



**קובץ מחקרים
כרך יד**

עורכים:
 יחיאל זלינגר
 אורית פלגי-ברקת
 יוסף (ג') עוזיאל
 יובל גdots

ירושלים, תשפ"ב





עורכים

יחיאל זילנגר
אורית פלגי-ברקח
יוסף (ג') עוזיאל
יובל גdots

עריכה לשונית:

רחל קודיש-יאשדי¹
יוסף (ג') עוזיאל



עריכת דוחות חפירה:

גלית סמאורה-יכהן
ויזיאנה פוסקוביץ'

סדר, עיצוב והבאה לדפוס

הגר מילון
איירה בנדרסקי

תצלום עטיפה

אחוזה מלכותית מפוארת מימי הבית הראשון בארמן נציג (ציוו: שלום קוולר, ארכיון עיר דוד)
בצד האנגלי: עמודון מעקה חלון וכותרת מהאחוזה המלכותית בארמן נציג (צילום: ש. הליי)

© כל הזכויות שמורות לרשויות העתיקות

ת"ד 586, ירושלים 91004
ISBN 978-965-406-744-7

הודפס דיגיטלי זהב בע"מ, תשפ"ב 2021



תוכן העניינים

בפתח הקובץ	9
חפירות ומיזמי שימור במרחב ירושלים בשנת תש"ף (2019-2020)	15
יחיאל זלינגר ואבי משה	

חומות ירושלים בתקופת הברזל

"אות בתי ירושלים ספרותם ותתכו הבטים לבצר את החומה" (ישעיהו כב:10): ביצורי ירושלים בתקופת הברזל ב' לארח חפירות חדשות פיליפ ווקסוביין, אורטל כלף וויסף (ג') עוזיאל *1	
ביצורי המדרון המזרחי של עיר דוד בשטחים נ'ו'א: דיון חדש אפרת בוצר 39	
סוף המיתוס: הגבעה הדרומית-המערבית של ירושלים בשיח הארכיאולוגי דיטר פייגר, ג'ניפר זמין וקטיה סונקן *	

הנוף המלכוטי של ירושלים

אתור הרוגם במרודות ארנונה: מסקנות ארכיאולוגיות והיסטוריות ראשונות נתן בנ-אירי, נירה ספרי, ליאורה פריד ונדד ליפשיץ 55	
אחזקה מלכותית מפוארת מימי הבית הראשון בארמון הנציב יעקב ביליג, ליאורה פריד ואפרת בוצר 77	
שרידים של תולעי מעיים מתקופת הברזל 2 מארמון הנציב דפנה לנגור יעקב ביליג 101	
מבט חדש על הר גרייזם: יסוד המתחם והכתרות הפראוטוריאיאוליות ערן אריה * 39	

כותלי הר הבית ושעריו

אי שם מעבר לקשת: על הגישה לבית המקדש ולהר הבית מעל קשת וילסונ תהילה ליברמן, יהנה רגב, אליזבטה בווארטו וויסף (ג') עוזיאל 113	
סקר שימור אבני הכותל המערבי יהונתן צחור, יוסי וקנין, יעל קלמן ודורות ציפשטיין 129	
שיקוף GPR של הכותל המערבי אורן בסן * 65	



