

מעיינות בערבה – שינויים עם הזמן

זיו שרצר, חנן גינת*

עמק הערבה הצר והארוך משתרע מאזור כיכר סדום שבדרום ים המלח ועד מפרץ אילת ועקבה. רוחבו 5-15 ק"מ, אורכו 180 ק"מ וגובהו הטופוגרפי נע בין 380 מטר מתחת לפני הים ועד גובה של 200 מטר בגב הערבה, באזור שבין קיבוץ יהל לפונדק ה-101. המים מופיעים בערבה בשלוש צורות: כשיטפונות בערוצי הנחלים בעקבות אירועי גשם, כמעיינות וכמי תהום במספר אקוויפרים. המעיינות נוצרים כאשר מים המצויים בתת־הקרקע יוצאים אל פני השטח, והם נחלקים לשני סוגים: מעיינות שכבה ומעיינות העתק. במעיינות השכבה המים יוצאים לפני השטח כאשר נחשף המגע בין שכבה אטימה למים (האקוויקלוד) לשכבה שדרכה הם מחלחלים (האקוויפר). במעיינות העתק זורמים המים לאורך קו ההעתק המסיט את שכבות הסלע עד המקום שבו הוא נחשף לפני השטח. בעמק הערבה ובשוליו מצויים יותר מ־60 מעיינות משני הסוגים, כמחציתם בשטח ישראל. הם מתאפיינים בצומח רב שנתי שכמותו נקבעת על ידי שפיעת המים מהמעין, האופי הטופוגרפי של השטח (לדוגמה, אזור שטוח או מצוק שממנו שופעים המים) וסוג הסלע או הקרקע באזור המעין. בזכות תוואי השטח הנוח ומי המעיינות שלאורכו היה עמק הערבה מרחב נוח להתיישבות רצופה, החל מהתקופות הקדומות ועד היום. בידינו עדויות ארכאולוגיות והיסטוריות לפעילות האנושית באזור, באתרים ולאורך דרכים עתיקות. רוב האתרים נמצאו בסמוך למעיינות, ששפיעת המים בהם הייתה כנראה רציפה לאורך כל ימות השנה.

* זיו שרצר השלים לימודי תואר שני במכון ללימודי מדבר בשדה בוקר וכתב עבודת מחקר על מעיינות הערבה. המידע שבמאמר מבוסס ברובו על עבודתו שנעשתה בהדרכתם של פרופ' הנדריק ברונס מהמכון ללימודי מדבר בשדה בוקר, ד"ר חנן גינת וד"ר עוזי אבנר ממרכז מדע ים המלח והערבה. ד"ר חנן גינת, גאולוג, מנהל מדעי של מרכז מדע ים המלח והערבה.

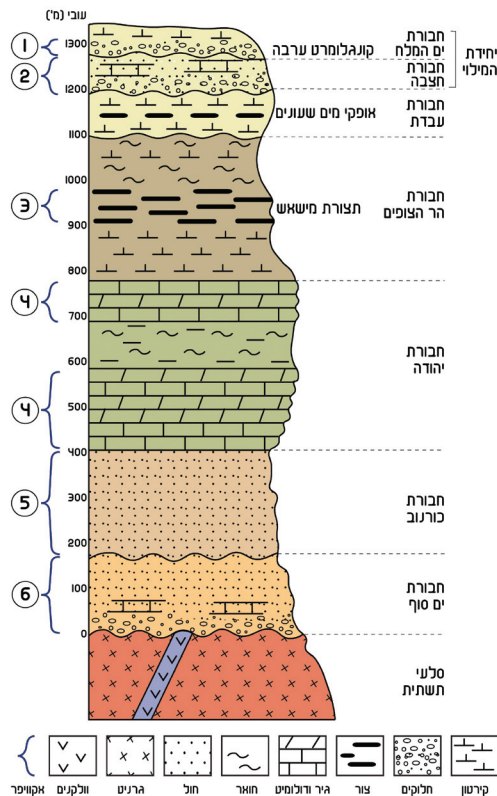
המאמר דן במכלול ההיבטים הקשורים במעיינות בערבה (שבשטח ישראל) ומתמקד בירידה המשמעותית שחלה בשפיעת המים בשנים האחרונות. מוצגים בו בפירוט ארבעה מעיינות: עין תמר, עין חצבה, עין רדיאן ועין נטפים.

רקע גאולוגי

עמק הערבה נוצר בעקבות פעילות טקטונית של הכוחות הפנימיים בכדור הארץ. הגורם ליצירתו הוא ביקוע יבשתי בין הלוח הערבי ותת-הלוח של ישראל וסני, שהחל לפני יותר מ-20 מיליון שנה ונמשך עד היום. בשולי העמק נחשפות יחידות סלע שונות (Bentor & Vroman, 1957): סלעים מגמתיים ומותמרים (לרוב עתיקים, שגילם מעל 530 מיליון שנה),

אבני חול נוביות (100-530 מיליון שנה), סלעי משקע ימיים (40-100 מיליון שנה) וסלעי משקע יבשתיים צעירים (פחות מ-25 מיליון שנה). מגוון יחידות הסלע (איור 1) הנחשפות זו לצד זו לאורך עמק הערבה ובשוליו כתוצאה מפעילות של שברים גאולוגיים מייצג היסטוריה גאולוגית מגוונת ועשירה.

איור 1: יחידות הסלע העיקריות בדרום ישראל והאקוויפרים המנוצלים בערבה (החתך על פי בייט, שגב וברטוב, 1999).



