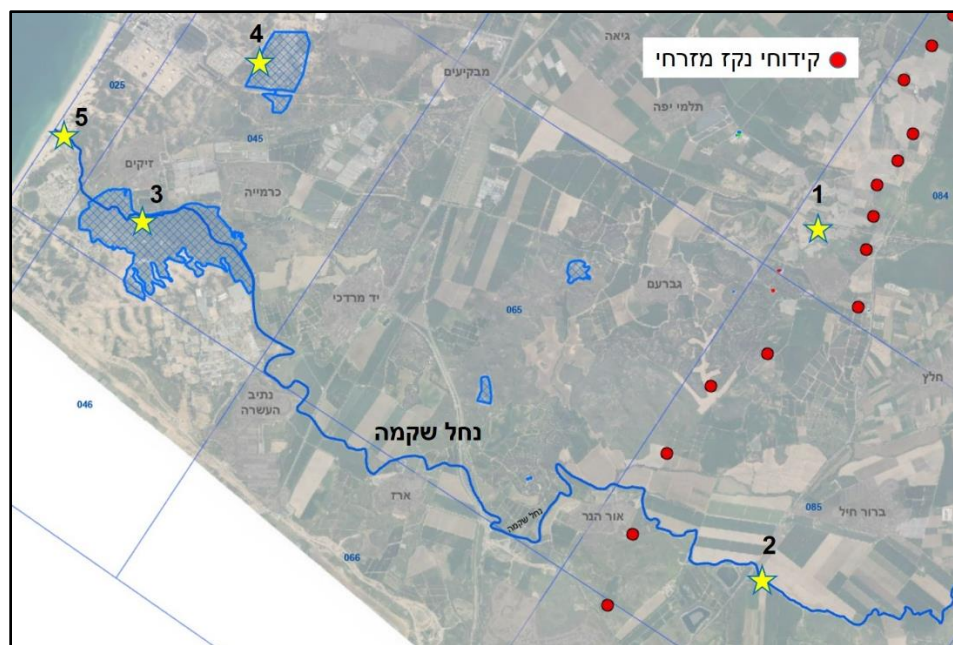
מורד הנחל נסכר לצורך איגום המים וניצולם לטובת העשרת מי התהום. מי השיטפונות המגיעים למאגר מועברים ע"י משאבות לאחר מספר ימים לשטחי החדרה באזור החולי הנמצא מעט צפונית ושם מחלחלים למי התהום. בתחנה זו נשמע על כמויות המים שנתפסות במפעל ההחדרה שקמה.

תחנה 4- שטחי החלחול

נקודת תצפית שבה יעלו סוגיות בנוגע לעתיד שטחי החלחול הסמוכים לחלקו הדרומי של אזור התעשייה אשקלון והממשק ביניהם. נעמוד על סוגיות כגון: קידוחי שקמה ומפעל קרלסברג, ותשטיפים מזהמים שמקורם מאזור התעשייה.

תחנה 5- שפך הנחל

נסיים את הסיור בהליכה לאורך שפך הנחל שבו ניתן לראות חשיפה של מי תהום- לגונה, ונשמע על תהליכים הקשורים למפגש נחלים ודיונות סכר טבעית.



תרשים 1. מיקום נקודות הסיור באגן נחל שקמה.

סיור 3: הקו השלישי לנגב – הובלת מי שפד"ן ל"אסם התבואה" של ישראל

עומר מרקוביץ (מקורות - מרחב דרום)

מפעל הקו השלישי לנגב נהגה על ידי שמחה בלאס, כבר בשנות ה-60, בראייה עתידית לספק בשלב סופי עד 100 מלמ"ק בשנה מי שפד"ן להשקייה חקלאית בנגב. לקראת סוף שנות ה-80, ותוך 3 שנים מיום הפעלתו הגיע לנתונים אלו, ומאז ועד היום אותו הקו השלישי הינו מקור האספקה הגדול ביותר להשקיית שטחי החקלאות בנגב. הסיור יתאר את הפעולות שנעשו לאורך השנים כדי לאפשר גידול באספקה במפעל הקו השלישי עד לכמות שיא של 240 מלמ"ק בשנה, בשנת 2024, ואת התכניות העתידיות למפעל, שאושרו רק בשנים האחרונות, ונמצאות בתכנון וביצוע בימים אלה. במסגרת הסיור ניגע גם בנושא אספקת מים שפירים לרצועת עזה.

הסיור יעבור בתחנות הבאות:

תחנות אלמוג ואבים ב' – תחנות ראשיות לנגב ולמפעל שובל

מאגר ניר עם – מאגר אגירה עונתי, הסבר על אספקת מים לרצועת עזה

תחנות טל-אור והבשור – מי השפד"ן

מאגר הילל, תלמי יוסף – מאגר קצה, פיתוח שטחי חקלאות חדשים