

מחקרי ארץ יהודה

אסופת מאמרים
לזכרו של דוד עמית

קובץ ג

עורכים:

יחיאל זלינגר • אורי ישי

הוצאת ספרים 'עציון'
בית ספר שדה כפר עציון

תשע"ט (2019)



תוכן העניינים

5	בפתח הקובץ
7	הקדמה
9	רועי פורת, דוד עמית, עמוס פרומקין, מיקה אולמן ובוועז לנגפורד
33	מערות ואדי חריטון - נחל תקוע רפאל לואיס ושמעון גיבסון
47	לחשוב מחוץ לקופסה: חלקות קופסה, ספלולים, טרסות וראשית הבוסתנאות בהרי יהודה דניאל עין-מור, בנימין טרופר, דנית לוי ואנט לנדס-נגר
73	חידושים בתמונה היישובית לאורך הדרך אמאוס- קריית יערים-ירושלים רחל בר נתן ואורית פלג-ברקת
93	פאר מלכים: ארמונות החורף ביריחו והשושלת החשמונאית אשר גרוסברג
135	מקוואות הרודיון עזריאל יחזקאל, בנימין טרופר, בוועז לנגפורד, רועי פורת ועמוס פרומקין
153	מערכת המים הקדומה בעין פעור יוחנן בן יעקב
181	"שאלת הבחורה": שורשיו של אתוס החברה המשותפת והצנועה בקבוצת אברהם ובכפר עציון שוקי שריר
203	תודעת השואה והשפעתה במלחמת הקוממיות: גוש עציון כמקרה בוחן בנימין טרופר
227	דילמות הלכתיות במצור על גוש עציון במלחמת העצמאות יוסי שפנייר
	בית המרגוע במשואות יצחק בשנים תש"ו-תש"ז (1946-1947): היבטים תרבותיים וחברתיים

239	התהוות יישובי פרוזדור ירושלים לנוכח אתגרי הביטחון: 1948-1951	נדב פרנקל
265	חידושים בשדה הקרסט של אגן עפרה: שדה הקרסט המוכלל הדרומי בלבנט	בועז לנגפורד, עמוס פרומקין, אליהו ולדמן, שמש יערן, ולדמיר בוסלוב ויורי ליסוביץ'
281	האב ארנסט שמיץ: כוהן דת וזואולוג בארץ הקודש	יוסי לשם, חיים גורן וחנה עמית
293	קיננון, תנועה ונדידה של עופות דורסים גדולים בשפלת יהודה	גלעד פרידמן, יוסי לשם, גיל בורר, קריסטל מקליין, אבי בר-מסדה, בעז שחם, ליאור כרם ועדו יצחקי
301		רשימת משתתפים

חידושים בשדה הקרסט של אגן עפרה: שדה הקרסט המוכלל הדרומי בלבנט

בועז לנגפורד, עמוס פרומקין, אליהו ולדמן, שמש יערן,
ולדמיר בוסלוב ויורי ליסוביץ'

תקציר

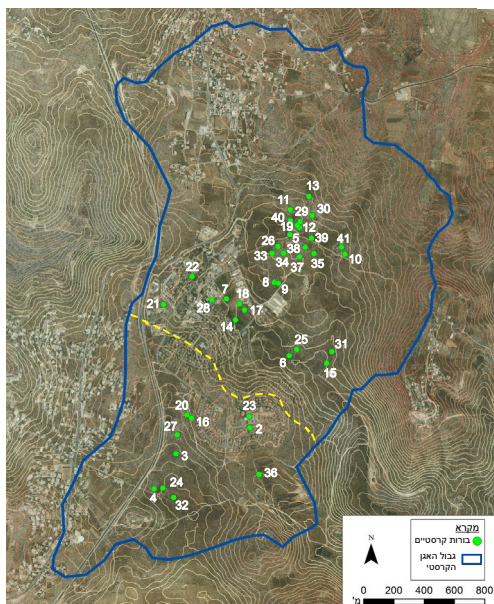
שדה הקרסט של עפרה בחבל בנימין הינו אגן סגור ששטחו כ־5 קמ"ר הנמצא במרכז גב ההר של ישראל, על קו פרשת המים הארצי. באגן מתקיימים תנאים הגורמים לעיצוב פני השטח על ידי תהליכים קרסטיים. כך נפוצים בשטח האגן טרשים, טרשוניס, דולינות, קמינים ובורות. האחרונים אחראיים על ניקוז הנגר אל תת הקרקע ולהמעטת הנגר העילי, דבר המתאים להגדרת הקרסט המוכלל. התופעות הקרסטיות הנזכרות, המיוצגות באגן עפרה, נפוצות יותר מצפון למרכז גב ההר. כך אגן עפרה מייצג את הגבול הדרומי של התופעה בלבנט.

הבורות נחקרים בעפרה כבר מאמצע שנות ה־70 וכיום מוכרים 41 בורות, שהעמוק שבהם חודר לעומק של יותר מ־100 מטרים מתחת לפני הקרקע. הכרת הבורות חשובה להבנת התופעה הקרסטית ועוצמתה, אך גם להבנת הזיקה שבין הבורות להתיישבות הסמוכה להם בכל הקשור בזיהום העלול לחדור אל מי התהום. מאמר זה סוקר את המאפיינים הקרסטיים של אגן עפרה ומציג את הבורות הקרסטיים המוכרים בו.

רקע מרחבי

שדה הקרסט של עפרה התפתח באזור רמתי מתון במרכז גב ההר של ארץ ישראל. האזור נחשב למעבר בין הרי יהודה להרי שומרון, המתבטא במעבר מגב ההר המאופיין במבנה במתי, לאזור חרוץ המבותר על ידי עמקים (ניר 1989). הפסגות בסביבה מתנשאות עד גובה של 1019 מ' מעל פני הים, בעוד שדה הקרסט עצמו נמצא בגובה של 800–820 מ' מעל פני הים. השטח הקרסטי התפתח כאגן סגור המוקף במגבהים טופוגרפיים מכל עבריו: במזרח ובדרום קו פרשת המים של אגן ים המלח, במערב ובצפון קו פרשת המים של אגן הים התיכון — ואדי חרמיה. שטח אגן הקרסט בעפרה הינו כ־5 קמ"ר, והוא מחולק לשני אגני משנה: אגן דרומי ששטחו כ־1 קמ"ר, ואגן צפוני ששטחו כ־4 קמ"ר (איור 1). הסלע מופיע על פני השטח כטרשים מפותחים ובלטי סלע חשופים. כיסוי קרקע של טרה רוסה חומה מופיע בינות לבלטי הסלע וכן כמילוי של שקעי המסה רדודים (דולינות), בהם מצטברת הקרקע לעובי של מטרים אחדים.

