



צלילה הידרולוגית אל לב מכתש רמון זרימה שיטפונית, מי תהום ותהליכי שיקום במכתש

סיור במסגרת כנס האגודה הישראלית למשאבי מים

מדרשת בן גוריון, יוני 2026

אריק צוריאלי¹, אבשלום באב"ד², לאו וולין¹, רט"ג³, דודיק אברהם⁴

- 1 השרות ההידרולוגי, רשות המים
- 2 DHVMED
- 3 רשות הטבע והגנים
- 4 אוניברסיטת בן-גוריון בנגב



האגם בפארק צבעי רמון (אינטרנט)

מבוא

מכתש רמון הוא תוצר של תהליכי בליה וסחיפה ומאפשר הצצה נדירה אל מעמקי האדמה באמצעות חשיפתן של יחידות גיאולוגיות חבויות ועתיקות מהקרטיקון, היורא והטריאס המשויכות לעידן המזוזואיקון. מחשופים עתיקים אלו מהווים חלון למי תהום ו"מעבדה חיה" לאקוויפרים עמוקים ורדודים גם יחד. מקורם של מי תהום אלו הינם מזרימות שיטפוניות, גשם ישיר על מחשופים ומים פוסיליים של האקוויפרים העמוקים. זרימות שיטפוניות מתרחשות בנחלים המנקזים את המכתש כדוגמת נחלי רמון וגוונים בהם נבקר במהלך הסיור.

במסגרת הסיור נעבור במספר תחנות חבויות בלב מכתש רמון הנוגעות לזרימות שיטפוניות, גופי מי התהום השונים והקשר ביניהם. כמו כן, נלמד על תהליכי השיקום המורכבים שהחזירו חיים למחצבות העבר.

הסיור יעבור בתחנות הבאות (תרשים 1):

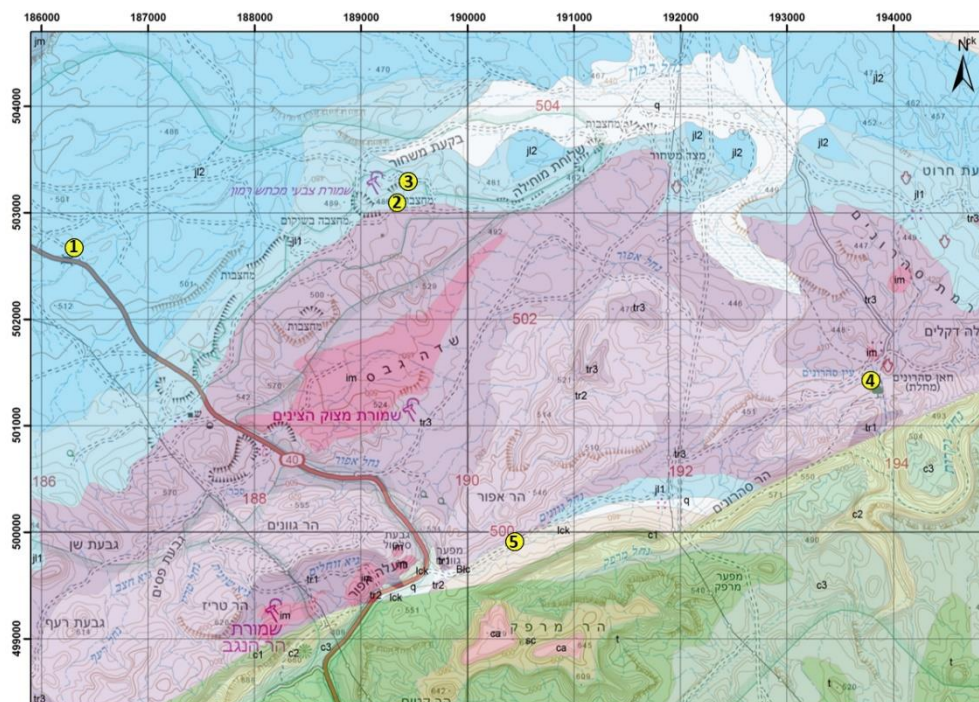
תחנה מספר 1א-1ב: תחנה הידרומטרית נחל רמון - היכרות עם אגן נחל רמון והמדידות ההידרולוגיות השונות (נ.צ. 186295/502630).

תחנה מספר 2: פארק לאומי צבעי רמון - שיקום מחצבת רמון הישנה (נ.צ. 189340/503085).

תחנה מספר 3: האגם הנעלם בפארק צבעי רמון - חלון הידרוגיאולוגי למים בשכבות היורא-טריאס במחצבת החרסית (נ.צ. 189420/503290).

תחנה מספר 4: עין סהרונים - מעיין בלב מכתש רמון (נ.צ. 193785/501425).

תחנה מספר 5: נחל גוונים - הקשר בין משטר המים האגני לצומח בנחל (נ.צ. 190435/499910).

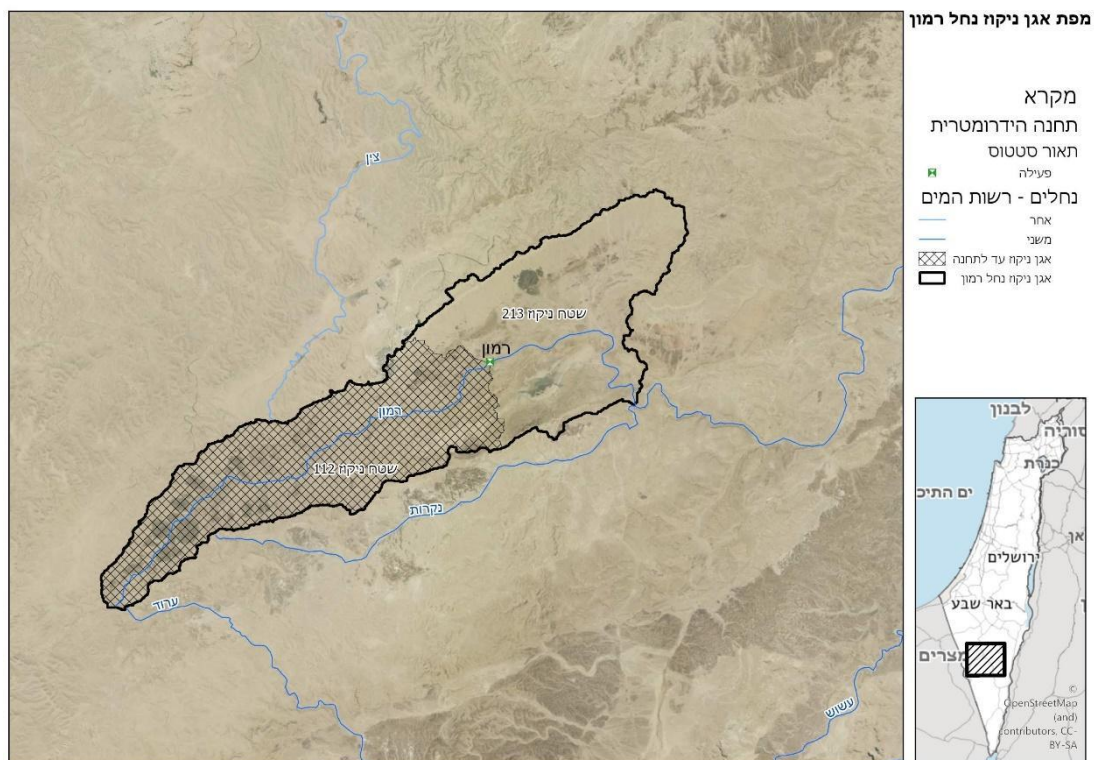


תרשים 1: מפת מיקום תחנות הסיור על רקע מפה טופוגרפית וגיאולוגית.

תחנה מספר 1א: תחנה הידרומטרית נחל רמון - היכרות עם אגן נחל רמון והתחנה ההידרומטרית של השרות ההידרולוגי (לאו וולין).

אגן נחל רמון (ואדי ראמאן) משתרע על שטח של כ- 213 קמ"ר ומיקום התחנה ההידרומטרית במרכזו מנטר שטח ניקוז של כ- 112 קמ"ר. רוב שטחו של מכתש רמון נכלל באגן הניקוז של נחל רמון.

אורך הערוץ המרכזי מתחילתו ועד מיקום התחנה (הנמצאת במורד חציית גשר כביש 40) כ- 28 ק"מ ואורכו הכללי של הנחל עד המפגש עם נחל נקרות (מחוץ למכתש רמון) כ- 42 ק"מ.



תרשים 2: מיקום אגן נחל רמון ומיקום התחנה ההידרומטרית.

התחנה ההידרומטרית הוקמה בשנת 1982 בשיתוף המכון לחקר המדבר במדרשת בן גוריון ומופעלת על ידי השרות ההידרולוגי של רשות המים ומאז היא מודדת רצוף עד היום כבר כ- 44 שנה.