מִים בָּיֹרֶשְׁלִים וּמַיִם לִירֶשְׁלִים	
*149	חידושים במחקר האדריכלי, הידרולוגי והכטנולוגי של אמת הבאר לירושלים
187	עדיאל יחזקאל, יואב נגב, עמוס פרומקין ועוד ליבור "לֵר וּרְחֵץ בָּבְרִיכַת הַשִּׁילֹוח" (יוחנן ט:ז): נסית השילוח ומקומה במערך העירוני של ירושלים הביזנטית ארי לוי, אורטאל כלף, מושן חגבי ונחשות זנטון
חיבורים תרבותיים באומנות ירושלים וסבירותיה	
*89	מזרח ומערב נפגשים בתיאטרון המלך הורדוס: עיטורי הטיח המכיר באולם המלכותי
143	בראש התיאטרון בהרודיאן נעמה שרעבי מחקר חדש של "פסיפס הציפורים" הארמני מצפון לשער שכם עמית ראם, ראלב אבוזיד'יאב, ג'ק נגר, יוסי נגר, אליזבתה בוארטו וaina צ'חנובץ אנטומיה של כליה: פritis חרט רומי ייחודי מחריפות מוצא שולמית טרמן, ענת כהן-ינברגר,安娜 איריך-ירוח ורבקה בנישלווש וועז עיד צלב אבן (ח'צ'קא) מהגן הארמני והקשריו התרבותיים, האומנותיים וההיסטוריהים רינה אבנור וארשך רפאל רازוריון
ירושלים תחת שלטון האסלאם	
231	התפתחות העירונית ממערב להר הבית/אל-חוראם אישריף: מבט מחפירות רחבת הכותל
249	ברק מוניקנדם-גביעון, תהילה שדייל, אורטאל כלף ומיכאל טשרני בין צלבנים לאוביום: גליים חדשים לאורך החומה המזרחית של ירושלים עמית ראם, מיכאל טשרני, יהנה רגב, אליזבתה בוארטו ודוד יגר חברות פסטורליות וכפריים: תפזרות היישוב בשפלת הממלוכית קייט רפאל
דוחות חפירה ושים	
289	מערות מפלט מהתקופה הרומית הקדומה בגדרה הדורומית של נחל ארזה
309	דניאל עין כור החפירות במולון גלוריה, סמוך לשער יפו בירושלים: שרידי בנייה מהתקופה הרומית הקדומה, הביזנטית המאוחרת, הצלבנית-האיובית והעות'מאנית אנט לנדס-ינגר
325	כלי חרס מתקופת הברזל עד התקופה הביזנטית ממולון גלוריה, ירושלים דבורה סנדה אוז רעפי חרס הנושאים טביעות של הליגון העשיiri פרטניים ממולון גלוריה, ירושלים בניין ג' דולינקה

כלי החרט מהתקופות האסלאמיות מלון גלוריה, ירושלים בנימין ג' דולינקה כלי הזכוכית מלון גלוריה, ירושלים בריג'יס אונונה בטיס פסל שיש מלון גלוריה, ירושלים לי-היא חבס טיח-סיד מתקופת הברזל 2 עד התקופה הביזנטית בירושלים וסביבתה: זיהוי אגרגטים והצעה להגדלה טיפולוגית עליזה ואן ציידן ויותם אשר	*199 *219 337 *225
---	-----------------------------



רשימת מחברים

galeb@israntique.org.il	ראלב אבידיאב, רשות העתיקות
rinaav@israntique.org.il	רינה אבנر, רשות העתיקות
brigitte@israntique.org.il	בריגיט אונונה, רשות העתיקות
analexrose@gmail.com	אנה אייריר-רוז, רשות העתיקות
earie@univ.haifa.ac.il	ערן אריה, אוניברסיטת חיפה
yotama@israntique.org.il	יותם אשר, רשות העתיקות
Elisabetta.Boaretto@weizmann.ac.il	אליזבטה בוארטו, מכון ויצמן למדע
efratbocher@hotmail.com	אפרת בוצר, המרכז לחקר ירושלים הקדום אוניברסיטת בר אילן
yaakovbilig@gmail.com	יעקב ביליג, רשות העתיקות
nathanba@israntique.org.il	נתן בוני-ארן, רשות העתיקות
rifka.pfister@hotmail.com	רבקה בנסלוש, רשות העתיקות
ubasson@gmail.com	אורן בסון, רשות העתיקות
Frarshakuni@yahoo.com	ארשך רפאל רازוריין, חוקר עצמאי
sherd_boy@hotmail.com	בנימין ג' דולנייה, רשות העתיקות
filiprvm@gmail.com	פיליפ ווקוסוביץ, המרכז לחקר ירושלים יוסי קניין, אוניברסיטה העברית
yossiv@israntique.org.il	עליזה ואן זידן, רשות העתיקות
alizavanz@gmail.com	ג'ניפר צימני, המרכז הגרמני הפרוטסטנטי לארכיאולוגיה יחיאל זלינגר, רשות העתיקות
zimni@bai-wuppertal.de	גהלו זנפון, רשות העתיקות לי-היא חבס, האוניברסיטה העברית מורן חגב, רשות העתיקות
yehiel@israntique.org.il	שולם טרומ, רשות העתיקות MICHAEL PSARNOV, רשות העתיקות
nahshon.sz@gmail.com	דוד יגר, רשות העתיקות
habaslihi@gmail.com	עוזיאל יחזקאל, האוניברסיטה העברית ענת כהן-זינברגר, רשות העתיקות
moranhb@gmail.com	אורטול כלין, רשות העתיקות ARI LIVNI, רשות העתיקות
shulamit.terem@gmail.com	עווזי ליבנו, האוניברסיטה העברית תהיילה ליברמן, אוניברסיטת בר אילן
michaelc@israntique.org.il	
davidye@israntique.org.il	
azriel.ye@gmail.com	
anatcowein@gmail.com	
ortalca11@gmail.com	
ari_levy@hotmail.com	
leibner1@gmail.com	
tzil613@gmail.com	