האקלים האזורי הוא ים־תיכוני יבש למחצה, עם ממוצע משקעים של 500 מ"מ בשנה. המשקעים מופיעים בעיקר כגשמי חורף עם תוספת של שלגים מועטים. הצמחייה



איור 1: מפה טופוגרפית של אגן עפרה עם מיקום פתחי 41 הבורות שנתגלו עד כה. הקו הכחול מציג את גבולות האגן הקרסטי ששטחו כ-5 קמ"ר. קו צהוב מרוסק מציג את חלוקת האגן לשני תתי אגנים צפוני ודרומי. (עיבוד GIS: עמרי גסטר)

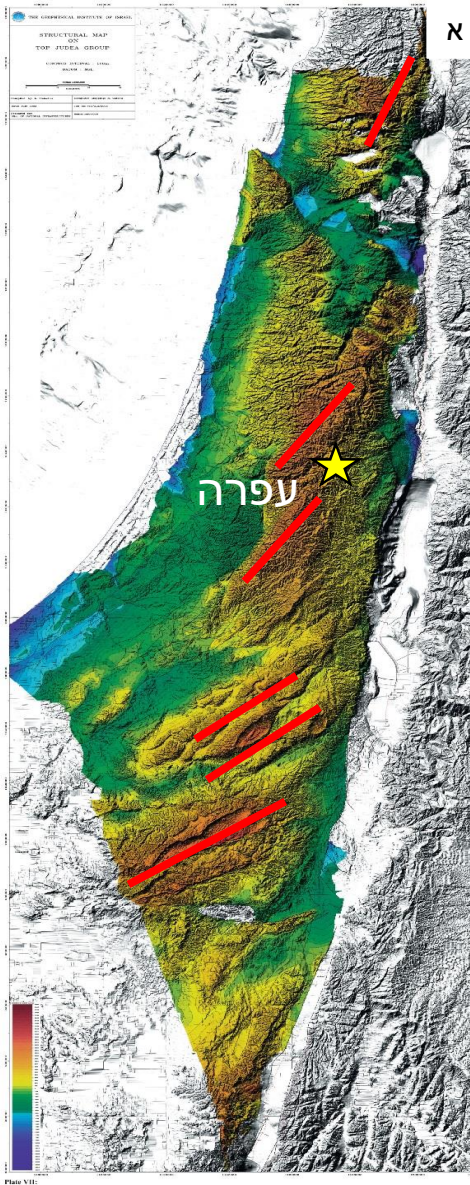


איור 2: הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב בתחתית בור רחל

מתאפיינת בכיסוי דליל של חברת סירה קוצנית-שיבולת שועל נפוצה (ויזל וחובריו 1975). עצים ושיחים מחברות צומח ים-תיכוניות מיוצגים בפרטים מעטים ומדוכאים. ליטב (1961) הבחין כי באזורי ההר של ארץ ישראל בעלי תנאים דומים לאגן עפרה, התקיימה בעבר חברת צומח של אלון מצוי-אלה ארץ-ישראלית, אשר הוחלפה בחברת הצומח הנוכחית עקב פעילות האדם.

רקע גיאולוגי

האגן מורכב ממסלע קרסטי של תצורת עמינדב (Itzhaki et al 1964), התחום בין יחידות סלע לא קרסטי של תצורות בית מאיר ומוצא (שכנאי 2000). עובייה של תצורת עמינדב באזור עפרה משתנה בין 120–160 מ', כאשר ישנו קושי במדידת עובי היחידה בתוך האגן (פרומקין 1984). תצורה זו מורכבת בעיקרה מדולומיט מסיבי ומעט גיר, כאשר באזור מוגבל מצפון-מזרח לרמאללה מופיע בחלקה התחתון פרט משוכב עד למינרי (איור 2), המכיל מאסף מאובנים ייחודי: דגים, נחשים, לטאות, צבים, פטרוקטילוס (דינזאור מכוּנף) ומספר סוגי צמחים (פירוט המאסף מובא על ידי Scanlon et al. 1999). בשל הימצאות המאובנים, הלימוד של הפרט הלמינרי בתצורת עמינדב נעשה במיוחד במסגרת המחקר הפליאונטולוגי, ולא רק במסגרת המיפוי הגיאולוגי. בהתאם לליתולוגיה של תצורת עמינדב, הכוללת בעיקר דולומיט מסיבי, הוצע על ידי Begin (1975) שהתצורה הושקעה בים רדוד



איור 3: מיקום אגן עפרה על גבי מפה סטרוקטורלית של גג חבורת יהודה. הקווים האדומים מייצגים מבנים עיקריים לאורך הקשת הסורית בגבולות ישראל (מקור: המכון הגיאופיסי 2003). ניתן לראות את מיקום האגן על גבי במת ההר, ממזרח לציר קמר רמאללה

א

בעל מליחות גבוהה. עם זאת, בהתאם למאסף המאובנים, הציעה Chalifa (1985) כי הפרט הלמינרי מייצג סביבת השקעה של מפרץ ימי רדוד, החסום חלקית על ידי ריף ועם קשר טוב לחוף.