לאורך עשרות שנים מתבסס איסוף נתוני הזרימות בנחלים על תיעוד רום המים בחתך. את מהירות המים בחתך במהלך הגיאויית מחשבים לרוב בעזרת נוסחאות ומקדמים, כך שמכפלת שטח החתך הזורם בערכי מהירות זרימת המים מספקים את ספיקת המים. מבין שני המשתנים (שטח - מהירות) אנחנו לרוב מתייחסים לשטח כידוע, זאת מתוך מדידות פיזיות באפיק הנחל לפני ואחרי ולפעמים במהלך הזרימות. משתנה המהירות הוא המשתנה ה"בעייתי" שאינו ידוע ולכן צריך להעריכו או לחשבו מתוך נוסחאות ומקדמים. מבחינות רבות

מדידת מהירות הזרימה מאתגרת לא מעט את המחקר וישנם ניסיונות רבים להתמודד עם הנושא בשיטות שונות כגון מבנים הנדסיים או שימוש בעיקרון הדופלר או מצלמות.

אולם, גם משתנה "שטח החתך" הינו תחום מאתגר. כאמור, חישוב השטח מתבסס על מדידות פיזיות בשטח של חתכי רוחב האפיק. חישוב שטח החתך הרטוב במהלך הזרימה מתבצע על ידי מדידת רום המים במהלך הזרימה והוא מתאפשר בעזרת חיישנים כגון רדאר, חיישן לחץ, חיישן פנאומטי או מצוף. מדידות מסוג זה מחייבות מעקב רציף אחר שינויים המתרחשים באפיק בין אירועי הזרימה. כיום עדיין אין דרך להתמודד עם תיזמון שינויים (התחתרות או השקעה) בחתך הנחל במהלך הזרימה עצמה. בניית מתקן הנדסי קבוע, המשמר את מבנה החתך, לא תמיד פותר את הבעיה. לא תמיד מבנה הנדסי אפשרי להקמה ולא תמיד יש אפשרות לאתר נקודת מדידה בחתך אשר אין בו שינויים כלל. אפיקים אלוביאליים שהם מאפיינים נחלים רבים במדבר ובאופן כללי הערבה ומדבר יהודה הינם מאתגרים מאוד בהיבט זה.

מדידה רציפה של גאוויות בערוצים מאפשרת איסוף ותייעוד של משתנים רבים ושונים בתחנות המדידה. תחנות הניטור של השירות ההידרולוגי אשר מעמיקות בתחום ספיקות ונפחי המים מאפשרות ניתוחים קשרים סטטיסטיים ויתרון ברצף שנות מדידה ארוך אשר מחוייב לצורך שיפור הדיוק. תקופת מדידות ארוכה, חשובה מאוד ובעלת ערך גבוה מאוד בעיקר בחבל ארץ אשר השונות הגדולה בו, היא אחד המאפיינים הבולטים.

את מורכבות התחום נבחן בכמה דוגמאות בתחנה ההידרומטרית של נחל רמון. משך הניטור הארוך ורקורד הגאוויות בנחל רמון מאפשר לבחון לא מעט קשרים סטטיסטיים ומאפיינים של הזרימה באפיק.

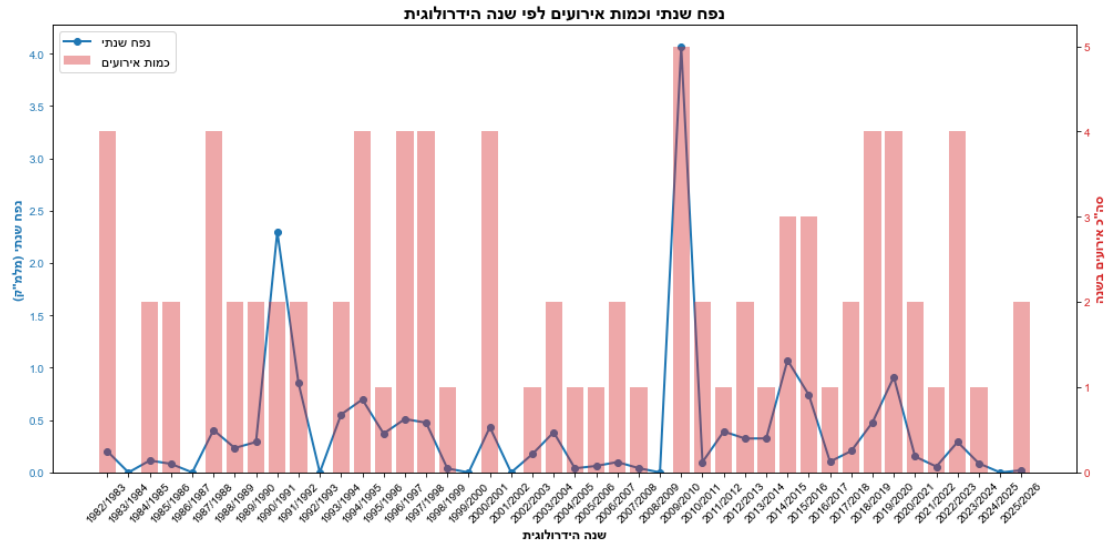
מספר האירועים המתרחשים בכל עונה הידרולוגית נע בין 0-5 גאוויות בעונה, כאשר ספיקת השיא המכסימלית שתועדה בתחנה הגיעה לכ-72 קו"ב/שנייה בשני אירועים שונים בתאריכים ה-08/02/1996 ו-18/01/2010.

נפח המים המכסימלי שתועד ברישום רציף במהלך גאות אחת בתחנה, מגיע לכ-2.5 מלמ"ק, באירוע של ינואר 2010. כאשר באותה עונה הידרולוגית 2009-2010 סך נפח הגאוויות חצה את ה-4 מלמ"ק בעוד שברוב המוחלט של העונות ההידרולוגיות סך נפח הגאוויות לא מגיע ל-1 מלמ"ק.

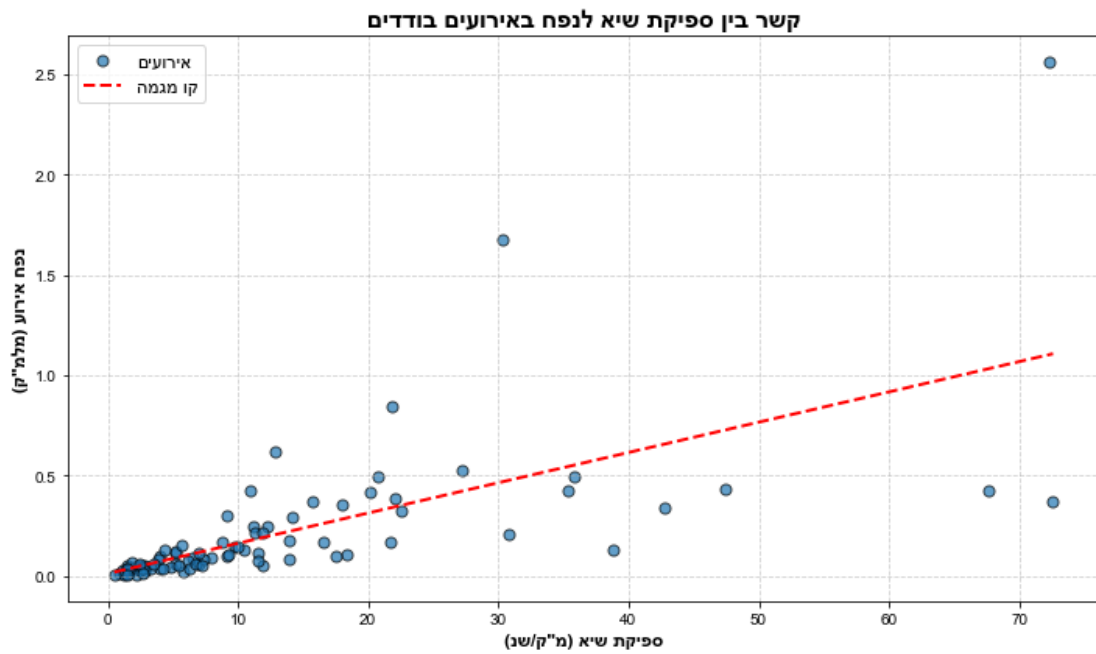
בתרשים מספר 3 הוצבו מספר האירועים בעונה מול סך נפח המים שעברו בגיאות לאורך כל שנות המדידה וכבר כאן רואים שיש עונות שאירוע אחד מביא נפח מים עצום לעומת עונות שבהן התרחשו מספר אירועי זרימה וסך נפח המים הינו נמוך.

בנוסף, תרשים מספר 4 - בחינת קשר בין נפח הגיאות לספיקת השיא, רואים שכל עוד מדובר על אירועים בעלי ספיקת שיא ונפח מים נמוכים קיים קשר סטטיסטי טוב. אולם, ככל שנפחי הגיאויות וספיקות השיא עולים, הקשר בין נפח הגיאות לספיקת השיא הולך ומטשטש.

