

חוברת תקצירי



תוכן עניינים

- 7 משמעות תפוקת סחף מרחף (רחופת) לניהול נגר עילי ומתקני וויסות וריסון שיטפונות
אגוזי, ר. בן יונה, מ.
- 8 הצימוד בין ריאקציית המסה ושיקוע לזרימה בשדה נקבובי
אדרי, י., שבלזון, י.
- 9 חקר מעיינות הדיפלה - איתור וניטור מקורות מים בדיפלה הדרומית
אוזן, א., נשר, ר., עוז, ס., הרלב, נ., מורן, א.
- 10 מערכת התראה מוקדמת לשיטפונות באזורים צחיחים מבוססת חישה מרחוק ובינה מלאכותית (AI)
איזיקסון, ס., חן, א., רונן, נ., רוטמן, ס., בלומברג, ד., ממון, ש.
- 11 שימוש בחישה מרחוק לצורך כיוול ואימות מודלי הצפה דו ממדיים
איזיקסון, ס., כגן, ג., אלכסנדרוב, י., וינר, ח.
- 12 אתרים לביצוע קידוחים חליפיים באזורי אספקת מים שרון - עמק חפר – חדרה לשנת 2030 עד 2050
אלקן, ד., שוער, נ., לבנון, א., דבורי, נ.צ., קניגסברג, א., גב, י.
- 13 השפעת שאיבות להשפלת מי תהום על יציבות הקרקע והיווצרות בולענים
אמיר, נ., ליבשיץ, י.
- 14 Mechanisms of cement degradation during interaction with water at different pH and salinity levels
ארוך, ש., עמנואל, ס., בר נס, ג.
- 15 שיטפון חריג בעוצמתו בנחל ציחור – סיפור על גשם, ההידרולוגיה ועצים שנעלמו
באב"ד, א., סתוי, א., ברדה-סווידרסקי, נ., ארמוזה-זבולוני, ר., שגב, נ., שם-טוב, ר., איזקסון, ס.
- 15 Evidence of Coastal Aquifer transmissivity increase using pumping tests
בלייר, א., עמיעז, י., גוטמן, י.
- 17 פארק עמק הצבאים בירושלים – פתרון מבוסס טבע לצמצום סיכוני שטפונות ולטיפול במים במטרופולין סואן
בן דור, י., נוסבאום, ר., מורין, א., שרעבי, ג., עליאן, ס., פריימן, א., לינד, א., שמש, ע., בלבן, ע., טריין, פ., לוינטל, א.
- 18 שימוש בגישת רצף לניתוח זרימת אוויר מאולצת בתוך נקבובי רטוב
בן-נח, א.
- 19 רגולציה של ניהול נגר מגרשי – סיכום שנתי 2023
בר-נוי, נ., רבינוביץ', נ., אמיד, י., נצר, ל., רוני, מ., ליבשיץ, י.

- 20 משולחנם של חזאי המרכז הלאומי לחיזוי שיטפונות
בר-צבי, ל.
- 21 כימות התהליכים ההידרולוגיים העיקריים השולטים באיגום העונתי במערב מישור ההצפה של נחל פולג
בר, ע., מורין, א., קמאי, ת.
- 22 שיפור בביצועים ההידראוליים בקידוחים כתוצאה משילוב של שדרוגים טכנולוגיים בתכנון ובניית הקידוחים: מקרי בוחן מאקוויפרים לא מלוכדים בישראל
גוטמן, י., ברנבלט, ז.
- 23 Unveiling Hydrogeological Interactions: An Insight into Swan Lake's Environmental Dynamics Amidst Industrial Contaminant Challenges
גורביץ, ח., דבורי, נ.צ.
- 24 בין מודלים למציאות - מערכת לניהול אירועי שיטפונות
הורוביץ, ט., רינת, י., גיגוזין, ד.
- 25 הפקה פלסטינאית באגני ההר ותופעת קידוחים פיראטיים בהתייחסות להסכם המים, עדכון 2022/23
וייס, מ., אמיר, נ., ליבשיץ, י.
- 26 קידוחים יבשים בתווך קרסטי ככלי לניהול נגר עירוני והעשרת אקוויפרים: תוצאות שדה ממבחני החדרה
ולדמן, א., גנות, י., פרבר, א., אמיר, נ., עמייעז, י., קמאי, ת.
- 27 מודל פשטני להערכות מילוי ראשוניות בסקאלות גדולות
ועקבין, ע.
- 28 יעילות גגות ירוקים בוויסות מי נגר עירוני בתנאי אקלים ים תיכוני
זוסמן, א., פרידלר, ע.
- 29 זמני פיגור מחושבים בתחנות הידרומטריות, לפי נתוני גשם שעתיים בתחנות גשם מייצגות – ממצאים ראשוניים
זיגל, א., בן נריה, א.
- 30 מה הקשר בין מפלס הכינרת לאבוקדו?
זלצמן, א.
- 31 בחינת מאזן החום של אגם כנרת ואגמון החולה בעזרת מדידות ישירות
טאו, ג., אנזל, י., מקגון, ה., ליחובסקי, י., לנסקי, נ.
- 32 בניית חוסן אקלים בחילופי מים-אנרגיה במזרח התיכון
טל, נ.
- 33 הפקת מי תהום באזור שמורת הדיפלה: אויב או אוהב?
טל, ע.

- 34 פיתוח שיטות לקבלת החלטות למיקום אופטימלי של פתרונות מבוססי טבע
טל-מעון, מ., ברויטמן, ד., פורטמן, מ., חוש, מ.
- 35 כיול "מונחה אירועים" של מודלים לחיזוי שיטפונות באמצעות מערכת RC3
יצחק, י., דניסוק, מ., ירון, א., פורת, ע.
- 36 השילוב הראוי – כניסת מערכות AI למודלים של מערכות מים טבעיות
יצחק, י., מורין, א., ליבשיץ, י.
- 37 המלחת אקוויפר המילוי בערבה התיכונה וכיכר סדום: הרצות מודל תאים וניתוח הידרולוגי/הנדסי
יצחק, י., מיגמי, א., צוריאלי, א.
- 38 ניטור חנקה בזמן אמת בבית השורשים ככלי לצמצום שטפי חנקה משדות חקלאיים אל מי התהום
יקותיאל, י., דהן, ע.
- 39 קליטת מים בו-זמנית ממי-תהום רדודים ומהשקיה בטפטוף: ניסויי ליזימטר עם שורשים מלאכותיים
כהן, ב., ניצן, ע., בן נח, א., פרידמן, ש.
- 40 זיהום PFAS במקורות מים בישראל - מקורות, ממצאים עדכניים והיבטים רגולטוריים
כץ, ח., קסלר, נ., גל, ה.
- 41 השפעת עליית מפלס מי תהום על ענף הבנייה והתשתיות
לבנון, א., דבורי, נ.צ.
- 42 תפקידן המפתיע של בארות תצפית והחדרה כמקור לפליטוגזי חממה
לבנר, א., גרוס, א., נחשון, א., לוינטל, א.
- 43 מיפוי של תמלחות עתיקות במרחב ההידרוגיאולוגי התורם למלחת סדום בשיטת ה - TDEM
לוי, א., בורג, א., גבריאלי, א.
- 44 "ראיתי פעם חוף שנחל עזבו" - עדות מניטור רב שנתי של המערכת ההידרולוגית בחוף ים המלח לתהליך התנתקות האקוויפר מהים הנסוג
לוי, י., בורג, א., סואעד, א., גלילי, א., חזן, א.
- 45 עליית מפלס ים התיכון - תחזית השפעה על אקוויפר החוף בישראל
לומלסקי, ס., יצחק, י., ליבשיץ, י.
- 46 תנודות מפלס המים בקידוח פתוח ובקידוח סגור (ארטזי) בזמן מעבר גלים סייסמיים באקוויפר כלוא - ניתוח תצפיות שדה
לוצקי, ה., קורחון, א., גבירצמן, ח., ליחובסקי, ו., שלו, א.
- 47 עקרונות לתכנון והקמה של בארות להפקת מי שתייה
ליבשיץ, י., אמיר, נ., צוריאלי, א., ברנשטיין, ג.

- 48 **בניית שכבות רקע למודל לקביעת ספיקות שיא בהסתברויות שונות**
לץ, א. זיגל, א. במברגר, א.
- 49 **דילמות הידרולוגיות בשיקום מעיינות, מקרה בוחן עינות קשיון**
לץ, א. סלע, א. בן שלום, מ. ריימונד, ר. גרנט, י. גלעד, ש. געש, ע.
- 50 **שימוש בטומוגרפיה חשמלית לניטור דינמיקת המים במהלך החדרה דרך בארות יבשות לתווך נקבובי וסדוק**
מורנו, ז. קרישנר, ג. גנות, י. קמאי, ק.
- 51 **שימוש במודלים הידרולוגיים נומריים לתכנון שיקום מי תהום מזוהמים - מקרה בוחן פארק עכו- לוגיסטיקה מגורים ופנאי**
מטמון, ד. קרויטורו, ל. בר-נוי, נ. למפרט, מ. רבינוביץ', נ.
- 52 **Identifying the Climatic and Anthropogenic Impact on Vegetation Surrounding the Natural Springs of the Arava Valley Using Remote Sensing Methods**
מרוז, א. באב"ד, א. ליון, נ.
- 53 **שימוש במדדים (אינדקסים) לצורך הערכת סיכונים למי תהום והגנה על קידוחים**
נגב, ע.
- 54 **השפעת שינויי אקלים על הנגר העירוני במזרח הים התיכון**
נוסבאום, ר. מורין, א.
- 55 **סיכום של ארבע שנות החדרת מי גגות בקידוחי החדרה: מסקנות עד כה ומחשבות להמשך**
נצר, ל. ליבשיץ, י. קציר, ר. קורצמן, ד. בן חור, מ. נחשון, א.
- 56 **ארכיון לאומי דיגיטלי של לוגים גיאופיסיים בקידוחי מים והשימוש עבור משק המים**
צוריאלי, א. אקסינגקו, ט. יצחק, י. ליבשיץ, י.
- 57 **מקור הפחמן למערכת הביולוגית במערת אילון והסביבה - מתאן באנומליית אילון של אקוויפר ירת"ן**
קופר-פרומקין, ש. פרומקין, ע. רזניק, א.
- 58 **האם השקיה בקולחים גורמת לזיהום מי תהום יותר\פחות\דומה להשקיה בשפירים?**
קורצמן, ד. קרביץ, ה.
- 59 **שיקום מי תהום באתר תעשיות אלקטרוכימיות עכו – דוח התקדמות**
רבינוביץ', נ. קרויטורו, ל. למפרט, מ. ידלון לומברוזו, נ. בר נוי, נ.
- 60 **זיהוי מקורות עיקריים עדיפים למזהמים חקלאיים בנחלים באגן הקישון, חקירת קנה מידה תת אגן**
ריין משה, א. פונס, ג. גראביץ', ר. הלל, נ.
- 61 **ניתוח כניסת מזהמים למערכת הנחלית באגן איילון ירקון ולמערכות הניקוז בגוש דן**
שביט, י. קהלני, מ. בן ארצי, א.

62	בחינת היתכנות לתעלת מובל הימים ים לים המלח שביט, י. משה, ע. בן אשר, מ. סרואה, א. טנא, ב. י. ליבשיץ	
63	צילום פלורוסנטי ועיבוד תמונה לשם כימות ואנליזת גודל חלקיקי מיקרופלסטיק במים שורשי, א. זוהר, א. ארנון, ש. טראן, א.	
64	השפעת פעילות אדם על איכות המים בנחל באגן חקלאיי - נחל נהלל כנחל מודל שטול-טראורינג, א. ברנשטיין, נ. אגוזי, ר. בן-יונה, מ.	
65	דינמיקת מי התהום הרדודים בכנרת בזמן שינויי מפלס שטיין, ש. בארי שליון, י. לוי, א. זילברמן, ת. שרעבי, ג.	
66	ניידות של תרכובות פר- ופלוורואלקיליות (PFAS) בקרקע וקביעת ערכי מטרה להגנה על משאבי מי תהום שטרמר, י. למפרט, מ. עבדת, ח.	
	Navigating the Competition for Water: The Potential of Technology and Innovation in Sustainable Agricultural Water Resource Management	67
	<i>Abir, S., Shamir, A. Gabbay, A.</i>	
	Hydrogeological modelling of the poorly gauged Hermon Jurassic aquifer	68
	<i>Ben-Zur, E., Be'eri-Shlevin Y. , Gal G. , and Gvirtzman, H.</i>	
	Mixing-induced reactive transport experiments in heterogeneous and variably saturated porous media	69
	<i>Borgman, O., Gomez, F. , Le Borgne, T. , Méheust, Y.</i>	
	Chronicle of a disaster foretold: The Storm Daniel dam-breaching flood at Derna, Libya	70
	<i>Dente. E , Armon, M. , Shmilovitz, Y.</i>	
	Climate change impact on extreme precipitation frequency and intensity in the Middle East and North Africa region	71
	<i>Goldschmidt, Y. , Morin, E. , Marra, F.</i>	
	Deciphering Sub-Seasonal Precipitation Variability in the Middle East via Tropical Sea Surface Temperature	72
	<i>Hochman, A., Shachar, N., Gildor, H.</i>	
	PFAS transport in the unsaturated zone - Insights from lab-scale to field-scale	73
	<i>Kolade, S. , Das, P. , Klint, K. , Ronen, A. , Dahan, O.</i>	
	Exploring groundwater recharge patterns under various agricultural land uses in Malta using a nationwide vadose zone network	74
	<i>Laudi, L. , Dahan, O. , Sapiano, M. , Schembri, M. , Turkeltaub, T.</i>	

The effects of streambed movement and particle size on microplastic deposition	75
<i>Levy Sturm, V., Arnon, S.</i>	
Dynamic Release of Solutes from Roof Bitumen Sheets Used for Rainwater Harvesting	76
<i>Nachshon, U. , Ben-Hur, M. , Kurtzman, D. , Katzir, R. , Netzer, L., Gusser, G., Livshitz, Y.</i>	
Effect of shale composition on the mobilization of particulate iron sulfide during water-rock interaction	77
<i>Raynes, D., Zhang, H., Emmanuel, S.</i>	
Groundwater flow modeling in two-story perched aquifers feeding dozens of springs	78
<i>Shalom O. , Livshitz Y., Lev O., Gvirtzman H.</i>	

משמעות תפוקת סחף מרחף (רחופת) לניהול נגר עילי ומתקני וויסות וריסון שיטפונות

אגוזי, ר., בן יונה, מ.

התחנה לחקר הסחף

השלכות שינויי האקלים והשינויים המהירים בתכסית עקב שינויים בשימושי הקרקע מגבירים את ספיקות השיא באגני היקוות ותפוקות הסחף. מרבית המתכננים מתעלמים מתהליכי הסעת הסחף ומתייחסים רק לספיקות התכן. הזרימות העכורות מידי חורף מעידות כי הם טועים וכמות הסחף המוסעת בזמן שיטפונות רבה מאוד.

כחלק מההיערכות לגידול בעוצמות השיטפונות ושכיחותם גופים רבים דוגמת מינהל התכנון, משרד החקלאות ופתוח הכפר, רשויות ניקוז ונחלים נערכים לזוּסֵת את השיטפונות באמצעות מתקני ריסון. גישה זו המנסה להסדיר את אפיקי הנחלים ופשטי ההצפה שלהם באמצעות הרחבת, והעמקת האפיקים והתקנת מאגרי ריסון צמודי נחל במעלה אני ההיקוות ובפשטי ההצפה צוברת תאוצה וכיום מתוכננים מתקני וויסות רבים במסגרת תכניות ניהול נגר עילי ארציות ומקומיות (למשל, תמ"א 75/ג, תמ"א 47/נ ועוד). רק לאחרונה החלו צוותי התכנון של הפרויקטים השונים להכיר בחשיבות נושא הסעת הסחף ליעילות ובטיחות המתקנים, ותחזוקתם, שצפויה להוות נטל תקציבי ומקצועי על רשויות הניקוז והנחלים.

התחנה לחקר הסחף הקימה רשת ניטור של תחנות במספר אגנים ארציים למדידה ישירה של סחף מרחף (ריכוז רחופת). הרשת מונה 10 תחנות באגני ההיקוות: קישון, תבור, חרוד, תנינים, חדרה ואלכסנדר. במהלך 5 השנים האחרונות אספנו אלפי דגימות סחף מרחף ונציג את היחסים ספיקה – ריכוז עבור תחנות אלה. על בסיס המידע שנאסף ביצענו ניתוח של המשמעויות של תפוקות סחף הצפויים להגיע לפארק אריאל שרון ולמובל המטובע לים וכן למתקני הוויסות המתוכננים כחלק מתמ"א 75. מהחישובים שביצענו עולה תמונה מדאיגה: מדובר בתפוקות סחף בהיקפים של אלפי טונות של סחף בכול שנה. היקפים אלה ידרשו תוספת תקציב שוטף לתחזוקה על בסיס שנתי בהיקף של עשרות מיליוני שקלים. יתר על כן, מבחינה סביבתית, מדובר בחלקיקי קרקע אליהם ספוחים מזהמים שונים, ולכן הפינוי שלהם עשוי לדרוש טיפול מקדים. וכמובן אובדן משאב טבע – קרקע פוריה.

המלצתנו, היא לתעדף ולקדם ממשקי שימור קרקע, מים וסביבה בהיקפים גדולים על מנת לטפל בבעיה במקור – מרבית הסחף בשטחים המעובדים. יתר על כן, יישום ממשקי שימור קרקע בקנה מידה אגני יש בו יתרונות רבים נוספים ובראש ובראשונה כלכליים ביחס לעלות התחזוקה הצפויה של המתקנים המתוכננים. כמו כן, יש לשקול חלופות נוספות למתקני הוויסות דוגמת פתרונות מבוססי טבע לריסון זקי שיטפונות כגישה בת קיימא להתמודדות עם אתגרי העתיד.

הצימוד בין ריאקציית המסה ושיקוע לזרימה בשדה נקבובי

אדרי, י., שבלזון, י.

הפקולטה להנדסת סביבה, טכניון

ריאקציות של המסה ושיקוע תוך כדי הסעה בתווך נקבובי שכיחים במגוון רחב של הקשרים בתחום מדעי כדור הארץ, כגון אחסון של פחמן דו-חמצני ומימן בתצורות גאולוגיות, טיהור מזהמים ואף הזרקת חומצה במאגרי נפט. האינטראקציה בין ההסעה והריאקציה לשינוי המוליכות ההידראולית יוצרת מסלולי זרימה מועדפים בתהליך דינמי שקובע את תכונות ההסעה של התווך הנקבובי, אך האפיון של אותה דינמיקה איננו נהיר דיו. דרך מספר עבודות נומריות שונות אנחנו מראים שתהליך ההופעה מסלולי הזרימה המועדפים בתווך נקבובי יוצר גרדיאנטים מרחביים של לחץ ומהירות שמדכאת את הערבוב המרחבי ובכך ממקד את הריאקציות הללו באזורים מסוימים. אנו חוקרים ומכמתים את האינטראקציה הדינמית בין התהליכים הריאקטיביים וההסעה, שמובילים להתעצמות מסלולי הזרימה המועדפים בסקאלת דארסי, באמצעות מודל נומרי שמתאר המסה ושיקוע בתווך נקבובי שעשוי מקלציט, וזאת עקב הזרקת מים חומציים לתווך שרווי בנוזל בסיסי. אנו מראים שניתן לתאר את הדינמיקה של התפתחות המסלולים המועדפים באמצעות האנטרופיה ואת הריאקציה באמצעות כימות האנטלפיה ובכך אנחנו בונים את המערכת התרמודינמית שתאפשר להבין מהו שיווי המשקל בין ההסעה במסלולי הזרימה המועדפים לריאקציה ההמסה והשיקוע.

חקר מעיינות הדיפלה - איתור וניטור מקורות מים בדיפלה הדרומית

אוזן, א. (1), נשר, ר. (1), עוז, ס. (2), הרלב, נ. (2), מורן, א. (2)

(1) רשות הטבע והגנים

(2) מורן פיתוח וייעוץ

אזור שפך נחל דליה אכלס בעבר בתי גידול מימיים של ביצה ואסטואר. ביצת ה'דיפלה' הוזנה ממי נחל דליה אשר נקוו בחלקם בשטח מרזבה הסמוכה לקו החוף. מקורות היסטוריים מתחילת המאה הקודמת מתארים את השתרעות בית הגידול הביצתי, עושר המינים שבו ומספר רב של מעיינות שהזינו אותו. מאז שנות ה-50 של המאה ה-20 ועד ימינו, מאכלס מרחב הדיפלה פעילות חקלאית אינטנסיבית של מדגה, כאשר מרחב הביצה מעצם היותו עמוק יותר ובסמוך לציר האורך של המרזבה, משמש את המדגה כאוגר תפעולי. במהלך שני העשורים האחרונים הולכת ומתרחבת פעילות מתקן ההתפלה של קיבוץ מעגן מיכאל אשר שואב כיום כ-20 מלמ"ש מי גלם מליחים מאקוויפר החוף הרדוד במרחב המרזבה, בשטחי מעגן מיכאל ומעיין צבי, לצורך הפקת מי שתייה עבור משק המים הלאומי. המחקר בוצע במסגרת פרויקט לשיקום שמורות שפך נחל דליה וביצת נחל דליה שמובל ע"י אגף סביבה בחטיבת המדע - רט"ג, ומטרתו היא אפיון, מיפוי וכימות המערך ההידרולוגי של ביצת הדיפלה על מקורות ההזנה השונים שלה. כל זאת על מנת לשרטט קווים מנחים עבור תכנית שיקום אקולוגית-הידרולוגית של ביצת הדיפלה ובתי הגידול הסמוכים לה דוגמת רכס הכורכר ממזרח והאסטואר ממערב בשטחי שמורת הטבע המוכרזת. פרויקט השיקום שם לעצמו למטרה את השגת מלוא הפוטנציאל האקולוגי של המרחב תוך המשך פעילות חקלאית סדירה הקורית בצמידות אליו. זאת כאשר הן בית הגידול המימי והן המדגה ניזונים למעשה מאותם זרמים של מים שפירים, עיליים ותחתיים. לאחר פעולת ניתוק מערכת המים של המדגה עם גוף המים הטבעי החל מהלך הניטור שכלל שלושה שלבים: יבוש גוף המים הדרומי באמצעות שאיבה, עליית מפלס ספונטנית במהלך 3 ימים ולבסוף הדממה של 5 קידוחי הפקה במרחב הדיפלה למשך 30 שעות. מפלס גוף המים ומפלסי מי התהום נוטרו באופן רציף. סקר גאוכימי שכלל איסוף דוגמאות מאזורים שונים בגוף המים, בריכות דגים סמוכות, נביעות צד ומ-7 בארות מחקר אשר נקדחו למטרה זו, בוצע בשלושה מועדים שונים לאורך תקופת הניטור. כמו כן, נעשה ניסיון לאיתור מעיינות ע"י מיפוי אנמליות תרמליות בפני השטח של גוף המים ובסקר רגלי לאורך הגדות. בשלב עליית המפלס הספונטנית וביתר שאת בשלב הדממת קידוחי ההפקה, זוהתה באופן מובהק עליה בחתימה האיזוטופית של מי התהום ביחס למי בריכות הדגים במקביל לירידה בריכוזי כלורידים ונוטריינטים. סימולציית מיהול שנעשתה באמצעות הנתונים שהופקו הראתה כי תרומת מי התהום השפירים לגוף המים, עת מנעד המפלסים נמוך יחסית, היא מעל 50% מסך כל הזרמים התורמים.

נמצא כי שפיעת המים הנכנסת משתנה כתלות ברום המפלס של גוף המים כאשר הזרם העיקרי הוא של מי תהום באיכות טובה מכיוון רכס הכורכר שממזרח.

מערכת התראה מוקדמת לשטפונות באזורים צחיחים מבוססת חישה מרחוק ובינה מלאכותית (AI)

איזיקסון, ס. (1), חן, א. (2), רונן, נ. (2), רוטמן, ס. (2), בלומברג, ד. (2), ממון, ש. (2)

(1) המרכז לחקר שטפונות במדבר, מ"פ מדבר וים המלח
(2) אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

שיטפונות הם אירועי קיצון שעלולים לגרום לנזק חמור לתשתיות ואף לאובדן חיים. עדויות מצביעות על כך שתדירות וחומרת השיטפונות גוברים ברחבי העולם. על מנת למתן את ההשפעות ההרסניות של שיטפונות באירועי מזג אוויר קיצוניים, חשוב לשפר את מערכות ההתרעה המוקדמות ואמצעי ההיערכות לאסונות. מודלים לחיזוי שטפונות דורשים נתוני אימות קרקעיים על מנת לכייל ולאמת את תרחישי המודלים. עם זאת, באזורים נרחבים בעולם וביתר שאת באזורים צחיחים דוגמת מדבר טהאר בהודו, מדידות קרקעיות של שטפונות הינן נדירות עד לא קיימות. מחקר זה שואף להגדיל את כמות הנחלים המנטרים באופן קרקעי ולייצר מסד נתוני שטפונות מפורט במרחב ובזמן באזורים הצחיחים של הודו וישראל. מסד נתונים זה יקדם במידה ניכרת את המצב הנוכחי שבו אזורים צחיחים כמעט ולא מנטרים וחסר מידע רב על תפוסת ותדירות של שיטפונות. המחקר משלב שימוש בנתוני חישה מרחוק אקטיביים ופסיביים כדי לזהות שינויים במים עיליים, ובאלגוריתמים של בינה מלאכותית כדי לנתח את הנתונים ולהגדיר את מאפייני השיטפון. מטרת המחקר הינה פיתוח כלי יישומי לאימות מודלים לחיזוי שטפונות ומערכות התרעה מוקדמת והיערכות לאסונות בהתמקדות באזורים הצחיחים של הודו וישראל.