מהבחינה הסטרוקטורלית נמצא האזור במפנה הדרום-מזרחי של קמר רמאללה, כ-12 ק"מ ממזרח לציר הקמר (איור 3). קמר זה הינו חלק ממבני הקשת הסורית. צירו נמשך בכיוון צפון-מזרח-דרום-מערב, כאשר המפנה הדרום-מזרחי תלול ביחס לצפון-מערבי. גידוע מסוף האיאוקן ולאורך האוליגוקן (23–34 מיליון שנה לפני ההווה), יחד עם התרוממות הדרגתית, הובילו ליצירת אזור רמתי בעל טופוגרפיה מתונה ביותר ולחשיפת תצורת עמינדב. במהלך המיוקן (23–5.3 מיליון שנה לפני ההווה), ובעיקר בתחילת התקופה, עברה שדרת ההר הרמה כבלוק אחיד, ללא תוספת קימוט באורך גל קצר, כך נשאר אזור עפרה מתון ובעל אופי רמתי החל מחשיפתו הראשונית ועד היום (בר וחובריו 2006).

הקרסט המוכלל

לסיכום התנאים המתוארים בפרקים הקודמים, באזור עפרה ישנה חשיפה של סלע קרסטי, שמאז האוליגוקן שומר על טופוגרפיה מתונה ועל אופי רמתי, וזאת יחד עם תנאי אקלים ים-תיכוני וכיסי צומח מפותח (לפחות בעבר, טרם התערבות האדם). צירופם של תנאים אלו מאפשר את התפתחותו ואת קיומו של שדה הקרסט הקיים במקום, בו כמעט כל עיצוב פני השטח

נשלט על ידי פעילות קרסטית, והנגר מנוקז בעיקר לתת הקרקע. בשונה מהמוכר ממערכות ניקוז של נגר עילי, מערכת הניקוז באגן עפרה אינה יוצרת ערוצים מסועפים על פני השטח. המים מתנקזים לתת הקרקע במהירות דרך קמינים ובורות קרסטיים, המאפשרים לנגר להגיע אל מי התהום בזמן קצר (פרומקין 1982; 1984). מצב זה עונה בדיוק רב להגדרתו של קרסט מוכלל או Holokarst (Field 2002). בישראל ושכנותיה ישנן דוגמאות אחדות לשדות קרסטיים מפותחים, כשהבולטים שבהם הם פקיעין ומירון (זיידנר וחובריו 1984). התופעה הולכת והופכת שכיחה יותר ויותר מצפון לגליל, החל מאזור החרמון הגבוה (מירון 1990), דרך הר הלבנון (Edgell 1997) ועד הפרובינציה הקרסטית של אנטליה שבהרי הטאורוס (Atalay 2016). המיוחד בשדה הקרסט של עפרה הוא במיקומו הגיאוגרפי והאקלימי, המציב אותו כשדה הקרסט המוכלל הדרומי ביותר בלבנט (Frumkin et al. 2017).

מאפייני הקרסט של אזור עפרה

האופי הקרסטי של אגן עפרה בא לידי ביטוי בתופעות בסדרי גודל שונים: מיקרומורפולוגיות, דוגמת המסת פני שטח ועד טרשים מפותחים, ומזומורפולוגיות, דוגמת דולינות ובורות קרסטיים (איור 4 א–ד). פיזורם האקראי של משקעי מערות המופיעים על פני השטח וכן קיומם של בולענים מקומיים, גם הם חלק מאופי הקרסטי של האגן. כל אחת מהתופעות הללו מלמדת על צדדים שונים בהתפתחות האגן, אך כולן קשורות במודל הניקוז התת קרקעי. הבולטים ביותר בהקשר זה הם הבורות הקרסטיים, אשר מורכבים במקרה קצה אחד מחלל פשוט של קמין או חדרון, ובמקרה קצה אחר ממערכת של קמינים אנכיים, מחוברים או מקבילים, עם מקטעים תת אופקיים של קניונים קצרים (איור 5). הבורות הקרסטיים שבאגן עפרה נחקרו לראשונה כבר בשנות ה־70 על ידי המרכז לחקר מערות (מלח"ם), בהובלתו של עמוס פרומקין (1984). בעבודה זו נתגלו ותועדו 11 בורות שהמפותח והעמוק שבהם הוא הבור הסיני. הבור, שעומקו כ־60 מ', שימש כמעבדת שדה בלמידת התפתחותם של קמינים קרסטיים. בורות אחדים התגלו בשנים שלאחר מכן, כשב־2006, עקב התפתחות שיטות העבודה, החל רצף גילויים בהובלתם של אליהו ולדמן וולדמיר בוסלוב. כיום מוכרים בשטח האגן 41 בורות, שעומקם מ־5 מ' ועד 103.5 מ'. עיקר הבורות, וכן המפותחים שבהם, נמצאים במרכז חלקו הצפוני של האגן, ומקצתם בחלקו הדרומי (איור 1).



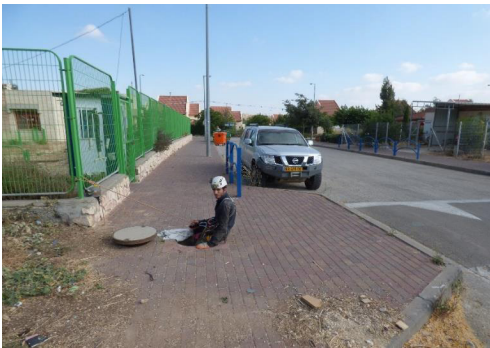
איור 4א: פני השטח באגן עפרה. מבט כללי על צפון האגן. צולם ממזרח למערב



איור 34: פתח בור צמד (מתחת לעץ) בלב שדה טרשים מפותח



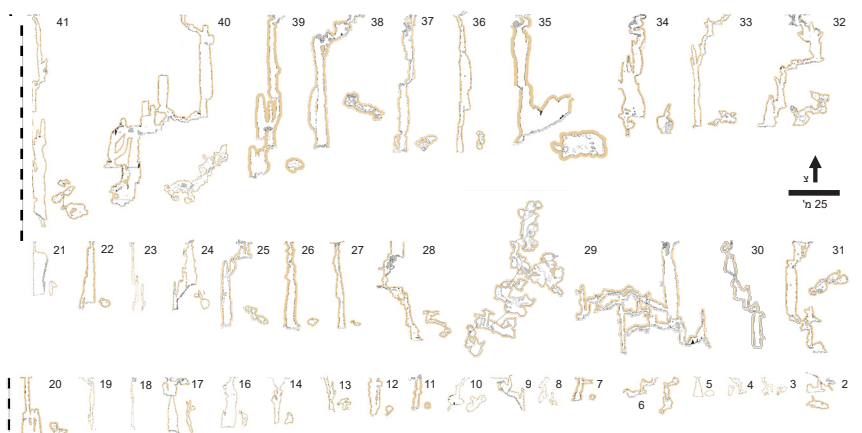
איור 34: פתח בור נטע בדולינה מכוסה קרקע



איור 34: פתח בור השלוחה שנמצא כיום בתוך גבולות היישוב. הסדרת הפתח במכסה ביוב מאפשרת את שימור הבור יחד עם מניעת סכנה לתושבים