כאמור, השונות הגדולה ומורכבות תחום הניטור של שיטפונות, מהווה אתגר בתחומים רבים ומדידה רציפה לאורך זמן (עשרות שנים) מאפשר להרחיב את הידע ואת הבנת מורכבות המערכת הנחלית.



תרשים 3: נפח שנתי וכמות אירועים בתחנה הידרומטרית רמון לפי שנה הידרולוגית.



תרשים 4: קשר בין ספיקת שיא לנפח באירועים בודדים בתחנה הידרומטרית רמון.

תחנה מספר 1ב: נחל רמון – LSPIV (אבשלום באב"ד).

large-scale particle-image velocimetry (LSPIV) הינה שיטה למדידת מהירויות זרימת פני השטח באמצעות ניתוח של צילומי וידאו. צילום הוידאו נחתך ל snapshot – תמונות של אותו חתך נחל בנקודות זמן שונות. התוכנה הייעודית לשיטה, מזהה אלמנטים בזרימת פני השטח של המים, כגון: גלים, מערבולות ועצמים צפים (תרשים 5). לאחר מכן מתבצע חישוב של מרחק התזוזה של האלמנטים השונים בין נקודת זמן אחת לשנייה ואז מתקבל שדה וקטורי דו-מימדי של מהירויות הזרימה (תרשים 6). המרה של מהירות זרימת פני השטח למהירות זרימה ממוצעת של כלל חתך הזרימה מבוצעת באמצעות פרמטר α . פרמטר זה מוגדר כ'מקדם המהירות' והוא נע בטווח של 0.79-0.93 (Macvicar et al., 2012). באופן כללי, כאשר החספוס יורד אז ערך α עולה. ערך ה α הספציפי לכל נחל נקבע על ידי היחס בין עומק המים וחספוס תשתית הנחל (Welber et al., 2016).

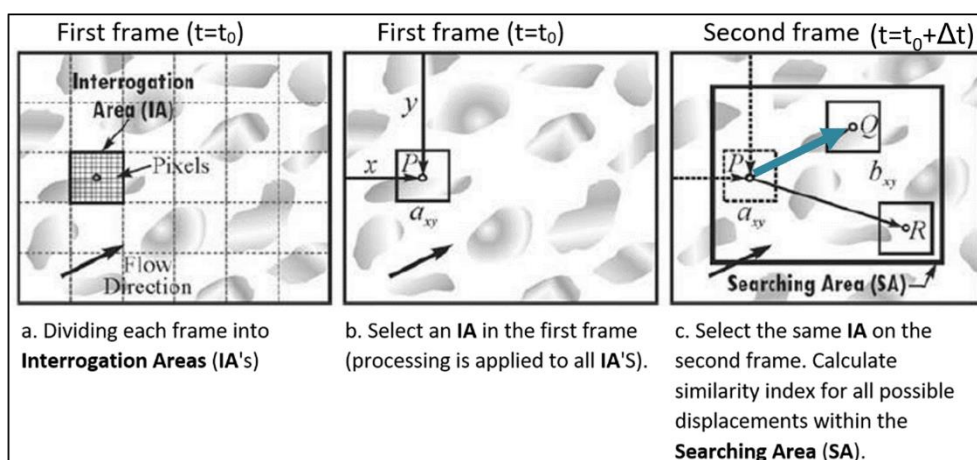
ניתוח אירוע 1.1.2022

בשעה 5:15 הגיע הגל הראשון לתחנת המדידה של השירות ההידרולוגי. החל מהשעה 6:20 כאשר תנאי התאורה היו מספקים – ניתן היה לפענח את מהירויות הזרימה מצילומי הוידאו באמצעות תוכנת ה LSPIV. בשעה 13:00, כאשר מפלס המים ירד מתחת ל 15 ס"מ הופסק הניתוח (תרשים 7).

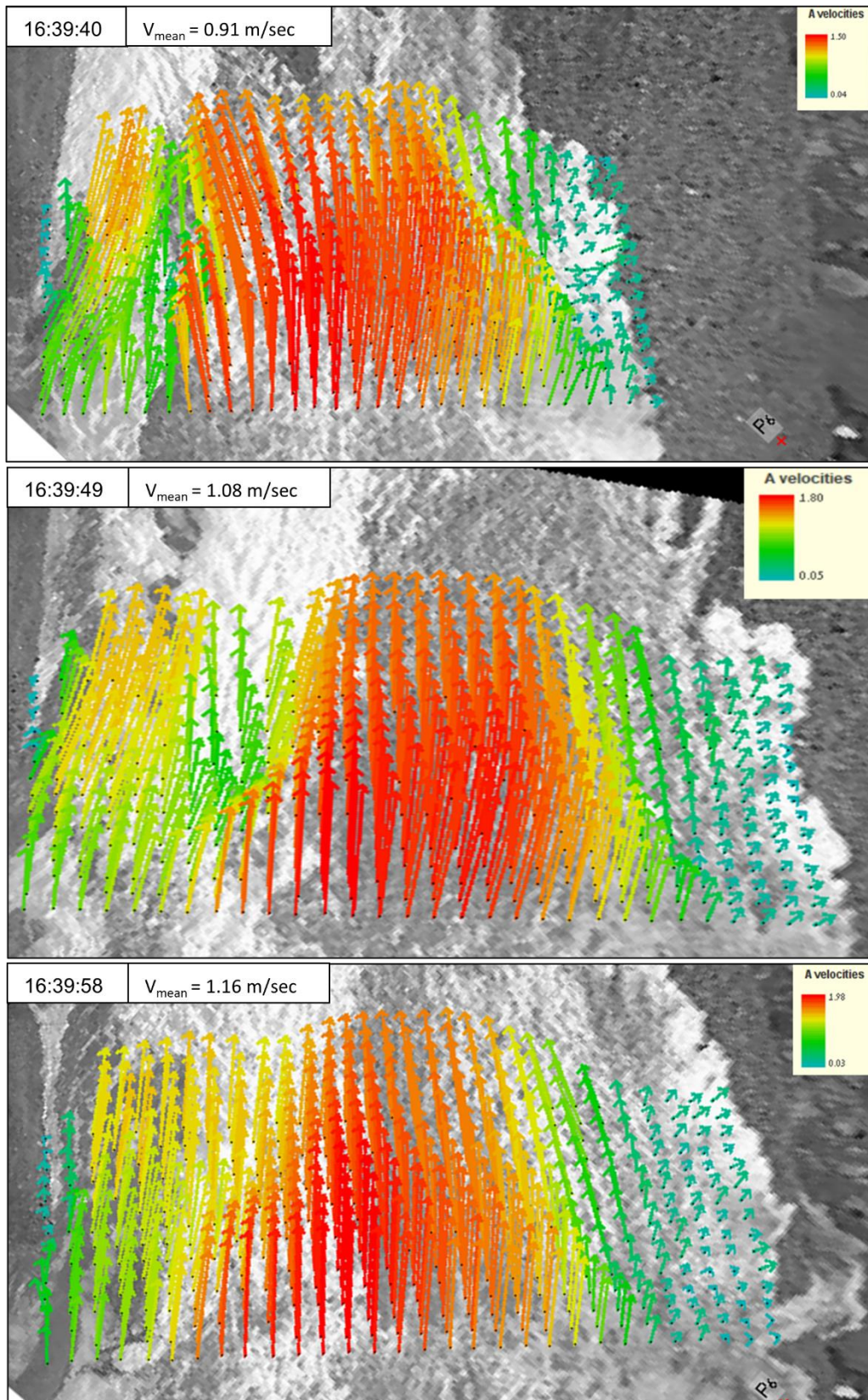
Macvicar, B.J., Hauet, A., Bergeron, N., Tougne, L., Ali, I., 2012. River monitoring with ground-based videography. *Fluv. Remote Sens. Sci. Manag.* 367–383.

Muste, M., Fujita, I., Hauet, A., 2008. Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments. *Water Resour. Res.* 46, 1–14.

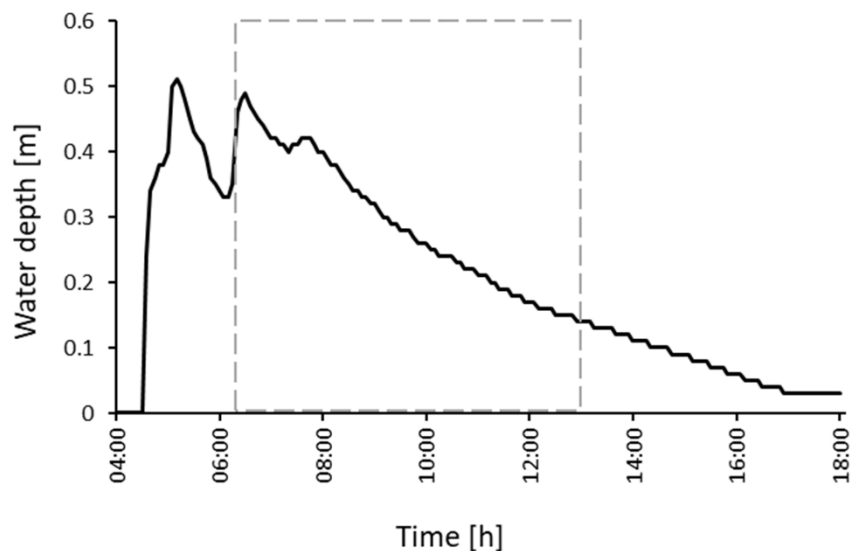
Welber, M., Le Coz, J., Laronne, J.B., Zolezzi, G., Zamler, D., Dramais, G., Hauet, A., Salvato, M., 2016b. Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR). *Water Resour. Res.* 52, 1108–1126.