שימוש בחישה מרחוק לצורך כיוול ואימות מודלי הצפה דו ממדיים

איזיקסון, ס. (1), כגן, ג. (1), אלכסנדרוב, י. (2), וינר, ח. (2)

(1) המרכז לחקר שטפונות במדבר, מו"פ מדבר וים המלח
(2) חברת אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה

מודלים הידרולוגיים מסייעים במיפוי שטחי הצפה פוטנציאליים והערכת סיכונים לפגיעה בתשתיות, כבישים, שטחים חקלאיים ועוד. האימות הקרקעי של תוצרי המודלים ומפות הסיכונים, מבוצע על ידי השוואה לנתוני תחנות הידרומטריות ביצוע חתכי רוחב, וכן על ידי עדויות מתצפיות לפגיעה בתשתיות. באופן מסורתי, הערכה של שיטפון באתרים ללא מכשור מדידה נאספת בעיקר על ידי אומדן עקיף של ספיקת השיא, על ידי איתור עדויות שנתרו על ידי מים וסדימנטים. הן מדידת השיטפונות על ידי הצבת תחנות הידרומטריות והן הערכה של ספיקות שיא בשיטפונות קדומים, מספקות מידע מרחבי נקודתי בלבד ודורשות מאמץ לוגיסטי רב.

שיטה חדישה מאפשרת ניטור שטפונות בזק מצילומי לוויין על ידי זיהוי לחות הקרקע שנותרת לאחר השיטפון באמצעות אורכי גל הרגישים ללחות קרקע. שיטה זו מאפשרת הפקת מפות תפרוסת זרימה לארועי שטפונות באזורים צחיחים. בעבודה זו נעשה שימוש במפות הצפה אלו כאימות קרקעי למודלים הידרולוגיים של שטחי הצפה בנחלים המתנקזים אל נחל ערבה. ההשוואה בין תוצרי החישה מרחוק והמודלים של פשטי הצפה הבנויים בעזרת HEC-RAS - מאפשרת הערכת שגיאות אמינה וכן שיפור בהגדרת אזורי הצפה תוך כיוול המודלים ודיוקם.

אתרים לביצוע קידוחים חליפיים באזורי אספקת מים שרון - עמק חפר – חדרה לשנת 2030 עד 2050

אלקן, ד. (1), שוער, נ. (1), לבנון, א. (1), דבורי, נ.צ. (1), קניגסברג, א. (2), גב, י. (2)

(1) אתגר א. הנדסה

(2) רשות המים

תשתיות קידוחי מים מיושנות ומתדרדרות באזור חדרה-שרון הפכו לבעיה קריטית בשנים האחרונות. עד ראשית שנות ה-2000, המקורות העיקריים לאספקת מים באזור צפון אקויפר החוף היו מאות קידוחים שהפיקו בערך 700 מיליון מטרים מעוקבים בשנה מאקוויפרי החוף וההר, בתוספת כמויות מאגם הכנרת בשנות השיא. קידוחים אלו היוו את עמוד השדרה של מערכת המים הישראלית. לקראת ראשית שנות ה-2000, מאזן אספקת המים השתנה משמעותית לטובת מי ים מותפלים. מרבית קידוחי ההפקה, שהוקמו לפני יותר מ-50 שנה באמצעות טכנולוגיות מיושנות, צפויים כעת לצאת ממעגל ההפקה בשל בלאי והזנחה, במיוחד אלה שבבעלות פרטית. בעיה זו מהווה אתגר משמעותי ודורשת חיפוש אחר אתרי קידוח חלופיים כדי להבטיח אספקת מים יציבה וברת קיימא. בעבודה הנוכחית אשר ממומנת על ידי אגף תיכנון ברשות המים זה אנו מציגים ניתוח מפורט של אסטרטגיות תכנון לקידוחים חליפיים באזור שרון-עמק חפר-חדרה, עבור התקופה של 2030 עד 2050.

המתודולוגיה של ביצוע העבודה כללה שילוב בין איסוף וניתוח מעמיק של נתונים הידרולוגיים-הנדסיים ובניית תוכניות אפקטיביות לאיתור אתרי הקידוח החליפיים. השלב הראשון כלל איסוף נתונים ממקורות שונים שכללו מאגרי מידע קיימים, סקרים, ומחקרים קודמים שבחלקם הגדול בוצעו על ידי אגף תיכנון ברשות המים. בנוסף השתמשנו בכלים אנליטיים ומודלים סטטיסטיים והתאמנו את התוצאות לעבודות סטטוטוריות קודמות ותוכניות מאושרות. בנוסף בחנו חיזוי של צריכת המים העתידית בהתאם לתוכניות פיתוח ולצפי גידול האוכלוסייה. נתונים אלו אפשרו לנו להעריך את גידול הצורך הממשי במים ולתכנן את כמות הקידוחים הדרושה. לאחר קבענו קריטריונים ועדיפויות לבחירת אתרים לקדיחה. בשלב זה, נבחנו קריטריונים כגון נגישות, מרחק ממוקדי זיהום, ועלויות קרקע וכן התחשבות ועדיפות ביחס לתוכניות פיתוח והיבטים סביבתיים. תוצאות שלב זה אפשרו הגדרה של אתרים לפיתוח לטווח הקצר והארוך, בהתאם לתוכניות המתאר והצרכים העתידיים של האזור. בשלב זה גם ביצענו התאמה של פוטנציאל כושר ההפקה בחודשי שיא בקידוחים החדשים כולל ניתוחי רגישות לתנאים שונים. בעקבות עבודה זו אנו מציעים 202 אתרים לקדיחה מהם 128 חדשים ועוד 74 בחצרות קידוחים קיימים. האתרים נחלקים ל-162 באגן אקוויפר החוף ועוד 40 לאגן אקוויפר ירת"ן, ומוצעים לביצוע בשני שלבים, 135 אתרים בשלב הקרוב (2030) ועוד 67 אתרים בשלב השני (2050). כושר ההפקה החודשי בקידוחים החדשים נאמד על בסיס ספיקות הפקה נורמטיבית נמוכות ב-19 מלמ"ק שנחלק ל-13 מלמ"ק באק"חוף ועוד 6 מלמ"ק בירת"ן. בניית חוף רגישות עם ספיקות הפקה נורמטיבית מוגדלות התקבל כושר הפקה חודשי של 32 מלמ"ק שנחלק ל-17 מלמ"ק באק"חוף ועוד 15 מלמ"ק בירת"ן. מודגש כי, התוכנית עתידה לשפר את כושר ההפקה של הקידוחים, אך דורשת ניהול משולב, הידרולוגי וסביבתי, כדי לשמור על אוגר המים האיכותיים באקוויפרים ולהבטיח את בר קיימא המשק המים במצבי חירום ובשל מערכת.

השפעת שאיבות להשפלת מי תהום על יציבות הקרקע והיווצרות בולענים

אמיר, נ., ליבשיץ, י.

השירות ההידרולוגי, רשות המים

בשנים האחרונות התרחשו מספר אירועים בהם נפער בולען באזורים עירוניים במישור החוף בעיקר במרכז הארץ. היווצרות הבולענים נקשרת לפעילות אנושית – בנייה, קריסת תשתיות, השפלת מי תהום. מאחר ורשות המים מפיקה רישיונות להשפלת מי תהום באתרי בניה עלתה הדרישה לבחון את השפעת השאיבות על יציבות הקרקע והיווצרות הבולענים. בניגוד למנגנון היווצרות בולענים כתוצאה מהמסת סלע קרבונטי או גופי מלח (כפי שמתרחש לחופי ים המלח), היווצרות הבולענים במישור החוף בו שולט מסלע חולי בעיקר מצריכה מנגנון אחר היוצר חלל בתת הקרקע באמצעות הסעה של קרקע ממקום מסוים אל מקום אחר. בהתאם לכך מקושרת היווצרות הבולענים באזור זה לפעילות אנושית. הפיתוח הנרחב בתת הקרקע המתרחש בשנים האחרונות דורש לרוב חפירות עמוקות היורדות מתחת למפלס מי התהום. בשל כך נדרשת שאיבה לצורך הנמכת מפלס המים בתחומי אתר העבודה באופן שיאפשר עבודה בקרקע יבשה. רשות המים המוציאה רישיונות לשאיבות השפלת מי התהום גיבשה עם השנים מדיניות ברורה המעודדת צמצום היקפי הפקה והחדרת המים המופקים.

לשאיבות להשפלת מי תהום עלולה להיות השפעה על יציבות הקרקע אך ניתן לצמצם אותה על ידי תכנון וביצוע נכונים. השקיעות הצפויים כתוצאה מהשאיבה עצמה אינן מהותיות לצורך יצירת בולען. יחד עם זאת כאשר עובדים מתחת למפלס מי התהום, כל תקלה (כגון פרצה בקירות הדיפון) המאפשרת זרימת מים וסחף חול בלתי נשלטים אל תוך האתר עלולה להוביל ליצירת חלל תת קרקעי מחוץ לאתר ומכך להיווצרות בולען.

Mechanisms of cement degradation during interaction with water at different pH and salinity levels

ארוך, ש., עמנואל, ס., ברנס, ג.

האוניברסיטה העברית

The significance of Ordinary Portland Cement (OPC) in modern construction cannot be overstated. Its durability is dependent on key phases such as portlandite and calcium-silicate-hydrate (C-S-H) gel, which contribute to its mechanical strength. However, the vulnerability of OPC to degradation under corrosive solutions has prompted extensive research to comprehend the underlying mechanisms. While previous studies have predominantly focused on the dissolution rate of OPC when subjected to various aggressive solutions, this project takes a novel approach by developing a method to quantify the rate at which mechanical degradation releases particles in the fluid phase. Inspired by similar mechanisms observed in limestone, we sought to investigate whether OPC also exhibited particle detachment phenomena. We conducted a comparative analysis of leaching and particle detachment rates under different pH and salinity conditions up to a month. We used ICP-MS to measure the calcium concentration in the effluent to calculate the leaching rate and electron microscopy examination of particulate material released during the experiment. Our results indicated that up to tens of micrometers sized particles were released during fluid-cement interaction although the maximal particle detachment rate ($6.54 \times 10^{-5} \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) was relatively small compared to the Ca leaching rate ($2.7 \times 10^{-4} \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). We also examined the leaching front and alteration of porosity within OPC when subjected to varying salinity levels. Consistent with previous studies, the presence of sodium chloride in the solution was found to intensify the degradation process. While the unaltered blank sample had a constant porosity along its cross section (9-17%), the porosity of degraded sample in contact with DDW and NaCl ranged between 35% and 10-14%. Moreover, the dissolution rate also increased when NaCl was added to the fluid: in deionized water (i.e., salinity 0%) the maximum Ca leaching rate was $2.7 \times 10^{-4} \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, while in 3.5% NaCl solutions the rate was $4.5 \times 10^{-4} \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. The results teach that the particle detachment rate was negligible compared with the leaching rate and therefore the cement is not likely to serve as a significant source for colloids that transport contaminants.

שיטפון חריג בעוצמתו בנחל ציחור – סיפור על גשם, הידרולוגיה ועצים שנעלמו

באב"ד, א., סתוי, א., ברדה-סוידרסקי, נ., ארמוזה-זבולוני, ר., שגב, נ., שם-טוב, ר., איזקסון, ס.

מו"פ מדבר וים המלח

בתאריך ה- 10.4.23 פקדה את דרום הארץ מערכת סינופטית אשר המטירה כמויות גדולות של משקעים במרחב. עוצמות הגשם הגבוהות, בד בבד עם ההשתרעות המרחבית של תא הגשם הפעיל, יצרו שיטפון חריג בעוצמתו באגן נחל הציחור. לאחר השיטפון, נעשה סקר ברחבי האגן לשיחזור ספיקות השיא באמצעות סימני צופת וקווי אירוזיה של גדות הנחל. תוצאות הסקר מצאו כי שיטפון זה, היה הגדול ביותר שנמדד בנחל מאז החל הניטור על ידי השירות ההידרולוגי. מעבר לכך, במעלה האגן נמצא כי השיטפון הרצנטי היה אף גדול יותר מהרקורד הפליאוהידרולוגי שנמצא. ממצאים חריגים אלו מצביעים על כך כי השיטפון שהתחרש ב- 10.4.23 הינו שיטפון חריג ביותר בעוצמתו. עוצמת השיטפון החריגה הביאה להסרה נרחבת של הצומח בנחל, כולל עצי שיטה שגילם מוערך במאות שנים. באמצעות חישה מרחוק, נסקרו 17 ק"מ לאורכו של הנחל ונמצא כי בחלק מהמקטעים הוסרו מעל ל- 70% מהצומח. המקרה הנידון, מאפשר לנו לחבר נתונים מטאורולוגיים, הידרולוגיים ואקולוגיים ולבחון אירוע של שיטפון בעל עוצמה חריגה ביותר – שאולי כמותו, טרם נראה.

-

Evidence of Coastal Aquifer transmissivity increase using pumping tests

בלייר, א. (1), עמיעז י. (1), גוטמן י. (2)

(3) ש. גלבע מהנדסים

(4) מקורות

The Dan Region Wastewater Reclamation Plant, commonly known as “The Shafdan” plant, plays an integral role in Israel's water supply system by treating wastewater and injecting a significant volume of the treated wastewater, into the coastal aquifer through infiltration ponds (Soil Aquifer Treatment – SAT). The filtration of treated wastewater occurs naturally as it passes through layers of sand, where it is filtered before being stored in the aquifer. Recent years have seen a growing need for additional/substitute boreholes (on existing boreholes yards), to increase production capacity from the Shafdan. To enhance water production from boreholes, significant modifications and improvements have been made to the technical configuration of substituted boreholes compared to older ones. Mekorot - Israel national water company Ltd, issued a tender for planning substituted boreholes, including engineering support and hydrogeological upgrades under a Design-Build (DB) contract. S. Gilboa Engineers Ltd is responsible for two substitute boreholes located in the Soreq Basin of the Shafdan: “Dan Water 21B” and “Dan Water 7A”. Pumping tests were conducted at both boreholes, to monitor the aquifer's response to pumping and measuring dynamic levels under increasing pumping rates. Drawdown measurements were taken during the initial pumping phase and the recovery phase, where Darcy's law is applicable. The Cooper and Jacob (1946) method was used to determine aquifer transmissivity and storativity. The results of these tests show an improvement in aquifer transmissivity, relative to old boreholes properties. Additionally, our findings indicated high borehole efficiencies, with aquifer losses (B) exceeding well losses (C). This suggests a long-term migration of fine particles to the old boreholes, due to prolonged pumping. Potentially leading to an increase in aquifer permeability over time. This insight into the behaviour of the aquifer and substitute boreholes is crucial for optimizing water production and its management as part of the Israeli water supply system.

פארק עמק הצבאים בירושלים – פתרון מבוסס טבע לצמצום סיכוני שטפונות ולטיפול במים במטרופולין סואן

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

(5) המכון הגיאולוגי לישראל

(6) האוניברסיטה העברית בירושלים

(7) החברה להגנת הטבע

(8) אוניברסיטת בן גוריון בנגב

העיר הגובר ברחבי ישראל והצפיפות העולה במרחב העירוני מצריכים פיתוח של פתרונות להתמודדות עם סיכונים סביבתיים תוך שילוב שימושים וניצול מיטבי של מרחב בסביבה העירונית. בנייה ירוקה ופיתוח של תשתית ירוקה-כחולה (blue-green infrastructure) המשלבת גופי מים פתוחים, צמחיה ונוי במרחב פתוח, מסייעת להתמודדות עם סיכוני שטפונות ואי החום העירוני ויכולה לשפר את איכות חיי התושבים. מתקנים מסוג זה גם מספקים לתושבים מרחב פתוח, משפרים את המגוון הביולוגי ומסייעים בבנייה של מערכת אקולוגית יציבה גם בליבה של העיר הסואנת תוך ניצול מיטבי של מי הנגר העירוני. שילוב של פתרונות מבוססי טבע המתוכננים בגישה אקו-הידרולוגית במרקם העירוני מאפשר לצמצם סיכוני שטפונות וכן לשפר את איכות הנגר העירוני לפני הזרמתו לנחלים או למתקני החדרה. פארק עמק הצבאים ממקם בליבו של הכרך הצפוף בירושלים, בירתה של ישראל. הקמתו של הפארק מהווה הישג חברתי וסביבתי חסר תקדים שהתאפשרה הודות למאבק ממושך בן מספר שנים של תושבי השכונות הסמוכות לו ובהובלתם של פעילים חברתיים, ארגונים חברתיים והחברה להגנת הטבע. הפארק, שנבנה בהתאם לתקנים המתקדמים בעולם לתכנון אקולוגי, מהווה מוקד משיכה לתושבי העיר ומופת למעוניינים ללמוד כיצד ניתן לשלב פתרונות אקו-הידרולוגיים בצורה יעילה במרקם העיר הצפופה. במסגרת מחקר זה אנו מנטרים את ספיקות המים וכן את איכות המים במערכת המים בפארק, המוזנת במי שטפונות במהלך עונת החורף, ובמי קולחין במהלך הקיץ. במסגרת המחקר אנו משלבים בין דיגום ומדידות במעבדה ובין מדידות רציפות באמצעות תחנות ניטור, אשר עושות שימוש בחומרה פתוחה, לצורך מדידות רציפות באמצעים זולים וזמינים. במסגרת המחקר אנו מפתחים טכנולוגיה לניטור ולמדידות סביבתיות במערכת אקולוגית אקוויטית וכן בוחנים את היעילות של פתרון מבוסס טבע מסוג זה לטיפול באיכות המים ובמזהמים האופייניים למי שטפונות בסביבה העירונית ולמי קולחין.

שימוש בגישת רצף לניתוח זרימת אוויר מאולצת בתווך נקבובי רטוב

בן-נח, א.

מכון וולקני

מידול וחיזוי זרימת אוויר בתווך נקבובי רטוב מוגבלים על ידי הפיזיקה המורכבת של זרימה דו-פאזית לא יציבה, המצריכה שימוש במודלים נומריים כבדים, בעלי דרישות חישוביות גבוהות, ויכולות חיזוי נמוכות. מורכבויות אלו מניעות חוקרים. ומנהנדסות. ים לחפש יחסים אמפיריים וכללי אצבע לתכנון מערכות זרימת אוויר בתווך נקבובי, לדוגמא עבור שיקום קרקעות ומי תהום מזהמים. עבודה זו מדגימה את היכולות והמגבלות של הפיזיקה הקלאסית של זרימה חד-פאזית לניתוח הזרקת אוויר יציבה למדיה רוויה במים, באמצעות פיתוח פתרונות אנליטיים והשוואתם לתוצאות ניסיוניות שנאספו מניסויים בתא זרימה דו-ממדית. שימוש בפתרונות אנליטיים מדויקים, מהירים, ובעלי עלות חישובית נמוכה, מאפשר הבנה פנומנולוגית של הפיזיקה והגורמים השולטים על זרימת האוויר. בנוסף, הערכת התכונות הפיזיקאליות של הקרקע מאפשרת מעבר מסקלת המעבדה לסקלת השדה ומבעיה דו-ממדית לתלת-ממדית, ובכך מהווה כלי יעיל לניתוח מבחני פיילוט ולתכנון מערכות טיפול באקוויפרים מזהמים.

רגולציה של ניהול נגר מגרשי – סיכום שנתי 2023

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

(1) אקולוג הנדסה בע"מ
(2) השירות ההידרולוגי, רשות המים

בישראל, על אף היותה מעצמת מים עולמית עם משק מים יציב, מגוון ומתפתח, רק בחמש עשרה השנים האחרונות נכנסה לשיח התכנוני התפיסה "נגר - ממטרד למשאב" ברמה מספקת. מאז, לאחר ששנים רבות הוגדר הנגר כמטרד אשר יש לסלקו במורד הזרימה ללא דיחוי למניעת הצפות ונזק לתשתיות, הוא נתפס כמשאב משמעותי, וניהולו מהווה חלק אינטגרלי גם בתהליכי בניה החדשה והתחדשות עירונית. ריבוי נגר עירוני שאינו מנוהל במעלה הזרימה מאיץ תהליכים שליליים הכוללים הצפות, הרס תשתיות, סחף קרקע, כשל מערכות (ביוב – ניקוז), ועוד. ריבוי זה, נובע לרוב ממכלול גורמים לרבות איטום השטחים הטבעיים בבינוי וכבישים, התחממות גלובלית ושינויים במשטר הגשמים, וגישות תכנון ישנות בהן תוכנן לנקז את הנגר במהירות וביעילות האפשרית למורד הזרימה. כדי להתמודד עם התופעה, 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 2023 לבדה, תוכננו בישראל מעל ל-700 קידוחי החדרה לניהול נגר מגרשי, ברחבי הארץ ובעיקר בגוש דן, אשר יחדיו מעשירים (פוטנציאלית) את מי התהום באקוויפר החוף במעל ל-200,000 מ"ק מים (לשנה). איכות תכנון וביצוע מערכות ניהול נגר אלו, מקבלת משמעות משולשת, שכן אי עמידה בהנחיות התכנון הרלוונטיות עלולה לאפשר: החדרה ישירה של מזהמים למי התהום באמצעות חיבורים צולבים, גרימת נזקי מים למבנה ובנוסף העמסה של מערכת הנגר העירוני וגרימת הצפות. בעבודה זו אנו מציגים סקירה שנתית של בקשות רישוי שהוגשו בשנת 2023 לניהול הנגר המגרשי. מדובר על יותר מ-350 פרויקטים של בנייה מעל אקוויפר החוף שהועברו להתייחסות רשות המים ונבדקו באמצעות חברת אקולוג הנדסה.

משולחנם של חזאי המרכז הלאומי לחיזוי שיטפונות

בר-צבי, ל.

הרשות הממשלתית למים וביוב

בעונת השיטפונות 2023-2024 שהסתיימה זה עתה, פעל המרכז הלאומי לחיזוי שיטפונות, מבצעית וסיפק תחזית והתרעות בזמן אמת לגופי החירום וההצלה בישראל. העונה התאפיינה בכמויות גשם מעל הממוצע השנתי בצפון הארץ וכן בפרקי גשם ארוכים שהובילו לגאוויות וזרימות בנחלים ודרשו היערכות מבצעית מיוחדת.

הרזולוציה של התחזית שהמרכז מספק לגופי החירום במדינת ישראל הינה חסרת תקדים, הן מבחינת פריסה מרחבית והן מבחינת מיקוד בזמן. הבסיס המקצועי שאפשר את מתן השירות לגופי החירום וההצלה, הינו שיתוף הפעולה הבין-משרדי, המוצלח, שהתקיים בין השרות ההידרולוגי ברשות המים, משרד האנרגיה לשרות המטאורולוגי במשרד התחבורה. קביעת תחזית השיטפונות הינה תהליך מורכב המשקלל מספר רב של נתונים ממקורות שונים לרבות תוצרי מודלים מטאורולוגים והידרולוגים. איגום המשאבים של שני הגופים מאפשר פיתוח ואיסוף מיטב הנתונים והידע הקיים והבאתם לשולחן החזאים. החזאים מבצעים הערכת מצב ודיון סינופטי יומי ובמהלכו נקבעת התחזית.

במודלים קיימים לחיזוי שיטפונות בארץ ובעולם קיימת אי ודאות גבוהה במרחב, בזמן ובעוצמות התופעה, כתוצאה ממגבלות המודלים לדמות את המציאות המורכבת. כלים טכנולוגים אלו הינם מקור מידע חשוב להכנת התחזית, אך אינם מחליפים את ידע המומחה בהבנת תוצאות המודל ומידת אי הוודאות. לכן, יש לבסס את קביעת התחזית על התייעצות בין השותפים למלאכה, חזאים הידרולוגים ומטאורולוגים. חברי המרכז מחזיקים במגוון דיסציפלינות ובמהלך הדיון הסינופטי ולאחריו מקיימים קשר רציף עם גורמי השטח על מנת להגיש לגורמי החירום וההצלה בישראל את התחזית האחראית והמדויקת, ככל שניתן. התחזית מתורגמת לסיכון עבור כוחות החירום והממשל ומוצגת על ידי מדרג אזהרות על מנת שאלו יוכלו לפעול למניעת הפגיעה בחיי אדם וצמצום נזק לרכוש ותשתיות.

למותר לציין, שהתפתחות שיטפונות היא אינה תופעת טבע סינגולרית והיא קשורה באופן ישיר לתופעות מטאורולוגיות כמו, גשם. מכאן שגם העיסוק בחיזוי שיטפונות חייב לכלול מומחים משני התחומים. כמו כן, איכותה של תחזית טובה היא, בין השאר, היכולת לשדר ללקוחות מצבים בהם ייתכן גשם, אך לא סביר שהוא יוביל להתפתחות שיטפונות והצפות. לפיכך, תיאור הייתכנות לשיטפונות חייב לכלול גם את תיאור הגשם הצפוי.

בהרצאה זו, אציג סוגיות העומדות על שולחן דיוני קביעת התחזית ואציג דוגמאות וחקר ביצועים ראשוני של עונת השיטפונות האחרונה תוך דגש על שיתוף הפעולה המוצלח וההפריה ההדדית שהתקיימו עד כה בין השותפים להפעלתו של המרכז.

כימות התהליכים ההידרולוגיים העיקריים השולטים באיגום העונתי במערב מישור ההצפה של נחל פולג

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

(1) מכון וולקני

(2) האוניברסיטה העברית

סופות גשם עוצמתיות בשילוב עם שינויים בשימושי קרקע, הכוללים הגדלת השטחים העירוניים על חשבון שטחים פתוחים וחקלאיים בפרט, משנים את האיזון בין חילחול מים ליצירת נגר עילי באגן הפולג וגורמים לנפחי נגר גדולים ממעלה האגן. בשל כך שטחים חקלאיים הסמוכים לגדות הנחל במורד סובלים מהצפות עונתיות הנמשכות מספר חודשים בכול שנה, ומובילות לצמצום במשאבי הקרקע לצורך חקלאות.