lipschit@tauex.tau.ac.il	עודד ליפשיץ, אוניברסיטת תל אביב
dafna.langgut@gmail.com	דפנה לנגוט, אוניברסיטת תל אביב
barak.monnickendam-givon@mail.huji.ac.il	ברק מוניקנדם-גיבון, רשות העתיקות
avimashi@gmail.com , negevy@gmail.com	אבי משיח, רשות העתיקות,
	יואב נגב, מועדון שוחרי המערות של ישראל
anetlandes@gmail.com	אנט לנידס-נגר, רשות העתיקות
negeur@yahoo.com	ג'ק נגר, רשות העתיקות
yossi@israntique.org.il	יוסי נגר, רשות העתיקות
soennecken@bai-wuppertal.de	קטייה סונקן, המרכז הגרמני הפרוטסטנטי לארכיאולוגיה
debby.reen@gmail.com	דבורה סנדהאוס, רשות העתיקות
neria@israntique.org.il	נירה ספר, רשות העתיקות
ad@israntique.org.il	עווי עד, רשות העתיקות
joeuziel@gmail.com	יוסף (ג') עוזיאל, רשות העתיקות
danieleinmor@gmail.com	דניאל עין מор, רשות העתיקות
vieweger@bai-wuppertal.de	דייטר פיעוגר, המרכז הגרמני הפרוטסטנטי לארכיאולוגיה
amos.frumkin@mail.huji.ac.il	עמוס פרומקין, האוניברסיטה העברית ליוארה פרויד, אוניברסיטת תל אביב
freudliora@gmail.com	הוונטן צחור, רשות העתיקות
tzahory@israntique.org.il	יאנה צ'חנובץ, אוניברסיטת בן-גוריון
yanatchk@gmail.com	דורית ציפשטיין, רשות העתיקות
dotritt@israntique.org.il	על קלמן, רשות העתיקות
yaelk@israntique.org.il	עמית ראמ, רשות העתיקות
reem@israntique.org.il	ויהנה רגב, مكان וזמן למדע
johanna.regev@gmail.com	קייט רפאל, האוניברסיטה העברית
kate.rafael@mail.huji.ac.il	תהיילה שדיאל, רשות העתיקות
tehilas@israntique.org.il	נעמה שרעבי, האוניברסיטה העברית
naama.sharabi@mail.huji.ac.il	
	עורכים:
ygadot@gmail.com	יובל גdots, אוניברסיטת תל אביב
yehiel@israntique.org.il	יחיאל זלינגר, רשות העתיקות
joeuziel@gmail.com	יוסף (ג') עוזיאל, רשות העתיקות
orit.peleg@mail.huji.ac.il	אורית פלגי-ברקנת, האוניברסיטה העברית