תרשים 5: דרך הפעולה של האלגוריתם בתוכנת LSPIV FUDDA. חץ כחול מסמן את התזוזה של אלמנט ספציפי, חץ שחור – כיוון הזרימה (Muste et al., 2008).



תרשים 6: שדה מהירויות דו- מימדי של זרימת פני השטח בנחל רמון בנקודות זמן שונות.



ספיקה מחושבת (m ³ /s)	מהירות ממוצעת (m/s)	מפלס המים (m)	שעה
5.14	1.06	0.47	6:20
4.64	1.03	0.45	6:50
4.03	1.05	0.41	7:20
4.34	1.05	0.43	7:45
2.92	0.87	0.38	8:20
1.22	0.57	0.30	9:20
0.56	0.36	0.25	10:25
0.17	0.17	0.19	11:40
0.05	0.08	0.15	12:55

תרשים 7: הידרוגרף השיטפון בתאריך 1.1.2022 בנחל רמון שנמדד על ידי השירות ההידרולוגי. המלבן האפור המקווקו הינו טווח הזמן אשר בו בוצע ניתוח מהירויות הזרימה וחישוב הספיקה על ידי שיטת LSPIV (ראו טבלה).

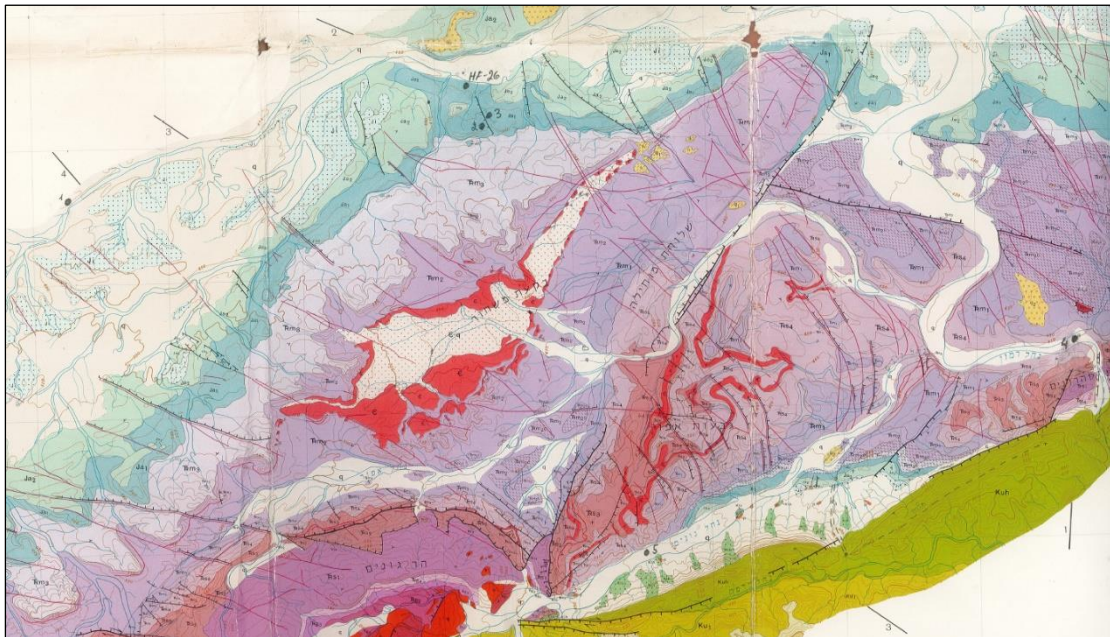
תחנה מספר 2: פארק לאומי צבעי רמון - שיקום מחצבת רמון הישנה (רשות הטבע והגנים).

מקום המדינה ועד אמצע שנות ה-90 שימש מכתש רמון כר נרחב להפקת מחצבים וחומרי גלם. המחצבים במכתש מופיעים בשכבות סלע קדומות יחסית של הקרטיקון התחתון, היורא והטריאס והפקתם בוצעה על ידי שני מפעלים: מפעל חרסית רמון ומפעל גבס רמון. המפעלים עסקו בעיקר בחציבת גבס והפקת חרסיות מסוגים שונים, כאשר גולת הכותרת הייתה ה"חרסית דמוית צור" (חד"צ). חומר ייחודי זה נמצא על הגבול שבין סלעי היורא והטריאס (תצורת משחור) בלב המכתש והוא עשיר במיוחד בתחמוצת האלומינה המתאים לייצור לבנים ומלטים חסיני אש. החומר עבר במתקני השבחה וכבשן לשריפת החרסית והוא שווק למדינות רבות בעולם ולתעשיית הקרמיקה בארץ. המפעל הפסיק את פעילותו בתחילת שנות ה-2,000, זאת בשל כרייה משמעותית בסין והצפת השוק העולמי. פעילות הכרייה באזור המכתש צומצמה משמעותית מאז באופן כללי, בין היתר, בשל קידום ועדת שרים בין ממשלתית לסוגיית "ארץ המכתשים" שקבעה שהמשך ההפקה במכתשים תהיה תחת מגבלות מסוימות לצד שמירת ערכי טבע וקידום תיירות.

למעשה כבר באמצע שנות ה-60 הוכרזו חלקיו המזרחיים והמערביים ביותר של מכתש רמון כשמורת טבע. במהלך שנות ה-70 וה-80 פעל פרופ' עמנואל מזור ביחד עם רשות שמורות הטבע וחברים נוספים לקידום הכרזת שטחים נוספים במכתש כשמורה ובמקביל התאפשרה קליטת קהל במכתש, סלילת דרכים והקמת חניון בארות. צמצום פעילות הכרייה במכתש אפשרה להגדיר אזורים נוספים בלב מכתש רמון כשמורת טבע כבר במהלך שנות ה-90 ותחילת שנות ה-2,000. שיקום המחצבות במכתש רמון החל בתחילת שנות ה-2000 וכלל עשרות מחצבות בשטח כולל של אלפי דונמים. מדובר באחד ממיזמי השיקום הגדולים ביותר שבוצעו עד כה בישראל. המימון לפעילות זו הגיע מ"הקרן לשיקום מחצבות". במסגרת פעילות השיקום הומלץ על הקמת גן גיאולוגי לאומי בלב המכתש בשם "פארק צבעי רמון" המשתמש בתופעות והמחשופים אותם יצרו פעולות הכרייה והחציבה. הפארק כלל שיקום נופי של בורות הכרייה באמצעות מילוי מורפולוגי בחומר מקומי, עבודות עפר גדולות, השארת חלק מבורות הכרייה והכבשן הגדול לצורך הסברים על פעולות הכרייה והחציבה והתופעות הגיאולוגיות הנצפות בהן והצבת שילוט לצורכי למידת תהליכי הכרייה, הייצור והגיאולוגיה של המכתש. בבור הכרייה הגדול והעמוק שבלב הפארק, בו נחשפו מי תהום, הוחלט בתיאום בין רשות הטבע והגנים, רשות המים והקרן לשיקום מחצבות להקים אגם נופי שמקור המים בו הינו מי האקוויפר המקומי.

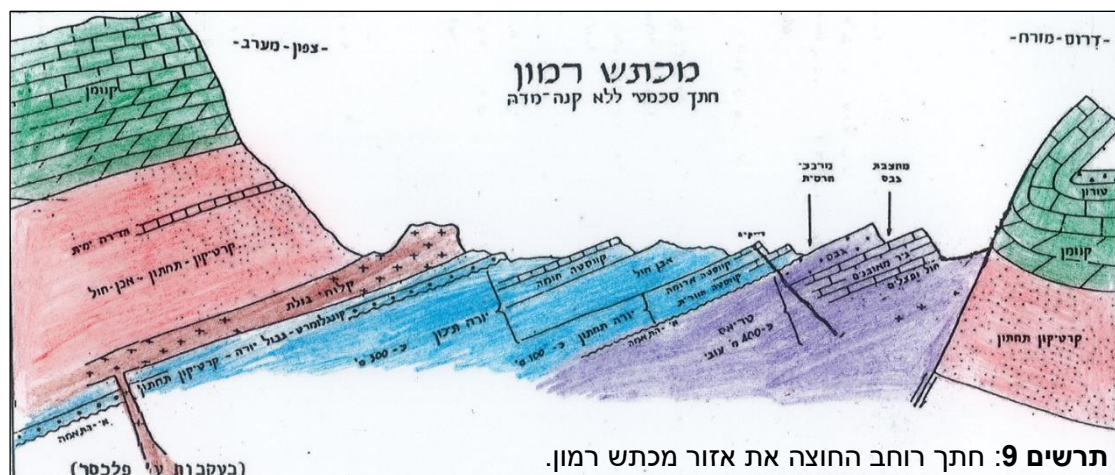
תחנה מספר 3: האגם הנעלם בפארק צבעי רמון - חלון הידרוגיאולוגי למים בשכבות היורא-טריאס במחצבת החרסית (אריק צוריאלי).