ההסבר לשוני הרב בסוגי הסלע הוא תזווה אופקית של 105 ק"מ, כאשר הלוח הערבי, הממוקם בצדה המזרחי של הערבה, זו צפונה ביחס לתת-הלוח של ישראל וסיני. פעילות טקטונית נוספת היא התרוממות השוליים המזרחיים, היוצרת את הפרשי הגובה המשמעותיים בין הרי הנגב הסמוכים לבקע ממערב (עד 800 מטר מעל פני הים) לבין הרי אדום ומואב הסמוכים ממזרח (עד 1,600 מטר מעל פני הים). גבולו הדרומי של עמק הערבה הוא במפרץ אילת, וגבולו הצפוני בשבר אמציהו, באזור נאות הכיכר, שכיוונו הכללי דרום מזרח-צפון מערב (איור 2).



איור 2: מעיינות צפון הערבה על גבי מפה גאולוגית (Sneh et al., 1998)

בעמק הערבה עצמו יש מגוון של סלעי משקע יבשתיים צעירים – קונגלומרטים, אבני חול אדומות (חבורת חצבה), סלעי משקע של אגמי מים (בעיקר אגם הלשון, שהשתרע דרומה עד חצבה) וסלעי מלח (באזור כיכר סדום). על פני

השטח נראים מגיפות סחף פעילות ונטושות, דיונות חול ומשקעי מלחות (בעיקר חרסיות וגבס). עוביין של יחידות הסלע הצעירות שבערבה נקבע בעיקר על ידי האגנים התת־קרקעיים המצויים בה, והוא נע בין מטרים בודדים ועד 10 ק"מ ויותר בדרום ים המלח.

אמנם אקלים הערבה כיום הוא מדברי צחיח קיצון, אך סלעי המשקע היבשתיים והאגמיים מצביעים על תקופות לחות וגשומות יותר שהיו באזור. בשיא התקופה הלחה האחרונה, לפני כ־20 אלף שנה, השתרעה ימת הלשון מאזור הכינרת ועד חצבה. גובה המים המרבי היה כ־250 מטר מעל גובהו הנוכחי של ים המלח, ובאגם שקעו ברצף סלעים, בעיקר גירניים, ובהם פאונה המעידה על מליחות מים נמוכה בהשוואה לים המלח של היום (גרפונקל, 2006). חסימת מקורותיו העיקריים של נהר הירדן, החל משנות השישים של המאה הקודמת, וחסימתם של נחלים נוספים הזורמים לים המלח גרמו לירידת מפלסו עד לרום הנוכחי. שטחים נרחבים שהיו מוצפים על ידי ים המלח ננטשו, והחלו לשקוע בהם סחף נחלי, חולות ומשקעי מלחות.

בערבה ובשוליה חשופים סלעי טרוורטין ששקעו במים מתוקים, לרוב בקרבת מעיינות. טרוורטינים אלו מצפים משטחים רציפים, מפלים או מדרונות תלולים ומכילים שרידים רבים של חומר ביוגני (בעיקר שבלולים ושרידי צמחים). לאורך ערוצי הנחלים, בעיקר בערבה תיכונה, מכילים הטרורטינים גם חלוקים וגרגירים רבים. בעבודה מפורטת שפרסם ליאור אינמר (אינמר, 1999) מתוארים טרוורטינים עתיקים שגילם נקבע כמיוקן (עד 23 מיליון שנה) וכפליוקן (בין שלושה לחמישה מיליון שנה). אלכס לבנת ויואל קרונפלד (Livnat & Kronfeld, 1987) מתארים טרוורטינים ששקעו בתקופת הפליסטוקן ועד תחילת תקופת ההולוקן (עד לפני 8,000 שנה). תקופת ההולוקן הייתה יבשה בהשוואה לתקופות קודמות, ושפיעת המים במעיינות בתקופה זו הייתה נמוכה יותר. לפיכך לא הצטברו במהלכה סלעי טרוורטין.

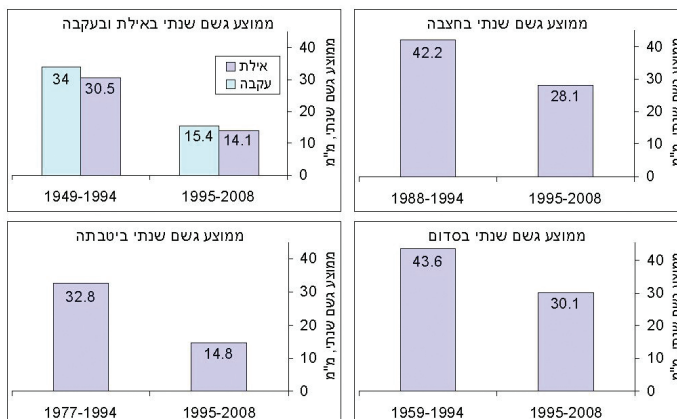
רקע הידרולוגי

מקור המים העיליים בערבה הוא בשיטפונות המגיעים ממזרח וממערב ובאירועי גשם בערבה עצמה. אזור הערבה התיכונה והצפונית ושוליהן מתנקזים מאזור

גב הערבה לאורך נחל ערבה צפונה אל ים המלח. מגב הערבה, שהוא קו פרשת המים, ודרומה מצויים שקעים פנימיים (קע סעידין, מלחת יטבתה, מלחת עברונה ומלחת אילת) המהווים בסיסי סחיפה מקומיים. זוהי הסיבה לכך שאין בערבה הדרומית נחל מרכזי המתנקז אל מפרץ אילת.

האקלים באזור צחיח קיצון, וכמות המשקעים השנתית הממוצעת נעה בין 45 מ"מ בכיכר סדום ועד פחות מ-20 מ"מ בראש מפרץ אילת. רוב הגשמים נגרמים על ידי מערכות סינופטיות של אפיקי ים סוף, הפעילות בעיקר בחודשי הסתיו והאביב. גשמים אלו הם בעיקרם מקומיים וממטירים כמויות גשם גבוהות בפרקי זמן קצרים. באזור הערבה הצפונית ודרום ים המלח יורדים גשמים גם כתוצאה ממערכות גשם של השקע הקפריסאי המגיעות מהים התיכון. פריסתם של אירועי הגשם הללו לרוב רחבה יותר, והם גורמים לשיטפונות המתנקזים לדרום ים המלח.