באזור זה, תהליכים ההידרולוגים הפועלים במקביל, בעוצמות שונות לאורך השנה, משפיעים על הערמות מים בתת הקרקע ואיגום עונתי באזורים נמוכים שבשולי אפיקי הנחלים בסביבה. תהליכים אלו כוללים: משקעים, ריכוז נגר עילי מאגני ניקוז מקומיים, אינטראקציות עם מי תהום רדודים, וזרימות תת-קרקעיות אופקיות לרבות שטף מים תת-קרקעי דרך גדות נחל הפולג ויובליו אל פשטי ההצפה הסמוכים אליהם. מנגד, נוכחות צמחייה, צפויה למתן את ההצפות בשטחים אלו על ידי צריכת מים ישירה, הגברת יכולת החידור והפחתת הנגר העילי בשטח התורם לאיגום בבריכה העונתית. הבנת תהליכים אלו יכולה לתרום לפיתוח מערכות אגרו-אקולוגיות שיהיו עמידות יותר בפני שינויי אקלים והשפעות תהליכי עיור, תוך אספקת שירותי מערכת מרובים. לצורך כך, שדה בעל שטח של כ-25 דונם הסובל מהצפות עונתיות, בחלקו המערבי של אגן פולג, משמש כמודל מחקר הידרו-אקולוגי.

במהלך קיץ 2023 הותקנה בשדה המחקר מערכת פיאזומטרים רדודים עד לעומק המגיע לכ-0.5 מטר מתחת לבסיס נחל פולג, לניטור דינמיקת המערכת ההידרולוגית במרחב תת הקרקע. מערך הפיאזומטרים הותקן כך שישפך רזולוציה מרחבית גבוהה, כמו כן הוא מנוטר ע"י חיישני לחץ כך שמתקבלת גם רזולוציה עיתית גבוהה. בנוסף לכך, הותקן באתר המחקר מד גשם ומפלס ההצפה מנוטר מעת לעת על מנת להשלים את התמונה בפני השטח. דינמיקת מפלסי מי התהום כפי שנצפתה בחורף 2023/24 תלויה במרחק מנחל פולג, כך שבקידוחים הקרובים לנחל, המפלסים השתנו בקצב יומי ואף גבוה מכך בעוד שבקידוחים המרוחקים מהנחל קצב השינוי היה מתון יותר והסתכם במספר שבועות. נוסף לכך, בתחילת העונה מפלסי הקידוחים המרוחקים מהנחל הינם גבוהים בסדר גודל של עשרות ס"מ מהקידוחים הסמוכים אליו, ואילו בהמשך העונה, מגמה זו משתנית כך שמפלסי הקידוחים הקרובים לנחל עולים על אלו המרוחקים ממנו. תצפיות אלו מצביעות על חידור אופקי מהנחל אל גדותיו עם תחילת עונת החורף. עם הפסקת הגשמים תהליך זה מתהפך, דבר המשקף את תהליך ניקוז מי הקרקע חזרה על עבר הנחל. ההצפה בפני השטח החלה לאחר עליית מפלס מי התהום והקטנת הגרדיאנט ההידראולי בין פני השטח למפלס מי התהום. הצפה זו הגיעה בשיא לעומק של כ-1.5 מ' לאחר שפסקו הגשמים המשמעותיים והיא נמשכת בזמן תהליך ניקוז מי התהום בחזרה לנחל פולג. נתונים אלו יחד עם ניתוח התכונות ההידראוליות של הקרקע מאפשר לייצר מודל של המערכת ולבחון תרחישים שונים. התרחיש העיקרי אותו אנו בוחנים הינו השפעתם של עצי ערבה כגורם ממתן להצפות עונתיות תוך שימוש כגידול חקלאי.

שיפור בביצועים ההידראוליים בקידוחים כתוצאה משילוב של שדרוגים טכנולוגיים בתכנון ובניית הקידוחים: מקרי בוחן מאקוויפרים לא מלוכדים בישראל

גוטמן, י., ברנבלט, ז.

מקורות (גמלאים)

בשנים האחרונות הוכנסו בחברת מקורות שינויים ושיפורים משמעותיים במבנה הטכני בקידוחים חדשים וחלופיים בהשוואה לקידוחים ישנים. היכולת להשפיע על התכונות הליתולוגיות היא מוגבלת מטבעה. כתוצאה מכך, לשיפורים בתכנון ובטכנולוגיית הבניה של הקידוח, השפעה גדולה על תוצאות מבחני השאיבה המבוטאים באמצעות מקדם האקוויפר (B) ומקדם הבאר (C). השיפורים הטכניים תורמים ליעילות גבוהה יותר, להגדלת הספיקה השעתית והיחסית.

נבחרו קידוחים חלופיים בצמוד לקידוחים ישנים ובאותה חצר. כאשר לשניהם הרכב ליתולוגי זהה וניתן להתעלם מהשפעת ההרכב הליתולוגי, וליחס את השיפורים בתכונות הידראוליות שנצפו בקידוחים החלופיים לשינויים והשיפורים הטכניים שהוכנסו בהם.

השינויים הטכניים שהוכנסו במבנה הקידוחים החלופיים (וגם בקידוחים חדשים) כללו:

1. קוטר המקטע האקוויפרי: הגדלת הקוטר אפשרה הכנסת טור צינורות (אטומים ומסננות) בקוטר "16 והכנסת חרוזי זכוכית במרווח.

2. מעבר לצינורות אל-חלד L316 שעמידה לקורוזיה במים עם תכולת כלוריד העולה על 100 ppm. המעבר לצינורות L316 מאריכה את אורך החיים של הקידוח ומקטינה את בעיית הקורוזיה.

3. חרוזי זכוכית: השימוש בחרוזי זכוכית כמעטפת חצץ התגלה כתורם משמעותי בשיפור הפרמטרים ההידראוליים של הקידוח. חרוזי זכוכית, הם הומוגניים ועגולים בעלי נקבוביות וחדירות גבוהה מזו של חצץ קוורץ מסורתית.

4. אורך המסננות: אורך המסננות הוא הגורם המרכזי התורם לשיפור בתכונות ההידראוליות בקידוחים החלופיים. הגדלת אורך המסננות משפיעה במיוחד על הקטנת מקדם הבאר (B).

5. שטח פתוח (%): תלוי במבנה הטכני של המסננת. במרבית הקידוחים החלופיים, גודל החרץ ואחוז השטח הפתוח היה קטן מזה שבקידוחים הישנים (ע"ב אנליזות גרנולומטריות).

6. Muni-Pak: שימוש במסננות מסוג Muni-Pak בקידוחים עם חול דק גרגר, בקידוחים בהם שפיכת חצץ היא מסובכת ומורכבת ובקידוחים דו-תכליתיים (הפקה והחדרה).

לסיכום, תוצאות מבחני השאיבה הם שקלול של איכות האקוויפר (B) והמבנה הטכני (C). היכולת להשפיע על התכונות הליתולוגיות היא מזערית ויכולתנו היא להשפיע רק על המרכיבים הטכניים של הקדח. על בסיס הניסיון המקצועי שלנו, דרגנו איכותית את המרכיבים הטכניים ביחס למידת השפעתם על השיפור בפרמטרים ההידראוליים ויעילות השאיבה. הסדר מחשוב ביותר לחשוב הוא:

1-אורך המסננות, 2-חרוזי זכוכית כמעטפת חצץ, 3-קוטר הקדח וקוטר המסננות, 4-אחוז שטח פתוח.

מדובר במחקר חלוצי שבוחן במקביל ובאופן מקיף את השיפורים הטכניים ואופן בניית הקידוח מול תוצאות מבחני השאיבה והביצועים ההידרולוגיים. המחקר מדגיש את החשיבות בהכנסת חדשנות לתכנון ובניית הקידוח, כגורם מכריע המפריד בין קידוח המאופיין בביצועים הידראוליים צנועים לבין קידוח המאופיין בביצועים הידראוליים יוצאי דופן.

Unveiling Hydrogeological Interactions: An Insight into Swan Lake's Environmental Dynamics Amidst Industrial Contaminant Challenges

גורביץ, ח. (1), דבורי, נ.צ. (1,2)

- (1) Etgar A. Engineering
- (2) The University of Utah

Swan Lake is a key component of a multifaceted hydrogeological ecosystem, encompassing both groundwater and surface water, situated in the tectonically active region of the Dead Sea transform. This lake significantly contributes to the regional wildlife by providing a crucial freshwater source in an otherwise arid environment.

The origin of Swan Lake traces back to the early 1990s, stemming from quarry excavation operations west of the ICL minerals extracted salt evaporation ponds. The excavation unintentionally intersected the local groundwater table, resulting in the formation of an artificial lake. This lake exhibits significantly lower salinity levels compared to the operational pools. As climate change alters bird migration patterns, Swan Lake has evolved into an indispensable stopover point.

A failure in the embankment of an evaporation pond in July 2017 led to the discharge of approximately 100,000 to 250,000 cubic meters of highly acidic phospho-gypsum wastewater, primarily laden with fluoride and phosphorus, from an upstream facility. This stream of contaminants traversed through the 25-kilometer-long Ashalim ephemeral stream, eventually reaching Swan Lake. Subsequently, a thorough eco-hydrological monitoring initiative was spearheaded by Tel Aviv University to maintain a vigilant watch over the evolving conditions.

To delineate the hydrogeological ramifications of this contamination event, inclusive of the potential transit duration, attenuation, and dispersion of contaminants within the groundwater and the lake water, a numerical model detailing flow and transport was engineered. This flow model was refined through calibration, leveraging data aggregated from diverse sources, and utilizing inert species (chloride) for the transport modeling. The model also accounted for density-driven flow phenomena. The resultant model exhibited a substantial degree of alignment with both historical and contemporary measurements obtained in the field.

The investigation unveiled a markedly slow dispersion of contaminants, predominantly restrained to the vicinity of the lake. The flow trajectory within the lake can be transiently altered by flooding occurrences. Particularly, it was discerned that during such flooding events, a contrasting temporary flow trajectory diverging from the regional flow was manifested, propelling further dissemination of the contaminants toward the peripheral zones of the pond.

בין מודלים למציאות - מערכת לניהול אירועי שיטפונות

הורוביץ, ט., רינת, י. גיגוזין, ד.

המרכז הלאומי לחיזוי שיטפונות

לצורך ניהול אירועי שיטפונות גופי החירום, הניהול האזרחי ותפעול התשתיות צריכים לגזור משמעויות אופרטיביות לפני ובמהלך אירוע. יש צורך בגוף שידע לנהל את המידע הנדרש, ייצור שפה משותפת ויתווך בין כל הגורמים השונים. המרכז הלאומי לחיזוי שיטפונות הינו פרי עבודה משותף של רשות המים והשירות המטאורולוגי. שיתוף הפעולה בין הגופים מאפשר זרימת מידע חופשית ופיתוח כלים המשלבים את הידע המקצועי של שני הגופים. הדיון והמשוב בינינו מאפשר הבנה עמוקה של תחזית הגשם לצורך גזירת משמעויות הידרולוגיות, אך זה כשלעצמו אינו מספיק. טווח אי הוודאות של תחזית גשם טובה, יכול להתפרס כמעט על חצי מדינה. פוטנציאל הזרימות כתוצאה מכך, אינו מתרגם בקלות ובאופן ממוקד מספיק למציאות בשטח.

בנוסף לפרשנות ההידרולוגית של תחזיות השרות המטאורולוגי, רשות המים לקחה על עצמה לפתח שפה משותפת בין כל הגורמים, בירור צרכים, ובניית מערכת לניהול אירועים הכוללת תחזיות מוקדמות וליווי אירועים בזמן אמת. תחזית המרכז, מתארת את האפקט האפשרי של זרימה כזאת או אחרת בשפה המובנת ללקוחות. התחזית כוללת מיפוי ומיקוד המקומות המסוכנים, בחלונות זמן שונים ע"פ סוגי סכנה ודרגות החומרה. נדון בשיטה שפיתחנו, בכלים הקיימים, ולאן עוד ניתן להגיע.

הפקה פלסטינאית באגני ההר ותופעת קידוחים פיראטיים בהתייחסות להסכם המים, עדכון 2022/23

וייס, מ., אמיר, נ., ליבשיץ, י.

שיחות ההידרולוגי, רשות המים

אגני המים המשותפים (אגן ההר המערבי - ירקון-תנינים, אגן ההר המזרחי והאגן הצפון-מזרחי) בין מדינת ישראל והרשות הפלסטינאית (רש"פ) מחייבים ניצול מתואם. הנושא הוגדר היטב בהסכם המים (הסכם אוסלו II משנת 1995). בפועל משנת 2000 הופסקה הפעילות המשותפת בשטח ובנוסף הופסקה העברת הנתונים מהקידוחים הפלסטינאים. מדידות מפלסי מי התהום, ספיקת מעינות ונתוני איכות מים נאספים באופן מסודר ע"י צוותי פיקוח ואכיפה (צפ"א) לפי התוכנית שנקבעה ע"י השירות ההידרולוגי בעיקר באזורי C. בכל מקום אפשרי צפ"א אוספים קריאות משעוני מים ומתחקרים את מפעילי הבארות לגבי כמויות ההפקה. יחד עם זאת נתונים אלו בלבד לא יכולים להציג את התמונה השלמה של ההפקה הפלסטינאית. יתרה על כך קיימים באזור יו"ש עשרות רבות עד מאות קידוחים פירטיים שלגבי מרביתם אין לנו שום נתונים. השירות ההידרולוגי מבצע הערכות של ההפקה הפלסטינאית באגנים הידרולוגים באופן שותף על בסיס כל המידע הקיים לרשותנו. הערכות אלו חשובות ביותר גם לצורך ביצוע הערכות הידרולוגיות, קביעת פוטנציאל הידרולוגי, תפעול האגנים וגם דיונים עם רשות המים הפלסטינאית לגבי פיתוח הפקה עתידית. במסגרת עבודה הנוכחית אנו מציגים תוצאות ההערכות האחרונות שנעשו השנה. ניתוח הערכות מצביע על כך שהפקה פלסטינאית באגן המערבי ובאגן הצפון מזרחי גבוהה בכפי שתיים מההפקה המותרת בהסכם. כאשר באגן הצפון מזרחי מרבית הפקה מתרחשת בקידוחים פירטיים. באגן המזרחי ההפקה הפלסטינאית נמוכה מהפקה ש"מותרת" לפי הפרשנות המקובלת של ההסכם. עם זאת סה"כ ההפקה בשלושת האגנים גבוהה בכעשרה אחוז מכלל הפקה "המותרת" בכלל האגנים גם בפרשנות ההסכם המטיבה ביותר עם פלסטינאים.

קידוחים יבשים בתווך קרסטי ככלי לניהול נגר עירוני והעשרת אקוויפרים: תוצאות שדה ממבחני החדרה

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, אוני' 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. באזורים היושבים על תשתית קרסטית, החדרת מי נגר לתווך הבלתי רווי באמצעות קידוחים עשויה לאפשר דרך יעילה להזנת האקוויפר שבבסיס, לפיזיו על אובדן החלחול או כפתרון שימור וניהול נגר. בתווך הקרסטי מתקיימים באופן אקראי חללים המהווים נפח אוגר ונתיבי זרימה משמעותיים, שבסמיכות לקידוח ישמשו להולכת המים המוחדרים, ויעלו באופן ניכר את קיבולת החדרה של הקידוח. כחלק מעבודת המחקר, כדי לבחון את יעילות התווך הקרסטי הבלתי רווי בקליטת המים, ביצענו בחודש אפריל 2023 שני מבחני החדרה באספקת מים ישירה, בקידוחי תצפית קיימים בירושלים. במהלך המבחנים הספיקה וכמות המים המוחדרת נמדדו באמצעות מד ספיקה, ועומד המים בקידוח נמדד באמצעות חיישן לחץ שמוקם בבסיס הקידוח. כל מבחן החדרה כלל מספר מקטעים רצופים בזמן, כאשר בכל מקטע הספיקה הייתה קבועה וגבוהה מזו שקדמה לה. בסוף כל מקטע ספיקה, כאשר העומד בקידוח התייצב יחסית, חושבה המוליכות ההידראולית הממוצעת המייצגת את התווך שתחת מפלס המים. במבחן הראשון, בקידוח בקוטר 6 צול, במשך 11 שעות הוחדרו 157 מ"ק, הספיקה המקסימלית הייתה 24 מטר קוב לשעה והעומד שהתקבל היה 18 מ'. במבחן השני, בקידוח בקוטר 4 צול, במשך 10 שעות הוחדרו 156 מ"ק, הספיקה המקסימלית הייתה 30 קוב לשעה והעומד שהתקבל היה 25.5 מ'. בשני המבחנים, במעבר בין מקטעי הספיקה ועל פני מקטעים אנכיים יחסית קצרים, התקבל שוני רב ביחס שבין עומד המים בקידוח לספיקה, עדות להטרוגניות התווך הקרסטי. עם זאת, טווח ערכי המוליכות ההידראולית שהתקבל אינו גבוה, זאת משום שחישוב המוליכות מתבצע על פני המקטע האנכי הכולל בתוכו גם את המקטע האנכי שעליו חושבה המוליכות הקודמת, כך שלמעשה כל ערך מוליכות מושפע וממותן על ידי ערך המוליכות שקדם לו. במבחן הראשון טווח ערכי המוליכות שהתקבל היה 0.99-1.65 מ'/יום, ובמבחן השני 0.59-1.05 מ'/יום. המוליכות ההידראולית במקטע הספיקה האחרון, תחת המפלס המקסימלי, אשר מייצגת את התווך בצורה המירבית, הייתה במבחן הראשון 1.51 מ'/יום, ובמבחן השני 1.05 מ'/יום. נתוני מבחני החדרה מראים כי למרות קוטר הקידוחים הצר, התווך הקרסטי הבלתי רווי הפגין כושר חידור גבוה יחסית, המוכיח את יעילותו הרבה בקליטת מי נגר.

מודל פשטני להערכות מילוי ראשוניות בסקאלות גדולות

ועקבין, ע.

מקורות

חברת מקורות מספקת שירותי יעוץ מים למדינות וגופים רבים בעולם. חלק מרכזי בבניית תוכניות אב למשקי מים היא הבנת המצב ההידרולוגי הקיים ובתוך זאת הערכת המילוי החוזר לאקוויפר במדינות בהם ישנו שימוש נרחב או עולה צורך בהרחבת השימוש במי תהום. ברוב המדינות המתקשרות עם מקורות אין מדידות סדורות של מפלסי מי תהום או שאמינות המדידות לוקה. על מנת לספק הערכה ראשונית של סדר גודל של המים הזמינים באקוויפרים פותח מודל מילוי חוזר המסתמך על נתוני מאקרו זמינים (חינמיים ובעלי נגישות חופשית). המודל הינו מרחבי ומחושב בתוכנת ArcGIS. לצורך הרצת המודל נדרשים 4 סוגי נתונים: ממוצע משקעים שנתי, ליתולוגיה (מפה גיאולוגית והיכרות עם הגיאולוגיה באזור), מפת גבהים (DEM) ומפת תכסית. ארבעת הנתונים עוברים תהליך קידוד ומהם מופקות מפות פקטור חידור עבור כל פרמטר, ברזולוציה של 100X100 מטר. מהכפלה של כל המפות אחת בשנייה מתקבלת מפת מילוי חוזר. את נפח המילוי החוזר עבור כל תא שטח ניתן לחשב באמצעות סכימת ערכי המילוי החוזר של כל התאים בתחום השטח המבוקש ומעבר יחידות (ממ"מ/מטר למלמ"ק). המודל מספק טווח ערכים של מילוי חוזר שנתי ממוצע, בהתאם לטווח השנים של ממוצע המשקעים המוזן למודל, בקירוב ראשון עבור תא שטח נבחר. ניתן לחשב מילוי חוזר עבור כל שטח – אקוויפרים, אגני ניקוז, גבולות מדיניים, או כל תא שטח תחום במפה בהתאם לצורך.

המודל כויל על ארץ ישראל, בהסתמך על הנתונים המדווחים של רשות המים ב-3 סקאלות: מאקרו - כל מדינת ישראל – 7 אגנים ו-72 תאי דיווח בתוכם, מתוכם ל-28 ישנה מדווחת הערכה רשמית (מחושבת ממודל או מדודה) ולכ-20 הערכה לא רשמית. מזו – אגן החוף – הערכה עבור רצועות דיווח ותאי דיווח. מיקרו – ריבועי דיווח (תאי יוסום) - תת חלוקה של תאי הדיווח באגן החוף, עבורם קיימות הערכות של רשות המים.

ברמת המיקרו תוצאות המודל יכולות לסטות בהרבה מהערכות רשות המים עבור תא יוסום, אך ככל שיוודים ברזולוציה, לרמת תא הדיווח, לרמת הרצועה ולרמת האגן כולו נראה כי המודל חוזה מספרים דומים יותר לחישובי רשות המים. המודל מיועד להערכות בסקאלה גדולה ולכן אין חשיבות רבה לסטיות הגדולות בסקאלת המיקרו. נפח המילוי חוזר שחישב המודל באגן החוף גדול ב-4% מהערכת רשות המים, ועבור כל הארץ קטן ב-1% מהערכות רשות המים. המודל יושם בשני פרויקטים בארגנטינה והניב תוצאות מספקות.

יעילות גגות ירוקים בוויסות מי נגר עירוני בתנאי אקלים ים תיכוני

זוסמן, א., פרידלר, ע.

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

ישראל היא אחת המדינות הצפופות ביותר בעולם המפותח, בה אזורים עירוניים נוגסים בשטחים פתוחים על מנת לתת מענה לביקוש הגובר למגורים (מעל 90% מאוכלוסיית ישראל מתגוררת בערים). העיור הגובר משנה ללא היכר את מחזור המים הטבעי, כך שאירועי גשם הופכים לנגר עירוני העלול לגרום להצפה ופגיעה ברכוש ובחיי אדם או במערכות הנחלים והחופים המשמשים כמוצא למערכת הניקוז. בעיה זו צפויה להחמיר לאור גידול האוכלוסייה המואץ, ושינוי בדפוסי האקלים. כדי לתת מענה לסכנות הצפויות, גישה עירונית תכנונית חדשה נמצאת במגמת עלייה. גישה זו מנצלת תשתיות צמחיות ירוקות שונות כדי לחקות את המחזור ההידרולוגי הטבעי, על מנת לשמר ולנצל את מי הנגר העירוניים. מבין מגוון מערכות ניהול הנגר ברות הקיימא, גגות ירוקים מבססים עצמם כחלופה מבטיחה, בעיקר מאחר שאינם דורשים תשומות קרקע נוספות. גג ירוק מוגדר בפשטות כצמחייה נטועה בגג הבניין, הוא מורכב בדרך כלל משלוש שכבות עיקריות: שכבת צמחייה, שכבת מצע ושכבת סינון-ניקוז.

מרבית היתרונות ההידרולוגיים של הגג הירוק נחקרו עבור אקלים ממוזג, בעוד שמחקרים באקלים ים תיכוני מוגבלים במספרם. אקלים זה מאופיין בעוצמת משקעים גבוהה, בדפוס משקעים לא-סדיר ובטמפרטורות המשתנות בצורה משמעותית בין העונות. באקלים זה מים עשויים להיות גורם מגביל במהלך הקיץ, עובדה העלולה להטיל ספק בקיימות של גגות ירוקים. לכן, לפני שניתן ליישם מערכות אלו באופן מקומי, חיוני להעריך במדויק את היכולות והמגבלות שלהן בתנאי אקלים ים תיכוניים.

מחקר זה מציג מודל סימולציה מכניסטי הבוחן את הגורמים השונים המשפיעים על יעילות גגות ירוקים ככלי לניהול נגר בתנאי אקלים ים-תיכוני, תוך בחינת דרישת ההשקיה של הגג הירוק לאורך השנה. המודל הקונספטואלי מבוסס על משוואת מאזן-מים חד ממדית, הלוקחת בחשבון את שטפי הלחות השונים, כגון – גשם, טל, דיות, חלחול, מי השקיה, מי מזגנים ונגר עילי. נתוני הקלט של המודל כוללים מידע גיאוגרפי, נתוני אקלים, מבנה הגג הירוק ופרמטרים ספציפיים של הרכב הקרקע והצמחייה.

במהלך חודשי החורף המודל מדמה יחסי גשם-נגר ברוזוציית זמן גבוהה (10 דקות) המאפשרת אינטגרציה עם מודלים חיצוניים של ניקוז עירוני. לכך מתווסף מודל מקביל של גג קונבנציונלי המשמש כאמצעי להשוואת יעילות הגג הירוק בהפחתת נפחי הנגר. במהלך הקיץ היבש, המודל מכמת את דרישת המים של הגג הירוק ואת היכולת של מי-המזגנים לשמש כמקור מים בר-קיימא להשקיית הגג. באופן זה המודל מאפשר סימולציה רב עונתית ארוכת טווח של הגג הירוק.

זמני פיגור מחושבים בתחנות הידרומטריות, לפי נתוני גשם שעתיים בתחנות גשם מייצגות – ממצאים ראשוניים

זיגל, א. (1), בן נריה, א. (2)

(1) השרות ההידרולוגי, רשות המים
(2) ניהול משאבי סביבה

זמן הפיגור (lag time) באירוע סופתי, מוגדר כהפרש הזמנים בין נקודת הזמן בו מתקבלת מחצית מעובי הגשם באירוע נתון, לבין שיא הגאות. משך זמן הפיגור נגזר מהתגובה ההידרולוגית של האגן לגשם והוא צפוי להשתנות בין אגן לאגן ואזור לאזור, לפי משתנים של גודל שטח, מסלע, חבורות קרקע, צמחיה, אוגר ושיפוע. מידע על זמן הפיגור יכול לסייע במידול זרימות באגן היקוות לקביעת ספיקת השיא, ולשמש להתרעת שיטפונות לפי גשם מצטבר באירוע נתון, במקביל לתחזית גשם בזמן אמת.