מכתש רמון הינו תוצר של תהליכי בליה על קמר מחמל בנגב המרכזי. בלב המכתש נחשפים הסלעים העתיקים של חבורת ערד מתור היורא והטריאס (תרשים 8). סלעים אלו מהווים את התשתית לאקוויפרי היורא והטריאס האזוריים ברחבי הנגב בכלל ובמכתש רמון בפרט.

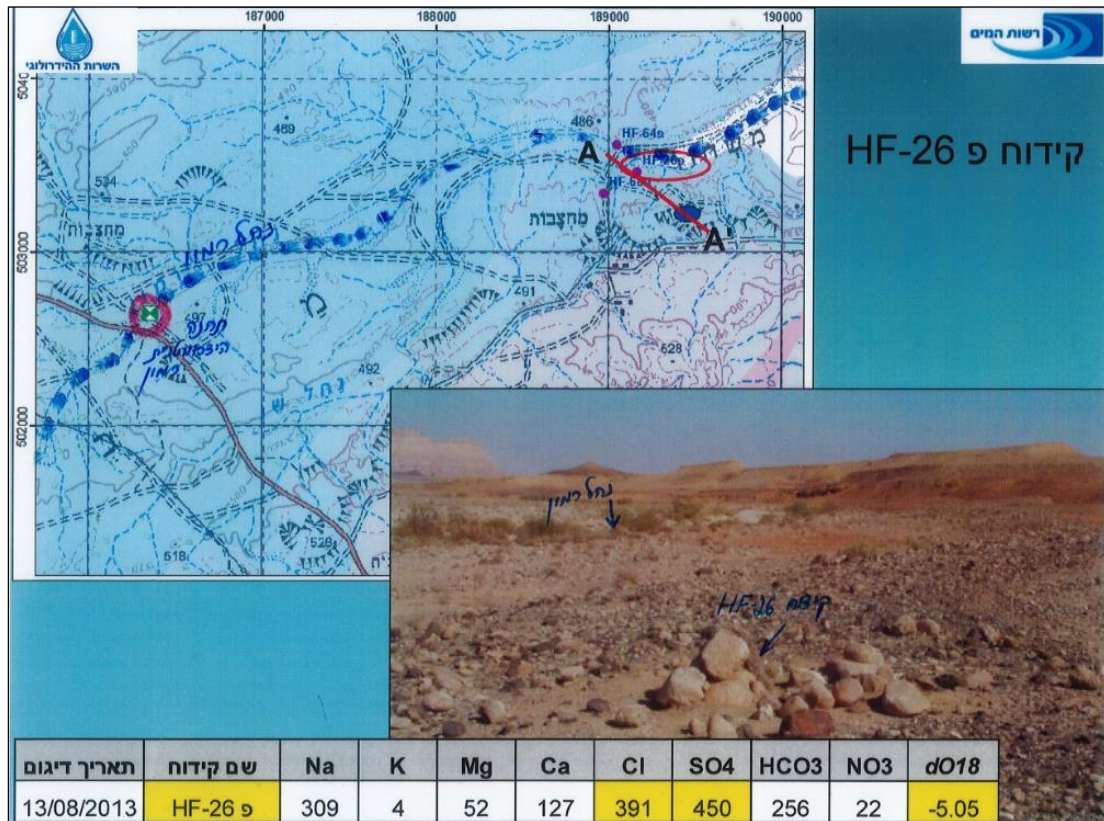


תרשים 8: מפה גיאולוגית של אזור מכתש רמון (מכון גיאולוגי, 1968).

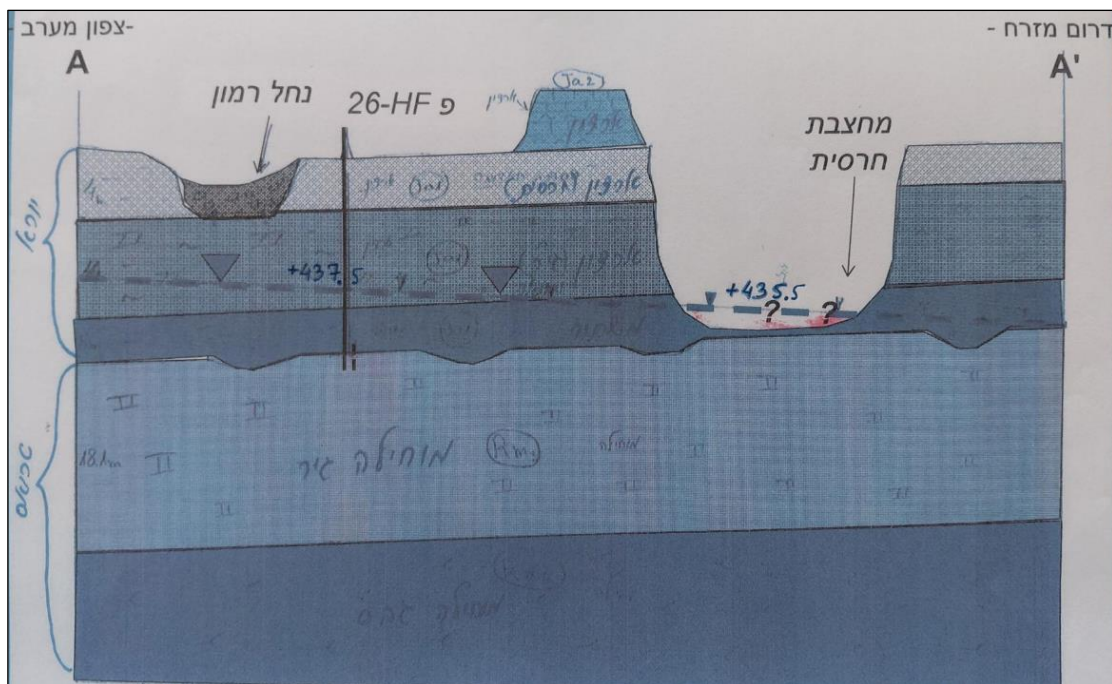
בחתך רוחב החוצה את אזור המכתש (תרשים 9) ניתן לראות את הנטיות של קמר מחמל משני אגפיו (נטיות מתונות בצפון ונטיות חריפות עד הפכות בדרום) ואת חתך הסלעים העתיק בלב המכתש. חתך הסלעים של יחידות היורא והטריאס כולל סלעי חול לחילופין עם פצלים, חרסיות וחואר, סלעי גיר ושכבות גבס בעובי כולל של 700-800 מ' (תרשים 10). יחידות היורא במכתש כוללות את תצורות אינמר וארדון ויחידות הטריאס כוללות של תצורות מישחור, מוחילה, סהרונים, גוונים ורעף. כמו כן, דייקים וסילים רבים חוצים יחידות אלו בלב המכתש.



תרשים 9: חתך רוחב החוצה את אזור מכתש רמון.