לעומת שנות השבעים והשמונים במאה העשרים, שהיו גשומות באופן יחסי, השנים 1994–2009 היו יבשות למדי (איור 3) (Kafle & Bruins, 2009; Ginat et al., 2010). כמות המשקעים הממוצעת בשנים אלו הייתה בערבה הדרומית בין 10 ל-15 מ"מ ובערבה התיכונה והצפונית 30 מ"מ. במהלך אותן שנים פחת באופן משמעותי מספר השיטפונות, הן בערוצים הקטנים והן בנחלים הגדולים הזורמים לערבה.



איור 3: כמויות המשקעים בתחנות הערבה בתקופות שונות
(Ginat et al., 2010)

נדירים הרבה יותר הם אירועי גשם אזוריים, הממטירים משקעים בכל המרחב ושבעקבותיהם נוצרים לרוב שיטפונות בעוצמה חריגה. כזה היה אירוע הגשם ב־17-18 בינואר 2010, שנוצר על ידי מערכת חורפית גדולה במיוחד שהגיעה מהים התיכון ויתודלקה בלחות גבוהה ממרכז אפריקה ובאוויר קר מאירופה. מערכות גשם נוספות, הקשורות כולן בשקע הקפריסאי, גרמו למספר רב יחסית של שיטפונות במהלך חורף 2009-2010.

בעוד זרימת מים עיליים מתאפשרת ומתרחשת רק בעקבות אירועי גשם היוצרים שיטפונות, קיימים בערבה ובשוליה מי תהום רבים באקוויפרים המצויים ביחידות סלע שונות (איור 1):

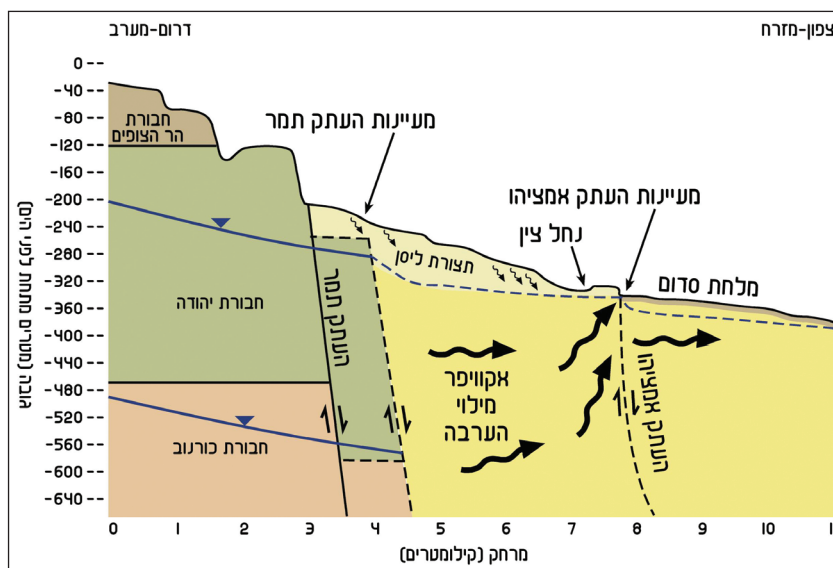
- א. אקוויפר המילוי בסחף הנחלי המוזן על ידי מי שיטפונות שזורמים בעיקר בנחלים הגדולים.
- ב. אקוויפר אבני החול האדומות שבסלעי חבורת חצבה, החשופות בערבה התיכונה והצפונית. מקור המים הוא מי שיטפונות וזרימת מים בתת־הקרקע משולי הבקע.
- ג. אקוויפר סלעי גיר וצור של תצורת מישאש, המצוי בעיקר בערבה התיכונה.
- ד. אקוויפר סלעי גיר ודולומיט של חבורת יהודה, המצוי בשולי הערבה לכל אורכה.
- ה. אקוויפר אבן החול הנובית העליונה של חבורת כורנוב. אקוויפר זה מכיל כמות גדולה מאוד (מיליארדי מ"ק) של מים פוסיליים מתקופות שבהן היה אקלים הנגב והערבה גשום יותר.
- ו. אקוויפר אבן החול הנובית התחתונה בסלעי חבורת ים סוף, המצויים בעומקים רדודים בעיקר בערבה הדרומית.

בין האקוויפרים השונים קיימים קשרים תת־קרקעיים, בעיקר לאורך שברים גאולוגיים הגורמים למעברי מים בתת־קרקע בין יחידות הסלע השונות. במקרים רבים המים זורמים לאורכם של שברים גאולוגיים שמציבים יחידות סלע שונות זו לצד זו.

מעיינות בערבה – היבטים הידרוגאולוגיים

את המעיינות בעמק הערבה (ראו לוח 1 להלן) ניתן לחלק על פי שלושה אזורים לאורכו, כשבכל אזור שתיים-שלוש קבוצות של מעיינות מסוגים שונים (Sherzer, 2010).