הכניסה לחללי הבורות נעשית לרוב דרך מעברים צרים בשכבת סלע אי רציפה עקב המסה. עובייה המאפיין של שכבה זו עומד על מטרים ספורים, והוא מכונה תחום ה'אפיקרסט'. באזור זה מתרחש המעבר מהאזור המואר למחצה אל האזור האפל של החלל. כן נפוצה חדירה של קרקע וחומר אורגני מן החוץ, ובהתאם מתקיים בו ריכוז גבוה יחסית של פרוקי רגליים – יותר מהמוכר בחלקים הפנימיים. מתחת לאפיקרסט מופיע הסלע הרציף שבו נמצא עיקר חלל הבור: קמינים וקניונים (איור 6 א-ב). חלקם התחתון של הבורות הקרסטיים מסתיים בבולען צר, במילוי סדימנט, או ביחידה שאינה קרסטית המגבילה את התפתחות החלל כלפי מטה. משקעי מערות אינם דומיננטיים מאוד, אם כי הם קיימים במרבית הבורות, לרוב בהופעה מוגבלת. בבורות אחדים, כמו בור אחיקם, דוד, עוזרר ונביא, ישנה הופעה נרחבת של משקעי מערות עד כדי עיצוב החלל לכדי "מערת נטיפים" של ממש (איורים 6 ו-7 א-ב). סימני המסה בדפנות מופיעים בכלל הבורות, כאשר במקצתם מופיעים גם חריצים אנכים או סקלופס קטנים (איורים 8 ו-9). האחרונים הינם שקעי המסה מעוגלים המתפתחים עקב זרימת מים בחלל. גודלם הקטן של השקעים מעיד על זרימה מהירה של מים אגרסיביים (דהינו מים בעלי כושר המסה) לאורך החלל (איור 9). עוד נפוצה חדירה של חרסית מפני השטח (איור 10), לעיתים גם עם חרסים ופרטי צור סחופים.

כאמור, יצירת שדה הקרסט והפעילות הקרסטית שבו נשלטת על ידי מים שמקורם בפני השטח, משם הם מחלחלים אל תת הקרקע. עם זאת תיתכן פעילות קרסטית קדומה,



איור 5: מיפוי חללי הבורות הקרסטיים שבאגן עפרה. המיפוי כולל חתך אנכי ומבט אופקי. ניתן להתרשם מהממד האנכי הדומיננטי במבנה הבורות. לבורות אחדים חסר המבט האופקי (למשל בור עפרה – מס' 30). חסר מיפוי של בור יערה (מס' 1) ועל כן הוא אינו מופיע. מיפוי הבורות מסודר מהעמוק ביותר (41 – בור תיחום, 103.5 מ') לרדוד ביותר (2 – בור הפתעות, 5.5 מ'). קנה מידה אנכי: 5 מ' למשבצת



איור 6: קמין קרסטי עם משקעי מערות, מבט מתחתית הקמין כלפי מעלה. בור אריה



איור 7: קמין קרסטי בעל קירות חשופים, מבט מראש הקמין כלפי מטה. בור שומרה



איור 7: משקעי מערות בחלקו המרכזי של בור עוזרר



איור 7א: אגן עפרה, נופים מתת הקרקע. נטיפים, זקיפים ומשקעי בריכה בחלקו הפנימי של בור אחיקם



איור 9: סקלופס קטנים בדופן בור הנחל



איור 8: משטח זרימה שעבר המסה על ידי מים אגרסיביים. בור נטע

כזו שהתקיימה מתחת למפלס מי התהום. בעפרה מוכרות מערות אחדות המשלבות את שני הסוגים, כך שקמינים שנוצרו ממים שמקורם בפני השטח, חוצים חללים אופקיים שנוצרו מתחת למפלס מי התהום. שילוב שכזה יוצר כמה מהמערות המעניינות ביותר, כשהמייצג ביותר את תהליך זה הוא בור אחיקם (איור 5).

הבורות משמשים כבית גידול למיני בעלי חיים שונים. הנפוצים ביותר הם פרוקי רגליים, אך גם זוחלים, רכיכות או יונקים קטנים, כמו יערונים ועטלפי חרקים, מוצאים בבורות סביבת מחיה מתאימה. בבור רימונים מקננות יוני סלע — שימוש יחיד בחלל הבורות על ידי בעלי כנף ככל הידוע לנו.

תיאור הבורות

בור יערה

בור בעומק כ־5 מ', שנתגלה ב־1980 בעמק שמדרום מזרח ליישוב. מדובר בבולען המוביל לחללים בתוך האפיקרסט שנחשפו על ידי מחפר. המעבר לקמין קרסטי כלפי מטה היה בשעתו צר מדי למעבר. יערה פרומקין, תושבת עפרה שאך נולדה, צפתה מן הצד בהתרחשות המעשה, ואף זכתה לבסוף בקריאת המקום בשמה. הבור נסתם בסלעים.



איור 10: נטיפים "מלוכלכים" בחרסיות שחדרו מפני השטח. בור נוף-עמונה

בור ההפתעות (זבובונים)

בור בעומק 5.5 מ', שנמצא בתוך גבולות היישוב. נמצא פתוח באופן טבעי. הכניסה לחלל בדולינית התמוטטות יפה. החלל עצמו מורכב מחדר פשוט וממערכת סלעים מנותקים באפיקרסט.

בור סנדלים

בור בעומק 7.4 מ', בעל שלושה מפלסים. נראה כי החלל לא חודר את גבולות האפיקרסט ולא התגלתה בו גישה לקמינים.