תרשים 11: מפת מיקום האגם הנעלם, קידוח HF-26, והתחנה

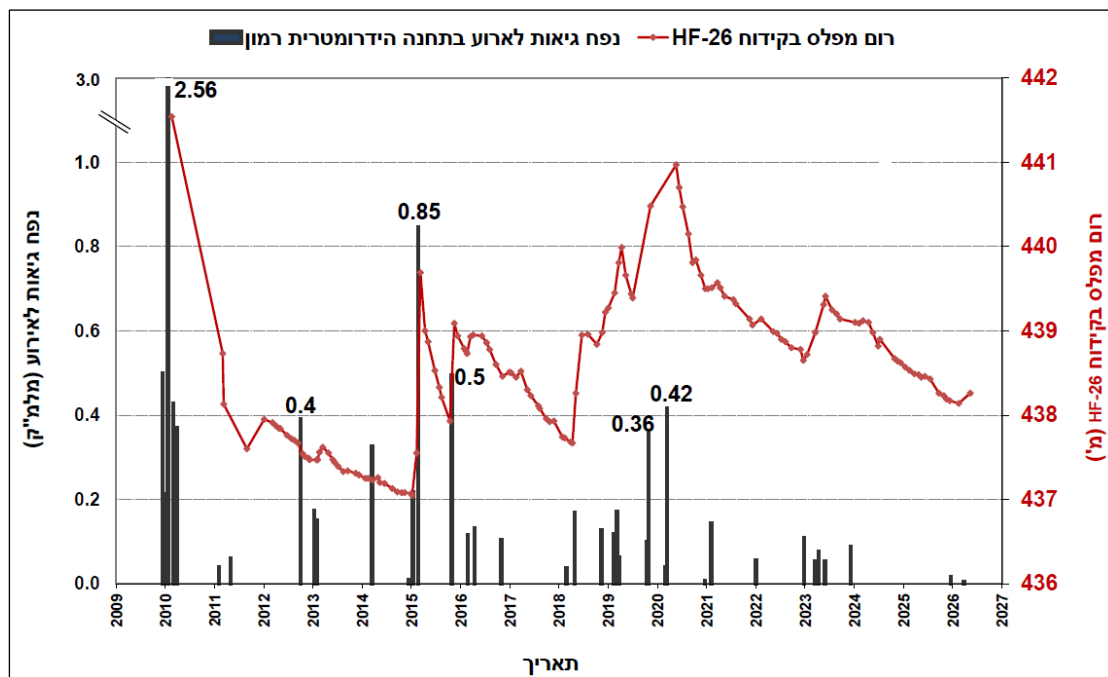


תרשים 12: חתך רוחב באזור האגם הנעלם בפארק צבעי רמון (צוריאלי,

בור הכרייה הגדול חצוב בחלקה העליון בסלעי תצורת ארדון (החלק התחתון של תור היורא) ובחלקה התחתון תצורת מישחור עד גג תצורת מוחילה (תרשים 12). החרסית הסגלגלה (חרסית דמוית צור) של תצורת מישחור בבסיס המחצבה שימשה את חומר הגלם עבור המחצבה. חרסית זו אינה רציפה במרחב והוא נחצית על ידי העתקים, גם באזור המחצבה. מי

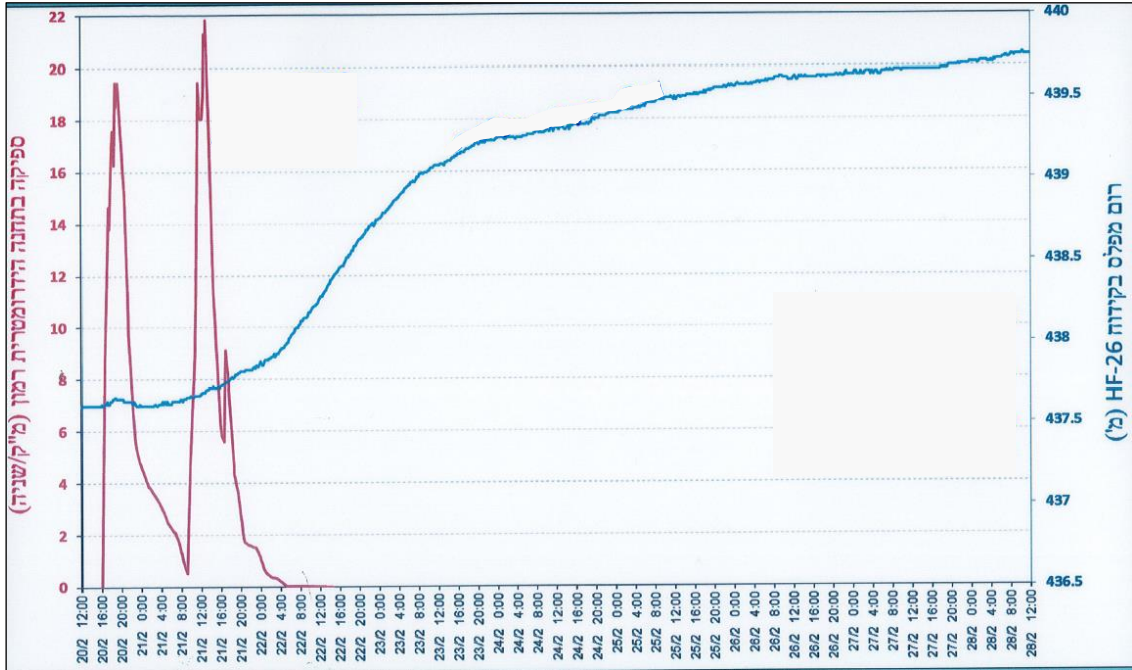
התהום במחצבה ממוקמים למעשה על הגבול שבין סלעי היורא והטריאס. רום תשתית המחצבה נמצא ב-435+. מפלס המים באגם משתנה מאוד והוא בתחום של +435 עד כ-439+ כתלות במילוי החוזר ואירועים שיטפוניים בנחל רמון. קידוח HF-26 הממוקם כ-350 מ' צפונית-מערבית לאגם ובצמידות לנחל רמון מנוטר באופן קבוע על-ידי השירות ההידרולוגי באמצעות מדידות חודשיות וחיישן לחץ ומוליכות חשמלית. הקידוח מייצג את מפלס מי התהום, בין היתר גם של האגם. הפרש המפלסים בין האגם לבין הקידוח כ-2 מ' (לטובת הקידוח), עם נטייה כלפי דרום-מזרח (כלפי האגם).

ניטור מפלסי מי התהום בקידוח HF-26 מראה על קשר ישיר בין אירועי שיטפונות בנחל רמון הסמוך לבין המפלסים בקידוח (תרשים 13). במקטע זה של נחל רמון יש קשר ישיר בין הנחל והאקוויפר, כלומר האקוויפר פריאטי. רום מפלס מי התהום באזור הקידוח משתנה בתחום של 437-441 מ'. באירועי השיטפונות של 11.1.2015 ו-20-22.2.2015 מפלס מי התהום עלה בהדרגה ובשלביות בהתאם לאירועים (תרשים 14). באירוע הראשון ב-11.1.2015 (ספיקת שיא של 12 מ"ק שניה ונפח גיאות של 0.23 מלמ"ק) עליית המפלס הייתה כ-0.5 מ' באקוויפר ובמקביל עליה קלה במוליכות החשמלית כתוצאה משטיפה של מלחים בתווך הבילתי רווי. באירוע השני שהתרחש כחודש לאחר מכן ב-20-22.2.2015 משך האירוע היה ארוך יותר, כיומיים, (ספיקת שיא של 22 מ"ק שניה ונפח גיאות של 0.85 מלמ"ק), עליית המפלס הייתה כ-2 מ' ולוותה בירידה במוליכות החשמלית. האירוע האחרון לווה ב-2 גלים של שיטפונות במרווח זמן של 18 שעות (תרשים 15). זמן תגובת עליית מפלס מי התהום מתחילת האירוע הראשון היה כ-16 שעות, ועליית המפלס הייתה איטית למשך זמן של כשבוע ימים.



תרשים 13: חתך רוחב באזור האגם הנעלם בפארק צבעי רמון (צוריאלי,

איכות מי התהום מפורטת בתרשים 11. מליחות האקוויפר באזור הקידוח נמוכה יחסית ועומדת על כ-400 מג"ל בעוד שריכוז הסולפט יחסית גבוה (כ-450 מג"ל) ונובע בשל נוכחות גבס בשכבות. ריכוז הסולפט עולה ככל שמתקרבים לשכבות הטריאס העמוקות ולשכבות תצורת מוחילה המורכבת מגבס. ערך D018 של -5.05 רומז על מים צעירים עם רכיב מילוי חוזר.



תרשים 14: רום מפלס מי תהום ומוליכות חשמלית בקידוח HF-26 במהלך גאות 11.1.15 ו-20-22.2.15 (צוריאלי, 2014).



תרשים 15: רום מפלס מי תהום בקידוח HF-26 וספיקה ריגעית בתחנה הידרומטרית רמון בעת אירוע שיטפוני ב-20-22.2.15 (צוריאלי, 2014).

תחנה מספר 4: עין סהרונים - מעיין בלב מכתש רמון (דודיק אברהם).

עין סהרונים הוא שילוב של מעין שכבה ומעין פועם. מעין שכבה זה ברור, מי שיטפונות בנחל רמון מחלחלים ובסופו של דבר נובעים בעין סהרונים.

באמצע שנות השמונים, בסיור שגרתי של פקח רט"ג, נמצאו מים רבים בעין סהרונים בלא שירד גשם שיצר שיטפון. המים נדגמו לאנליזה כימית ואיזוטופית ונשלחו למעבדה האיזוטופית במכון ויצמן. התוצאות האיזוטופיות היו מפתיעות:

רמת הטריטיום הייתה מתחת לסף הגילוי. חמש אנליזות נוספות הניבו אותן תוצאות: טריטיום מתחת לסף הגילוי.