בשל זמינות נתוני גשם מתחנות אוטומטיות של השרות המטאורולוגי, משרד החקלאות ורשות המים, המכסות את רב אזורי הארץ, ניתן לחשב בקלות ובאופן אמין את זמני הפיגור באגני היקוות הנמדדים ע"י השרות ההידרולוגי. באמצעות עבודה זו נבחנו מאות אירועי זרימה בשני העשורים האחרונים ב-70 תחנות הידרומטריות, שסווגו לפי אזורים שונים בעלי מאפיינים דומים לפי תנאי מסלע, צמחיה, חבורות קרקע. האזורים שנבחנו: צפון, גולן, מרכז צפוני ומרכז דרומי. עבור כל תחנה הידרומטרית חושב ממוצע זמן הפיגור, ונמצאה שונות גבוהה. הסיבה לכך היא תנאי האוגר המשתנים של האגן בין אירוע לאירוע מה שהוביל לחיפוש מתאם חדש הקושר בין משתני הגשם של האירוע לבין זמן הפיגור שלו: עובי הגשם המשפיע על האירוע, עובי הגשם הקודם לאירוע בטווחי זמן שונים, מתוך שאיפה להעריך נכונה את זמן הפיגור באירוע גשם נתון לפי כמות גשם קודמת ולפי כמות גשם בזמן האירוע.

תוצאות זמני הפיגור בכל האירועים הנבחנו הוצבו במתאמים הבאים בכל אחד מאזורי הסיווג לפי ההגדרות הבאות:

1. זמן פיגור ממוצע של כל אירועי הזרימה מול שטח אגן.
2. זמן פיגור מינימלי ממוצע לפי שני אירועי השיא מול שטח אגן.
3. זמן פיגור מדורג באגן הכולל יותר משתי תחנות הידרומטריות.

מה הקשר בין מפלס הכינרת לאבוקדו?

זלצמן, א.

רשות המים

מדינת ישראל עושה שימוש בקולחים (מים מושבים) לטובת השקיה חקלאית. כיום, רוב המים המסופקים לחקלאות אינם מים שפירים אלא קולחים.

אחד המזהמים המשפיעים ביותר על הגידולים החקלאיים הינו מלח (Na, Cl, B). בשנים האחרונות חלה ירידה במליחות הקולחים. ירידה זו נובעת ממספר סיבות:

1. שיפור איכות מי הרקע כתוצאה מהגברת ההתפלה
2. שיפור איכות מי הרקע כתוצאה מהפחתת ההפקה מהכנרת
3. הפחתת השימוש במלח (מגזר תעשייתי + מגזר ביתי)

ריכוז הכלוריד במי התפלה נע סביב 20 מ"ג/ל. מליחות מי הכינרת כיום עומדת על 260 מ"ג/ל כאשר היו בעבר שנים בהם המליחות אף הגיעה לכ-340 מ"ג/ל.

בשנים גשומות, כמו השנה החולפת, אנחנו עדים לשינוי במגמה. בשל עליית מפלס מי הכנרת ועל מנת שלא לגרום להצפות, עומדות בפני המדינה שתי אפשרויות: האחת הינה פתיחת סכר דגניה והשנייה הינה הגברת ההפקה מהכינרת. לכל אחת מהאפשרויות יתרונות וחסרונות משלה.

מדינת ישראל החליטה בשלב זה שלא לפתוח את סכר דגניה והחלה בהגברת ההפקה של מי כינרת. מים אלו מסופקים בעיקר לאזורים בהם מי האספקה מסתמכים בעיקר על מקורות מקומיים (בארות). במקומות בהם מקבלים מי כינרת אנחנו עדים לעליית ריכוז הכלוריד במי האספקה ולפיכך גם בשפכים המוזרמים למט"שים. עלייה זו גורמת לעליית המליחות בקולחים המסופקים לחקלאות (עפולה, חיפה). קולחים אלו ייתכן ומגבילים ואף אינם מאפשרים גידול של גידולים הרגישים למלח.

קליטת מים על ידי גידולים חקלאים מבוסס על הפרש הפוטנציאל בין מי הרקע והשורש המושפע מריכוז המלחים ביניהם. בעת השקיה במים בעלי ריכוז מלחים גבוה, עשוי הפוטנציאל האוסמוטי של מי הרקע לרדת לערכים נמוכים מאלה של תא השורש, דבר המקשה על הצמח לינוק את המים והמזון מהרקע וגורם להתייבשות הצמח.

לפיכך קיימת חובה לשמור על האיזון העדין בין עליית מפלס הכינרת והצורך לקיים חקלאות ברת קיימא בישראל.

בחינת מאזן החום של אגם כנרת ואגמון החולה בעזרת מדידות ישירות

טאו, ג. (1,2), אנזל, י. (1), מקגון, ה. (3), ליחובסקי, ו. (2), לנסקי, נ. (1,2)

(1) האוניברסיטה העברית

(2) המכון הגיאולוגי

(3) אוניברסיטת קווינסלנד, אוסטרליה

מאזן החום של גופי מים מבוסס על עקרונות של שימור אנרגיה, המקיים איזון בין קצב השינוי של טמפ' המים (חום אגור) לבין שטפי חום נכנסים (קרינת השמש) ויוצאים (אידיו וחום מוחשי). מאזן זה מאולץ על ידי הסביבה (קרינה נכנסת, טמפ' ולחות האוויר, ומהירות הרוח) המאופניית במחזורים עונתיים ויממתיים. התגובה התרמלית של האגם (נטו קירור/חימום) לאותם מחזורי אילוף מושפעת מ: (1) תכונות פיזיות של אגם כמו עומק המים ועומק השיכוב התרמלי ו-(2) העוצמה של האילוף הסביבתי. מכאן, שהדינמיקה של מאזן החום מהווה פרמטר קריטי למחזורי ביוגיאוכימיים, איכות המים, אקולוגיה ואקו-תיירות של אגמים. מנגד, יש פערי מידע בתהליכים השולטים במאזני החום של האגמים, בפרט אלו הנתמכים על ידי מדידות ישירות. כאן, נציע לבחון בצורה מדוקדקת את התהליכים השולטים במאזני החום של אגמים בעזרת מדידות ישירות ורציפות של כל רכיבי החום למשך שנתיים (2022-2023), על ידי מערכת ה- eddy covariance באגמון החולה ואגם כנרת. ההשוואה בין שני גופי המים מייצרת מקרה בוחן יחודי – תחת אותם אילוצי קרינה, נבחן כיצד יראה מאזן החום עבור גוף מים הומוגני ורדוד (אגמון החולה – 0.4 מ') אל מול גוף מים משוכב ועמוק (אגם כנרת – 40 מ'). תוצאות המדידה מעידות על שינוי אוגר חום זניח במחזור התוך שנתי (ממוצע יממתי) באגמון החולה, כאשר שטפי החום הנכנסים שווים לאלו היוצאים, בעיקר דרך אידיו. מנגד, בכנרת, לאוגר החום מחזור תוך-שנתי ברור, המורכב מקירור עמודת המים בחורף, עקב הגברת האידיו אל מול הקרינה, וההפך בקיץ. על ידי ניתוח מאזן החום, על בסיס אותן מדידות ישירות, הצלחנו לבטא את טמפ' שיווי המשקל – טמפ' תיאורטית הנגזרת מפתרון מאזן החום עבור שינוי זניח בחום האגור באגם (כל החום הנכנס שווה לכל החום היוצא), המבטאת אך ורק על ידי פרמטרים סביבתיים. בנוסף, נמצא כי הקשר בין טמפ' המים של האגם לטמפ' שיווי המשקל מוסבר על ידי היחס בין זמן התגובה של האגם, התלוי לינארית בעומק האגם, לבין זמן המחזור האופייני של האילוצים הסביבתיים (עונה/יממה). זמן התגובה של שני האגמים גדול מזמן המחזור היממתי, ולכן שניהם רחוקים מטמפ' שיווי משקל. בעוד שאגמון החולה מגיע לשיווי משקל תחת מחזור סביבתי שבועי, אגם כנרת יגיע לשיווי משקל רק תחת מחזור שנתי עקב עמודת המים הגדולה.

בניית חוסן אקלים בחילופי מים-אנרגיה במזרח התיכון

טל, נ.

אקופיס

אזור הלבנט במזרח התיכון סובל ממחסור במים ובאספקה של אנרגיה מתחדשת מפותחת. האזור גם מתמודד עם גידול מהיר באוכלוסייה ושינויים אקלימיים, מה שמפעיל לחץ נוסף על משאבי הטבע המוגבלים. בדומה להסכם הפחם והפלדה בין גרמניה לצרפת אשר שיפר את שיתוף הפעולה והשלום באירופה לאחר מלחמת העולם השנייה, ארגון אקופיס שם לו למטרה לחקור כיצד שיתוף פעולה אזורי על חלוקת משאבי הטבע באמצעות רתימת השמש והים באזורנו יכול להשיג מטרות דומות.

ה- (WEN) Water-Energy Nexus הוא יוזמה לחילופי אנרגיה-מים בין ישראל, ירדן והרשות הפלסטינית כדי לתת מענה לצרכי מים ואנרגיה מתחדשת בהווה ובעתיד בצורה יעילה כלכלית ומקדמת את איכות הסביבה ומפחיתה את השפעות משבר האקלים. הרעיון הכולל מבוסס על היתרון היחסי של הקרבה הישראלית לים התיכון המאפשרת לייצר מים מותפלים ולספק אותם גם לממלכת ירדן. ירדן נהנית מהיתרון היחסי של שטחים מדבריים עצומים לאספקת אנרגיה נקיה לישראל ולרשות. מודל ה- WEN יוצר אפוא תלות הדדית בריאה הדרושה כדי להבטיח חוסן אקלים אזורי, כאשר לכל צד יש מה למכור ולקנות.

בשנת 2017, בתמיכתה הכספית של ממשלת גרמניה, השלימה אקופיס בשיתוף עם קרן Konrad Adenauer מחקר היתכנות על הרעיון. המחקר הראה כי חילופי אנרגיה-מים המתוכננים בין ירדן, הרשות וישראל הם אפשריים מבחינה טכנית ועשויים להציע יתרונות אקלימיים, כלכליים, סביבתיים וגיאופוליטיים משמעותיים לכל הצדדים המעורבים. בשנת 2022 נחתם הסכם היסטורי בין ישראל, ירדן ואיחוד האמירויות למימוש חזון זה. מכירת כמויות גדולות של מים לירדן יכולה לתת תקווה לעתיד שיקום נהר הירדן הדרומי כאשר הנהר משמש כמובל מים מהכנרת דרומה ובכך לספק כמויות גדולות של מים טובים לממלכה מחד ושיקום הנהר והמגוון הביולוגי מאידך. הסכם מים נוסף כבר נחתם עם ממלכת ירדן (Project Prosperity) כאשר ישראל תמכור עוד 200 מליון קוב לירדן, הסכם זה מהווה נדבך חשוב מחזון ה- WEN וגם כאן יש הזדמנות גדולה לשיקום נהר הירדן הדרומי.

הפקת מי תהום באזור שמורת הדיפלה: אויב או אוהב?

טל, ע.

שירות הידרולוגי

שמורת ביצת הדיפלה היא השריד האגמי שנותר מאז יבושה של ביצת הכבארה ההיסטורית. השמורה נמצאת על שפכו של נחל דליה, בשטח העמק שבין רכס הכורכר המערבי והים. כיום קיימת מסביב לדיפלה פעילות מדגה אינטנסיבית המשתמשת בדיפלה כמאגר תפעולי. בשטח בריכות הדגים נקדחו בתחילת שנות האלפיים 5 קידוחים המספקים מי גלם למתקן ההתפלה שבמעגן מיכאל בהיקף של כ- 4 מלמ"ק בשנה. הקידוחים בעומק 40 מ' מפיקים מים במליחות 1,500 - 2,000 מגב"ל מאקוויפר הכורכר של דרום חוף הכרמל. מקור המים העיקרי לאקוויפר החופי הוא מאקוויפר חבורת יהודה הנמצא בבסיסו ובמגע ישיר איתו. מליחות המים נובעת מהקרבה למערכת של מעיינות התנינים שמליחותם 2,000 – 2,500 מגב"ל. קידוחי ההפקה נמצאים בקצה המערכת ההידרולוגית ותופשים את המים לפני איבודם לים. אחרי שני עשורים של הפקה עם מליחות ומפלס בקירוב יציבים, ברור שהפקת המים מהווה תוספת מים למשק המים לפני איבודם לים. יחסי הגומלין בין קידוחי ההפקה והשמורה נבחנו בסקר גיאוכימי מקיף שפורסם בדוח השירות ההידרולוגי בשנת 2022 שהראה שמי הדיפלה דומים בהרכבם למי בריכות הדגים אך שונים ממי הקידוחים המפיקים בשטחם. קידוחי מחקר חדשים שנעשו בשטח השמורה הראו שביצת הדיפלה שעונה על חרסית פלסטית היוצרת חיץ הידרולוגי בין הדיפלה ובריכות הדגים לאקוויפר הכורכר. ניסוי נוסף שהובילה רשות הטבע בשיתוף מקצועי של השירות ההידרולוגי כלל ריקון זמני של הדיפלה הדרומי. לאחר הריקון, הדיפלה החלה להתמלא באופן טבעי בקצב איטי במים במוליכות של 9 mS/cm וחמצן 18 -1 עד 0.5%, הדומה להרכב מי בריכת הדגים הסמוכה (EC=8.5 mS/cm, חמצן – 18% -0.45%) ושונה ממי התהום (חמצן-18% -5%, EC=6). הנביעות שאותרו כאשר הדיפלה הייתה ריקה גם הם היו בהרכב בריכות הדגים, ללא סימן מובהק לנביעה שמקורה מהכורכר. במהלך המילוי הטבעי הופסקה ההפקה בקידוחים למשך 30 שעות. השבתה זו הביאה לעליה מהירה של כ- 30 ס"מ במפלס מי התהום בקידוחי הניטור שבאזור הדיפלה אך לא שינתה את קצב עליית המים בדיפלה עצמה. מוצע שהמקור העיקרי למים שמלאו את הדיפלה לאחר הריקון הוא מי בריכת דגים הסמוכה ממזרח (מספר 17) שחלחלו לתת הקרקע וזרמו מערבה על גבי החרסית. כל אלו רומזים שבתנאים כיום, השפעת ההפקה בקידוחים על הדיפלה קטנה. נראה שהחלחול מבריכות הדגים מקטין את פוטנציאל השפיעה הטבעי ובהעדר הבריכות תתאפשר כניסת מי תהום משמעותית יותר בזרימה רדודה על גבי החרסית.

פיתוח שיטות לקבלת החלטות למיקום אופטימלי של פתרונות מבוססי טבע

טל-מעון, מ. (1), ברויטמן, ד. (1), פורטמן, מ. (1), חוש, מ. (2)

(1) הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, טכניון

(2) החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה

ניהול משאבי מים מתכלל (IWRM) מקדם שיתוף פעולה בניהול מים, קרקע ומשאבים, על מנת למקסם תועלות מבלי לפגוע במערכות אקולוגיות. עם זאת, היישום הוא מאתגר בשל האופי הלא ליניארי והדינמי של מערכות מים, ריבוי מטרות שחלקן סותרות, ופערי ידע בגישות ניהול מים הוליסטיות. פתרונות מבוססי טבע (NBS) יכולים לספק יתרונות סביבתיים, חברתיים וכלכליים אך כדי להשיג באמצעותם יעילות מרבית, הם צריכים להיות חלק מאסטרטגיה אזורית. מטרת המחקר היא פיתוח מתודולוגיות קבלת החלטות לניהול בר-קיימא של אגני ניקוז, תוך התמקדות במיקום אופטימלי של NBS באמצעות מודלים הידרולוגיים ואופטימיזציה מרובת מטרות. אגן הניקוז תבור שימש כמקרה בוחן והמחקר חולק ל-3 חלקים: (1) שילוב של מודל הידרולוגי ומודל תכנון אקולוגי לבחינת התנאים הקיימים באגן הניקוז וזיהוי "נקודות חמות" בהן יישום של NBS יוכל לתרום תועלות אקולוגיות וחברתיות בנוסף להידרולוגיות; (2) שימוש במודל הידרולוגי ואופטימיזציה למדידת ההשפעה של הצבת NBS בשטח כדי לזהות את האזורים שגרמו להשפעה הגדולה ביותר וביצוע ניתוח עלות תועלת של מגוון פתרונות למציאת הפתרון המתאים ביותר לאזורים שזוהו; (3) פיתוח מודל הידרולוגי למדידת השינוי בכמות ואיכות הנגר במהלך אירוע גשם. השיטות שפותחו הן פשוטות לשימוש, נגישות, וניתנות ליישום עבור כל אגן ניקוז. הן יכולות לסייע למתכננים ולבעלי עניין בבחינת תרחישים שונים של ניהול אגן הניקוז, תוך התחשבות ביעדים שונים וזיהוי הזדמנויות לפיתוח בר קיימא.

כיוול "מונחה אירועים" של מודלים לחיזוי שיטפונות באמצעות מערכת RC3

יצחק, י. (1), דניסוק, מ. (2) ירון, א. (3) פורת, ע. (1)

(1) רשות המים-השירות ההידרולוגי

(2) יועץ לרשות המים

(3) חברת אינוורומנ'ר

כיוול מודלים לחיזוי שיטפונות הינו אחד מן האתגרים המורכבים ביותר בתחום המודלים של מים עיליים. קושי זה גבוה משמעותית באזורנו, זאת מסיבות רבות. החל מסיבות טבעיות של אופי המשקעים והשונות המורפולוגית בין האגנים. דרך גורמים עיתיים כגון אי הרציפות של הזרימה והשתנותה לאורך העונה (מעבר מזרימת אכזב בתחילת העונה לזרימת בסיס רציפה בשיא העונה). עבור לזמינות הנתונים הנמוכה ושגיאות במדידה ושינויים מעשה ידי אדם בתוואי הנחלים ובמבנה האגן וכלה בהזרמות מלאכותיות לנחלים ממאגרי צד וממתקני טיהור שפכים.

כחלק מתוכנית העבודה הרב שנתית של המרכז לחיזוי שיטפונות מפותח בסיס נתונים (ספריית סופות) הכולל סיווג של מאות אירועי מזג אוויר בין השנים 2010-2022. בסיס נתונים זה מכיל הן את המטא-דאטה של כל סופה (כגון תחום התפרסות, אגנים פעילים, זמן חזרה, סך ועוצמת הגשם על האגן, מספר ימי היובש לפניה ומדדים רבים נוספים) וכן את סדרות הזמן של הזרימה בפורמט רגולרי ותקני. במקביל לבניית בסיס נתונים זה פותחה תוכנת RC3 המשמשת כ-Preprocessor לכלל המודלים ההידרולוגים המפותחים במרכז. התוכנה מאפשרת לשלוף אירועי מזג אוויר שונים לפי תקופה או לפי פרמטרים ומתאימה הן את נתוני התצפית המדודים והן את הקלט למודל בהתאם לכל מודל. מעבר ליתרון העצום שמקנה המערכת מבחינת יעילות העבודה, אנו צופים כי כיוול מונחה אירועים יאפשר לתת תמונה על ביצועי המודל בתנאים שונים כגון סופות קיצון או עונות מעבר ובכך יאפשר לשפר משמעותית את יכולת החיזוי. במסגרת ההרצאה נציג את בסיס הנתונים והתוכנה וכן כיוול של המודל המבצעי לחיזוי שיטפונות HEC-HMS באגן שורק באמצעות גרסה ראשונה של המערכת.

השילוב הראוי – כניסת מערכות AI למודלים של מערכות מים טבעיות

יצחק, י. (1), מורין, א. (2), ליבשיץ, י. (1)

(1) רשות המים-השירות ההידרולוגי

(2) האוניברסיטה העברית

מודלים של מערכות מים טבעיות הינם אחד מכלי הניהול המרכזיים של משק המים במדינת ישראל ובעולם כולו. החל ממחקר עקרוני לאפיון תהליכי זרימה והסעה, דרך מחקר יישומי לצרכי תכנון ופיתוח מקורות מים וניהול סיכונים שיטפונות וכדו' וכלה בתכנון הנדסי מפורט ברמת הקידוח או הסכר. באופן מסורתי מודלים אלו התבססו על תיאור תהליכי – פיזיקלי של הזרימה הטבעית באמצעות כלים מתמטיים שונים כשבראשם עמדו הגישות הנומטריות אשר אפשרו "לפרק" את תהליכי הזרימה המורכבים לרכיבי קצה הניתנים לחישוב בצורה פשוטה יחסית. לצד המודלים הללו עמדו תמיד המודלים הסטטיסטיים אשר אפשרו בקלות רבה הרבה יותר להגיע למסקנות ולתובנות בצורה נסיבתית ולא בצורה סיבתית. לאורך השנים כוחם של המודלים הסטטיסטיים היה מוגבל על ידי שלושה גורמים עיקריים:

1. נסיבתיות – מודלים אלו לא העניקו הסבר המבוסס על מערכת סיבתית אלא על הקשרים אמפיריים שאינם בהכרח מצביעים על קשר אמיתי בין הגורמים.

2. יכולת חיזוי – לרוב מודלים אלו התבססו על ניתוח קשרים ליניאריים או מולטי ליניאריים אשר היכולת שלהם לנבא אירועים במערכות טבעיות נמוכה הרבה יותר. זאת כיוון שמערכות אלו מתבססות על קשרים ויחסי גומלין מורכבים לאין שיעור.

3. זמינות נתונים וכח עיבוד – במידה רבה מודלים סטטיסטיים מפצים על העדר הרכיב התהליכי באמצעות כמות עצומה של נתונים מגוונים המאפשרים לחשוף את הקשרים בתוך המערכת מתוך הנתונים עצמם. בעבר זמינות הנתונים לעיבוד וכח העיבוד היוו מגבלה משמעותית שלא אפשרה ניצול מלא של הכלים הסטטיסטיים.

במהלך העשור האחרון וביחוד במהלך השנתיים האחרונות התרחש מהפך בגורמים שצוינו לעיל, ובעיקר בשני הגורמים האחרונים. מהפך זה הוביל לחדירה מהירה של מודלי ה-AI לתחום המודלים של מים טבעיים. החל מניתוח ארוך טווח של השפעות שינוי האקלים ועד לחיזוי בזמן אמת של שיטפונות. רשות המים והמרכז לחיזוי שיטפונות מובילים מספר פרויקטים המשלבים רכיבי AI. שילוב זה מעלה תובנות מעניינות מאוד לגבי הכלים והמערכות העיקריות בהם כדאי לעשות שימוש, לגבי האופן בו ניתן לשלב בין מודלים קלאסיים ומודלי AI. לגבי המגבלות העיקריות ונקודות הסיכון שעוד קיימות וכן לגבי תשובות שאנו מתחילים לקבל מתוך מודלים אלו.

המלחת אקוויפר המילוי בערבה התיכונה וכיכר סדום: הרצות מודל תאים וניתוח הידרולוגי/הנדסי

יצחק, י. (1), מיגמי, א. (2) צוריאלי, א. (1)

(1) רשות המים - השירות ההידרולוגי

(2) יועץ לרשות המים

אזור הערבה התיכונה הינו מבין האזורים האחרונים במדינת ישראל בו מערכת אספקת המים עדיין נשענת כולה על מקורות המים הטבעיים באזור ובראשם על אקוויפר המילוי. בשונה מאזורים אחרים בארץ, מחסור במקורות מים נוספים הינו הגורם המגביל העיקרי להמשך הפיתוח האזורי. על מנת להתמודד עם מחסור זה רשות המים מקדמת תכנית אב לאספקת מים לחקלאות לערבה התיכונה וכיכר סדום.

כאמור, מקור מים דומיננטי לחקלאות האזורית הינו אקוויפר המילוי המספק את רוב המים לחקלאות היום ובעתיד. אקוויפר זה הומלח והזדהם בעקבות הפעילות החקלאית האינטנסיבית, שהיא חיובית ורצויה מצד עצמה. אחת המשימות של תכנית האב הינה לעצור (או לצמצם) את מגמת ההמלחה כדי להבטיח את זמינות האקוויפר כמקור מים בר קיימא לחקלאות באזור. במסגרת תוכנית האב בוצע שימוש במודל התאים לערבה (לומלסקי וחוב', תה"ל 2013) לצורך הבנת וניתוח תהליכי ההמלחה כפונקציה של תרחישי אספקת מים שונים. זאת עד להשלמת המודל הרגיונלי לערבה המפותח בימים אלו על ידי רשות המים וחברת אקולוג.

בהרצאה יינתנו רקע ומבט עתידי של מערכות אספקת המים והפתרון המוצע לשיקום ושימור אקוויפר המילוי המבוסס על הרצות המודל.

ניטור חנקה בזמן אמת בבית השורשים ככלי לצמצום שטפי חנקה משדות חקלאיים אל מי התהום

יקותיאל, י., דהן, ע.

מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר אוניברסיטת בן גוריון

יישום עודף של דשני חנקה הנהוג כיום במרבית הגידולים החקלאיים גורם לשטפי חנקה משדות חקלאיים אל עבר מי התהום. שטפי חנקה שמקורות בפעילות חקלאית הם מקור זיהום עיקרי של מי תהום ומקורות מים נוספים בכל רחבי העולם. על מנת לצמצם את עודפי הדישון ואת הזיהום הסביבתי הנגרם מהם ובהתאמה ליעל את יישום הדישון החנקני, יש צורך בניטור רציף בזמן אמת של ריכוזי החנקה בקרקע. ניטור רציף יאפשר להתאים את דרישות ההזנה של הצמח לריכוזים הקיימים בבית השורשים. במחקר זה נעשה שימוש לראשונה במערכת חדשה לניטור רציף של חנקה בבית השורשים בשדה חקלאי המאפשרת התאמה של ריכוזי החנקה בבית השורשים ומתחתיו. מדידות רציפות של ריכוזי החנקה בוצעו בשני טיפולים שונים:

1. טיפול דישון מותאם בו כמות המים והדשן שונתה כל כמה ימים בהתאמה לשינויים הנמדדים בריכוזי החנקה ובתכולת הרטיבות בבית השורשים.