בור סתום

בור בעומק 8 מ', שהתגלה בתחתית דולינה סלעית רדודה. הבור מורכב משני מפלסים זעירים, ביניהם מחבר קמין אנכי קצר.

הבור הקטן

בור בעומק 8.5 מ', בעל מבנה חרוטי. נמצא פתוח באופן טבעי בדולינה סלעית רדודה וגדולת ממדים, שממנה נסחפה הקרקע לחלוטין אל תוך הבור. הבור מפותח בסלע אם.

בור האחו

בור בעומק 9.5 מ', בעל מבנה משופע. החלל מורכב ממחילה באורך כולל של 26 מ', הנמשכת לצפון-מזרח בשני מפלסים. בחלק הפנימי נטיפים מעטים וכן נצפתה פעילות יערונים.

בור קרווילה

בור בעומק 11 מ', שנחשף בחזית קרווילה בשכונת הכרם. חלל הבור מורכב מקמין יחיד וצר. הבור משמש כיום לניקוז נגר עילי מרחוב הכרם, ופתחו סגור במכסה ביוב.

בור ניר

בור בעומק 12.5 מ', בעל פתח טבעי מתחת לטרשים מפותחים. מהפתח נמשך מסדרון משופע למערב ובעומק 4 מ' מתחבר לקמין אנכי רחב. מספר קמינים מקבילים מתחברים אל דפנות זה המרכזי ויוצרים במקום חלל מפותח. הבור נקרא על שם אלישבע ניר, שהדריכה בבית ספר שדה עפרה.

בור הרימונים

בור בעומק 15 מ'. אחד הגילויים ה"ותיקים" ביותר בין בורות אגן עפרה. הבור נתגלה ב-1975, ונמצאו בו רימוני רסס (מכאן שמו). הפתח התפתח בדולינה רדודה, המכוסה קרקע ומעט סלעים. הוא מורכב מחלל באפיקרסט, מחילת סדק וקמין. בקמין מעט אלמוגי מערות וכן נטיפים, אוזני פיל ומשטחי זרימה. בפתח הבור מקננות יוני סלע.

בור ש"י

בור בעומק 15.3 מ', שהתפתח בתחתית דולינה מכוסה קרקע. בחלקו העליון של החלל, מתחת לאפיקרסט, ישנו קמין צר המתחבר לאולם אליפטי רחב וגבוה. קרקעית האולם מכוסה סלעי מפולת וכן מופיעים בו מעט נטיפים וזקיפים. ייתכן שהאולם מייצג חלל קדום אליו התחבר קמין הכניסה.

בור שפנים

בור בעומק 16 מ', המורכב משני חללים: חלל עליון בעל מתאר אליפטי, אליו ניתן להיכנס בזחילה מתחת לסלעי מפולת גדולים, וחלל תחתון במבנה של קמין צר בעל חתך רוחב מעוגל.

בור זיקית

בור בעומק 17 מ', המורכב מקמין אנכי פשוט, המחובר ברוב אורכו לקמין מקביל שהתפתח בצמוד לזה הראשי.

בור נעל

בור בעומק 18 מ', המורכב מקמין צר אליו מתחברים סדקים מורחבים וקמינים מקבילים. הכניסה לחלל במעברים צרים וקשים מאוד למעבר. בקרקעית חדר המנוקז לסדק בלתי עביר.

בור בטון

בור בעומק 21 מ', שהתגלה במסגרת עבודות תשתית בתוך גבולות היישוב. הבור מורכב מקמין יחיד בעל מבנה פשוט. שם המקום נקבע לאחר ניסיון לסתמו בבטון. כיום הבור סתום ומעליו נבנה בית.

בור בריכת חמצון

בור בעל פרופיל אלכסוני בעומק 22 מ', שהתפתח בתחתית דולינה מכוסה קרקע. חלל הבור מורכב מקמין יחיד לאורך סדק בולט. בקירות סימני המסה ברורים, ובקרקעית אבני מפולת רבות.

בור דוד

בור בעומק 24 מ', המורכב מקמין רחב אליו מתחברים קמינים מקבילים, הן באזור הקרקעית והן באזור הפתח. בכל חלקי החלל ישנם משקעי מערות רבים, אשר חלקם מכוסה בקרקע שחדרה מפני השטח. מבחינת משקעי מערות, זוהי אחת המערות היפות באגן עפרה. הבור נקרא על שם סגן דוד גרנית מעפרה שנפל בקרב בלבנון ב-1999.

בור גבי

בור בעומק 25 מ', התחום בסלעים בתחומי היישוב עפרה. לחלל מבנה מדורג שנוצר מחלל מאורך באפיקרסט שבתחתיתו התפתח קמין. הבור נקרא על שם גבי כהן, תושב עפרה אשר סייע בפתיחתו ונהרג בתאונת דרכים ב־2014.

בור ביוב

בור בעומק 25 מ' המורכב מקמין אנכי צר, בתחומי היישוב עפרה. הבור התגלה בראשית ימיו של סקר הקרסט ומופה ב־1977. שם הבור ניתן לו לאור שימושו לניקוז ביוב בימיו הראשונים של היישוב.

בור צמד

בור בעומק 25.3 מ', המורכב מקמין צר ביותר בעל מבנה פשוט. שמו ניתן לו בשל קרבתו היתרה לבורות נוספים.

בור ארקו

בור בעומק 26 מ', המורכב משלושה קמינים. חיבור הקמינים בקרקעית יוצר חלל רחב בעל קרקעית משופעת. בחלל ישנם משקעי מערות רבים.

בור בית ספר שדה

בור בעומק 26 מ', שהתפתח באזור טרשי בתוך גבולות היישוב, בסמיכות לבית ספר שדה עפרה. חלל הבור מורכב מקמין צר בעל מבנה פשוט.

בור קל"ב (קרוב לבית)

בור בעומק 32 מ', שהתגלה במהלך קדיחת כלונסאות ביסוס לבית פרטי. הבור מורכב מקמין פשוט ההולך ומתרחב מראשו לבסיסו. בקרקעית מתחבר קמין נוסף קטן וצר מקודמו. שם המקום ניתן לו בשל קרבתו של הבור לדירת המלח"ם. הבור נסתם במהלך עבודות הבנייה במקום.