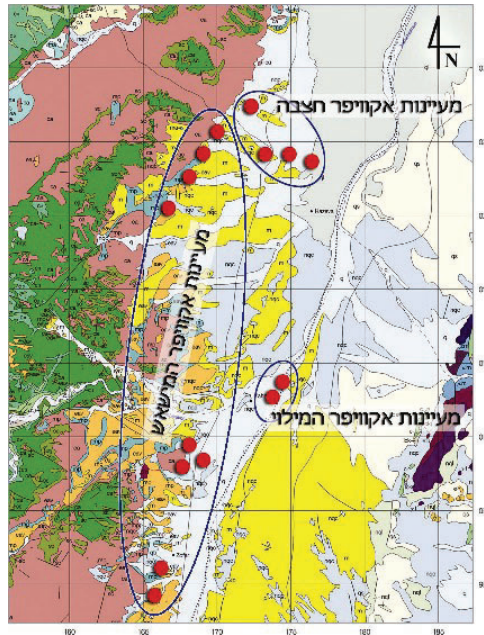
- א. מעיינות הסמוכים לשבר אמציהו, המפריד בין הערבה הצפונית למלחת סדום (עין תמר, עין הכיכר, עין פלוטיט). במעיינות אלה, הסמוכים לנאות הכיכר ומושב עין תמר, הייתה ספיקת המים בעבר גבוהה למדי והגיעה לכמה עשרות מ"ק בשעה. לאורך ההעתק יש מעיינות נוספים רבים ללא שם.
- ב. מעיינות המצויים דרומה יותר, סמוך להעתק תמר (עין אמציהו ועין עופרים). המעיינות באזור זה פורצים משכבה דקה של תצורת סמרה, הנמצאת בין חבורת חצבה לבין משקעי תצורת ליסאן. מקור המים ממזרח וממערב, בעיקר מאקוויפרים של חבורת יהודה וחבורת הר הצופים הזורמים בתת-הקרקע לכיוון אזור המעיינות, ואולי גם ממי שיטפונות. קווי ההעתק מאפשרים תנועה של המים אל אזורי המעיינות.



איור 4: גאווהידרולוגיה של עין תמר ועין אמציהו (בעקבות גוטמן ואחרים, 1999)

מעיינות הערבה התיכונה (איור 5)

- א. מעיינות בחבורת חצבה, בסמוך למרכז הערבה (עין ימלוח, עין חצבה, עין גדרון). המעיינות הללו שופעים מתוך אבני החול האדומות של חבורת חצבה. מקור המים קשור גם למילוי של מי שיטפונות וגם למילוי משולי הערבה, ממי תהום מאקוויפרים של חבורת יהודה וחבורת כורנוב. שברים מקומיים הם המאפשרים עליית מים מאקוויפרים אלו למעיינות בתצורת חצבה.
- ב. מעיינות בתצורת מישאש, בחלק המערבי של הערבה התיכונה בסמוך לרכס מחמל. באזור זה יש קמרים שבהן נחשפת תצורת מישאש, הבנויה מסלעי קרטון וצור. מעליה ומתחתיה מצויות יחידות סלע אטימות למים ועשירות בסלעי חרסית וחואר (תצורות מנוחה וטקיה). בסביבת המעיינות האלה יש שכבות עבות של טרוורטין, המעידות על ספיקה גבוהה הרבה יותר של מים בעבר הרחוק, כאשר האקלים היה לח וגשום יותר.
- ג. מעיינות באקוויפר החלוקים, בסמוך לנחל ערבה (עין מרזב ועין חופירה). מעיינות אלה ניזונים מאקוויפר המילוי. בעין חופירה נצפתה שפיעה מחודשת בפרק זמן קצר בעקבות השיטפון שהתרחש בינואר 2010.

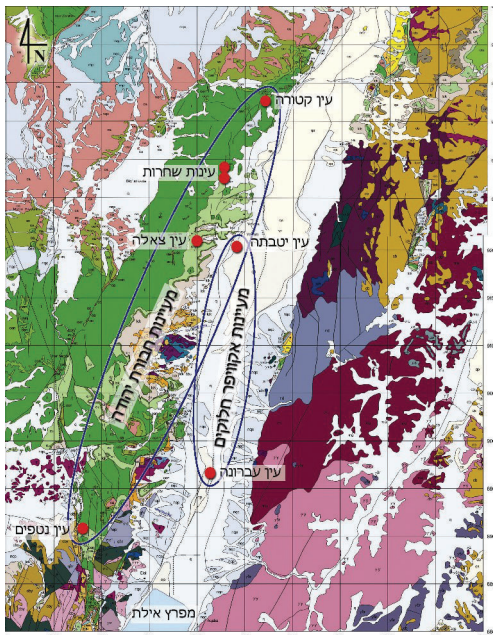


איור 5: מעיינות הערבה
התיכונה על גבי מפה גאולוגית
(Sneh et al., 1998)

מעיינות הערבה הדרומית (איור 6)

א. מעיינות שכבה של סלעים בחבורת יהודה (עין קטורה, עין שחרות, עין צאלה, עין נטפים). שפיעת המים, לרוב במחשוף לאורך מצוק, הייתה נמוכה למדי.

ב. מעיינות שבהם הייתה זרימת מים על פני השטח (עין יטבתה, עין עברונה). עדויות היסטוריות ממעיינות אלו מעידות על ספיקת מים גבוהה למדי, שאפשרה את קיומן של חוות חקלאיות. מעיינות אלה מצויים בסמוך למלחות יטבתה ועברונה וניזונים מאקוויפר המילוי, המקבל את מימיו הן ממי שיטפונות הזורמים אל מניפות הסחף והן מתרומה תת־קרקעית מאקוויפר חבורת יהודה ומאקוויפר אבן החול הנובית.