2. טיפול דישון קבוע בו משטר הדישון נקבע מראש על פי תוכנית הדישון הנהוגה בקרב חקלאים באזור זה. ריכוזי החנקה בבית השורשים ומתחתיו בטיפול הביקורת הגיעו לריכוזים גבוהים מאוד של כ-200-150 מג"ל חנקן ($N-NO_3$) לאורך כל העונה, ריכוזים אלו גבוהים משמעותיים מדרישות הצמח וגבוהים בסדר גודל מהתקן לריכוז חנקה במי שתיה. לעומת זאת, שינויים שנעשו במשטר הדישון על בסיס המדידות בטיפול הדישון המותאם אפשרו לשלוט בריכוזי החנקה סביב ערך סף רצוי. תוצאות המחקר אפשרו הפחתה של כ-38% בדשן החנקני המיושם לאורך תקופת הניטור מבלי להשפיע על כמות היבול ואיכותו. בנוסף, מוערך כי שטפי החנקה מתחת לבית השורשים ואל מי התהום הופחתו אף הם בכ-30%. במהלך הניסוי, ההתאמות במשטר הדישון נעשו באופן ידני על בסיס בחינה של נתוני ריכוזי החנקה בקרקע. יחד עם זאת, אנו צופים כי במחקר המשך ניתן יהיה להשתמש בנתוני ניטור החנקה בשילוב אלגוריתם המאפשר לקבוע באופן אוטומטי ורציף את דרישות ההזנה של הצמח באופן שיצמצם למינימום את עודפי הדישון ואת הזיהום הסביבתי הנגרם מהם וימקסם את יעילות הדישון החקלאי.

קליטת מים בו-זמנית ממי-תהום רדודים ומהשקיה בטפטוף: ניסויי ליזימטר עם שורשים מלאכותיים

כהן, ב., ניצן, ע., בן נח, א., פרידמן, ש.

המחלקה לפיסיקה סביבתית והשקיה, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי - מכון וולקני

בהרצאה נדווח על מחקר שעסק ביחסי הגומלין בין מי-תהום רדודים והשקיה בטפטוף בתהליך קליטת המים של גידולים חקלאיים. ניסויי ליזימטר בהם השתמשנו בצינורות חרס שמחקים שורשי צמחים ספקו תובנות לגבי דפוסי הרטבה באזור השורשים והרכיבים של מאזן המים. התוצאות מגלות כי בעוד שצמחים יכולים לנצל ביעילות מי-תהום רדודים, אפילו עם מערכות שורשים מוגבלות, שיעורי השקיה גבוהים יותר מפחיתים את תרומת מי התהום לקליטת המים. לעומת זאת, מי-תהום רדודים מגבירים את קליטת המים מהשקיה ומפחיתים את החלחול לעומק בשיעורי השקיה נמוכים. הממצאים מדגישים את הפוטנציאל של מי-תהום כמקור מים משלים לגידולים, ומציעים השלכות מעשיות לאופטימיזציה של אסטרטגיות השקיה משלימות וניהול מים בר קיימא בחקלאות. כאשר המרחק האנכי בין השורשים הפעילים למפלס מי-תהום עולה על אורך אופייני של הקרקע, רציפות המים הנוזליים נפגמת. כתוצאה מכך, זרימת מים נימית אינטנסיבית כלפי מעלה, כנגד כוח הכבידה, אינה ניתנת לתיאור מהימן על-ידי חוק דארסי, במיוחד בקרקעות גסות מרקם (כדאי לנסות לנסח תיאוריית זרימה מאקרוסקופית כדי לתאר בצורה מדויקת יותר עלייה נימית בתרחישים כאלה). עם זאת, חוק דארסי מתאר בצורה מספקת שטפי מים נמוכים (ס"ג של 1 מ"מ/יום), הנפוצים בגידול מעל מי-תהום רדודים, במיוחד בקרקעות דקות מרקם.

זיהום PFAS במקורות מים בישראל - מקורות, ממצאים עדכניים והיבטים רגולטוריים

בן, ח., קסלר, נ., גל, ה.

אגף איכות מים, רשות המים

Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are pervasive, enduring environmental contaminants, increasingly detected in various global water resources, and drinking water systems. Exposure to these substances in drinking water poses a substantial health risk (lower offspring birth weight, immunotoxicity, increased risk of kidney and testicular cancers and more) starting at remarkably low concentrations. Due to their unique properties, PFAS compounds are used in a wide range of applications, with foams used to extinguish flammable liquids having the most significant environmental consequences.

Over the past four years, water resource quality surveys in Israel have included monitoring and production wells, wastewater, and effluent reservoirs. The outcomes of these surveys reveal the pervasive presence of PFAS pollutants throughout the Israeli water resources and supply network. Groundwater surveys highlight elevated concentrations of PFAS pollutants, especially in areas where foams were used to extinguish large fuel fires and during fire training exercises.

A limited number of production wells have been disqualified by the Ministry of Health from supplying drinking water. Additional wells are expected to be closed in 2026 with the implementation of more stringent drinking water regulations.

This discussion focuses on the latest findings in Israel, examining their implications for the water sector and the complex regulatory aspects involved in the comprehensive regulation of PFAS contamination.

השפעת עליית מפלס מי תהום על ענף הבנייה והתשתיות

לבנון, א., דבורי, נ.צ.

אתגר א. הנדסה בע"מ

הקשר בין הידרולוגיה בכלל ומפלס מי התהום בפרט, לענף הבנייה והתשתיות קיים כבר עשרות שנים, אך בעשור האחרון ההשפעה של שינויים במפלס מי התהום על התכנון ההנדסי הפכו למשמעותיים ביותר.

שינויים במפלס מי התהום, בעיקר באקוויפר החוף, במקביל לרגולציות שונות בענף הבנייה, גרמו לכך שהיקף הפרויקטים אשר מתמודדים עם חפירה מתחת למפלס מי התהום גדל, הן במספר הפרויקטים והן בעומק החפירה מתחת למפלס מי התהום.

השפעת מפלס מי התהום באה לידי ביטוי בשלושה שלבים מרכזיים:

1. **תכנון** - בהבנת התנאים ההידרוגיאולוגיים הקיימים והצפויים.
2. **ביצוע** - בעת חפירה מתחת למפלס מי התהום.
3. **איכלוס** – כיצד התנאים הדינמיים של האקוויפר יכולים להשפיע על הקיימא של המבנה.

בהרצאה נציג את ההיבטים השונים, נבחן מספר מקרי בוחן ונדון בשאלה מה תפקידה של הרגולציה והאם נכון להגדיר מפלסי מי תהום תפעוליים מקסימליים, בדומה לקווים האדומים התחתונים.

תפקידן המפתיע של בארות תצפית והחדרה כמקור לפליטות גזי חממה

לבנר, א. (1), גרוס, א. (1), נחשון, א. (2), לוינטל, א. (1)

(4) אוניברסיטת בן גוריון

(5) מכון וולקני

בעולם קיימות מיליוני בארות מסוגים שונים המשמשות לצרכים שונים. עם זאת, "קשיות" אלו מאפשרות גם חילופי גזים ייחודיים בין האטמוספירה ותת הקרקע, עם השלכות על פליטות גזי חממה. בארות רבות ממוקמות באזורים חקלאיים ועירוניים לשם הפקה, תצפית והשבה (בארות החדרה). בארות אלו בפרט מהוות סיכון גבוה לפליטת גזי חממה בגלל המספר הגבוה של בארות שנקדחו והפוטנציאל הגבוה שלהן לפליטות פחמן דו חמצני (CO_2) עקב המצאות חומר אורגני בקרקע ובמי התהום. תחום זה לא נחקר בעבר עקב חוסר ההבנה שבארות, בעומקים שונים ממטרים בודדים עד מאות מטרים, יכולות להוות מקור לגזי חממה, ולכן ישנן עוד שאלות פתוחות רבות בנושא. לדוגמה, מהם מקורות הגזים בתת הקרקע או מהם מנגנוני ההולכה של הגזים מתת הקרקע לאטמוספירה. המחקר הנוכחי עוסק בניטור, זיהוי והבנת מנגנוני תנועת גזי חממה (בעיקר CO_2 ו- N_2O) מבארות תצפית והחדרה באזורים חקלאיים בקליפורניה ובישראל ע"י שימוש במערך ניטור מתקדם בזמן אמת. עד כה, תוצאות המחקר מאמתות פליטות CO_2 משמעותיות במחזוריות יומית עם מתאם גבוה לריכוזי O_2 ו- N_2O שנמדדו בתת הקרקע בעומק של עשרות מטרים. כמו כן, התוצאות מראות על קשר בין מחזוריות הפליטות היומית למחזוריים של לחץ אטמוספרי ואירועי הצפה של הקרקעות שמעל לבארות. כימות ישיר של פליטות גזי חממה מבארות וזיהוי המקורות ומנגנוני ההובלה שלהן יקדם פיתוח אסטרטגיות הפחתה, כגון איטום בארות לא פעילות מסוגים שונים.

מיפוי של תמלחות עתיקות במרחב ההידרוגיאולוגי התורם למלחת סדום בשיטת ה – TDEM

לוי, א. (1), בורג, א. (2), גבריאלי, א. (2)

(1) המכון הגיאופיסי לישראל

(2) המכון הגיאולוגי

מלחת סדום, הממוקמת מדרום לים המלח בגובה של ~370 מ' מתחת לפני הים, הינה אגן ניקוז עילי, כמו גם אגן ניקוז של מי תהום, הן של אקוויפרי המילוי ממערב, מדרום וממזרח ושל אקוויפריים רגיונליים ממערב.

בשנת 2022 נערך סקר גיאושמלי מפורט במלחת סדום שזיהה את גופי המים השונים בתת הקרקע. במטרה ללמוד על המרחב ההידרוגיאולוגי התורם למלחה, ובעיקר איתור תמלחת עמוקות, נערך בשנת 2023 סקר נוסף והפעם סביב המלחה. הסקר הגיאושמלי כלל 37 מדידות אלקטרו מגנטיות בתחום הזמן (TDEM) עמוקות, לעומק מטרה של עד 500 מטר, במרחב הנגיש שבין עידן בדרום למלחת סדום בצפון.

מתוצאות הסקר ניתן להבחין בשכבה עמוקה בעלת התנגדות נמוכה (קטנה מ-1 אוהם-מטר) המשתרעת דרומה עד אזור עידן ועד ההעתקים הגובלים את הערבה ממערב. לשכבה זו ערכים נמוכים מאוד (0.3 אוהם-מטר) בקרבת מלחת סדום, ערכים המלמדים על המצאות תמלחות במליחות גבוהה מאוד באזור זה. ההתנגדות של שכבה זו עולה לכיוון דרום ומערב. בנוסף, רום השכבה המליחה מעמיק לכיוון דרום וככל שמתרחקים מהמלחה. בקרבת העתק השוליים הגובל את הערבה ממערב, וכן ממערב לו אין עדות לתמלחות בעומקים שנמדדו.

התמונה הכללית המתקבלת היא שבכל צפון הערבה ישנן תמלחות בעומק, אשר אינן קיימות מעבר להעתקים המגבילים את הבקע ממערב, כאשר באזורים המערביים של הבקע התמלחות שטופות יותר, ככל הנראה השפעה של הזרימה ארוכת השנים באקוויפריים הרגיונליים. האזורים הצפוניים של הבקע שטופים פחות, ולכן שם התמלחות עשירות יותר במלחים ונמצאות ברום רדוד יותר.

אנו מייחסים את מקור התמלחות הקבורות לשרידים של אגם הלשון, שבשיאו הגיע לרום של 160- מ'. במפלס זה, תמלחות האגם חלחלו והרוו את האקוויפריים תחתיו ובסביבתו, ובנוסף את הסדימנטים שיצרו את קרקעית האגם. מאז (כולל כעת) התמלחת חווה תהליכי שטיפה איטיים, וכך סביב מלחת סדום היא מדוללת ברמות כאלו או אחרות בעוד שמתחת לקרקעית אגם הלשון ההיסטורי באזור מלחת סדום היא עדיין מרוכזת מאוד.

"ראיתי פעם חוף שנחל עזבו" - עדות מניטור רב שנתי של המערכת ההידרולוגית בחוף ים המלח לתהליך התנתקות האקוויפר מהים הנסוג

לוי, י. (1), בורג, א. (1), סואעד, א. (2), גלילי, א. (2), חזן, א. (3)

- (1) המכון הגיאולוגי
- (2) השירות ההידרולוגי
- (3) רשות הטבע והגנים

לאורך חופי ים המלח ישנן מספר נביעות גדולות המנקזות את אקוויפר ההר המזרחי. הנביעות המרכזיות הן עינות צוקים, קנה וסמר. מפלס ים המלח יורד בעקביות ב-50 השנים האחרונות בקצב הולך וגובר ובשנים האחרונות בקצב של 1.1 מטר\שנה. את החתך הגיאולוגי לאורך חוף ים המלח ניתן לחלק באופן גס בין מניפות סחף (פעילות ושאין פעילות), עשירות באופקי חלוקים בעלי מוליכות הידראולית גבוהה, לבין אזורים של משקעי חרסית וחואר אגמיים, בעלי מוליכות הידראולית נמוכה יותר. בפועל, ככל שמפלס ים המלח הולך ויורד, משתנה הסביבה הגיאולוגית באזור חוף האגם. בעשרים השנים האחרונות מתבצע (ע"י השרות ההידרולוגי) ניטור שיטתי חצי שנתי של הספיקות בכל הנביעות הללו, וכן ניטור מפלסי מי תהום (ע"י המכון הגיאולוגי) בקידוחים רבים הפזורים לאורך חופי האגם (חלקם כבר אינם פעילים כיום עקב ירידת המפלס מתחת לבסיס הקידוח).

הניטור במעיינות ובקידוחים מגלה כי עקב ירידת מפלס ים המלח וחשיפת משטחי חרסית אטומים בין הנביעות לבין הים ההולך ונסוג, המערכת ההידרולוגית המנקזת את האקוויפר הרגינולי, שבעבר התנקזה לים המלח, הולכת ומתנתקת ממנו, כך שכיום לא ניתן לכנות את המערכת כ"אקוויפר חופי". תהליך ההתנתקות בא לידי ביטוי גם בירידה במספר נקודות המדידה בשל המרחק הניכר בין אזור הנביעות לים הנסוג והתחברות מוצאי מים רבים לתעלות עיקריות בודדות וכן בשינוי מגמה מירידה להתייצבות במפלסים בקידוחים ואף עליית מפלסים בכמה קידוחים. תהליך זה מודגם במיוחד בעינות קנה וצוקים. לעומת זאת, בעינות סמר, תהליך ההתנתקות עדיין לא מורגש ולכן מזוהה שם "רדיפה" של נקודות הנביעה אחרי מפלס הים הנסוג, באופן בו נקודות הנביעה נודדות בעקביות מאזורי הנביעה הראשוניים אל מניפת הסחף של נחל דרגה שמדרום שבה קיים מגע וקשר של יחידות החלוקים עם הים. בעינות צוקים בולטת גם ירידה בנפחי השפיעה בצפון השמורה והתגברות בדרום השמורה, בה קיימת מניפת סחף קבורה (נחל סמרה) המהווה מעין "נקז" דרכו מתנקזים המים.

תופעה נוספת המובחנת באמצעות הניטור הרציף היא השוני בקצב התגובה של מפלס מי התהום בין מניפות הסחף לבין האזורים בעלי המוליכות הנמוכה. במניפות הסחף מפלס מי התהום מגיב ויורד כמעט בקצב ירידת מפלס הים, ואילו באזורים החרסיתיים ירידת המפלס מתונה יותר.

הבנת תגובת המערכת האקוויפרית לנסיגת הים, מעלה את החשש כי בעתיד, במפלס נמוך יותר של ים המלח, כאשר מניפת נחל סמרה תתרחק גם היא מהים, יחודש תהליך הנדידה של הנביעות אל עבר מניפת נחל קדרון ואולי אף ברום נמוך יותר מהקיים כיום, מצב שיש בו סכנה למערכת האקולוגית של השמורה.

עליית מפלס ים התיכון - תחזית השפעה על אקוויפר החוף בישראל

לומלסקי, ס. (1), יצחק, י. (2), ליבשיץ, י. (2)

(1) ד"ר סבטלנה לומלסקי SLG - ייעוץ הידרולוגיאווגי
(2) רשות המים, השירות ההידרולוגי

אחת ההשלכות של התחממות הגלובלית היא עלייה במפלס מי הים. עד כה עלה מפלס המים בעולם בכ-20 סנטימטרים, המשך התחממות עלול להפשיר כמות גדולה בהרבה של קרחונים ולגרום לעליה גדולה יותר. לפי דוחות של מכון לחקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) הים התיכון מראה שונות גדולה ביחס למגמות עליית מפלס הים הגלובלי. כך, לאורך תקופה מ-1992 ועד היום נמדדה בתחנת חדרה עלייה ממוצעת של 4.6 מ"מ בשנה, נתון הגבוה מקצב עליית מפלס הים הגלובאלי לתקופה זו (כ-3.2 מ"מ בשנה). עליית מפלס ים התיכון בישראל עלולה לגרום נסיגה בקו החוף ופגיעה בחופים ובמבנים בקרבת החוף.

מבחינה הידרולוגית, הים התיכון הינו בסיס הניקוז של אקוויפר החוף. לכן לשינויים בגובה פני הים ישנה השפעה ישירה על משטר זרימה באקוויפר, על מפלסי מי התהום ועל תנועת הפן הביני. החשש הוא שעליה כזו תגביר את חדירת הפן הביני והמלחת אקוויפר החוף ועקב כך תוביל להקטנת כמות המים שעומדת לרשות משק המים בישראל. לאור זאת, השירות ההידרולוגי יזם פרויקט במטרה לחזות את תגובת האקוויפר לשינויים האלו.

לשם כך הוגדרו 3 תרחישים של עליית מפלס הים. קביעת התרחישים התבססה על נתוני דו"ח חיא"ל והנחיות של מנהל ההיערכות לשינויי אקלים (סיכום מ-18.04.2023). בנוסף, נקבע תרחיש "עסקים כרגיל" בו אין שינויים במפלס הים. בדיקת התרחישים בוצעה באמצעות הרצות המודל המאוחד של אקוויפר החוף, תחת הפעלת רכיב זרימה מונעת צפיפות (SEAWAT – Density-driven Flow).

התרחישים הורצו לתקופת של 81 שנים (1/1/2020-1/1/2101). הנתונים הדינמיים (הפקות, מילוי חוזר וכנ"ל) נקבעו על בסיס תקופה של 10 שנים (2008-2017) והוכפלו לאורך תקופת ההרצה. השינויים במפלס הים הוגדרו כתנאי גבול דינמי עם הים.

עבור כל תרחיש בוצעה הערכת שינויים במצב האקוויפר ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל", כולל משטר הזרימה ומצב מפלסים, מיקום של פן הביני, כמויות מלח וריכוזים, שינויים באוגר עם חלוקה למים שפירים, מליחים ומי ים.

אחת המסקנות החשובות של העבודה היא שבעקבות עליית מפלס הים צפויה גם עליה במפלס מי התהום באקוויפר החוף, הדבר שצפוי לגרום לבעיות תשתית רבות כגון הצפת מערכת ביוב, ניקוז ואספקת מים, פגיעה בתשתיות, כניסת מים למרתפים וכו'.

תנודות מפלס המים בקידוח פתוח ובקידוח סגור (ארטזי) בזמן מעבר גלים סייסמיים באקוויפר כלוא - ניתוח תצפיות שדה

לוצקי, ה. (1), קורזון, א. (1), גבירצמן, ח. (2), ליחובסקי, ו. (1), שלו, א. (1)

(1) המכון הגיאולוגי
(2) האוניברסיטה העברית

רעידות אדמה מביאות לשינויים מחזוריים בלחץ המים באקוויפר כתוצאה ממעבר גלים סייסמיים, אשר גורמים למעוות בסלע האקוויפר. השינויים המחזוריים בלחץ המים באקוויפר באים לידי ביטוי בשינויים במפלס/לחץ המים בקידוחים ותלויים הן בתכונות הפורו-אלסטיות של האקוויפר והן בסוג הגלים הסייסמיים, בתדירותם, עוצמתם ובכיוון ממנו הם מגיעים. תופעה זו מעלה שאלה לגבי אפשרות שימוש בקידוח מים כסייסמומטר. במחקר הנוכחי נבדקה השפעת רעידות אדמה ממקורות שונים על תנודות לחץ המים באקוויפר יהודה הכלוא בדרום רמת הגולן בעזרת מדידת לחץ מים בתדר גבוה (40 פעם בשנייה) בשני קידוחים סמוכים: (1) קידוח מיצר 1 הפתוח (עומק פני מים מתחת לפני השטח); (2) קידוח מיצר 2 הסגור (קידוח המאפשר שפיעה ארטזית). מדידות לחץ המים בקידוחים הושו למדידות מהירות תנודות הקרקע בתחנה סייסמית סמוכה, כך שניתן היה לבדוק מה השפעת הסוגים השונים של הגלים הסייסמיים על תנודות לחץ המים בקידוחים.

תוצאות המחקר מראות שביחס לקידוח סגור, בקידוח הפתוח ישנה הנחתה של אמפליטודת תנודות מפלס המים בתגובה למעבר גלים סייסמיים באקוויפר, בעיקר בתדרים הגבוהים, וגם עיכוב של תגובת מפלס המים, כתוצאה מזרימת מים בין האקוויפר לבין הקידוח הפתוח. עם זאת, במקרה של רעידות אדמה מקומיות, נמצאה הקטנה בהנחתת התדרים הגבוהים בקידוח הפתוח. גם במקרה זה, האמפליטודות בתנודות הלחץ בקידוח הסגור גבוהות יותר מהאמפליטודות בתנודות המפלס בקידוח הפתוח.

כאשר בוחנים השפעה של רעידות אדמה אזוריות גדולות ($M_w = 6.5 - 7.5$), היחס הספקטרלי בין מדידת לחץ המים בקידוח הסגור לבין הלחץ המחושב ממדידת מהירות תנודות הקרקע בתחנה הסייסמית הקרובה, מצביע על כך שתנודות לחץ המים בקידוח הסגור מייצגות בצורה טובה את תנודות לחץ המים באקוויפר. עם זאת, בתגובה לגלי גוף (S-P) בתחום תדרים בינוני של 0.4 עד 4 הרץ, ישנה הנחתה של אמפליטודת תנודות לחץ המים בקידוח הסגור ביחס ללחץ המחושב ממדידת מהירות תנודות הקרקע בתחנה הסייסמית, כנראה כתוצאה מהבדלים ליתולוגיים בין מיקום הקידוח למיקום התחנה הסייסמית ותנודות קרקע באמפליטודה גבוהה בקרבת פני השטח בתחנה הסייסמית. בתחום גלי השטח, היחס הספקטרלי נמוך יותר ומתפרש על תחום רחב יותר מהיחס הספקטרלי בתחום גלי הגוף, תופעה המרמזת על התלות של תנודות לחץ המים באקוויפר בכיוון ממנו מגיעים הגלים הסייסמיים. ברעידות אדמה מקומיות היחס הספקטרלי הגבוה, בזמן מעבר גלי הגוף וגלי השטח, מצביע על הנחתה של אמפליטודת תנודות הלחץ בקידוח בתדרים הגבוהים, גם בקידוח הסגור.

בסך הכל, תנודות לחץ המים באקוויפר הנגרמות בתגובה לרעידות אדמה, באות לידי ביטוי בצורה מדויקת יותר במדידת לחץ בקידוח סגור מאשר במדידת מפלס בקידוח פתוח.

עקרונות לתכנון והקמה של בארות להפקת מי שתייה

ליבשיץ, י. (1), אמיר, נ. (1), צוריאלי, א. (1), ברנשטיין, ג. (2)

(1) השירות ההידרולוגי, רשות המים

(2) חטיבת אסדרה, רשות המים

לצורך ניצול ותפעול מיטבי של מקורות המים בעידן ההתפלה נדרש שדרוג משמעותי של מערך קידוחי ההפקה. לאור זאת, קיים צורך הכרחי בקדיחת קידוחים חליפיים/חדשים על מנת לשמר ולהגדיל את כושר ההפקה של מי התהום. מתוך כוונה שהקידוחים החדשים יתוכננו ויבוצעו באופן מיטבי ובמבנה טכני ראוי המונע פגיעה במקורות המים הוציאה רשות המים, כחלק מקול קורא לחיבור קידוחים פרטיים למערכת, מסמך עקרונות לתכנון והקמה של בארות להפקת מי שתייה.

המסמך פונה לכל בעלי העניין בנושא קדיחה, חידוש והקמה של באר ומציג הנחיות עקרוניות להקמת בארות חדשות/חליפיות להפקת מי שתייה. ההנחיות מתייחסות לקדיחה בתנאים הידרו-גיאולוגיים בארץ (קידוחים לתווך נקבובי ולתווך סדוק) ועוסקות בשלבי תכנון הקדיחה, מהלך הקדיחה, התקנת הצינורות ופעולות לניקוי ופיתוח הבאר. המסמך עתיד להתעדכן מעת לעת ולכלול נושאים נוספים שטרם הוכנסו.