חדשניים במחקר האדריכלי, ההידרולוגי והכרונולוגי של אמת הביאר לירושלים

עוזיאל יחזקאל, יואב נגב, עמוס פרומקין ועווי ליבנו

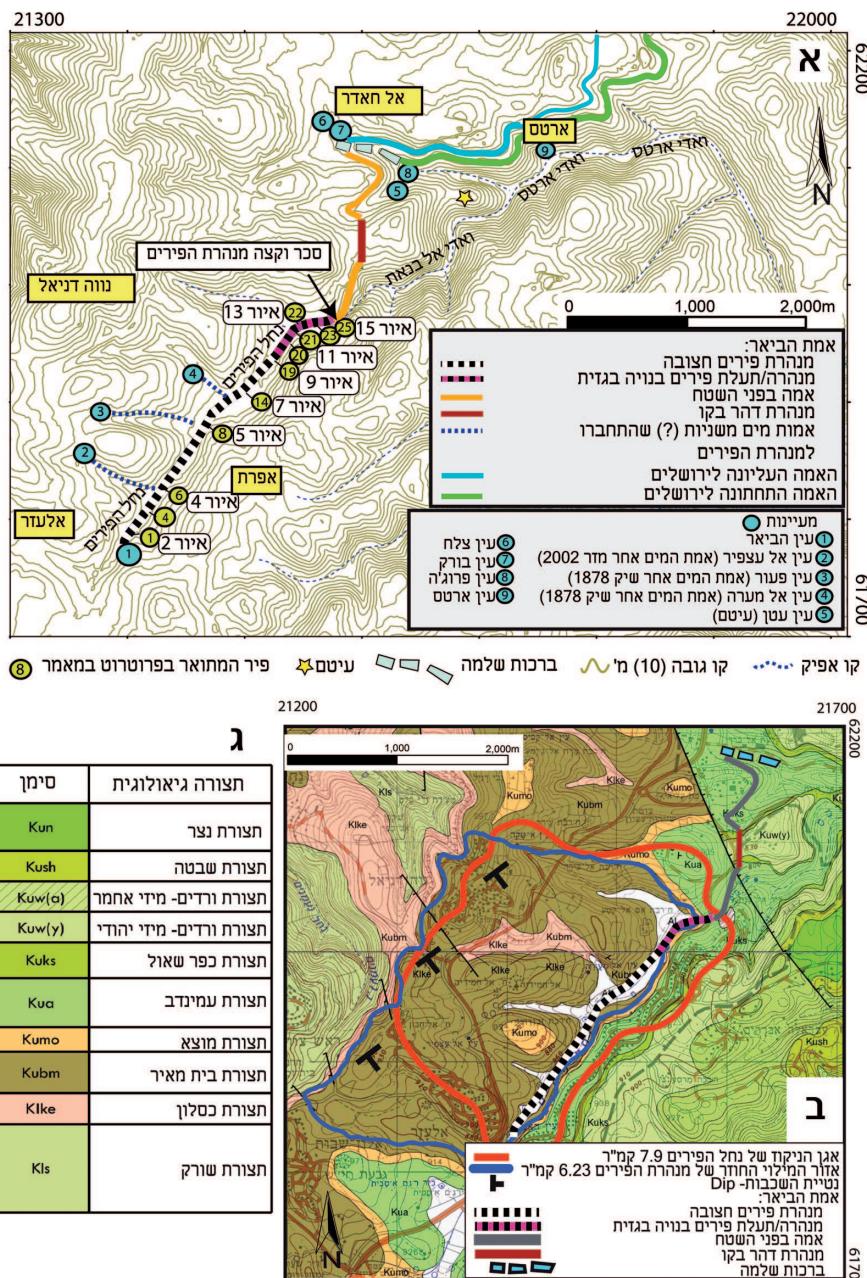
מבוא

לירושלים הייתה מאז ומעולם בעיה של אספקת מים בשל מיקומה הטופוגרפי ומיעוט של מקורות מים יציבים בקרבתה. כל עוד אוכלוסיית העיר הייתה מצומצמת, כפי שהיא למשל בתקופה הברזל 2 (586-1000 לפנה"נ בקירוב), דהיינו כמעט הגיחון הנובע למרגלותיה ובאיסוף מי גגר עלי כדי לספק את צורכי תושביה. מן התקופה החשמונאית, במאה ה' לפנה"ג, גדלה ירושלים באופן מואץ. על פי אומדנים שמרניים, במאה הא' לפנה"נ מנתה אוכלוסיית העיר 30,000-20,000 נפש (גביע תשס"ח; ריך תשע"ג). כמו כן, המים הרבים שנדרשו לעבודת המקדש, והעליה הנিcritת במספר עלי הרגל שהגיעו לעיר כמה פעמים בשנה (ספראי תש"ף: 216-214), חייבו מיצאת פתרונות לאספקה סדירה של כמותות גדולות של מים. כמות גдолה של מים נצרכה גם לאחר חורבן ירושלים, עם יסודה של הקולוניה הרומית אליה קפיטולינה בראשית המאה ה' לפנה"נ (Weksler-Bdolah 2019). הפתרון העיקרי למקרה זו נמצא בהובלת מים העירה באמצעות מערכת של אמות מאוחרת הורחצת שמדרום לעיר, שם המעיינות שופעים ונbowים בגובה רב. המערכת זו ארבע אמות מים נפרדות, שבמרכזן שלוש בריכות אגירה גודלות המכוניות "בריכות שלמה".