איור 6: מעיינות הערבה
הדרומית על גבי מפה
גאולוגית (Sneh et al., 1998)

לוח 1: נתונים הידרולוגיים של מעיינות בערבה (Sherzer, 2010)

שם המעיין	מיקום	ניזון מאקוויפר	ספיקת מים בשנות החמישים (מ"ק שעה)	ספיקת מים בשנת 2010 (מ"ק שעה)	הגורם העיקרי להתייבשות
עין תמר	כיכר סדום	אקוויפר המילוי בסמוך לשבר אמציה	70-60	2	שאיבת מי תהום
עין אמציה	כיכר סדום מערב	אקוויפר חצבה סמוך לשבר תמר	2	0.0005	שנות היובש
עין חצבה	סמוך למושב עין חצבה	אקוויפר חצבה	10-5	יבש (משנת 1965)	שאיבת מי תהום
עין רחל	שוליים מערביים של ערבה תיכונה	אקוויפר תצורת משאש	5-3	יבש	שאיבת מי תהום
עין חופירה	סמוך לנחל ערבה	אקוויפר המילוי, נחל ערבה	אין נתונים	יבש (כנראה משנות השישים)	שאיבת מי תהום
עין קטורה	לאורך המצוק סמוך לקיבוץ לוטן	אקוויפר חבורת יהודה	0.003	יבש	שנות היובש
עין יטבתה	סמוך למלחת יטבתה	אקוויפר המילוי	זורמים בסמוך לפני שטח	בבאר בעומק 10 מטרים	שאיבת מי תהום
עין נטפים	בהרי אילת	אקוויפר חבורת יהודה	0.3	0.0003	שנות היובש

מעיינות הערבה – היבטים ארכאולוגיים והיסטוריים¹

פעילות אנושית בעמק הערבה התקיימה כנראה כבר בתקופות הפליאולית התחתון והתיכון, כאשר התאפשרה בו תנועת הומינידים קדמונים צפונה. עדויות לכך הם כלים של האדם הקדמון שנמצאו במספר אתרים בערבה, בשטח ישראל ובירדן. פעילות בהיקף גדול הרבה יותר מתקיימת מתקופת הנאולית וכנראה באופן רציף עד היום. לאורך עמק הערבה ובניצב לו היו דרכי מעבר פעילות מדרום לצפון וכן גם ממזרח למערב, ביניהן למשל דרך הבשמים. ממצאים רבים מהתקופה הכלקוליתית ולאחר מכן מתקופת הברונזה קשורים לפעילות תעשייתית של הפקת נחושת בתמנע ובפינאן. פעילות זו התאפשרה בזכות זמינותם של מים, ואלו היו בכמות סבירה במעיינות בערבה. ואכן, ריכוזי הממצאים הארכאולוגיים הגדולים ביותר מצויים ליד המעיינות. בעין יטבתה אף השתמשו במים בתקופה הרומית לצורכי בית מרחץ (משל, 1990).

בתקופה המוסלמית, לפני כ-1,300 שנה, נעשה שימוש נרחב במי המעיינות, שנוצלו לצורכי השקיה ופעילות חקלאית מסודרת. מערכות של בארות שרשרת (פוגארות) ותעלות מים אפשרו ניצול של מי תהום רדודים בסמוך למעיינות. בתקופת המנדט הבריטי פעלו בכמה מאתרי המעיינות תחנות משמר (עין חצבה, עין יהב, עין יטבתה).

לאחר קום המדינה החלו להתפתח באתרים הללו יישובים שזכו למים זמינים בכמות מספקת ובאיכות טובה. מים אלה מקורם כאמור באקוויפרים השונים. חברת 'מקורות' היא שמבצעת את שאיבת המים, אספקתם ליישובים והובלתם לאילת. בצדו הישראלי של עמק הערבה, באזור שבין כיכר סדום למפרץ אילת, חיים כיום כ-7,000 איש בהתיישבות כפרית, והם עוסקים בעיקר בחקלאות. הגידולים הנפוצים בערבה הם פלפלים ותמרים, הצורכים כמויות גדולות של מים. מרבית המים המשמשים את תושבי העיר אילת מגיעים מקידוחי מים בנגב ובערבה.

1 לסקירת הארכאולוגיה הפרהיסטורית לאורך בקעים המלח, ראו מאמרו של גונן שרון בקובץ זה.

מעיינות מייצגים

תיאור מפורט של מעיינות מייצגים בערבה מאפשר הבנה טובה יותר של הרקע הטבעי לשפיעת מים באזור מדברי צחיח קיצון באתר מסוים, של הפעילות האנושית שהתקיימה לאורך ההיסטוריה ושל השינויים שחלו בששת העשורים האחרונים.

עין תמר (נ"צ 223.480/543.942)

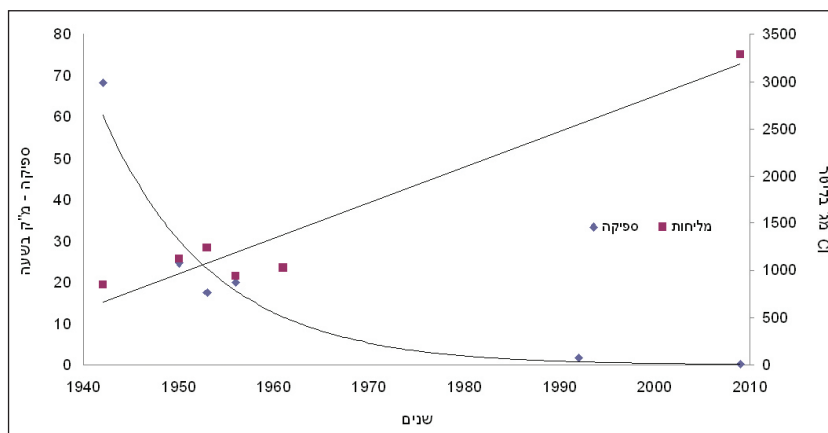
המעין נמצא בין מלחת סדום למצוק של חוואר הלשון, בסמוך לכביש המוביל אל נאות הכיכר, בגובה טופוגרפי של 366 מטר מתחת לפני הים. הוא ממוקם בסמוך לשבר אמציה (איורים 3 ו-7).