בניית שכבות רקע למודל לקביעת ספיקות שיא בהסתברויות שונות

לץ, א. (1), זיגל, א. (2), במברגר, א. (3)

- (1) גיאוטבע – יעוץ סביבתי
- (2) השירות ההידרולוגי
- (3) הידרומודול

סדרת ספיקות שיא בהסתברויות שונות עבור אגן היקוות היא אחד הפרמטרים ההידרולוגיים המרכזיים הנדרשים לצורך תכנון מתקני ניקוז, הערכת מפלסי הצפה וקביעת פוטנציאל מילוי חוזר למי תהום. בכל פרויקט נקבעת הסתברות התכן בהתאם ליעודי הקרקע או בהתאם לפוטנציאל הנזק כתוצאה מהצפה, ובהתאם לכך נבחרת מתוך סדרת ספיקות השיא הסתברות התכן.

הערכת ספיקות השיא מתבצעת בשיטות ישירות או עקיפות. בקרב מתכננים נהוג לנקוט במספר שיטות ביניהן: מודל השירות ההידרולוגי אשר הוצא לאור ע"י השרות ההידרולוגי להערכת ספיקות שיא בתחומי התנקזות קטנים ובינוניים. שניה, מתבססת על מודל הידרולוגי-סטטיסטי לחישוב ספיקות מקסימליות בנחלים. שלישי, מודל אנלוגי המחשב את ספיקת התכן לפי יחס של שורש ריבועי בין שטח האגן שאינו מדוד לבין אגן מדוד. בדיקה של תוצאות המודלים הנ"ל לעומת נתונים מדודים מראה על סטיה בכל אחת מהשיטות.

במחקר זה רשות המים כגורם הרגולטורי מעוניינת בכלי חישובי המבוסס על נתוני התחנות הקיימות וקושר בין גודל השטח לסדרת ספיקות השיא. בהתאם לכך עוסק המחקר בשני נושאים מרכזיים: הראשון, טיוב החלוקה לאזורים עבורם נבנה המודל המרחבי. השני, טיוב מעריך החזקה להתמרת סדרת ספיקות בהתאם ליחס שטחי האגנים. בהרצאה נתמקד בסיווג המרחבי של המרכיבים המשפיעים על ספיקת השיא (עוצמת הגשם, גודל האגן והתפלגות חבורות הקרקע) על מנת ליצור מודל מתמטי הקושר ספיקה לשטח. בניית שכבות הרקע למודל ההידרולוגי כללה חיתוך שכבות מרחביות ואקסטרפולציה לסיווג שטח הארץ לשטחים בעלי מכנה משותף הידרולוגי. לצורך זה אימצנו "מודל קוביות" ארצי המאפשר חלוקה פשוטה ויעילה של כלל שטח הארץ לשכבת ראסטריית המאפשרת לסווג את אזור ישראל לאזורים הידרולוגיים המאפשרים להעריך את מידת ההשפעה של מאפיינים מרחביים על ספיקת השיא.

דילמות הידרולוגיות בשיקום מעיינות, מקרה בוחן עינות קשיון

לץ, א. (1), סלע, א. (2), בן שלום, מ. (3), ריימונד, ר. (3), גרנט, י. (4), גלעד, ש. (5), געש, ע. (6)

- (1) גיאוטבע – יעוץ סביבתי
- (2) רשות ניקוז ונחלים ירדן דרומי
- (3) ניהול פרויקטים סביבתיים
- (4) יועצת
- (5) אגמא – המרכז לאגני היקוות
- (6) ערן געש אדריכלות נוף ותכנון סביבתי

משבר המים המתמשך בישראל הוביל לפגיעה אנושה בנחלים: ייבוש המעיינות, זיהום המים בערוצים, והיעלמות של ערכי הטבע והנוף הייחודיים לנחלים. בשנים האחרונות מתחוללים שינויים מהותיים במשק המים, עם הקמת מתקנים להתפלת מי הים והקמת מערכות אספקת מי קולחים לחקלאות. שינויים אלו מאפשרים תהליכי שיקום של מקורות המים הטבעיים בישראל, וכן שיקום שפיעת המים במעיינות ובנחלים.

בעקבות החלטת ממשלה בשנת 2000 הוקצאו 50 מיליון מלמ"ק מים בשנה למטרות שיקום זרימת המים בנחלים ועל כן, בשנים האחרונות גופים רבים עוסקים בהשלכות פעולות שחרור המעיינות והשבת המים לטבע. אך עם פעולות השיקום צצות דילמות רבות באשר לקבלת ההחלטות באשר לאופי ואופן פעולות השיקום. כיום, אין מתודה סדורה לשחרור מעיין לטבע ושיקומו תוך התמודדות עם מגוון ההיבטים הנדרשים: צרכי משק המים, צרכי החקלאות, שיקום אקולוגי, קידום תיירות נופש ופנאי והסדרים בין הרשויות השונות על ניהול, תחזוקת המרחב המתחים המובנים בין היבטים אלו.

עינות קשיון ממוקמים ביובל של נחל תבור, שפיעת הנביעה יוצאת מהקרקע מפתח בנוי אשר מהווה מוצא מערכת איחוז שהוקמה על ידי חברי קיבוץ סמוך לשם אספקת מים בימי ראשית המדינה. לפני שנים בודדות שוחרר המעיין על ידי הפסקת תחזוקת המערכת, לפתע "צץ" מעיין ולא שוקם מעולם. כיום המעיין מהווה מפגע בטיחותי ותחזוקתי על ידי הרשויות.

פרויקט ההדגמה בנחל תבור נבחר בכדי לקדם חשיבה משותפת של השותפים במרחב בראייה אגנית משלבת (שיקום הידרולוגי ואקולוגי) הכוללת שאלות חקר, תצפיות וביצוע לשחרור מעיין לטבע, תוך התייחסות לכלל הגורמים באגן, באופן שיאפשר למידה להרחבת היישום במקומות נוספים. תהליך ההדגמה משלב מצד אחד שימור אזור נביעת המעיין כאזור ליבה שמורה ובוחן אפשרויות להקמת ברכה עבור מגע עם המים למטיילים באזור בעל רגישות אקולוגית נמוכה יותר מרוחקת מאזור הנביעה שמוגדרת כאזור בעל רגישות אקולוגית גבוהה.

מתוך פרויקט זה עולות סוגיות הידרו-אקולוגיות רבות אשר נותרו ללא תשובה חד משמעית ומעלות אי ודאות באשר למשטר הזרימה, ממשק עם חקלאות לאיכות מי התהום ולהשפעות סחף קרקע מן המעלה, השבת מגוון מנים או לחילופין הרחקת מינים קיימים.

שימוש בטומוגרפיה חשמלית לניטור דינמיקת המים במהלך החדרה דרך בארות יבשות לתווך נקבובי וסדוק

מורנו, ז. (1), קרישנר, ג. (1,2), גנות, י. (2), קמאי, ק. (1)

(1) מנהל המחקר החקלאי

(2) אוניברסיטת בר אילן

בארות החדרה יבשות מהוות פתרון יעיל להחדרת מי נגר אל תת הקרקע ובכך יכולות למנוע הצפות, להפחית עומסים על מערכות הניקוז העירוניות ולהגביר את כמויות המים המעשירים את האקוויפר תחתן. השיטה האופיינית לאמוד את כושר החדרת הבאר היבשה היא במבחני החדרה, בהם מנטרים את הספיקה לבאר ואת עומד המים בה. בעוד מבחן שכזה מאפשר להעריך את החידור עם הזמן, הוא אינו מספק מידע על מנגנוני זרימת המים בתת הקרקע. תבניות זרימת המים בתת הקרקע מאפשרות הבנה של המצב ההידרולוגי של תת הקרקע טרם ההחדרה (רטיבות התחלתית), אופייני הזרימה וזיהוי נתיבי זרימה מועדפים, כמו גם כיוול הפרמטרים ההידראוליים של התווך והערכת זמני השהות של המים באזור הלא רווי ועד הגעתם אל מי התהום. שיטות קונבנציונאליות לניטור זרימת המים בתת הקרקע הינן פולשניות, יקרות ומסוגלות לספק מידע בעל היקף מרחבי מצומצם. לעומתן, שיטות גאו-חשמליות כגון טומוגרפיה חשמלית יכולות לספק מידע נרחב, רציף, זול ולא פולשני על המוליכות החשמלית של תת הקרקע אשר קשורה הדוקות לתכולת הרטיבות.

בעבודה ראשונית זו, בחנו את השימוש בטומוגרפיה חשמלית לצורך ניטור זרימת המים בתת הקרקע תוך כדי החדרתם דרך בארות יבשות. סקרים גאו-חשמליים עוקבים בזמן בוצעו תוך כדי ניסוי החדרת מים לבאר יבשה בשני אתרים בעלי מאפיינים הידרו-גאולוגים שונים. האתר הראשון במישור החוף, מעל אקוויפר החוף, בו מים מוחדרים אל קרקע חולית דרך באר יבשה בעומק של 30 מ'. האתר השני מצוי בהרי ירושלים, בו מים מוחדרים אל תווך קרסטי דרך באר בעומק של 50 מ'. בשני האתרים נצפתה ירידה משמעותית בהתנגדות החשמלית של התווך בקרבת הבאר בתחילת ניסוי ההחדרה, כצפוי מעליית כמות המים בקרקע. עם זאת, בעוד שבקרקע החולית התפשטות הפלומה עם הזמן אחידה במרחב ומצביעה על קרקע הומוגנית, בתווך הסדוק, התפשטות הפלומה אינה סדירה ומאופיינת בנתיבי זרימה ספציפיים דרכם זורמים המים, בעוד שברוב המרחב הנדגם לא נצפו שינויים בהתנגדות החשמלית תוך כדי ניסוי ההחדרה. התוצאות הראשוניות מצביעות על יכולות גבוהות לאפיון נתיבי זרימת המים בעומק משמעותי דרך שיטות גאו-חשמליות המבוצעות בפני השטח ובתוך הבאר. המשך העבודה יכלול ניתוח כמותי של נפחי המים בקרקע דרך מאזני מסה והשינויים העיתיים בטומוגרמות החשמליות.

שימוש במודלים הידרולוגיים נומריים לתכנון שיקום מי תהום מזוהמים - מקרה בוחן פארק עכו- לוגיסטיקה מגורים ופנאי

מטמון, ד., קרויטורו, ל., בר-נוי, נ., למפרט, מ., רבינוביץ', נ.

אקולוג הנדסה בע"מ

אתר "תעשיות אלקטרוכימיות" לשעבר, כיום "פארק עכו-לוגיסטיקה מגורים ופנאי" פעל משנת 1952 ועד 2003. שטחו כ- 430 דונם, מתוכם כ-280 דונם שטח תפעולי של המפעל וכ-150 דונם שטחים פתוחים מדרום למפעל. עומק מי התהום ברוב שטח האתר הוא כ-2 מ' מתחת לפני הקרקע. בעבר ייצר המפעל מוצרים אורגניים (בעיקר PVC וחומרי ביניים המשמשים לייצור PVC) ומוצרים אנאורגניים (בעיקר כלור, נתרן הידרוקסיד והידרוקסיד האשלגן). תהליך הייצור כלל שימוש בכספית. באפריל 2022 הושלמה רכישת האתר ע"י חברת תדהר הראל מניבים, לאחר שאושרה תכנית טיפול ושיקום עקרונית לקרקע ולמי התהום באתר ע"י המשד להגנת הסביבה ורשות המים. חברת אקולוג הנדסה בע"מ (אקולוג) נבחרה לצורך חקירת זיהום מי התהום במקום ותכנון השיקום של מי התהום.

חלק משמעותי בעבודה כלל הצבה והרצה של מודל הידרולוגי לזרימה והסעת מזהמים, בכדי להבין את משטר זרימת מי התהום והסעת מזהמים על סמך נתוני עבר והווה, ועל מנת לחזות את השפעתם של תרחישי שיקום אפשריים על משטר הזרימה ועל ריכוזי המזהמים באתר. הרצת המודל וכיולו מהוה את הבסיס לעקרונות והכנת תוכנית השיקום של מי התהום במקום.

עבודת המידול כוללת:

- אפיון האקוויפרים במקום והקשר ביניהם.
 - מהירויות וכיווני זרימה.
 - הקשר בין מי התהום למי הים באתר חופי זה.
 - אפיון מקורות הזיהום.
 - פעולות השיקום הנדרשות לצורך הטיפול במי התהום בצורה אופטימלית.
- כלי העבודה העקרי הוא מודל הידרולוגי נומרי המשמש לאפיון מי התהום, אפיון האקוויפרים בתלת מימד, בחינת זרימת מי התהום - כיוונים ומהירויות, ובחינת הסעת מלחים ומזהמים במי התהום. בעזרת המודל נבחנו תופעות ייחודיות לאקוויפר המזוהם, סוגי מקורות הזיהום מהקרקע (התווך הבלתי רווי) וזיהומי NAPL בתווך הרווי, שטף המים והמזהמים לים לפני השיקום, שטף צפוי של המים והמזהמים לים בתקופת השיקום, והמלצות לגבי כמויות השאיבה לטיפול והחדרת המים המטופלים לאקוויפר המשוקם עבור תרחיש טיפול אופטימלי.

Identifying the Climatic and Anthropogenic Impact on Vegetation Surrounding the Natural Springs of the Arava Valley Using Remote Sensing Methods

מרוז, א. (2,1), באב"ד, א. (2), לוין, נ. (3,1)

- (1) האוניברסיטה העברית,
- (2) מו"פ מדבר וים המלח
- (3) אוניברסיטת בריסבן

Natural springs, recognized as biodiversity hotspots and keystone ecosystems, exert positive ecological influences beyond their immediate extent, particularly in dryland environments. The water feeding these springs, largely governed by natural climatic conditions, is susceptible to anthropogenic impacts. The objective of this study was to determine the factors that cause fluctuations in water availability to springs of the hyper-arid Arava Valley (Israel/Jordan). Using the Standard Precipitation Index, we statistically classified the historical record of yearly rainfall for the past four decades into clusters of dry and wet sub-periods. We assessed changes in vegetation cover around the springs using the Landsat-derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for each sub-period. To assess the anthropogenic effects, we examined the correlations between vegetation cover, water extraction from the aquifer, and the status of adjacent agricultural plots that share a hydrological connection with the springs. Our findings revealed fluctuations between wet and dry sub-periods over the last four decades. We observed high responsiveness of vegetation cover around the springs to these fluctuating sub-periods. Of the 25 studied springs, 12 were directly influenced by anthropogenic factors—7 experienced a decline in vegetation, which we attributed to water extraction from the aquifers, while vegetation increase in 5 springs was attributed to water seepage from agricultural areas upstream. In conclusion, addressing vital habitats such as natural springs in arid drylands requires a holistic approach that integrates long-term climatic, ecological, and anthropogenic observations

שימוש במדדים (אינדקסים) לצורך הערכת סיכונים למי תהום והגנה על קידוחים

נגב, ע.

מקורות

הערכת סיכונים למי תהום וקידוחים מבוצעת בד"כ באמצעות מודלים מתמטיים דטרמיניסטיים ברמות מורכבות משתנות. מודלים אלו נוטים לפשטנות יתר כדוגמת משוואת רדיוס מגן שרבות דובר בה (או בעיקר בגנותה...), או למורכבות יתרה כדוגמת מודלים נומריים לחישוב תהליכי זרימה והסעה באקוויפר. מודלים נומריים דורשים משאבים רבים, ולכן קשה מאוד ליישם בשימושים שגרתיים רבים כגון סקרים סביבתיים, סקרי סיכונים ואירועי זיהום בקרבת קידוחים. לרוב גם אין מספיק מידע כדי לכייל אותם ולכן הם נוטים לפשטנות, לוקים בהערכות יתר, ומשמשים בד"כ לבחינה של תרחישי קיצון שלא דווקא מעידים על ההסתברות האמיתית לאירועי זיהום.

ניהול סיכונים בתנאי אי-וודאות מתבצע בדרך כלל על ידי שקלול של אינדקסים (מדדים) באופן שמעביר למעשה את הדגש מהממד הפיזיקלי, היינו חישוב זמני מעבר וריכוזים, אל הממד ההסתברותי של הערכת הסיכון לאירוע זיהום. מודל ארגז כלים שפותח במשותף על ידי משרד הבריאות ומקורות הנו דוגמא למודל להערכת סיכונים לקידוחים מעין זה. המודל מבוסס על שקלול של 6 אינדקסים שמעריכים באופן איכותי את הרגישות הידרולוגית של הקידוח, איכות מים, מצב הסביבה, המצב הטכני, ריבוי מפגעים והאיכות המקצועית של ספק המים (בעל הקידוח).

לאחרונה פיתחנו במחלקה להידרולוגיה במקורות מודל אינדקסים משופר שנועד לתקן הטיות שנמצאו במודל ארגז כלים. המודל מתבסס על שקלול של 3 אינדקסים הכוללים את אינדקס הרגישות הידרולוגית ואינדקס איכות מים שפותחו גם כן במחלקה להידרולוגיה במקורות ומשמשים כבר מספר שנים לצרכים שונים, ועל אינדקס איכות סביבה שבשלב זה נלקח ממודל ארגז כלים. בנוסף, המודל המשופר מאפשר לשלב באופן מודולרי גורמים נוספים לצורך שקלול הסיכונים, כגון המצב הטכני של הקידוח.

לצורך בחינת מודל הסיכונים המשופר נערכה השוואה ביקורתית בינו לבין מודל ארגז כלים. הבחינה מבוססת על הרצת שני המודלים על אוכלוסייה של 41 קידוחים שנבחרו במיוחד לצורך כך על ידי מהנדסי הסביבה של משה"ב ומקורות, ועל אוכלוסייה של 27 קידוחים וירטואליים המייצגים קומבינציות שונות של מצבי סביבה, רגישות הידרולוגית ואיכות מים משתנים.

בהרצאה יוצגו העקרונות של שני המודלים והתוצאות העיקריות של ההשוואה הביקורתית ביניהם.

השפעת שינויי אקלים על הנגר העירוני במזרח הים התיכון

נוסבאום, ר., מורין, א.

המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים

In urban environments, excess runoff can cause urban flooding—an impactful disaster that could result in severe outcomes, including loss of life and extensive damage to property and infrastructure. Climate change and urbanization are the main factors contributing to increasing the frequency and intensity of flooding in urban areas. Yet, effectively modeling the intricate and heterogeneous nature of an urban area and understanding the rainstorm and surface properties that impact runoff formation is still a challenge. In addition, there is a lack of research on the interaction between climate change and urban runoff in the Eastern Mediterranean region particularly. We employed high spatiotemporal rainstorm and surface data of the Nahal Ra'anana basin (13 km²) located on Israel's coastline to develop a comprehensive and sufficiently accurate urban rainfall-runoff model. This model, based on the hydraulic-hydrological SWMM model, was refined using data collected from 26 distinct storms, capturing a diverse range of precipitation patterns and intensities. we utilized leave-one-out cross-validation and a multi-objective solution method during the model implementation process. The developed SWMM-based model effectively represents Nahal Ra'anana basin's hydrological response, with KGE values of 0.66 for peak flow and 0.88 for total volume, indicating satisfactory performance. By employing this model, we are currently investigating various factors influencing urban runoff characteristics, including rainstorm properties associated with climate change and land use changes resulting from urbanization. The findings derived from this research will contribute significantly to the enhancement of flood risk management strategies in future urban environments.

סיכום של ארבע שנות החדרת מי גגות בקידוחי החדרה: מסקנות עד כה ומחשבות להמשך

נצר, ל. (1, 2, 3), ליבשיץ, י. (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) מחלקה למדעי הסביבה, גאואינפורמטיקה ותכנון ערים, אוניברסיטת בן גוריון

מרבית השטחים העירוניים אטימים למים (אספלט ובטון), ורוב הנגר מנותב למערכות הניקוז כך שהמים נגרעים מהמאזן ההידרולוגי 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, הינו פתרון פופולארי מאוד בשנים האחרונות, זאת מכיוון שמצד אחד הוא "מטפל" בנפחי מים גדולים, ומצד שני השטח הנדרש למערכת החדרה מצומצם יחסית. אתר פיילוט להחדרת מי גגות לאקוויפר החוף הוקם ע"י רשות המים בשטח המחלקה למדעי הקרקע, המים והסביבה- מכון וולקני. האתר כולל מערכת לאיסוף מי נגר מגג הבניין, מערכת שיקוע וסינון, וקידוחי החדרה לתוך הרווי והלא-רווי. ב- 4 עונות החורף (2020-2024) הוחדרו בקידוחים מי הנגר שהתקבלו מהגג (החדרות תפעוליות), כשבכל חורף הוחדרו המים בקידוח מסוג שונה (רווי או לא רווי). בנוסף, במהלך חודשי הקיץ התבצעו גם החדרות מבוקרות (ניסויי החדרה) בכל אחד מהקידוחים.

הממצאים עד כה מראים כי קידוחי החדרה, גם לתוך הרווי וגם לתוך הלא רווי, יכולים להחדיר לאקוויפר פריאטי (כדוגמת אקוויפר החוף) כמויות משמעותיות של מי נגר מהגגות. שני סוגי הקידוחים יכולים לשמש כפתרון טוב לצמצום ומניעה של הצפות עירוניות תוך העשרת מי התהום. יכולת החדרה של הקידוח הרווי משמעותית גדולה יותר מיכולת החדרה של הקידוח הלא רווי. בקידוח הלא רווי נמצא כי יכולת החדרה הגדולה ביותר הינה בתחילת החורף, כשתכולת הרטיבות בקרקע היא הנמוכה ביותר, אז גם ההחדרה מושפעת מרכיב זרימה רדיאלי (בנוסף לגרוויטציוני). לאחר ההרטבה הראשונית (בשלב שבו הרכיב הרדיאלי זניח) ניתן לראות שגם תכולת הרטיבות בקרקע משפיעה על יכולת החדרת המים. בניסויי החדרה הממושכים שבהם הוזרמו מים ברציפות במשך מספר שעות (בשונה מהחדרות תפעוליות בחורף אז הזרימה מתבצעת במשך מספר דקות בלבד), נמצא כי מפלס המים בקידוח החדרה הרווי שמר על יציבות, בעוד שמפלס המים בקידוח החדרה הלא רווי היה במגמת עליה. יש להדגיש שעל מנת לשמר את יכולת החדרה של הקידוחים יש להעביר אליהם מים שעברו דרך מערכת סינון, בכדי למנוע סתימה של הבארות.

ארכיון לאומי דיגיטלי של לוגים גיאופיסיים בקידוחי מים והשימוש עבור משק המים

צוריאלי, א. (1), אקסיננקו, ט. (2), יצחק, י. (1), ליבשיץ, י. (1)

(1) השרות ההידרולוגי, רשות המים

(2) ESG - סייסמולוגיה הנדסית וגיאופיסיקה

לוגים גיאופיסיים (חשמליים) הינם שיטות גיאופיסייות המיושמות בקידוחים במהלך הקדיחה ומסייעים בקביעת פרמטרים כגון: סוג ואופי המסלע, תכונות הידראוליות של הסלע וכן איכות וטיב האקוויפר בתת הקרקע. הלוגים הגיאופיסיים גם מסייעים בתכנון וניתוח המבנה ההידרוגיאולוגי באמצעות התאמות בין קידוחים. סוגי הלוגים העיקריים המשמשים את משק המים הינם: גמא ריי, התנגדות חשמלית, מהירות, פוטנציאל עצמי וקוטר קדח.

פרויקט הקמת ארכיון לאומי דיגיטלי של לוגים גיאופיסיים בקידוחי מים נמצא בשלבים מתקדמים. הפרויקט מבוצע בשני שלבים: שלב ראשון של סריקת הלוגים הגיאופיסיים הקיימים היום על גבי גיליונות נייר וגילי נייר מודפסים לקבצי תמונה ושלב שני של ביצוע דיגיטציה קווי הלוג השונים לבסיס נתונים דיגיטלי תקני. מסגרת העבודה כללה שלב פיילוט ראשוני של 40 קידוחים לצורך בחירת הטכנולוגיה המיטבית לביצוע הסריקה והדיגיטציה ושלב מתקדם של סריקה ודיגיטציה של לוגים נוספים. מקורות הנתונים בשלב זה הינם הלוגים הנמצאים בארכיון השרות ההידרולוגי ברשות המים.

כיוון שהלוגים הגיאופיסיים מכילים מידע ברזולוציה גבוהה חוסר דיוק יוביל לשגיאות משמעותיות. פעולת הסריקה בוצעה ברזולוציה גבוהה ובפורמטים מתאימים, זאת מאחר והלוגים הגיאופיסיים מכילים מידע רב וחוסר דיוק יוביל לשגיאות משמעותיות. פעולת הדיגיטציה בוצעה באמצעות תוכנת Geopoisk Digitizer הממירה תמונת רסטר לערכים וקטוריים ומאפשרת לערוך את קו הווקטור במצבים של אוטומטי, חצי אוטומט וידני. לאורך העבודה מתבצעת בקרת איכות באמצעות התאמה לרשת ועקומת הרסטר והשוואה של ערכי השיא בין הלוגים המקוריים והעקומה הדיגיטלית. הפורמט הדיגיטלי המתקבל הינו בקובץ אקסל הכולל גיליונות של נתונים כללים, ערכים מוחלטים של הלוגים לסוגיהם, והצגה גרפית של הלוגים במבנה אחיד.

עד כה נסרקו ועברו דיגיטציה למעלה מ-100 לוגים גיאופיסיים של קידוחי מים מכל רחבי הארץ ומכל סוגי האקוויפריים, זאת בנוסף לארכיון הדיגיטלי המתועד מאז תחילת שנות ה-2000 וכולל כ-230 לוגים מקידוחי מים שונים. הלוגים הגיאופיסיים נמצאים בבסיס הנתונים של השרות ההידרולוגי ברשות המים. הפרויקט מתוכנן להתרחב לסריקה ודיגיטציה של לוגים נוספים (כ-500) גם ממוסדות נוספים כגון: מקורות, מצדה, מפעלים המלח ועוד. בעתיד ניתן יהיה ליצור באמצעות הלוגים מודלים גיאולוגיים וגיאופיסיים לכל האקוויפריים.