במאמר זה נידונה האמה שמקורה בנחל הפלרים ושהובילה מים מעין הביאר, הנמצאת כ-16 ק"מ מדרום לירושלים, אל בריכות שלמה (להלן: 'אמת הביאר'). אורכה של האמה כ-5 ק"מ, ובה חמשה חלקים עיקריים: מעיין קרסטני, מנהרת תתקרכעית ובה פירים לאיחוז מי תהום (Cuniculus; להלן: 'מנהרת הפירים'), אמה עילית, מנהרה חזча ורכס (להלן: 'מנהרת דהר בקי'), ושוב אמה עילית המסתימת באוזור בריכות שלמה (איור 1). במאמר נתאר כיצד בעזרת טכנולוגיה מתقدמת ושימוש באורכיטקטורה ייחודית הצלicho בני האמה להגדיל באופן ניכר את כמות המים שסופקה לירושלים, באמצעות פיתוחה של מנהרת הפירים.

אמת הביאר בספרות המחקר

התיעוד הידוע הראשון של אמת הביאר הוא מן התקופה העות'מאנית. בינוואר 1552 הוקצו 2000 סלאטנים (מטבעות זהב) מהצר הסולטאן לשיפור האמה במטרה לשוב ולהזירים בה מים לירושלים (סלמה ווילברמן Heyd 1960:146; 95:1986).



איור 1. (א) אזור הביאר – אמת הביאר, בריכות שלמה וקטע מתחם המים לירושלים; (ב) מפה גיאולוגית של האזור (בעקבות סנה ואבני 2011; סנה ורוטש 2012), ובו סימן אגן הניקוז של נחל הירקון ואזור המילוי החזר של מנהרת הפלרים; (ג) חבורת יהודה – מקרה התצורות הגיאולוגיות.



ארמטה פירוטי ביקר בבריכות שלמה בשלחי שנות ה-50 של המאה ה-19 והזכיר את אמת הביאר בעקיפין. לדבריו, בריכות שלמה נזhom מסוית אמות: האחת, מאזור חלחול (דהי"ט 'אמת הערב'), והאחרת, "from the mountains near Etham" (Pierotti 1864:249). ויקטור גראן סייר בסביבה, כנראה באוגוסט 1863, וציין לראשונה את שמו של הנחל שבו עברת האמה, ואדי ביאר (ואדי אל-ביאר; להלן: 'נחל הפירים'). בראש הנחל הוא תיאר פתח הניתן לשגירה בדלת, שמןיו יורד גרים מדרגות אל נקרעה חצובה בסלע, ובו עין הביאר, מקור המים של אמת הביאר. לפ' גראן, שם המעיין הוא ראמס אל-עין עטאן/עתאן (Ras-el-Ain/A'than) והוא המקור "של המעיין הקרוב יותר בבריכות שלמה ששמו עין עטאן" (גרן 1983:264).

צ'רלס וילסון תיאר במפותיו שני סעיפים של אמת הביאר: האחד היז'ן ישירות את הבריכה התחתרונה, והאחר הקיף את העליונה בבריכות שלמה והיז'ן ישירות את האמה העליונה, אם כי החיבור לא זהה בשפטה. וילסון גם היה הראשון לשרטט את תוואי המנהרה העוברת דרך רכס דהר בקן. וילסון ביקר במקור המים של אמת הביאר, עין הביאר, וציין ששמו הוא ביר אידרג' (Bir ed-Durraghe; Bir, ביר) ובהרגום לעברית: באר המדרגות (Wilson 1865:82). וילסון ווילר ציינו שאורכה של אמת הביאר כ-4 מייל (כ-6.4 ק"מ) והוא יבשה ברובה, למעט האזור הסמוך לבריכות שלמה Wilson and Warren (1871:184 One of the most). כן הם העירו שהאמת העליונה, שראשתה לדעתם באמת הביאר, היא" (Wilson and Warren 1871:19) ("remarkable works in Palestine").