שפיעת המים שנמדדה במעין עין תמר בשנות הארבעים והחמישים של המאה העשרים הגיעה עד 60 מ"ק לשעה (איור 8). שפיעה זו ירדה באופן ניכר, ולאחרונה, בשנת 2010, נמדדה ספיקה של 2 מ"ק לשעה בלבד. במקביל עלה שיעור המליחות של המים עד פי חמישה וריכוזו היום מעל 3,000 מ"ג כלור לליטר, לעומת פחות מ-1,000 מ"ג כלור לליטר בעבר.

מקור המים במעין הוא בהזנה תת־קרקעית של מים מחבורות יהודה והר הצופים, וכנראה גם במילוי חלקי של האקוויפר באזור זה על ידי מי שיטפונות הזורמים לים המלח מדרום וממערב. השינוי בכמות המים במעין קשור קרוב לוודאי בשאיבות מים באזור, בעיקר בבארות שאיבה של מפעלי ים המלח.



איור 7:
עין תמר



איור 8: עין תמר – שינויים בספיקת המים וברמת המליחות בשנים 2010-1944

עין חצבה (עין חוצוב) (נ"צ 223.436/524.244)

המעין נמצא כחצי ק"מ מערבית לכביש הערבה, בסמוך לעיר אובות שבערבה הצפונית. ספיקת המים שנמדדה בשנות הארבעים והחמישים של המאה העשרים נעה בין שלושה לעשרה מ"ק לשעה, ומליחות המים הייתה 360 מ"ג כלור לליטר. המעין יבש החל מאמצע שנות השישים. התייבשותו קשורה בשאיבת מי התהום שהחלה באותה תקופה. את מצב הנביעה כיום ניתן לראות באיור 9. המעין ניזון מאקוויפר המצוי בסלעי חבורת חצבה, בחלקי חתך שבהם יש חילופים של שכבות אבן חול אדומה וחרסית. מקור המים שבסלעי חבורת חצבה הוא בורימות תת־קרקעיות של מים מאקוויפר אבן החול הנובית (כורנוב) והאקוויפר של חבורת יהודה. ייתכן שגם מילוי חוזר במי שיטפונות תורם למעין באופן חלקי.

באזור המעין נבנתה מצודה כבר בתקופת הברזל. ממצאים ארכאולוגים מעידים על פעילות בתקופה הנבטית, בתקופה הרומית ובתקופה האסלאמית. חשיבותו של האתר בדרכים שעברו דרכו מהרי אדום לכיוון הים התיכון ולאורך הערבה.



איור 9: ברכת מים בעין חצבה (בשנות השישים וכיום)

עין יטבתה (עין רדיאן) (נ"צ 204.348/421.252) זהו מקור המים העיקרי בערבה הדרומית. הוא נמצא בחלקה הצפוני של שמורת החיבר, 500 מטר מזרחית לכביש הערבה וכשני ק"מ דרומית לקיבוץ יטבתה. המעיין מצוי בשוליים הצפון-מערביים של מלחת יטבתה. שפיעת המים של המעיין הייתה בצורת זרימה על פני השטח, החרסיתיים בעיקרם. עדויות היסטוריות רבות מלמדות כי החל מסוף המאה התשע עשרה זרמו מים על פי השטח ונאגרו

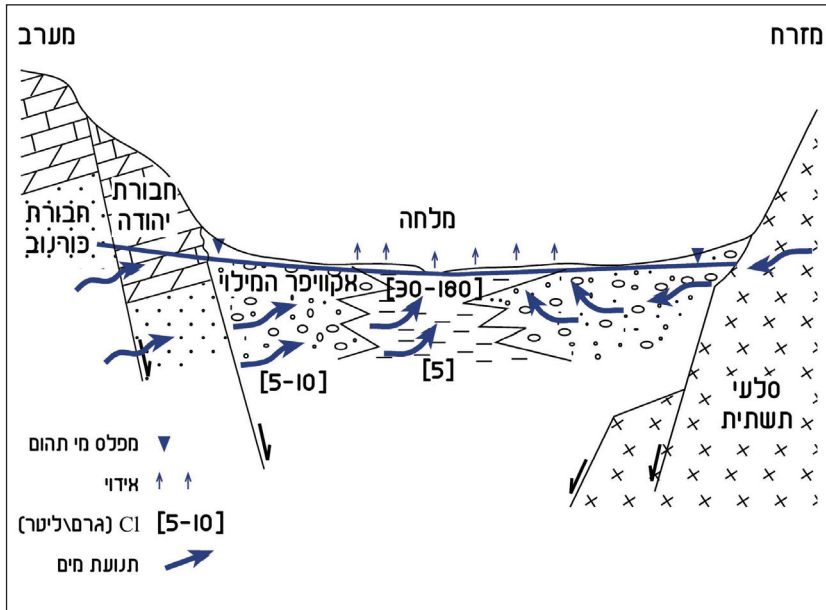
בברכות (איור 10) (משל, 1990). ספיקת המים הגיעה לכמה עשרות מטרים מעוקבים בשעה. על פני השטח נמצאו שרידים של עשרות שבלולים של מים מתוקים, המעידים על מים מתוקים שזרמו על פני השטח.



איור 10: עין יטבתה, תצלום שחור-לבן מסוף המאה התשע עשרה ותצלום היום (בעקבות משל, 1990)

מקור המים במעיין עין יטבתה הוא ככל הנראה בזרימה תת־קרקעית של מים מהאקוויפרים של חבורת כורנוב ושל חבורת יהודה (איור 11). כמו כן יש מילוי חוזר של אקוויפר החלוקים, הניזון ממי שיטפונות. מקור המלחים הוא בחומרי הבליה של הסלעים שנסחפו בשיטפונות לכיוון בסיס הסחיפה, שהוא מלחת יטבתה. מלחה (סאבחה) הוא שטח מישורי ללא ניקוז וחסר צומח, ומליחות הקרקע שלו גבוהה מאוד בשל התאיידות המים העומדים בו והישארות המלחים על פי השטח.