מקור הפחמן למערכת הביולוגית במערת אילון והסביבה - מתאן באנומליית אילון של אקוויפר ירת"ן

קופר-פרומקין, ש. (1,2), פרומקין, ע. (2), רזניק, א. (1)

(1) המכון הגאולוגי

(2) האוניברסיטה העברית בירושלים

מערות אילון ולבנה מסתיימות באגמי מי תהום מליחים וחמים שמהווים חלון הצצה לאנומליית אילון שבאקוויפר ירקון-תנינים. האנומליה מאופיינת במים חמימים שמגיעים לטמפרטורה של 30° , עשירים בסולפיד (H_2S), בעלי מליחות גבוהה יותר (כ-500 מגב"ל) מאשר האקוויפר שסביב האנומליה (100-50 מגב"ל) ורמת pH נמוכה יותר מהסביבה (7 לעומת 7.8). במערכות מבודדות אלו, בהן המים אנאוקסיים (ריכוז החמצן המומס הוא 0), התפתחה מערכת אנדמית המורכבת מביופילם מיקרוביאלי שמשמש כמזון לפרוקי רגליים. הביופילם כנראה מורכב מבקטריות, פרוטוזואה וארכיאות. פרוקי הרגליים העיקריים האקוואטים הם: *Metacyclops longimaxillis*, *Tethysbaena ophelicola*, *ayyaloni Typhlocaris*, *Metacyclops subdolosus*. והטרסטריליים: *israchanani*, *Ayyalonia Dimentmani*, *Troglopedetes Akrav*. הגדלים שלהם נעים בין 0.5 מ"מ עד 5 ס"מ. בנוסף, במהלך הסקרים שבוצעו במערות בשנה החולפת, נצפו שתי תופעות ייחודיות: הראשונה היא שיקוע כימי של רפסודות מערות (cave rafts) שהתפתחו בפני השטח של האגמים המליחים במערת אילון ובמערת לבנה. קרום זה נבדק באמצעות קרני איקס ומיקרוסקופ אלקטרוני סורק והוגדר כ- (low magnesium calcite) LMC. קרום זה התפתח במקביל לביופילם שצף גם כן על פני המים. התופעה השנייה היא נביעה של גז מקרקעית האגמים. גז זה אף נלכד מתחת לקרומי הקלציט שהתפתחו על פני האגמים המליחים בשתי המערות, דבר שהקל על דיגמו. שאלה מרכזית במחקר האקוסיסטמה היא מהיכן המערכת הביולוגית הכימוסינתטית במערות שואבת את הפחמן עליו היא נשענת, בהעדר אפשרות לפוטוסינתזה במערכת התת קרקעית הזו שאינה חשופה לקרינת שמש. לצורך כך, הושאו הערכים האיזוטופיים של פחמן במערה בפאזות הבאות: ביופילם - 41.8% VPDB, פרוקי הרגליים הכוללים את המינים הגדולים: עקרב ישראלחנני וטיפלוקאריס איילוני - 36.3% VPDB, הביקרבונט במים - 12.2% VPDB והמתאן בגז שעבורו התקבל טווח שבין - 35.2% עד - 41.4% VPDB.

בעבר הוצע שהמערכת הביולוגית נשענת על הפחמן של הביקרבונט שבמים, ושהפער בערכים האיזוטופיים נובע מן הפרקציונציה שמתרחשת בתהליך הביוכימי של ניצול הפחמן לצורך בניית הרקמות. ההסבר שאנו מציעים בהתאם לחפיפה בין הערכים האיזוטופיים של המערכת הביולוגית והגז הוא שחיידקים מתאנוטרופיים מחמצנים את המתאן ומשתמשים בו כמקור אנרגיה וכמקור פחמן לתהליכים המטבוליים שלהם, זאת במקביל לחימצון הסולפיד שבמים שגם הוא יכול לספק אנרגיה למערכת.

בשלב זה, עד שלא תבוצע אנליזה של איזוטופים של מימן במתאן, לא ניתן לקבוע עדיין האם מקור הגז בתהליכים ביוגניים או בתהליכים תרמוגניים בתת הקרקע העמוק יותר.

האם השקיה בקולחים גורמת לזיהום מי תהום יותר\פחות\דומה להשקיה בשפירים?

קורצמן, ד. (1), קרביץ, ה. (1,2)

(1) מכון וולקני

(2) האוניברסיטה העברית, התוכנית להידרולוגיה

זמן השהיה של מים באזור הלא רווי מעל אקוויפר החוף הוא שנים – עשרות שנים (לא תחת אגני החדרה), מהירות הזרימה האופקית באקוויפר היא לרוב עשרות מטרים בשנה. לכן, אנו מניחים שאפשר לקבל הערכות סטטיסטיות משמעותיות של השפעת שימושי קרקע רלוונטיים המתמשכים עשרות שנים על איכות מי התהום מנתונים של קידוחים בסמיכות גיאוגרפית. עדות לכך שאפשר לקשר גיאוגרפית משתני קרקע לזיהום מי תהום היא הסתכלות על מפת ריכוזי החנקן בקידוחים באקוויפר החוף על רקע מפת הקרקעות, פלומות הזיהום בשרון, וברחובות-ראשון כולן מתחת לקרקעות החמרה, בהבדל ממי התהום מתחת לשטחים חקלאיים בקרקעות החרסית (Kurtzman et al., 2016).

על סמך הנחות אלה בררנו מכל הקידוחים באקוויפר החוף את אלה שראשם נמצא בשטחים מושקי שפירים או מושקי קולחים (משנת 2010 לפחות) או בקרבה של עד 500 מ' במורד הגרדינט או עד 100 מ' במעלה הגרדינט משטחים אלה, ושאינם נמצאים בגבולות יישוב. עד כאן קיבלנו תוצאות לגבי קרבמזיפין (עד 2023 כולל) וחנקה (נתוני 2001-2022). נמצא שבממוצע ריכוז הקרבמזיפין בקידוחים מושפעי קולחים גבוה מבקידוחים מושפעי שפירים (16 ו-8 ננוגרם לליטר, ממוצע בהתאמה, הבדל מובהק $P=0.03$). עם זאת, עדיין ב-60% מקידוחי הקולחים לעומת 67% מקידוחי השפירים לא נמצא קרבמזיפין מעל סף הגילוי. לכן, אופיו הסמני של קרבמזיפין כמו שהוא בשפד"ן (Gasser et al., 2010), או אפילו בבארות עירוניות מתעמעם משמעותית בשדות מושקי קולחים לעומת שדות מושקי שפירים. זאת בגלל החלחול האיטי מתחת לשדות כך שקרבמזיפין הוא סמן פחות משמר משמעותית לעומת אזור השפ"דן או דליפות בשטפים גבוהים ממערכות ביוב שבורות.

תוצאות ראשוניות מנתוני החנקה הרבים מראות שממוצע ריכוזי החנקה של כל הדגימות 2001-2022 בקידוחים מושפעי השקיה בשפירים הוא 76 מ"ג לליטר לעומת רק 58 מ"ג לליטר בממוצע בקידוחים מושפעי הקולחים. גם אם לוקחים את ממוצע הריכוזים רק של הדגימה האחרונה ההבדל נשאר מובהק עם 88 מ"ג לליטר בקידוחי השפירים לעומת 66 מ"ג לליטר בקידוחי הקולחים. בהפרדה לקידוחים גם לפי סוג הקרקע בחלקות המעובדות מעליהן רואים שההבדל נובע מההבדלים בקרקעות החמרה הקלות ולא מקידוחים בקרקעות החרסית. תוצאות לכאורה מפתיעות אלה מתיישבות עם נתונים מניסוי במכלים עם קרקע חולית המושקים בדישון חנקני נדיב (100 מג"ל חנקן במי ההשקיה), ריכוז החנקה בנקז הקולחים היה נמוך במובהק מהריכוז בנקז השפירים. המנגנון המוצע שמסביר זאת הוא, שבהשקיה בשפירים בקרקעות קלות הדניטרפיקציה של החנקה היא זניחה גם בריכוזי חנקה גבוהים. לעומת זאת ההשקיה בקולחים מעשירה את מי הנקבובים בחומר אורגני ומיקרואורגניזמים, ובהינתן ריכוזי חנקה גבוהים חיזור החנקה לחנקן גזי הוא משמעותי.

שיקום מי תהום באתר תעשיות אלקטרוכימיות עבו – 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 עבו. רום המפעל הוא כ-6-2 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, נתון 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 וסתומי 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.

זיהוי מקורות עיקריים עדיפים למזהמים חקלאיים בנחלים באגן הקישון, חקירת קנה מידה תת אגן

ריין משה, א. (1), פונס, ג. (2), גראביץ', ר. (3), הלל, נ. (4)

- (1) משרד החקלאות, תחנה לחקר שחיקת קרקע
- (2) בית הספר לאיכות הסביבה, גיאוגרפיה וגיאוגרפיה (SEGG) אוניברסיטת פורטסמות
- (3) אוניברסיטת דרום ברהמיה בצ'סקה בודייביצה, הפקולטה לדיג והגנה על ווטרי, מרכז המחקר של דרום ברהמה לחקלאות מים ומגוון ביולוגי של הידרוצנזים, וודני, צ'כיה
- (4) StreaMind, ישראל

פעילות חקלאית ידועה כאחד הגורמים העיקריים המשפיעים על זיהום נחלים. דשנים וחומרי הדברה מיושמים בשטחים חקלאיים ובהמשך מגיעים לנחלים עם הנגר העילי וקרקות שנשחפות לנחל. ריכוזים גבוהים של חומרי הדברה, המהווים זיהום שאינו נקודתי, משפיעים לרעה על האורגניזמים בסביבה הנחלית ועל כלל המערכת האקולוגית בנחל. צמצום זליגת מזהמים לנחלים הינו חלק בשיפור איכות מי הנחלים ושיקום המערכת הנחלית. זיהוי מקורות בעלי פוטנציאל גבוה לזיהום מקורות מים הכרחי בכדי לאפשר למקבלי החלטות לתעדף פעולות לצמצום התופעה. אגן הקישון כולל בתוכו שטחים חקלאיים נרחבים ונמצא כי מספר רב של חומרי הדברה מצויים במי הנחלים. בכדי לזהות מקורות מזהמים עיקריים נלקחו דגימות מים מתשעה יובלים באגן הקישון ולאורך הקישון עצמו. הדגימות נאספו באופן ידני בעת אירוע זרימה באחת עד חמש נקודות לאורך הנחל או במאגר סמוך לו. בדגימות נמצאו סה"כ 86 סוגים שונים של חומרי הדברה כאשר בכל תחנה נמצאו 43 סוגים שונים של חומרים בממוצע וממוצע סך הריכוזים 10.9 ננוגרם/ליטר. במרבית המקרים, חמשת החומרים בריכוז הגבוה ביותר אחראים ל-80% ומעלה מסך הריכוז בדגימה, כאשר בין החומרים הנפוצים ביותר נמצאים: לטיפול בשפכים סמוך לנחל הקיני. גם הריכוז הגבוה ביותר נמצא באותה דגימה ועיקרו נובע מריכוז גבוה של קוטל העשבים MCPA שיכול להעיד על זיהום נקודתי. עם זאת כמות החומרים אינה מעידה בהכרח על סך הריכוז בדגימה; בתחנת הדיגום המעלית בנחל מזרע נמצאו 42 חומרי הדברה שונים ועם זאת הריכוז הוא השני בגובהו מסך תחנות הדיגום מנובע מריכוז גבוה של Fluroxypyr. כמות החומרים הנמוכה ביותר נמצאה בנחל השופט (22) והריכוז הנמוך ביותר נמצא במאגר טיפול בשפכים ליד נחל עוז. עם זאת במורד נחל עוז עצמו נמצאו ריכוזים גבוהים של Fluroxypyr ו-Diuron. הימצאות ריכוזים גבוהים של חומרי הדברה מפוזרת במרחב ודיגום במספר נקודות לאורך יובל ובקרבתו מאפשר זיהוי של מקורות תורמים ברמה האגנית וברמת תת-האגנים ומסייע למקבלי החלטות לקבוע אזורים מועדפים להתערבות והקטנת הזיהום ממקורות חקלאיים. מידע זה חיוני לתהליכי שיקום המערכת האקולוגית הנחלית וסביבתה.

ניתוח כניסת מזהמים למערכת הנחלית באגן איילון ירקון ולמערכות הניקוז בגוש דן

שביט, י. (1), קהלני, מ. (1), בן ארצי, א. (2)

dhv (1)
Kando (2)

אגן איילון-ירקון הוא אחד מ-12 נחלי החוף של מדינת ישראל. שטח האגן הוא 1850 קמ"ר והוא האגן הצפוף ביותר באוכלוסיה ותשתיות. לשימוש הקרקע העירוני והתעשייתי השפעה על משטר הזרימה בנחלים בכמה אופנים, ביניהם עלייה בתדירות מהלכי הגאות הקטנים והבינוניים ופגיעה באיכות הנגר הזורם בערוצים. העלייה במהלכי הגאות השיטפוניים נובעת מגידול במשטחים אטימים וחצי אטימים במרחב העירוני. השינוי באיכות הנגר הזורם באגן נובע מהסעת מומסים וחלקיקים הקסוגנים לאגן הטבעי המצויים במרחב העירוני הצפוף. בנוסף קיימת במרחב העירוני הישראלי בעייה מוכרת של חיבורים צולבים בין מערכות הביוב והניקוז.

מערכות הניקוז העירונית בארץ מופנות אל המרחב הנחלי או אל חופי הים ללא טיפול קדם. חיבור צולב של ביוב אל מערכת הניקוז אינו מהווה בעייה הידראולית וגורם לזרימה קבועה של ביוב אל המרחב הנחלי ומשם אל חופי הים התיכון ומהווה סכנה תברואית וסביבתית. סכנה תברואית זו "מטופלות" בימי הקיץ על ידי תחנת שאיבת מי קיץ במוצא הניקוז המפנה את הביוב חזרה אל מערכת השפכים העירונית, אולם בחורף זרימות אלו קבועות ומתמשכות כל העונה. לעומתו חיבור צולב של מערכת ניקוז (מרמת הצמ"ג) אל מערכת הביוב אמור להפנות את הנגר העילי אל מכוני טיהור השפכים ולכאורה להפחית מעומס הנגר במרחב העירוני. ברם עקב שונות בספיקות התכן של מערכות הביוב למול הניקוז, מערכות הביוב העירוניות לא מסוגלות לשאת את ספיקות הנגר הגבוהות המופנות אליהם ואלו קורסות בעומס וגולשות אל המרחב העירוני. בנוסף, נפח השפכים המהולים בנגר המגיעים ביום גשם למטשי"ם גבוה ומביא להגלשת קולחים לכל תקופת החורף ולעתים יותר. באגן איילון-ירקון קיימים 4 מטשי"ם שכאלו.

במסגרת עבודה בת ארבע שנים הוקמו 30 תחנות דיגום ומדידה הידרומטרית באגן איילון-ירקון. מטרת העבודה היא איפיון וכימות עומס מזהמים במהלך גאות שיטפוני ובעונת הגשמים באגן איילון ירקון ומיפוי התורמים המרכזים לזיהום גוף המים הנחלי באגן.

תוצאות המחקר מראות כי במהלך עונת גשמים מוסעים אל הים דרך המערכת הנחלית מאות טונות של חנקן, יחד עם עשרות טונות של זרחן. כמו כן, מהשוואה תוצאות הדיגומים שנעשו למול תקן הזרמה אל לנחלים או לים עולה כי פחות מ-10% מהדיגומים באגן עמדו בתקנים. בתום כל עונה חושב העומס היחסי של כל אחת מתחנות הדיגום השונות המייצגות ערים, מטשי"ם ואגנים שונים במרחב, כך שכיום ידוע לנו מי הם תורמי הזיהום העיקריים בגוף המים הנחלי.

בחינת היתכנות לתעלת מובל הימים ים לים המלח

שביט, י., משה, ע., בן אשר, מ., סרואה, א., טנא, ב., י. ליבשיץ

DHV MED

הנסיגה המהירה של מפלס ים המלח, בקצב של 1.1-1.3 מ' לשנה, מיוחסת לגרעון ההידרולוגי שנתי של כ- 700 מלמ"ק. לירידת המפלס המהירה השפעות סביבתיות רבות כגון התחתרות נחלים ופגיעה בתשתיות לאורך חוף האגן הצפוני, יצירת מרחבי בולענים המהווים סכנה בטיחותית, חשיפה של מישורים בוציים על קרקעית האגם שנחשפת וכו'. חלק מהגרעון ההידרולוגי מיוחס לשאיבת מים מהאגן הצפוני לטובת מפעלים הישראליים והירדניים. נפחי גריעה של המפעלים הישראליים מוערך בכ- 160 מלמ"ש אשר גורם לירידת מפלס של כ- 0.28 מ' לשנה. תרומת המפעלים היירדניים לירידת המפלס מעורכת בכ- 0.22 מ' לשנה. ירידה של כ- 0.6 מ' לשנה מתרחשת כתוצאה משימוש במים שפירים באזור ע"י סוריה, ירדן, ישראל ורשות הפלסטינאית.

בתהליך האידי שוקעת בבריכות האגן הדרומי שכבת מלחי לוואי בעובי של כ- 0.2 מ'. שקיעת המלח בקרקעית גרמה לעליית מפלס פני המים עד כדי סכנה להצפה ולפגיעה בתשתיות. במסגרת דו"ח ועדת שישנסקי נדרש הזכיין מטעם המדינה לקצור את מלחי הלוואי ולייצב את מפלס המים באגן הדרומי. נפח מלחי הלוואי מוערך בכ- 20 מליון טון לשנה המהווים פסולת תעשייתית שכיום נערמים מדרום למפעלי ים המלח או נדחקים אל מפרץ צאלים שבאגן הצפוני. במסגרת הערכות המדינה למכרז זכ"ן חדש בשנת 2030 ובהתאם להחלטת ממשלה 3742, הוחלט לבחון מחדש אפשרות להקמת מובל הימים אשר תועלתיו האפשריות הן האטת קצב ירידת המפלס, שיתוף פעולה אזורי, התפלת מים, המסת המלח הקצור והזרמתו אל האגן הצפוני, ייצור חשמל הידרואלקטרי, ותועלות נוספות למשק הישראלי והאזורי. כאשר, בהתבסס על מחקרים של המכון הגיאולוגי הוגדר כי נפח ההזרמה המקסימלי אשר ניתן להזרמה אל ים המלח הוא עד 400 מלמ"ש מי ים.

במסגרת העבודה בחנה ארבע חלופות המוכרות מעבודות עבר:

- חלופת עמקים צפוניים: דרך מפרץ חיפה - פרוזדור עמקים יזרעאל-חרוד-בית שאן-בקעת הירדן והאגן הצפוני.
- חלופה דרומית א': אשקלון- יתיר- האגן הדרומי, תוך חציית אקוויפר ירת"ן בחלקו הפעיל.
- חלופה דרומית ב': אשקלון-רמת חובב- האגן הדרומי תוך חציית אקוויפר ירת"ן בחלקו המליח שבבסיס האקוויפר.
- חלופת הים האדום: אשר נבחנה במסגרת פרויקט Red-Dead שלא בא לכדי מימוש ונבחנה מחדש בעבודה זו בצידה הישראלי של הערבה.

חלופות ההובלה נבחנו בטכניקות סניקה ומנהור, בשילוב הקמת מתקן התפלה באגן ים המלח ושימוש ב- 400 מלמ"ש תמלחת לצורך המסת המלח הקצור. הקמת מתקן ההתפלה במזרח המדינה מאפשרת הזרמה של 670 מלמ"ש אל אגן ים המלח ובכך ממקסמת את פוטנציאל ייצור האנרגיה.

העבודה מציגה ניתוח ודירוג רב משתני של כל אחת מהחלופות השונות למול העלות והתועלות הכלכלית של הפרויקט.

צילום פלורוסנטי ועיבוד תמונה לשם כימות ואנליזת גודל חלקיקי מיקרופלסטיק במים

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

(1) מכללה אקדמית 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 הפרדת חלקיקי מיקרופלסטיק מדוגמא, 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 המתורגמים בנייתוח כחלקיק יחיד בזמן שבפועל ישנם מספר חלקיקים בסמיכות או חפיפה. שגיאה זו עשויה להוביל להערכת חסר בכמות הפלסטיק בסביבה היבשתית והפחתה בהבנת היקף הבעיה והתמודדות איתה.

מטרת עבודה זו היא לפתח 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. תחילה החלקיקים מסומנים בדיו אדום מסוג Nile Red, מדוללים עשורנית ומפוזרים על פילטר זכוכית. הפילטר מצולם גם באמצעות מצלמה ידנית (DSLR) וגם באמצעות סטראומיקרוסקופ. התמונות המתקבלות מנותחות ע"י תוכנת ImageJ תוך שימוש או בקוד MP-VAT או ע"י סף ידני (Threshold). בנוסף, התמונות המתקבלות מהסטראומיקרוסקופ נספרות באופן ידני ומשמשות לתיקוף התמונות המעובדות.

ניתוח התמונות שנלקחו במצלמה הראה כי הפעלת הקוד MP-VAT הביאה לספירה של 50% מהמספר של החלקיקים שנספרו ידנית ("המספר האמיתי") בסטראומיקרוסקופ. לעומת זאת, שימוש בסף הידני, הביא לספירת 41% מהמספר האמיתי. צילום בסטראומיקרוסקופ הביא לשיפור משמעותי בזיהוי התוכנה את המספר האמיתי: שימוש בקוד החזיר כ 90% מהמספר האמיתי ושימוש בערך סף החזיר 75%. על אף שהמצלמה מאפשרת צילום מהיר של הפילטר השלם, השימוש בה נתון לשגיאה גדולה ולכן נדרש המשך שיפור הזיהוי והכימות.

בהמשך המחקר יושלם תיקוף מקיף הכולל השוואה של מספר מיקרופלסטיק ודיו שונים לזיהוי סוגי פלסטיק שונים. נוכל להשתמש בקוד להבנת האינטרקציות וכימות של תנועת מיקרופלסטיק בתווך-נקבובי בניסויי זרימה בתוך הקולונה. המחקר יתרום לפיתוח אמצעים לאפיון גודל החלקיקים והבנת ההתנהגות של מיקרופלסטיק בסביבה היבשתית ובנוסף להערכת כמותו בצורה מדויקת.

השפעת פעילות אדם על איכות המים בנחל באגן חקלאיי - נחל נהלל כנחל מודל

שטול-טראורנינג, א. (1), ברנשטיין, נ. (1), אגוזי, ר. (2) בן-יונה, מ. (2)

(1) מכון וולקני

(2) התחנה לחקר הסחף

פעילות חקלאית אינטנסיבית מייצרת מזון כוללת גם איחוז מקורות המים, הסדרת אפיקים מפותלים וניתוק פשטי הצפה. פעולות אלה מובילות להגרעה של איכות המים בנחלי ישראל. בשנים האחרונות אנו עדים לפעילות מוגברת בתחום שיקום הנחלים, אולם זו ממוקדת בעיקר בשיפור מורכבות מבנית של האפיק, שיקום צמחייה, פיתוח נופי וטיילות, ולא על בהשבת התפקודים האקולוגיים של המערכת הנחלית. שיקום נחלים מבוסס ידע מחייב וסגירת פערים בהבנתנו את ההשפעות האנתרופוגניות על איכות המים בנחלים. מטרת מחקר זה היא לבחון דינמיות של פרמטרים של איכות מים בנחל אלוביאל באגן חקלאי בזיקה ל-1 מעלה מול מורד הנחל; (2) זרימת בסיס מול זרימות מי גשמים; (3) פתיחת או סגירת מחסום הידראולי (סכר). נחל נהלל, יובל של נחל קישון במערב עמק יזרעאל, שימש כנחל מודל למחקר ונדגם לאורך שנתיים בתדירות של פעמיים-פעם בחודש ב-13 נקודות לאורכו (מתוכם 2 בקישון לפני ואחרי שפך הנהלל). דגימות המים נבדקו למספר רב של פרמטרים כימיים לרבות מליחות, חומרי הזנה, ומתכות כבדות והשווה לסטנדרטים של איכות מים בנחלים. תוצאות המחקר הראו, שבניגוד למצופה, שבנביעות זרימות הבסיס במעלה הנחל נרשמו ריכוזי ניטראטים וזרחן גבוהים בממורד, יתכן כתוצאה מהשקיה רבת שנים בקולחים באיכות ירודה. סברה אחת לשיפור באיכות המים - ירידה של עד כ-30% בריכוזי ניטראט וזרחן לאורך קצת מעל 2 ק"מ - היא ביורמידיציה, קליטת חומרי הדישון במי הנחל על ידי צמחיית האפיק והגדות. התוצאות מלמדות בחשיבות השקעת מאמצים לשיפור איכות מי הבסיס (מי התהום), שאינה פחותה ממניעת כניסת תשטיפים ומזהמים לנחל. בהשוואת ימים גשומים ליבשים, נרשמה ירידה בריכוז הניטראט כתוצאה ממיהול על ידי מי הנגר. עם זאת, על אף הספיקה הגבוהה, ריכוזי הזרחן בימי גשם גדלו, כנראה כתוצאה מהסעת זרחן מהקרע בשדות החקלאיים הסמוכים. תוצאות אלו מעידות על חשיבות אימוץ ממשקי עיבוד משמרי קרקע ורצועות חיץ צמחיות למניעת איבוד חומרי דישון מהשדות לנחל. התוצאות מנקודות הדיגום בסכר על נחל נהלל וסמוך לו מלמדות על שיפור בריכוזי החנקן והזרחן בימים בהם היה פתוח ועל חשיבות יישום ממשקי ניהול ופתרונות הנדסיים למאגרי מים שאינם תופסים את כל זרימות הבסיס ומאפשרים זרימה חופשית ורציפה בנחל.