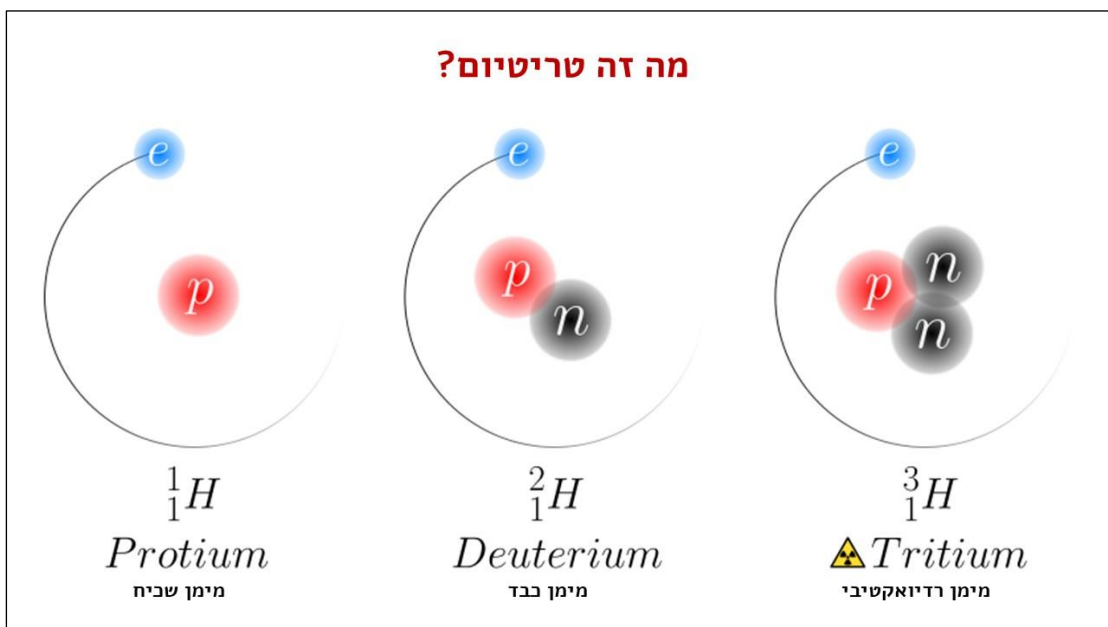
המשמעות: המים שנבעו בעין סהרונים הם מגשם שירד לפני 1945.

מאז נצפו עוד מספר פעמים של נביעות שלא בעתן, ולכן המסקנה שמדובר במעין פועם.

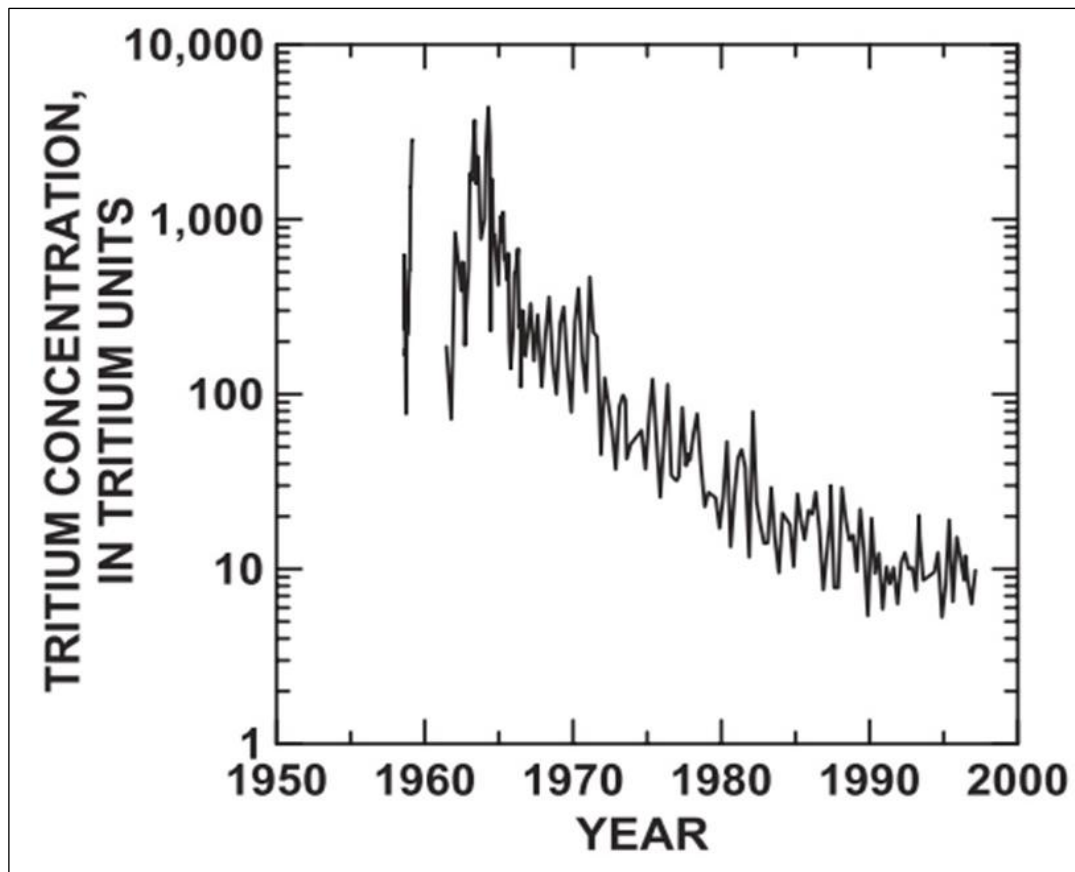
מה זה טריטיום ומה קרה ב 1945?

אנליזה של פחמן-14, הניבה תוצאות מפתיעות. ואיך הן מתקשרות לשינוי אקלימי עולמי.

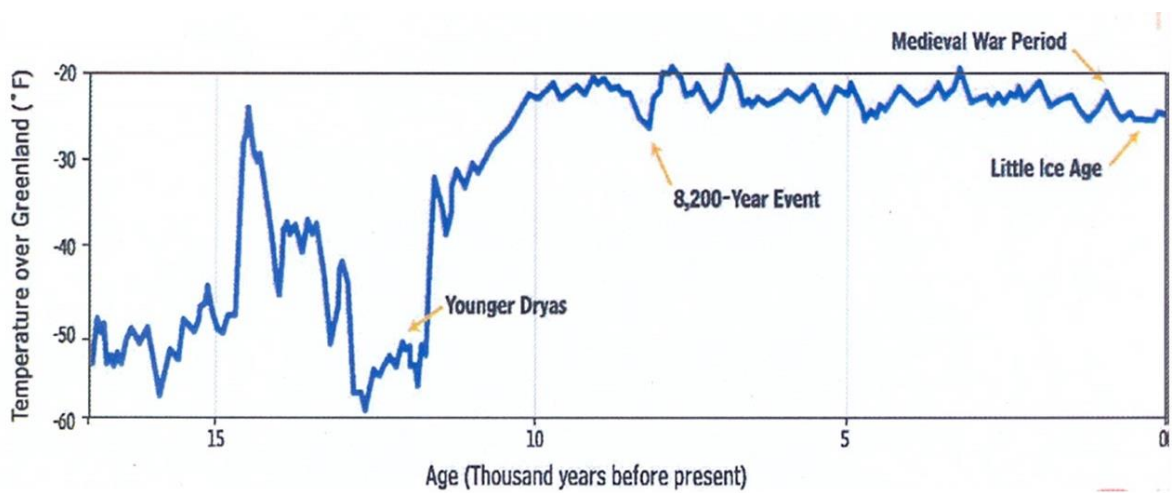
על כך ועוד, בסיור עצמו.



תרשים 16: איזוטופים של טריטיום.



תרשים 17: ריכוזי טריטיום בגשם במדינת ניו מקסיקו.



תרשים 18: שינויי אקלים כפי שנלמדו מגלעין קרח בגרינלנד.

תחנה מספר 5: נחל גוונים - הקשר בין משטר המים האגני לצומח בנחל (אבשלום באב"ד).

מכתש רמון מהווה אזור מעבר מהמדבר הצחיח למדבר הצחיח-קיצון. המערכות הנחליות במדבר הצחיח-קיצון, מתאפיינות במדרונות צחיחים וחשופים וערוצים עשירים יחסית בצמחייה רב שנתית. בנחל גוונים שהינו יובל של נחל רמון, נעשה מחקר לבחינת הקשר בין המערכת ההידרולוגית לצמחייה הרב שנתית במדבר הצחיח-קיצון.

נחל גוונים מתאפיין בערוץ זרימה רחב הבנוי בעיקרו מחלוקים בלתי מלוכדים. בעזרת מיפוי ERT - Electrical Resistivity Tomography, נמצא כי עומק המילוי האלוביאלי הינו כ 7 מטרים והוא מורבד על גבי סלעי חברות רמון, ערד וכורנוב (מגיל הטריאס ועד הקריטיקון תחתון) אשר בונים גם את מדרונות האגן (תרשים 19). מדרונות אלה, עשויים סלע חשוף שעל גבו אין קרקע וצמחייה. בשל כך, בעת מטחי גשם בעלי עוצמה גבוהה, נוצרת כמות משמעותית של נגר עלי הזורם לעבר הערוצים. בשל כך, ניתן להגדיר את מדרונות האגן כמקור (source) מים למערכת ההידרולוגית. לעומת זאת, היובלים ובעיקר ערוץ הנחל המרכזי בנויים מחלוקים בעלי נקבוביות גבוהה של 38% (ערך ממוצע), והם מהווים מבלע (sink) למי הנגר העילי. מדידות של תכולת הרטיבות הנפחית באזורים שונים באגן, מראות כי הנגר העילי הנוצר במדרונות, זורם אל הערוץ המרכזי ונבלע בתוך החלוקים תוך דקות ספורות (תרשים 20).