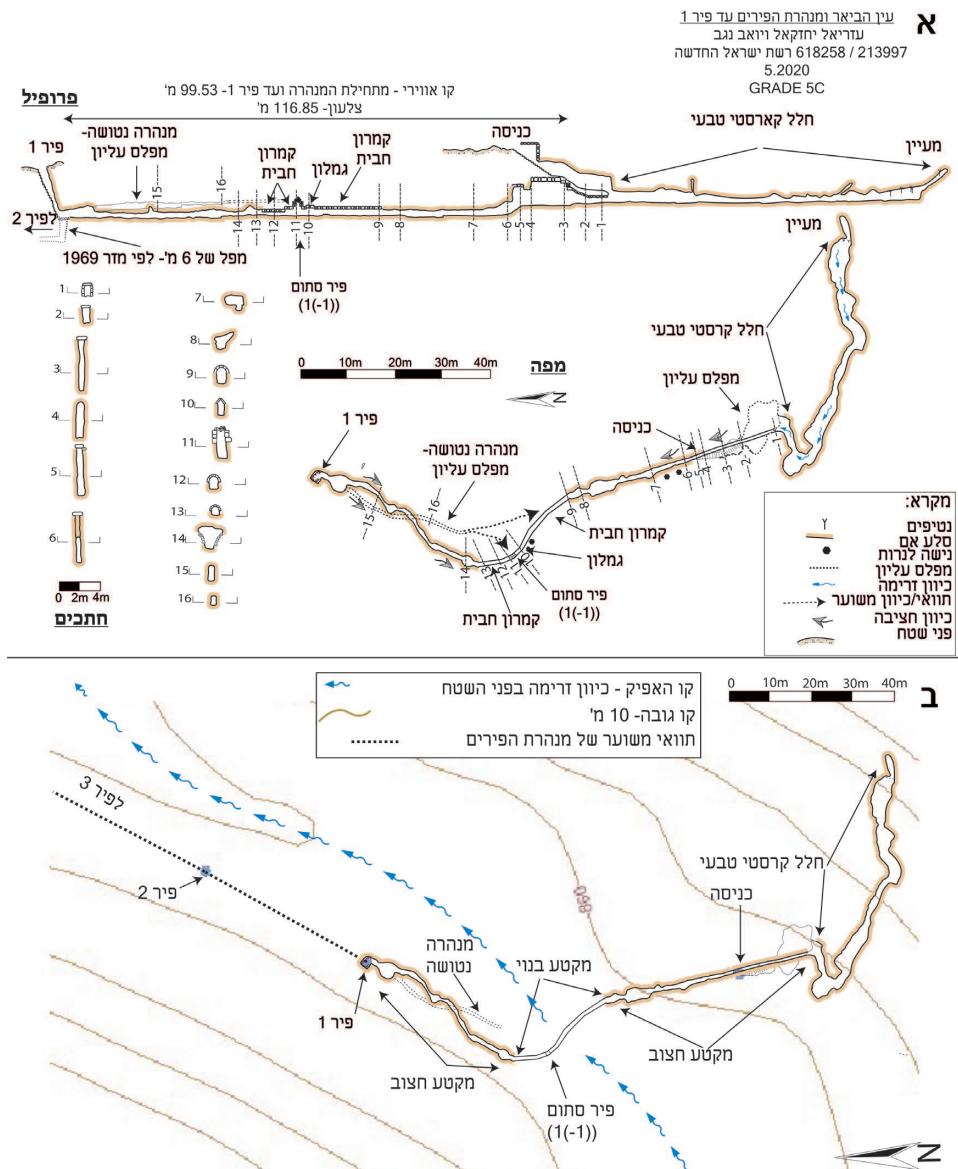
סוקרי הי-ק'wp ציינו שבנובמבר 1873 עין הביאר היה יבש. הם עמדו על הדמיון שבין הפירים במנהרת הביאר לאלו שבמנהרת ג'סר א-זרקא שהובילה מים לקיסריה (Conder and Kitchener 1883:90).

את המחקר המקורי והראשון על מערכות המים הקדומות לירושלים ערך קוונד שיק, שהיה הראשון לציין את חמישת חלקייה העיקריים של אמת הביאר (Schick 1878:153). מצאהו של מנהרת הפירים בנקודה שבנהר מתוחב, ושם שמו מתחכלי מואדי ביאר לוואדי אל-בנתא (ואדי הבנות; נחל הבנות) (איור 1:א). שיק ציין שסמור לנקודה זו נמצא סכר מסיבי שיוצר בירכה גדולה, שהייתה סתומה בימי (Schick 1878:153). באגדה. להערכתו, במנהרת הפירים היו כ-50 פירם, 12 מהם היו פתחים בימי (Ein el-Meghara). שיק ציין גם שרידים של אמה עילית, ובה צינור חרס, מעין המערה (Ein Faghur), המזינים את מנהרת הפירים בסכמתאות וצין שבראש גרים המדרגות היורד לעין הביאר בני קמרון קדום. כמו כן, הוא תיאר את פפי השטח ואת הנטהה של השכבות באזהר, המכונות את מי הגשמים בסביבה אל ואדי ביאר. אלו מסבירים לדעתו מדוע מנהרת הפירים מזינה מים כל השנה (Schick 1878:156).