בור שלוחה

בור בעומק 33 מ', שנמצא כיום בתוך גבולות היישוב. חלל הבור מורכב משלושה קמינים, שביניהם מחברים מעברים צרים. ב־1983 מופה קמין הכניסה בלבד. חלקיו העמוקים של הבור נתגלו על ידי ולדמיר בוסלוב ב־2016.

בור המחצבה

בור בעומק 33 מ', שפתחו נפרץ על ידי מחצבה קטנה ולאחר הרחבתו בשנת 1976 התאפשרה הכניסה אליו. הבור מורכב מקמין מרכזי גדול וחללים משניים. בקמין המרכזי וכן בפנימי ביותר ישנם מעט משקעי מערות.

בור שומרה

בור בעומק 40 מ', המורכב מקמין יחיד אליו מובילה מבואה מדורגת בתחום האפיקרסט. בתחום זה ישנה פעילות בעלי חיים רבה הכוללת פרוקי רגליים ויערונים. בתחתית הקמין

ישנה מחילה אופקית זעירה שהתפתחה לאורך סדק צר. שומרה עתיקה בסמוך לפתח הקנתה למקום את שמו.

בור חרסים

בור בעומק 42 מ', המורכב מקמין יחיד. חלקו העליון בנוי מסדרה של מעברים צרים. במרכז הקמין ישנם משקעי מערות מעטים. חרסים סחופים שנמצאו בקרקעית הקנו למקום את שמו.

בור מאובן

בור בעומק 43 מ', המורכב מקמין יחיד בעל פתח קטן שנחשף באזור טרשי ממערב ליישוב. על קירות מרכז הבור ותחתיתו ישנם מעט משטחי זרימה. בסלע האם ישנם מאובנים מעטים אשר הקנו למקום את שמו.

בור מורות חיילות

בור בעומק 48 מ', שנתגלה בתוך גבולות היישוב, סמוך לדירה הישנה של המורות החיילות (מכאן שמו). כיום נמצא פתח הבור בחצר האולפנה והוא מנקז נגר עילי רב. בזמן שישבו במקום חיילים ירדנים, שימש הבור לניקוז ביוב. חלל הבור מורכב וכולל מספר קמינים ומקטעים אופקיים קצרים, ביניהם קניון ודוסי קטן שבקירותיו ישנם שקעי סקולופס, המעידים על זרימת מים מהירה. מעברים צרים מאוד מקשים על התנועה לאורך שבעת חלקיו של הבור.

בור אחיקם

בור בעומק 50 מ', המורכב מקמין אנכי רחב שמתחבר אל מכלול חללים מורכב, חלקם תת אופקיים. החללים נמשכים במספר מפלסים ובמבנה של מבוך תלת ממדי שאורכו הכולל 457 מ'. זוהי המערה המורכבת והארוכה ביותר באגן עפרה. חללי המערה התפתחו מתחת למפלס מי התהום, ולאחר התרוממות האזור והתפתחות הקרסט הוודוסי נחצו על ידי מספר קמינים. הפעילות הוודוסית מתבטאת גם בהתפתחות משקעי מערות רבים ומגוונים. הבור נקרא על שם איש צוות מלח"ם אחיקם עמיחי, שחשף את המקום עם אליהו ולדמן באוגוסט 2006, ונפל במארב מחבלים ב-2007.

בור עפרה

בור בעומק 51 מ', בעל פתח קטן וחבוי הפעור בין טרשים. לחלל הבור מבנה מדורג הבנוי מרצף קמינים, שביניהם מחברים מעברים אופקיים קצרים. הבור נתגלה על ידי ויטאלי, יבגני ואיליה בורוק, אשר נתנו לו את שמו.

בור נוף עמונה

בור בעומק 53 מ', בעל מבנה מורכב הכולל מספר קמינים וקטעים אופקיים קצרים. נגר עילי רב המתנקז אל הבור יוצר בו בריכות מים ובוץ רטוב במשך כל ימות השנה. הדבר מקשה על סקירת מעברים פוטנציאליים, כך שהעבודה במקום טרם הסתיימה. בחלק

התחתון ישנם משקעי מערות מעטים אך מרשימים. בעומק 40 מ' נחשף הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב.

בור נחל

בור בעומק 54 מ', בעל מבנה מורכב, הכולל מספר קמינים וקטעים אופקיים קצרים. בדומה לבור מורות חיילות, גם בבור זה ישנו קניון אופקי מרשים עם סימנים לזרימה איתנה. ערוץ עילי קצר אך פעיל ביותר מתנקז לחלל הבור (מכאן שמו). בבור קיימים מעט משקעי מערות, בהם גם משקעי בריכה יפים. בקירות שפע סקלופס קטנים. בעומק 50 מ' נחשף הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב. בתחתית הבור ישנו מקטע אופקי צר אשר חקירתו טרם הסתיימה.

בור כפרה

בור בעומק 57 מ', בעל פתח צר בינות לסלעים וכיסוי קרקע. מהפתח נמשך מקטע תת אופקי צר בתחום האפיקרסט. רצף קמינים צרים מתחילים להופיע בעומק 5 מ'. הקמינים מובילים לבסוף לקמין עיקרי, בעל חתך רוחב מעוגל, היורד עד לתחתית הבור.

הבור הסיני

בור בעומק 60 מ', שהתגלה באמצע שנות ה-70 ובמהרה הפך למפורסם בבורות עפרה. סולם ברזל, שהותקן במקום על ידי יוסי כהן, מאפשר גישה עד לעומק 50 מ' ללא צורך בשימוש בחבל. בראשו מדרגות אחדות באפיקרסט, שמתחת להן מופיעים צמד קמינים רחבים שביניהם ישנו מקטע אופקי קצר. קמינים צדדיים קטנים מתחברים לקמינים הראשיים. בתחתית יש קמין קצר נוסף. בזמן גילוי ועד לגילוי בור רחל בשנת 2013 נחשב לעמוק בבורות עפרה. בשל עומקו הרב נחשב הבור כ"מגיע עד סין" ומכאן שמו.