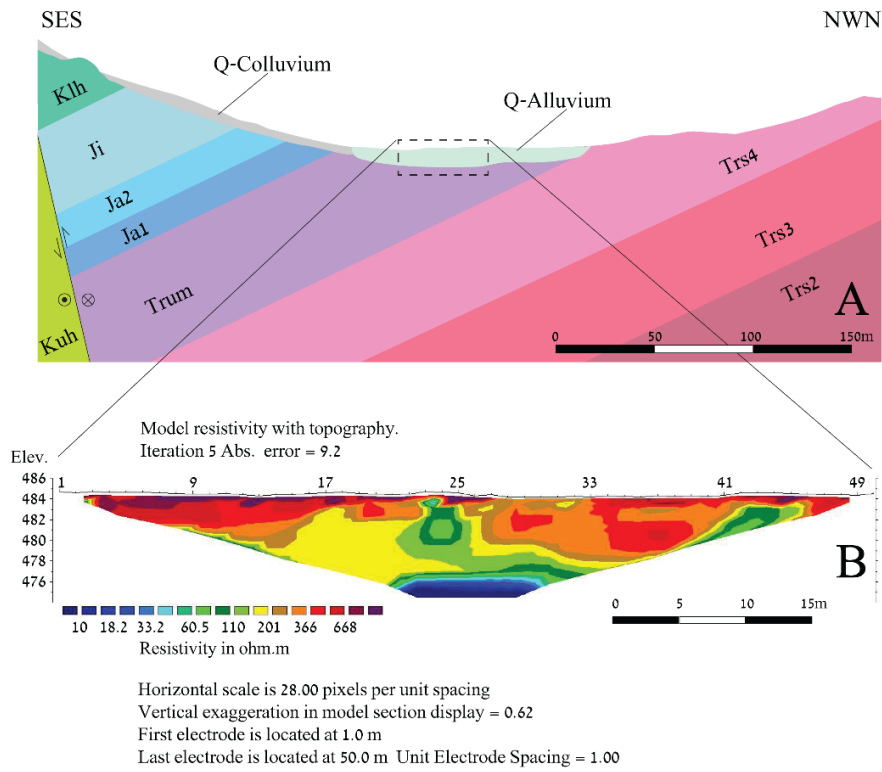
באמצעות ניטור הידרולוגי מקיף הכולל: מדידות גשם, אידי, חילחול מים לתת הקרקע וזרימה עילית, ניתן לבנות מאזן מים לאגן עבור אירוע שיטפוני בודד. מתוך מאזן מים זה, ניתן להעריך שעבור אירוע שיטפוני שהתרחש ב 29.11.22, חילחול לשכבת החלוקים כ- 18,000 מ"ק של מי נגר. בהנחה שמרבית מים אלה, נשארים בתוך שכבת החלוקים הרדודה ואינם מחלחלים הלאה לשכבות עמוקות יותר, אזי הם נשארים זמינים לשימוש הצמחייה הרב שנתית אף מספר שנים לאחר השיטפון (תרשים 21).

נחל גוונים מהווה דוגמה למערכות הידרו-אקולוגית מבוססת נגר. על אף התדירות הנמוכה של השיטפונות באזור הצחיח-קיצון, המבנה הגיאולוגי, היוצר מבלע גדול ומשמעותי, מאפשר אצירה של כמות ניכרת של מי שיטפונות בתת הקרקע. מנגנון זה, מאפשר לקיים צמחייה רב שנתית לאורך שנים ואף לשרוד תקופת בצורת ארוכות.

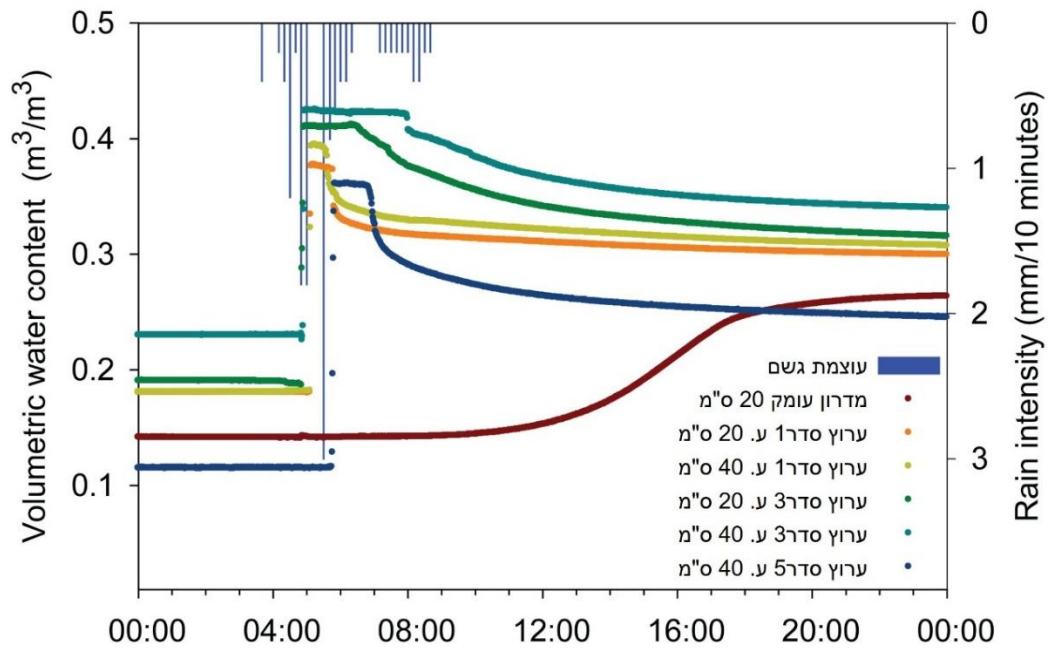
לקריאה נוספת:



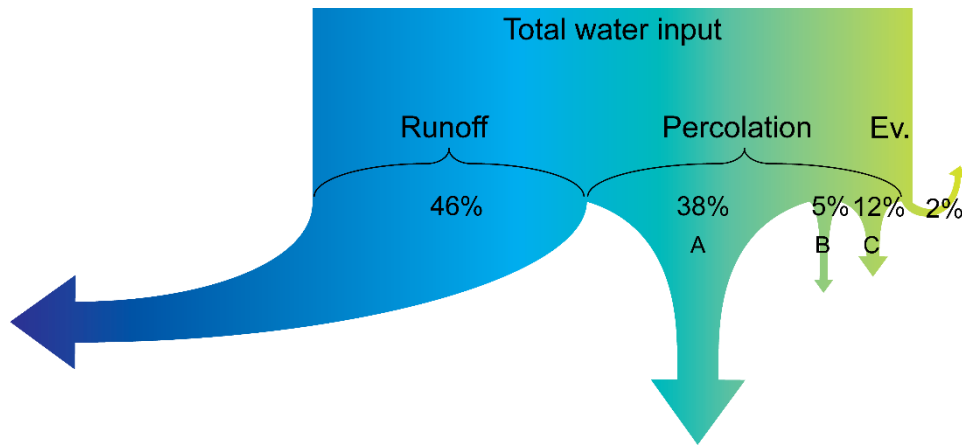
Babad, A., Bubbenzer, O., Hecht, S. and Groner, E. (2025), How Perennials Survive the Droughts—Pulse—Reserve Dynamics in a Hyperarid Basin. *Ecohydrology*, 18: e2751.
<https://doi.org/10.1002/eco.2751>



תרשים 19: A. חתך גיאולוגי לרוחב נחל גוונים. **B.** מיפוי דו-מימדי באמצעות ERT. ההתנגדות החשמלית הגבוהה (אדום-כתום) והבינונית (צהוב-ירוק) מייצגת משקעים פלוביאליים (Fluvial) בעוד ההתנגדות החשמלית הנמוכה (כחול) מייצגת סלעים קשים ומלוכדים יותר.



תרשים 20: עוצמת הגשם ותכולת רטיבות נפחית.



נפח מים (מ"ק)	שם בתרשים	רכיב
48,200	Total water input	כניסת מים – סה"כ גשם באגן
930	Ev.	אידוי
5,700	Percolation C	חלחול במדרונות
2,350	Percolation B	חלחול ביובליים
18,300	Percolation A	חלחול בערוץ המרכזי
22,000	Runoff	זרימה מחוץ לאגן (אל נחל רמון)
49,230		סך הכל יציאה מחושבת

תרשים 21: מאזן המים המחושב בנחל גוונים בעת אירוע השיטפון שהתרחש ב 29.11.22.