MASTERMAN ציין שעין הביאר וראשית מנהרת הפירים היו יבשים לחלוון בנובמבר 1901 והציג את פיבת הבניה של החלקים העיליים של אמת הביאר, את השתמרות הפיח ואת דמיונה לאמה התחתרונה לירושלים. אמת הביאר חיה בימי את הבריכה התחתרונה, אך אפשר היה לזהות את מהלכה סבב הבריכה העליונה (Masterman 1902:102).

הקר ציין שאורכה הכללי של אמת הביאר 5.5 ק"מ. הוא העיר ש-2.5 ק"מ ממנו הם מנהרת פירים שעומקה מגע ל-30 מ' (הקר תשט"ז:21).

פרומקון ומירון הראו שעין הביאר נובע מתוך חלל קרסטי טבעי, כ-84 מ' אורך, שהפתחה בסלע גיר וחוויאר מן הפרט העליון של תצורת בית מאיר. למחלקה הקרטזית שני שכבי התפתחות עיקריים, פריאמי (רווי במים) ואחדשי (מאויר), ולאורכה סימנים לפעלויות קרטזיות ענפה (מירון ופרומקון 1986; איור 2:א).





סקר ממוקד של אמת הביאר נעשה בידי צ'צוק וחוקר המרכז לחקר מערות (מלח"ם; צוק, מירון וולובסקי 1986). לפי סקר זה, אורך של מנהרת הפירים 2773 מ' ושיפוע כלל המערכת, מעין הביאר עד ברכות שלמה, 0.73 מעלות (12.8 פרומיל). בסקר מופה פיר 23, המכונה מתן הביקורת, כהדר תתי-קרקע, מלכני, הבוני גיתת בסיסות שלולים ודרך ניתן לרדת למנהרת הפירים (צוק, מירון וולובסקי 1986: 117; ראו להלן).

משנת 1969 ערך ע' מזר סקר מקיף של כלל מערכות המים לירושלים (מזר 1989; 2002). בהסתמך על הסקר של צוק (ראו לעיל), ציין מזר בפרסומיו שאורך מנהרת הפירים כ-3 ק' מ' והוא צובה בעומק 8–23 מ', מפני השטח. הוא הדגיש שטמות המנהרה לא הייתה רק הידראולית, קררי להזרים את מי עין הביאר לביריות שלמה, אלא גם הידROLגית, דהיינו להגדיל את כמות המים באמצעות מנהרה. על פי עדות פועלים שעבדו בניקוי מנהרת הפירים בשנת 1924, נצפו בה סר הכהל 80 פתחים. מזר ציין שמאז השיפוץ הבריטי, אמת הביאר הייתה מקור המים העיקרי של ביריות שלמה. במפתחו ציין מזר לראשונה סעיף של אמה היורדת מעין אל-'אספיר ('Ein el-'Asfir) ומתחברת לאמת הביאר (Mazar 2002: איור 1; ראו להלן). מזר ציין את מידותיו של הסקר הקדום בموقع מנהרת הפירים, שהוזכר גם אצל שיק: אורכו 30 מ', רוחבו 2.5 מ' וגובהו כ-4 מ'. חלקו משיקום אמת הביאר בתקופת המנדט נבנה במקביל אליו ממערב סר הכהל, שנועד לאגם את מי השיטפונות בנחל ביאר ובכך להעניש את חלחול המים במקטע האחרון של מנהרת הפירים (Mazar 2002: 1).

בסקר תתי-קרקעי שערךנו בעין פעור נמצאה מנהרת מים באורך כמה עשרים מטרים, הנמשכת מהעין במעלה העוז, אך לא עבר אמת הביאר (יחסיאל ואחרים 2019). שרידים של צינור חרס בסביבות עין המערה אכן נתגלו, אך לא נראה שהיו קשורים לאמת הביאר (מירון 1986: 130).

מטרות ושיטות

ăm אמר זה הוא פיר חדש שהתמקד במנהרת הפירים התתי-קרקעית באמת הביאר. תחילתה של מנהרה זו בעין הביאר (נ"צ 618260/214008) וסופה סטמך לסקר הקודם (נ"צ 620329/215882) (איור 1). מטרות הסקר היו למפות את כל חלקיה הנגשים של המנהרה התתי-קרקעית; להבין את ההיבטים הפלואוגיים והhidrolוגיים המוגעים בדרך פיתוחה של מערכת ה-*Cuniculus*; לאסוף נתונים מודוקים בנוגע לשיפועה של האמה ולמהלכה בתת-הקרקע; ולתואר לראשונה את מפעלה המים בכלים אנליציסטיים. עבודת השדה כללה ירידת אל כל הפירים הנגשים כיום באתרים ייעודי (SRT-Single Rope) וסarak (Technique) ומיפוי המנהרה באמצעות מתקדים (X-Disto ותוכנת Topodroid). סר הכהל מופיע כ-1233 מ' של המנהרה התתי-קרקעית והתגלו קטיעים נרחבים שלה המתוארים כאן לראשונה.²