בור הנביא

בור בעומק 60 מ', בעל פתח רחב ממנו נמשך קמין אנכי שבקרקעיתו אולם גדול. זהו האולם הרחב ביותר בבורות עפרה, וייתכן שגם במקרה זה מדובר בחלל שנוצר מתחת למי התהום טרם התפתחות הפעילות הוודוסית (פעילות בתחום המאוורר) במקום. קרקעית האולם מכוסה שכבה עבה של קרקע כהה סחופה, והיא משופעת למערב. באולם ישנם משקעי מערות רבים וכן מקבץ של זקיפים מפותחים. הבור נקרא על שמו של אליהו הנביא.

בור אריה

בור בעומק 66 מ', המורכב מקמין מפותח בעל מבנה פשוט. בעומק 45 מ' ישנה מדרגה אופקית שהתפתחה באזור הופעתו של הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב. טפטוף מים פעיל יוצר בתחתית החלל ריכוז של פניני מערות. הבור נקרא על שם תושב עפרה אריה הרשקוביץ', שנרצח על ידי מחבלים ב־2001.

בור שוויצרי

בור בעומק 65.5 מ', המורכב מקמין צר ומעליו מקטע אנכי קצר בתחום האפיקרסט. הכניסה לתוכו מסוכנת בגלל סלע תלוי ובלתי יציב מעל הקמין הראשי.

בור נטע

בור בעומק 68 מ', בעל מבנה פשוט המורכב מקמין רחב ומרשים, אליו מחובר חלל מדורג בתחום האפיקרסט. בחלל הכניסה שפע של עכבישים מסוג משפכנית. בקרקעית נמצא קן של יערון. המערה נמצאה ביום זכייתה של נטע ברזילי בתחרות האירוויזיון (2018) ומכאן שמה.

בור רחל

בור בעומק 79 מ', הבנוי מרצף קמינים צפוף. בתחתיתם ישנו נפתול קצר של קניון ודוסי, המתחבר אל תקרת חלל רחב וקרוס. קריסת החלל נוצרה עקב חשיפתו של הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב (חשיפה בעומק 67 מ'), כאשר תוצרי הקריסה חסמו את המעבר אל קמין רחב שמתאר דפנותיו נראה בשולי חומר הקריסה. בולענים בקרקעית מסגירים גם הם את קיום הקמין מתחת למפולות. הבור התגלה על ידי אליהו ולדמן בשנת 2013 ונחשב אז לעמוק בבורות עפרה. הבור נקרא על שם תושבת עפרה, רחל ארליך, שנפטרה ממחלה ב-2011.

בור עוזר

בור בעומק 93 מ', אחד המורכבים ביותר בבורות עפרה. לאחר מקטע קצר בתחום האפיקרסט מתחבר חלל הבור לקמין אנכי, רחב ועמוק. מעבר אופקי קצר בקרקעית הקמין מוביל לרצף חללים, אופקיים ואנכיים, עם עושר משקעי מערות. בעומק 73 מ' נחשף בדפנות הקמין הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב. בזמן גילויו נחשב לעמוק בבורות עפרה. נקרא על שם עץ עוזר שגדל בסמוך לפתח.

בור תיחום

בור בעומק 103.5 מ', המורכב משרשרת קמינים צרים, המתחברים לבסוף לקמין רחב ומפותח – הגדול והמרשים ביותר בקמינים שבבורות עפרה. קירות הקמין מכוסים משקעי מערות, ובקרקעית ישנו בולען קטן. קרקע חרסיתית חומה חודרת עד לקרקעית. שם המקום נקבע בעקבות גדר אבן התוחמת את אזור הפתח. גילוי הבור, בקיץ 2017, היה הפעם השלישית בתחומי ההר המרכזי שנחצה רף עומק ה-100 מ'. בורות נוספים בתחומי ההר המרכזי, אשר עומקם עולה על 100 מ', הם מערת בית ג'ידיה (112 מ', ארכיון מלח"ם – לא פורסם) ובור הציפורים (106 מ', כהן 1977).

דיון

היכרות עם התופעות הקרסטיות מאפשרת להרחיב את הלימוד בכל הקשור בהתפתחות הבורות והקיים בהם, וכן מאפשרת מבט אל תת הקרקע בכך שהבורות משמשים כ"קידוחים טבעיים". כך למשל, בהיעדר עדויות אחרות, ניתן להעריך את עובייה של תצורת עמינדב בעזרת תצפיות המגיעות מהבורות הקרסטיים. הפעילות הקרסטית מוגבלת לתחום שבין פני השטח ובין תצורת מוצא החווארית, הנמצאת מתחת לתצורת עמינדב. בהתבסס על עומקו של הבור הסיני נחשבה בעבר היחידה הקרסטית כמוגבלת לעובי של 60 מ' בלבד (פרומקין 1984). גילויים של בורות עמוקים יותר, ובראשם בור תיחום, מאפשרים לקבוע

כי גבולה התחתון של היחידה בגבולות אגן עפרה נמשך לפחות עד עומק 103.5 מ' מתחת לפני השטח. שינויים בעומק הפעילות הקרסטית יכולים להתרחש גם במצב של הטיית היחידה, מצב שלא מתקיים באגן עפרה (מדידת נטיות אגן עפרה מופיעה אצל פרומקין 1984). על פי הנחשף בבורות, הפרט הלמינרי של תצורת עמינדב משתפל מדרום לצפון. בחלקו הדרומי ביותר של האגן קיימות מחצבות נטושות, החושפות את הפרט הלמינרי בעומק של מטרים אחדים מתחת לפני השטח. בקמינים קרסטיים במרכז האגן נחשפות הלמינות בעומק 45 מ' ובצפון האגן בעומק 70 מ'. על אף ריבוי הבורות וצפיפותם, היחידה הלמינרית נחשפת בחמישה בורות בלבד, כאשר לעיתים יש שהיא מופיעה בבור אחד אך חסרה בבור סמוך. הופעה פחות מודגשת, כיסוי חרסיות או ציפוי קלציט, יכולים להסתיר או לטשטש את הופעת הלמינות ועל כן צפיפות בורות מאפשרת מעקב טוב יותר. בשונה מהמוכר ממערכות ניקוז של נגר עילי, הניקוז באגן עפרה נמשך במהירות לתת הקרקע דרך קמינים ובורות קרסטיים, המובילים את הנגר אל מי התהום בזמן קצר. התיישבות באזור בעל אופי קרסטי כמו אגן עפרה מחייבת הקפדה במניעת דליפת מזהמים, שכן אלו יעשו את דרכם אל מי התהום במהירות וללא סינון משמעותי. לגילוי ולתיעוד הבורות ישנה חשיבות בהקשר זה להבנת עוצמת אופיו הקרסטי של האזור.