בעומק שלושה מטרים מתחת לפני השטח נמצא טרורטין שגילו תוארך בכ־30 אלף שנה. שכבת הטרורטין העבה מעידה כנראה על שפיעת מים גבוהה באותה תקופה. סלעי טרורטין נמצאו גם כקילומטר אחד מערבית למעיין, והם מלמדים על מעיינות ששפעו בתקופות קדומות לאורך חלקו התחתון של המצוק.



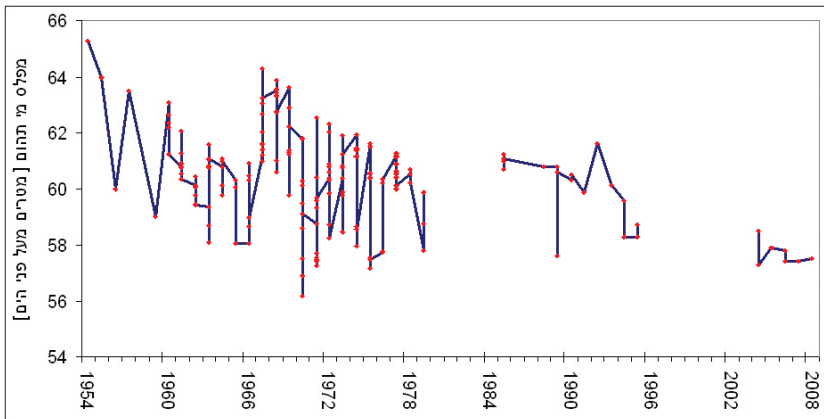
איור 11: תיאור גאوهידרולוגי של עין יטבתה

ממצאים ארכאולוגיים במעיין ובסביבתו מעידים על פעילות אנושית רבה באזור החל מלפני 7,000 שנה (Avner, 2002). פעילות זו החלה בתקופה הכלקוליתית ובתקופת הברונזה והתבססה על תעשייה קדומה של נחושת שהובאה מתמנע הסמוכה והופקה באתר הנמצא בסמוך למעיין. נראה שיושבי המקום נעזרו במקור המים להתיישבות וייתכן שאף עשו שימוש בצמחייה לצורך הפקת חומר הבעירה שנדרש לייצור הנחושת. צפונית-מערבית למעיין נמצאת מצודה רומית שהיה בה גם בית מרחץ. מקור המים כאן לא היה בעין יטבתה אלא במעיינות שכבה סמוכים, ועדות לכך הן בין השאר ברכות מים מתקופה זו המצויות למרגלות המצוק. כתובת רומית מהמאה השלישית לספירה המזכירה את הקיסר דיקלטיאנוס מעידה על כך שהמצודה שימשה תחנת מעבר חשובה.

בתקופה הערבית התקיימה במקום פעילות חקלאית ענפה, והחקלאים נעזרו בבארות ששרשרת שעזרו ללכוד את מי התהום לפני הגיעם למלחה. בשנת 1951 הוקמה באזור המעיין היאחזות נחל שהפכה לימים לקיבוץ יטבתה. משנת 1957 ואילך קיימת ירידה הדרגתית במפלס מי התהום ומליחותם עולה.

בשנות השישים נמדדו בשולי המלחה מפלסים בעומק של שניים עד ארבעה מטרים, ואילו בשנת 2009 נמצא מפלס מי התהום בעומק של 10.5 מטר מתחת לפני השטח (איור 12).

עיקר הירידה במפלס המים נגרם משאיבות מים באזור המעיין, אך ייתכן שחלק מהירידה קשור גם במיעוט השיטפונות ובמיוחד בשנות היובש בערבה הדרומית (1994–2009). סלילתו של כביש הערבה יצרה סכר ששינה את מסלולי זרימתם של מי השיטפונות, עובדה שככל הנראה תרמה אף היא לירידת המפלס.



איור 12: קידוח יטבתה 2 – מפלס מי התהום בשנים 1960–2009

עין נטפים (נ"צ 188.163/389.957)

המעין נמצא בהרי אילת, בגובה 500 מטר מעל פני הים. זהו מעין שכבה בחלק התחתון של סלעי חבורת יהודה. בבסיסו שכבות של חוואר, והוא שופע מסלעי גיר הנחשפים במצוק בסמוך למפל בנחל נטפים. מספר מטרים מעל המפל מצוי טרוורטין, המעיד על תקופות של זרימת מים רציפה שאפשרה את השקעתו. בשנת 1952 נמדדה במעין שפיעה של 0.3 מ"ק לשעה. כמות זו הספיקה לנחלאים בהיאחוות הנחל שהתיישבו במקום בראשית שנות החמישים לגדל עגבניות בהשקיה של מי המעין. בשנת 2010, לעומת זאת, נמדדה בו ספיקה של 0.003 מ"ק לשעה. באזור אין כלל קידוחי מים, ולפיכך השינוי המשמעותי בשפיעת מי המעין הוא ללא ספק תוצאה של שנות היובש שפקדו את האזור החל מראשית שנות התשעים.

השינויים בשפיעתם של מעיינות הערבה - סיכום

ההיסטוריה הגאולוגית מלמדת כי בתקופת הנאוגן הייתה שפיעה נרחבת של מעיינות מים בערבה ובשוליה. עדות לפעילות זאת הם סלעי טרוורטין, שהושקעו על ידי מים מתוקים שזרמו על פני השטח, ומאובני שבלולים וצדפות מהסוגים המוכרים כיום במעיינות ובאגמי מים מתוקים. בעקבות המעבר מאקלים לח יותר בפליסטוקן אל אקלים צחיח קיצון בתקופת ההולוקן לא הייתה השקעה נוספת של טרוורטין. ואולם, גם מהתקופה הנאוליטית ועד קום מדינת ישראל הספיקה השפיעה במעיינות לקיומה של התיישבות ולעתים אף לפעילות חקלאית, שבה השתמשו במים שנבעו וזרמו על פני השטח. שרידים לכך הן מערכות המים הקדומות שנמצאו ברוב המעיינות.