דינמיקת מי התהום הרדודים בכנרת בזמן שינויי מפלס

שטיין, ש. (1), בארי שליון, י. (1), לוי, א. (2), זילברמן, ת. (2), שרעבי, ג. (2)

(1) חקר ימים ואגמים לישראל

(2) המכון הגיאולוגי

מליחות הכנרת ומצבה האקולוגי הם בעלי חשיבות עליונה למשק המים ולהסכמי השלום האזוריים שכן הכנרת מספקת מים לשתייה, חקלאות, ולממלכת ירדן. חלק ממקורות המלח לכנרת ידועים ומנוטרים וחלקם אף מוטים אל תעלת המוביל המלוח למען גריעת מלח מהכנרת ושמירה על ריכוז מלחים בטווח הרצוי. במאזני המאסה של המלח בכנרת ישנו פער של כ-45,000 טון כלוריד בשנה אשר לא ידוע מה מקורו. ישנה חשיבות עליונה להבין היכן נמצאים אזורי ההמלחה העיקריים כאשר ידיעה זו יכולה להביא לפעולות גריעה נוספות של מלח מהכנרת. סביר להניח ששטף התמלחת אל הכנרת לא מתבצע רק דרך מעיינות מלוחים השופעים בקרקעית האגם, אלא גם ע"י שטף איטי יחסית וקבוע דרך הסדימנט לאורך כל חופי האגם. על מנת לנסות ולאפיין את שטף המים והמומסים דרך הסדימנט אל האגם, נחפרו 4 בורות ניטור רדודים לחופי המעבדה לחקר הכנרת אשר מנטרים באופן רציף מפלס, מוליכות חשמלית וטמפרטורה. בנוסף, מבוצע ניטור פעם בשבועיים של מי התהום מהבורות לפרמטרים כימיים שונים. ניטור זה נועד לנסות לחשב את שטף המים והמומסים אל האגם דרך הקרקעית בחופי הכנרת. התוצאות מראות שהמליחות של מי התהום ($2-4.5 \text{ mS/cm}$) גבוהה יותר ממליחות הכנרת ($1.2 \sim \text{mS/cm}$) והיא עולה ככל שמפלס הכנרת עולה בכל בורות הניטור. בהסתכלות על נתונים הידרולוגים אזוריים של קידוח כנרת 8 ומעיין הברבוטים, נראה שככל שהעומד בקידוח כנרת 8 עולה כך גם המליחות במעיין הברבוטים ובחופי הכנרת. מכאן, שהכוח המניע העיקרי של המלחת האקוויפר מתחת הכנרת הוא הגרדיאנט ההידראולי האיזורי ולא מפלס הכנרת. על ידי ניטור רציף של מפלס הכנרת והעומד ההידראולי בבורות (בתדירות של 15 דקות), חושב הגרדיאנט ההידראולי האנכי. וכך, יחד עם נתונים של המוליכות ההידראולית ונקבוביות האקוויפר ניתן היה לחשב את שטף דארסי ואת מהירות הפעפוע של מי התהום אל תוך הכנרת באזור הבורות. כאשר ממירים את נתוני המוליכות החשמלית לערכים של כלוריד (עקב היחס הליניארי שלהם) ומכפילים בסדרת הזמן של מהירות הפעפוע, מקבלים את עומס הכלוריד היומי באזור בורות הניטור. בשיטה זו ניתן להשתמש בעוד מקומות מסביב לאגם על מנת לאתר את אזורי שפיעת המלח העיקריים.

ניידות של תרכובות פר- ופלואורואלקיליות (PFAS) בקרקע וקביעת ערכי מטרה להגנה על משאבי מי תהום

שטרמר, י. (1), למפרט, מ. (1), עבדת, ח. (2)

(1) אקולוג הנדסה בע"מ

(2) המשרד להגנת הסביבה, אגף שפכי תעשייה וקרקעות מזהמות

המצאות של תרכובות פר- ופלואורואלקיליות (PFAS) במי תהום בקידוחי הפקה וניטור באקוויפרים שונים ברחבי הארץ דרש מחקרים מקיפים על הניידות והעמידות של המזהם בסביבה. מזהמים אלו מתפזרים בסביבה ומהווים סיכון ישיר לבריאות האדם כאשר הם נכנסים למערכת אספקת מי השתייה. חקירה וטיפול במזהם מאתגרים מאוד בגלל הניידות הגבוהה מאוד שלו בקרקע ומכיוון שהמזהם יציב מאוד מבחינה כימית וביולוגית. גם מגבלות של ספי רגישות וגילוי במעבדה אנליטיות מהוות אתגרים לא מבוטלים. חברת אקולוג הנדסה בשיתוף האגף לקרקעות מזהמות ושפכי תעשייה במשרד להגנת הסביבה, חוקרים את היקף זיהום הקרקע בתרכובות מסוג זה ואת ההשפעה על משאבי מי התהום. העבודה כללה חישוב ערכי מטרה של ריכוזים בקרקע להגנה על משאבי מי התהום וחיפית בני אדם ליותר מ-30 תרכובות שונות של PFAS באמצעות מודל חישובי להערכת סיכונים (Israel Risk Based Corrective Action) IRBCA. עבודה זו תדון בפרמטרים של הקרקע והכימיה של המזהם המשפיעים על ניידות המזהם בסביבה, ובשיטה בה השתמשו לחישוב ערכי המטרה.

Navigating the Competition for Water: The Potential of Technology and Innovation in Sustainable Agricultural Water Resource Management

Abir, S., Shamir, A. Gabbay, A.

(3) Marvin Blue Inc.

Rising droughts and extreme weather events, worsened by climate change, highlight the urgent need for efficient water management. Despite agriculture being the largest consumer of freshwater, conservation has not been a focal point, with many farmers not viewing water-saving measures as a pressing concern. However, there has been a noticeable shift in sentiment as corporate sustainability gains traction and policymakers become more proactive.

Industries such as Forestry, Pulp and Paper, Agriculture, and Mining, experience rapid changes in the regulatory landscape, with water resource management emerging as a pivotal concern. Mandates for water disclosure put pressure on companies to accurately measure, manage, and report their water usage and environmental impact.

The expansion of irrigated crops has been halted in areas lacking actionable data, aiming to mitigate the risk of water resources overexploitation. Nonetheless, to meet the ever increasing demand for agriculture and ensure global food security, urgent action is required to develop programs for sustainable water use. These challenges call for the integration of innovative technologies leveraging earth observation, enabling data-driven decision-making from farm to watershed scale. This includes optimizing water resources, enhancing crop resilience and water use efficiency, and contributing to the overall economic viability of the agricultural sector. Continued advancements should unlock quantitative assessments of water use and water availability in agricultural landscapes, utilizing high-resolution and globally-applicable methods with enhanced validation techniques.

Hydrogeological modelling of the poorly gauged Hermon Jurassic aquifer

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

(4) The Hebrew University of Jerusalem

(5) Israel Oceanographic and Limnological Research

The Hermon Jurassic Aquifer (HJA), is the largest water resource in northern Israel, supplying annually about 700 MCM to the Jordan River tributaries, the Damascus basin, and to minor springs in Lebanon. The absence of rain gauges and monitoring wells, and the low-resolution data from Lebanon and Syria, makes the evaluation of the aquifer's water balance and fluxes a significant challenge. Despite the data scarcity, our group has focused on studying the aquifer via hydrogeological analysis and numerical modelling, using several simplifying assumptions. The geological structure, as well as preliminary steady-state simulation (MODFLOW-NWT) results of the water table and flow-paths, have been previously presented. Here we present further insights on the HJA focusing on transient model simulations, and analysis of the different hydrochemistry characteristics of the main springs. Due to the lack of precipitation data, a recharge trend time series was constructed based on rain stations data from northern Israel, and this served as an input to the transient model. The model shows a satisfactory match of the observed-simulated discharge hydrographs for the Dan (NSE=0.43) and Banias (NSE=0.86), whereas for the Awaj basin springs (Syria), the fit is lower (NSE=-0.25). Except from a limited evaluation of dry years (recharge<75%) of the Dan and wet years (recharge>125%) of the Awaj, the simulated hydrographs follow the observed seasonal and yearly trends, including extreme climate years. The results reveal different time lags between precipitation and recharge to the saturated zone of each main spring storage. The recharge towards the Dan is slower by a month compared to the Banias, which supports different recharge mechanisms as we have shown previously. In addition, the seasonal fluctuations of the water table were found by the model to range between 100-150 m on average years, and up to 300 m on extreme years. The latter values correspond with the existence of the wetlands located at high altitudes (ca. 1150 m asl) at the western part of the aquifer (Lebanon), where the simulated water levels are high and flat. Altogether, our results corroborate the division of the HJA into several sections with different storage, flow paths, and resulting temporal spring discharge behavior, and reveal a novel approach to investigate poorly gauged aquifers.

Mixing-induced reactive transport experiments in heterogeneous and variably saturated porous media

Borgman, O. (1,2), Gomez, F. (2), Le Borgne, T. (2), Méheust, Y. (2)

(1) MIGAL Galilee Research Institute and Tel Hai College, Israel

(2) Géosciences Rennes, Univ. Rennes, France

Mixing-induced reactions are an essential feature of environmental flow and transport processes. Natural porous media are characterized by a strong structural heterogeneity, which impacts solute mixing and, therefore, the resulting chemical reaction rates. Establishing a quantitative link between pore-scale heterogeneity and mixing and reaction rates remains an open question. We use high-resolution experiments to quantify the overall reaction rates and product concentrations during reactive solute transport experiments. Two-dimensional porous media with circular posts in a Hele-Shaw-type flow cell are used, where we control heterogeneity by varying the post diameters' disorder and correlation length. We inject a non-fluorescent tracer pulse, which undergoes an irreversible reaction to produce fluorescence under saturated and unsaturated flow conditions. We analyze fluorescence intensity images to track the solute concentration field dynamics and calculate reaction rates. We find that increasing the spatial correlation length reduces reaction rates for saturated and unsaturated flow conditions alike. This is likely a result of more limited pore-scale velocity variation for the saturated case and reduced stretching of the reaction interface for the unsaturated case. These results can be explained in part using the reactive lamella mixing theory framework.

Chronicle of a disaster foretold: The Storm Daniel dam-breaching flood at Derna, Libya

Dente. E (1), Armon, M. (2), Shmilovitz, Y. (3)

- (1) School of Environmental Sciences, University of Haifa, Israel
- (2) Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, Switzerland
- (3) Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado Boulder, Boulder, CO, USA

Storm Daniel, the deadliest recorded Mediterranean tropical-like (medicane) storm, led to severe floods in large parts of the eastern-central Mediterranean, including Greece and northern Libya. Extreme rainfall, reaching more than 400 mm day⁻¹, triggered a flash flood in Wadi Derna (Libya)— an ephemeral river with a drainage area of 575 km² that crosses the city of Derna at its outlet to the Mediterranean Sea. In the 1970's, dams were built in Wadi Derna basin to mitigate flood risks. However, during Storm Daniel, at least two dams were breached by a flash flood that inundated much of the city of Derna and resulted in over 5,000 casualties, thousands of missing persons, and tens of thousands of displaced people. The devastating event was the focus of media coverage for a long time, but many questions with implications for other dammed Mediterranean regions are still open. Here, we focus on three main research questions: (a) How unique and extreme were the storm and meteorological conditions of Storm Daniel? (b) How extreme was the flood? And (c) What could have been the flood outcome if dams hadn't been built upstream in the first place?

To analyze the characteristics of Storm Daniel over Wadi Derna, the catchment's hydrological response, and the impact of the flood on the city of Derna, we integrate various datasets and models. Satellite-based precipitation estimations (IMERG) were used to quantify spatiotemporal storm properties and the catchment-scale rainfall, which were fed into the KINEROS2-RHEM hydrological model to quantify surface runoff. The modeled flood hydrograph is then fed into a 2D hydraulic model (HEC-RAS) to test three end-member scenarios: (a) dam filling, overflow, and collapse, (b) dam overflow but no collapse, and (c) no dams exist in the wadi. This combination of methods reveals that the peak discharge during the flood was ~1,400 m³ s⁻¹, falling below the expected maximum extreme flood for this region. Based on the total discharge volume, we estimated the return period of the flood as 33-50 years. In the dam-collapse scenario, the populated flooded area is 40% larger and ten-fold more destructive than the no-dam scenario. Given the high variability of precipitation in the Mediterranean and the projected increase in extreme precipitation intensity under climate change, the Wadi Derna flood should serve as a warning sign for other populated areas downstream of dams in similar environments.

Climate change impact on extreme precipitation frequency and intensity in the Middle East and North Africa region

Goldschmidt, Y. (1), Morin, E. (1), Marra, F. (2).

(6) Institute of Earth Sciences ,Hebrew University of Jerusalem, Israel

(7) Department of Geosciences, University of Padua, Padua, Italy

Extreme precipitation events are climatic hazard phenomena that can result in floods, flash floods, and landslides, posing significant threats for potential damage to society and the environment. In this study, we examine the effect of climate change on the frequency and intensity of extreme precipitation events in the Middle East and North Africa (MENA) region. Our analysis focuses on daily precipitation simulations in spatial resolution of about 50 km, provided by regional and global climate models. We compare the relative change in extreme precipitation return levels between historical simulations and the "business as usual" greenhouse gas emissions scenarios - RCP8.5 and SSP5-8.5 simulations, for the mid-21st century. The trend detection of extreme precipitation events is challenging due to their high variability in time and space. Therefore, in this study, we apply an advanced extreme precipitation frequency analysis method, the Simplified Meta-statistical Extreme Value (SMEV) methodology. Recent studies have shown that the SMEV can reduce stochastic uncertainty compared to traditional extreme precipitation frequency analysis methods. We first present a comparison between the performance of the innovative SMEV method and the performance of the traditional method. Then, we present the expected change trends in the extreme precipitation events over the MENA region.

Deciphering Sub-Seasonal Precipitation Variability in the Middle East via Tropical Sea Surface Temperature

Hochman, A., Shachar, N., Gildor, H.

Fredy and Nadine Herrmann Institute of Earth Sciences, Hebrew University of Jerusalem

The presentation will delve into the intricacies of sub-seasonal precipitation variability in the Middle East, which are essential yet challenging to predict. Focusing on October, we examine the relationships between the Indian Ocean sea surface temperature anomalies and precipitation in the Middle East. Our analysis reveals strong correlations with up to a two-month lag, indicating significant connections between Indian Ocean sea surface temperature and rainfall patterns. This suggests the potential predictability of sub-seasonal precipitation. As tropical sea surface temperatures have warmed in the last four decades, their influence on precipitation dynamics is amplified. This trend signifies evolving tropical climate patterns with considerable regional consequences, expected to continue into the twenty-first century. Our study attributes most of October's precipitation variability to variations in Indian Ocean sea surface temperatures, which affect the Walker circulation and, consequently, the water vapor flux to the Middle East. These findings highlight the importance of tropical sea surface temperatures for understanding and predicting Middle Eastern climate variability, revealing complex ocean-atmosphere interactions crucial for regional climate forecasting.

Reference:

Hochman, A., Shachar, N. & Gildor, H. 2024. Unraveling sub-seasonal precipitation variability in the Middle East via Indian Ocean sea surface temperature. *Scientific Reports* 14: 2919.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-53677-x>

PFAS transport in the unsaturated zone - Insights from lab-scale to field-scale

Kolade, S. (1), Das, P. (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 poly-fluoroalkyl substances (PFAS) are persistent anthropogenic chemicals that have been detected at many groundwater sources. PFAS release to the environment is mainly attributed to discharge from various sources, such as, industries, firefighting sites, landfills, and wastewater treatment facilities. Here, we explore the controlling factors influencing the downward migration of PFAS across the unsaturated zone at different scales, from controlled column experiments to field monitoring setups at contaminated sites. At the field, vadose zone monitoring systems which enabled frequent collection of the sediment pore-water and continuous measurement of variation in sediment moisture were used for tracking PFAS transport.

At the lab, a combination of four PFAS compounds, representing different carbon chain lengths 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 were monitored through the breakthrough characteristics at multiple depths. It has been shown that short-chain PFAS (PFHxA, PFPeA) exhibit very high mobility, while long-chain compounds (PFOS, PFOA) exhibit notable retardation and very low mobility.

At the field, two stations were installed at unlined landfills (Trelleborg, Sweden and Rishon Letzion, Israel), and a third station at a fire-fighting training facility (Korsor, Denmark). At the Trelleborg landfill, which was used for industrial waste and firefighting training, both short and long-chained PFAS compounds were found in high concentration throughout the entire waste profile. On the other hand, at Rishon Letzion, which is used only for domestic waste, high concentrations of long-chain PFAS were found in the waste profile, while mostly short-chain PFAS were found in the underlying sandy formation. At the firefighting training site, Korsor, high concentrations of both short and long-chain PFAS were found across the entire profile from the land surface to the water table.

Exploring groundwater recharge patterns under various agricultural land uses in Malta using a nationwide vadose zone network

Laudi, L. (1), Dahan, O. (1), Sapiano, M. (2), Schembri, M. (2), Turkeltaub, T. (1)

(8) Zuckerberg Institute for Water Research (ZIWR), J. Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sde Boqer Campus, Midreshet Ben-Gurion, Israel

(9) Energy and Water Agency, Triq il-Mithna, Qormi, Malta

Malta, a semi-arid island in the centre of the Mediterranean, is among the European countries facing the most significant stress on its natural freshwater resources, a carbonate groundwater system. The island (~315 km²) has an intensive agricultural sector which is one of the most important users of Malta's groundwater resources with variable groundwater pollution potential. To improve agriculture and groundwater sustainability and management, a nationwide network of sixteen vadose zone monitoring stations (VMS) was established in various sites representing Malta's agricultural land uses. The VMS network enables for the first time a nationwide scale investigation of the impact of land use on the quality and quantity of groundwater recharge. Continuous long-term extensive data on the impact of different climatic and land use factors on hydraulic and chemical properties of the unsaturated zone enables assessment of water fluxes and contaminant transport from the unsaturated zone to groundwater. This extensive unsaturated zone dataset will be processed with statistical approaches (multiple linear regression, artificial neural networks, random forests, and support vector machines) and physical-based models (HYDRUS-1D/2D), utilized simultaneously on all VMS stations. The outcomes of these approaches will be compared and validated against each other to determine the dominant mechanisms affecting water flux and contaminant transport in the unsaturated zone of Malta. Preliminary results show that the intensity of rainfall events and the type of fertilizer application regime are two important factors that influence the quantity and quality of water storage in the unsaturated zone, and groundwater recharge. Simultaneous analysis of large hydrological and chemical datasets from the unsaturated zone enables a quantitative assessment of agricultural land use impact on the quantity and quality of groundwater recharge.

The effects of streambed movement and particle size on microplastic deposition

Levy Sturm, V., Arnon, S.

Ben-Gurion University of the Negev, Zuckerberg Institute for Water Research

Microplastic (MP) is ubiquitously found in aquatic environments and poses a significant environmental challenge. However, what controls MP deposition and burial in river networks is unclear, especially when sediments are in motion. This study addresses this gap by examining the impact of streambed motion and particle size on microplastic deposition in sandy streambeds. Experiments were conducted in a stainless-steel flume (650 cm x 20 cm) filled with 25 cm of silica sand ($D_{50} = 0.6$ mm) and water (depth = 12 cm). A centrifugal pump circulated the water and maintained a stream water velocity of 0.53 m/s. Polypropylene (PP) fibers at lengths of 25 μm , 100 μm , 200 μm , and 2000 μm , and carboxylated Polystyrene (PS) microspheres (diameter of 0.5 μm , 1 μm , and 5 μm) were added to the stream water and their concentration in the water was measured over three days. The deposition of the MP was inferred from the decline of MP in the streamwater. A control experiment was conducted by repeating the same experiments but without sediments. The flow in the flume generated ripples, which move at a speed of approximately 4 m/h. Bed motion dominated the exchange flux of streamwater and particles with the sediments. MP concentrations declined rapidly in the first two hours after the addition due to the exchange that led to a mixing of streamwater with particle-free pore water. After the relatively fast initial decline in MP, further reduction in MP concentrations in the water occurred due to deposition. Different deposition dynamics were observed for fibers and microspheres. Buried MP particles were partly resuspended during the scouring of the ripples during their movement. It was found that PP fibers 25 μm and 0.5 μm spheres were more mobile in the sediment than longer fibers and larger spheres, respectively. We explain their higher deposition than larger particles by a potential advective movement through the porous media, leading to their transport below the scour zone. PP fibers ≥ 100 μm were immobile within the sediment, and thus, their deposition was only due to burial by the ripple motion. Our results highlight the significant influence of moving sediments on MP and the importance of considering MP size for catchment-scale modeling to predict MP fluxes to oceans. Deposition locations are also likely to be affected by bed motions and thus should be considered when developing effective sampling strategies.

Dynamic Release of Solutes from Roof Bitumen Sheets Used for Rainwater Harvesting

Nachshon, U. (1), Ben-Hur, M. (1), Kurtzman, D. (1), Katzir, R. (1), Netzer, L. (1,2,3),
Gusser, G. (3) and Livshitz, Y. (3)

Institute for Soil, Water and Environmental Sciences, Volcani Center (10)

Department of Geography and Environmental Development, Ben Gurion University of the Negev (11)

(12) Israeli Hydrological Service, Israeli Water Authority

Bitumen waterproof sheets are widely used to seal building roofs. Previous works have focused on the mechanical-physical properties of bitumen sheets, as well as their aging and degradation processes, and their impact on sealing properties of the buildings. Due to a growing need over recent years to use rooftops in urban environments for rainwater harvesting purposes, it is highly important to better characterize the quality of the harvested water from the bitumen covered roofs, and to shed more light on the impact of bitumen degradation processes on the release of various components to the harvested roof water. In the present study, the extracted organic and inorganic solutes from bitumen-covered roofs by water flow on the bitumen sheets were examined through a series of experiments, including measurements from the roofs of buildings in the center of Israel during the winter of 2019–2020. The results indicated high levels of organic and inorganic solute loads in the roof water during the first flush of the first rain of the winter, with maximal electric conductivity readings at the order of 4 dS/m. However, it was shown that following the first flush, a ~20 mm of cumulative rainfall was sufficient to wash off all the summers' accumulated solutes from the roof. After this solute flushing of the roof, harvested rainwater along the winter was of good quality, with electric conductivity readings in the range of 0.04–0.85 dS/m. Moreover, it was shown that bitumen sheets which were exposed to direct sun radiation emitted greater loads of solutes, likely a result of elevated aging and degradation processes. The findings of the present research point to the need to find efficient ways to isolate roof bitumen sheets from direct sun radiation and to design rainwater harvesting systems that will not collect the water drained from the first flush.

Effect of shale composition on the mobilization of particulate iron sulfide during water-rock interaction

Raynes, D., Zhang, H., Emmanuel, S.

The Hebrew University of Jerusalem

The interaction between shale and water in the environment can lead to the mobilization of micrometer-sized iron sulfide (pyrite) grains. Because these grains often contain high concentrations of toxic elements, including arsenic, this process can pose a significant hazard. While previous studies have suggested that calcite dissolution plays a major role in iron sulfide mobilization, the relationship between rock composition and the release of particulate matter is unclear. Here, I performed laboratory experiments that simulated water-rock interaction in the subsurface on 5 different shale formations: Eagle Ford, Marcellus, Mancos, and Barnett from the USA, and Ein Zeitim from Israel. I used high resolution imaging to evaluate the impact of a reactive fluid on the shale surface, and used image analysis software to determine the rate of iron sulfide grain mobilization. Comparison of the shale surfaces before and after the experiments showed that the dissolution of calcite cement had a major impact on sulfide mobilization: grains that were primarily surrounded by calcite cement were up to 85 times more likely to be mobilized than grains embedded in the shale matrix, which comprises a complex mixture of submicrometer-scale phases, including phyllosilicates, organics, and carbonates. By contrast, iron sulfide embedded in organic matter typically remained cemented in place. This suggests that while calcite dissolution is a crucial phase in facilitating iron sulfide detachment in shales, organic matter might act as an adhesive that suppresses particulate mobilization. However, the adhesive effect of organic matter is only likely to be of secondary importance. Overall, my results indicate that during hydraulic fracturing operations, which involve the injection of fluid into shales in the subsurface, formations with high levels of carbonate cement are more likely to release particulate iron sulfide, thereby reducing the quality of flowback water and potentially increasing treatment costs.

Groundwater flow modeling in two-story perched aquifers feeding dozens of springs

Shalom O. (1), Livshitz Y. (2) Lev O. (3), Gvirtzman H. (1)

(1) The Fredy and Nadine Herrmann Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem

(2) Israel Hydrological Service, Israel Water Authority

(3) Casali Center of Applied Chemistry, Hebrew University of Jerusalem

A mountain ridge in southwest Jerusalem, Israel, is surrounded by two-story springs that emerge from two perched aquifers, one above the other, within a thick unsaturated zone. Despite the shortage of data, based on rational assumptions, we were able to introduce a 3D hydrogeological process-based numerical flow model (FEFLOW) that quantitatively describes the rainwater infiltration, the flow of groundwater in both perched aquifers and through the in-between unsaturated zones, the transient spring's discharges (5% and 2% of the total water that seeps from the land surface and emerges in the upper and lower level springs, respectively), and the enrichment of the deep regional aquifer (93% of the total water that percolates from the land surface). The model, which considers the complex geological structure, including folds, faults, stratification, and karst, was calibrated using rainfall records, and a few measured spring hydrographs. This study demonstrates how the flow field in the large-scale vadose zone can be approximated and modeled, even though such a system is usually an ungauged hydrologic one. It illustrates the perched aquifers' heterogeneity and discontinuity (the saturated zones extend, in practice, only on 30% and 15% of the total potential area of the upper and lower aquitards, respectively) and defines each perched spring's feeding zone. Furthermore, this model enabled the quantification of the two enrichment processes of the deep aquifer through fractures (30%) and leaking aquitards (70%).