סיכום

המחקר הפיסי של השדה הקרסטי של עפרה, בדגש על חשיפה ותיעוד של בורות קרסטיים, נמשך כבר קרוב לחמישה עשורים. עד כה התגלו 41 בורות בעומקים של 5-103.5 מ', בהם בורות פשוטים המורכבים מחלל יחיד, ובהם בורות מפותחים בעלי מבנה מורכב. בשדה הקרסט קיימות תופעות קרסטיות מגוונות בסדרי גודל שונים, מטרשוניים ועד בורות ודולינות. שדות קרסטיים בעלי מאפיינים דומים נפוצים יותר מצפון לעפרה, מהרי הגליל, הרי הלבנון ועד לאזורים ממוזגים באירופה. אגן עפרה מהווה אם כן השדה הקרסטי הדרומי ביותר בלבנט, כאשר הוא אינו מייצג רליקט מתקופות אקלים לחות יותר. על אף הימצאותה של עפרה באזור אקלימי יבש למחצה, נמצא כי הפעילות הקרסטית בסביבתה נמשכת (פרומקין 1984). יוצאים מהכלל הם חללים בעלי ממד אופקי מפותח, אשר כמה מהם מייצגים תנאים קרסטיים שונים של המסה מתחת למפלס מי התהום. אלו אינם קשורים להיווצרותו ולעיצובו הנוכחי של שדה הקרסט למעט חשיפתם ה"מקרית" על ידי הבורות האנכיים.

* תודתנו לאנשי מלח"ם ולמתנדבים הרבים שלקחו חלק בעבודת השדה של גילוי ותיעוד הבורות החדשים בשנות האלפיים: אבידן שמוליק, בורוק ויטאלי, זכאי ראובן, יבגני ואיליה, בן-טוב דניאל, זיסו יותם, לב-ארי עמית, סובוליב יובל, עמיחי אחיקם, פייגין לאוניד, פישביץ נבו, פרימק סטאס, שטריך דן, ועוד רבים, ביניהם אנשי מלח"ם לדורותיהם.

מקורות

- בר ע', זילברמן ע', גבירצמן ז' ופיינשטיין ש' 2006. **שחזור שלבי התרוממות של שדרת ההר במרכז ישראל. דו"ח GSI/28/2006**. ירושלים.
- ויזל י', פולק ג' וכהן ג' 1975. **אקולוגיה של הצומח בארץ ישראל**. תל-אביב.
- זיידנר ע', קטנר י', ביתן ר', שביט א', ישראלי א' ופרומקין ע' 1984. סקר מערות ברכס פקיעין. **נקרות צורים** 10: 64-94.
- כהן מ' 1977. ארובת "אל חוספי". **טבע וארץ, כתב עת לטבע וידיעת הארץ**. כרך יט, חוברת 4: 177-178.
- ליטב מ' 1961. **מחקר פיטוסוציולוגי ואקולוגי בחברות הבתה של הרי יהודה**. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- מירון י' 1990. **נקרות צורים** 16.
- ניר ד' 1989. **גיאומורפולוגיה של ארץ ישראל**. ירושלים.
- פרומקין ע' 1982. מהירות הזרימה במוביל קרסטי בתחום הואדוסי. **נקרות צורים** 6: 48-56.
- פרומקין ע' 1984. **קמינים קרסטיים בסובב ים-תיכוני (עפרה, ישראל)**. עבודת מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- שכנאי ע' 2000. **מפה גיאולוגית של ישראל 1:50000, גיליון רמאללה**. משרד התשתיות הלאומיות, המכון הגיאולוגי.
- Atalay, I., 2016. Effects of the tectonic movements on the karstification in Anatolia, Turkey. *Acta Carsologica*, 32(2).
- Begin, Z.B., 1975. The geology in the vicinity of Jericho. *Israel Geol. Surv., Bull.*, 67, Pp.1-35.
- Chalifa, Y., 1985. *Saurorhamphus judeaensis* (Salmoniformes: Enchodontidae), a new longirostrine fish from the Cenomanian of Ein-Yabrud, near Jerusalem. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 5(3), Pp.181-193.
- Edgell, H.S., 1997. Karst and hydrogeology of Lebanon. *Carbonates and Evaporites*, 12(2), p.220.
- Field, M.S., 2002. *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*: Washington, DC, US Environmental Protection Agency. National Center for Environmental Assessment, 221.
- Frumkin, A., 1986. *Speleogenesis of vertical shafts in a Mediterranean environment* (Ofra, Israel), in: *9th Congreso Internacional de Espeleologia*: Barcelona, v.1, Pp.264-267.
- Frumkin, A., Valdman, E., Langford, B., Yaaran, S., Buslov, V., 2017. The southernmost authigenic karst plateau of the Levant. *Proceedings of the 17th International Congress of Speleology*, Sydney, VOL. 2, Pp. 13-16

Itzhaki, Y., Arkin, Y., Braun, M., & Lasman, N. 1964. *Geological Map of Israel*, 1:50,000, Jerusalem-Beit Shemesh, Geol. Surv. of Isr.

Scanlon, J.D., Lee, M.S.Y., Caldwell, M.W. and Shine, R., 1999. The palaeoecology of the primitive snake *Pachyrhachis*. *Historical Biology*, 13(2-3), Pp.127-152.

The Geophysical Institute of Israel, 2003. Structural map on top of Judea group. 1:500,000.