מתוך כ־30 מעיינות שהיו פעילים בערבה ובשוליה המערביים בשנות החמישים יש כיום שפיעה רק ב־13. שאר המעיינות יבשים לגמרי, וברובם אין אפילו סימנים ממשיים של רטיבות. שפיעת המים במעיינות שעדיין פעילים נמוכה בעשרות אחוזים בהשוואה לזו שנמדדה לפני כחמישים שנה. התיישבות זו של המעיינות ניכרת בכל סוגי המעיינות ולכל אורך הערבה, והיא מתבטאת גם בהתיישבות הדרגתית של מרבית הצומח הטבעי שבאזור המעיינות.

להתיישבות המעיינות והשינויים המשמעותיים בספיקת המים שני גורמים עיקריים:

א. 15 שנות יובש רצופות בשנים 1994–2009 (איור 2), שבהן ירדה כמות המשקעים הרב שנתית בשיעור של 20%–50%. בתקופה זו הייתה גם ירידה משמעותית במספר השיטפונות ובעוצמתם. אירועי הגשם היו בשטחים מצומצמים, ולא היה אף אירוע אחד על פני המרחב כולו. כתוצאה מכך התיישבו כמעט לחלוטין מעיינות השכבה בשולי הערבה התיכונה (מתוך אקוויפר תצורת מישאש) ובשולי הערבה הדרומית (מתוך אקוויפר חבורת יהודה). חורף 2010 היה גשום במיוחד, ובמקומות אחדים התחדשה שפיעת המים, אולם זאת רק לפרק זמן קצר (לדוגמה, בעין חופירה שבערבה התיכונה).

ב. מפלסי מי התהום באקוויפרים לכל אורך הערבה ירדו ב־5–10 מטרים. הגורמים העיקריים לירידה זו הם שאיבת מים מאקוויפר המילוי ומאקוויפר חצבה והקמתם של מאגרי מים בערבה התיכונה לאורך נחל ערבה. לכך יש

להוסיף את מיעוט השיטפונות בשנים 1994-2009. דוגמה בולטת היא עין יטבתה (רדיאן), שבו זרמו מים על פני השטח בתחילת המאה העשרים, ואילו כיום מפלס מי התהום הוא כעשרה מטרים מתחת לפני השטח. יחד עם ירידת המפלס חלה גם עלייה במליחות המים.

אין באפשרותנו לצפות מראש את אירועי הגשם והשיטפונות בשנים הקרובות, אך נראה שגם אם לפנינו סדרה של שנים גשומות, אין בכך די כדי להציל את המעיינות. על מנת לשמור ולו במעט על שפיעת המים במעיינות ועל הצומח הטבעי אין כנראה מנוס מהתערבות לשם שמירה על הקיים. יש להפוך את המעיינות לאתרים שראוי לבקר בהם וללמוד באמצעותם על המים בערבה ועל הפעילות האנושית שהתאפשרה בעבר בזכות המעיינות הללו.

רשימת מקורות וקריאה נוספת

אינמר, ל. 1999. 'טרוורטינים בערבה הצפונית והמרכזית: סטרטיגרפיה, פטרוגרפיה וגאוכימיה', עבודת מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים.
בייט, מ., שגב ע. וברטוב י. 1999. 'המפה הגאולוגית של באר אורה בקנה מידה 1:50,000', ירושלים: הוצאת המכון הגאולוגי, משרד התשתיות.
גוטמן, י., בורג, א., ליפשיץ, א., לומלסקי, ש. וצוקרמן, ה. 1999. מודל מושגי ומספרי של אקוויפרים בעמק הערבה. דו"ח תהל, תל אביב.
גרפונקל, צ. 2006. 'הטקטוניקה של טרנספורם (בקע) ים המלח, מלח הארץ 2: 20-1.

משל, ז. 1990. נווה יטבתה – תולדותיו, נופיו ואתריו. בהוצאת המועצה האזורית חבל אילות והוצאת אריאל.

Avner, U. 2002. 'Studies in the Material and Spiritual Culture of the Negev and Sinai Population During the 6th-3rd Millennia B.C.', Ph.D. Dissertation, The Hebrew University, Jerusalem.

Bentor, Y.K. & Vroman, A. 1957. 'The Geological Map of Israel, Scale 1:100,000, Sheet 19: Arava Valley, with Explanatory Notes', *Geological Survey of Israel*. Jerusalem: Government Printer.

- Ginat, H., Shlomi Y., Batarseh S. & Vogal J. 2010. 'Reduction in Precipitation Levels in the Arava Valley (Southern Israel and Jordan) 1949–2009', Dead Sea and the Arava Science Center, Electronic Website.
- Kafle, H.K. & Bruins, H. J. 2009. 'Climatic Trends in Israel 1970–2002: Warmer and Increasing Aridity Inland', *Climatic Change* 96 (1–2): 63–77.
- Livnat, A. & Kronfeld, J. 1987. 'Travertines of the Arid Regions, Oxygen Isotope Stages and Late Quaternary Climate of Israel', *Quaternary Research* 27 (1): 106–107.
- Sherzer, Z. 2010. 'The Springs in the Arava Valley: Changes through Time – Climatic Influence and Modern Human Impact', M.Sc. Thesis. Ben Gurion University, The Albert Katz International School for Desert Studies.
- Sneh, A., Bartov Y. & Rosensaft M. 1999. 'Geological Map of Israel (Sheets 3 and 4)', *Geological Survey of Israel*. Jerusalem: Ministry of National Infrastructures.