¹ מבוסס על חלקיים מהסקר המקורי המלא של מזר משנת 1969 שלא פורסמו. הנתונים ההידרולוגיים המופיעים במאמר מבוססים על דוחות שנתיים של מהנדס המים לירושלים בתקופה המנדט שאסף מזר במסגרת אותו הסקר: A. Koch, *Annual reports on operation of the Jerusalem water supply Nos. 1-9, 1921-1931, Jerusalem Municipality*. בשלה המצבב כ-19 (Covid 19) הארכונים המנדטוריים אינם נגישים לקהיל. אנו מודים לע' מזר על האפשרות לעיין בארכיו של.

² הכנסה למנהרת הפירים מסוכנת. בחלק מהמקומות יש סכנת טביעה והתרמוסטאות. חלק מהפירים נמצא בתוך שטחים פרטיים של תנשבי אל-חادر או להיכנס אליהם ללא רשות.

מנורת הפירים של אמת הביאר לאור הסקר החדש גיאולוגיה, הידרולוגיה ונתונים כלליים

מנורת הפירים זורמת מתחת לאפיק נחל הפירים, שכיוונו הכללי דרום-מערב-צפון-מזרח. הנחל הרחב מצוי ממערב לעיר אפרת ומזרחה לאלעזר ונוה דניאל, ולאורך פוזרות חלוקות המעובדות בידי תושבי אל-חדרה. הנחל תחום מזרחה ברכס תלול וציף, וממערב מתנקזים אליו כמה ערוצים רחבים (איור 1). ממוצע המשקעים הרבי-שנתי באזורי (2010-1981) הוא 561 מ"מ גשם (www.IMS.co.il: מ"מ גשם, תקופה: 247212: ראש צורים) ובשנים 1860-1864 הוא עומד על כ-500 מ"מ (Wilson and Warren, 1871:19). גודל אגן הניקוז של נחל הביאר הוא 7.9 קמ"ר. בחורף 1968/1969 ירדו 612 מ"מ גשם, ובסיכום הבריטי שבמוצא הנחל נאגם כ-70,000 מ"ק מים במספר אירועי שיפון (Fig. Mazar 2002: 12). מכאן, שמקדם הנגר העלי' באגן נחל הביאר (היחס בין נפח המשקעים לנפח המים הזורמים על פני השטח) עומד על 2.0-2.5%.

בחינה גיאולוגית, ברובו המוחלט של אגן הניקוז חשופה לצורת בית מאיר מגיל קנוון תחתון (איור 1:ב). צורה זו בנייה מגיר/דולומיט משוכב היבש, בו אופקי חווואר (רוט ופלכסר תשל"ז: 9; סנה ורוט 2012). בקו הרכס שמצוור לנחל, ובצד הצפוני של אגן הניקוז, קיימים מחשופים של תצורת עמידב המתאפיינת בקרסט מפותח ובחולחול גבוה (יזקאל ופרומקין 2010; Peleg and Gvirtzman 2010). המבנה הגיאולוגי הדומיננטי בסביבה הוא קמר חברון, שכיוונו הכללי דרום-מערב. ציר הקמר מצוי קילומטרים אחדים ממערב לקו הרכס המגדיר את גבולו המערבי של אגן הניקוז של הנחל, ועליו שכונים היישובים אלעזר ונוה דניאל (רוט ופלכסר תשל"ז: 9). אזור המילוי החוזר המזין את מנורת הפירים נאמד בעיקר לפי מחשופיה של תצורת בית מאיר ובהתאם לנטיה הכללית של השכבות באזורי, מציר הקמר מזרחה. ניתן לראות שאזור המילוי החוזר חופף ברובו הגודל אגן הניקוז העלי', ואփחו נאמד ב-6.23 קמ"ר. על פי חישוב של 561 מ"מ ממוצע גשם שנתי ו-15% מיידי חוזר (היחס בין נפח המשקעים למים המחלחים לתת-הקרקע) בתצורת בית מאיר (Peleg and Gvirtzman 2010: 26) פוטנציאלי נפח המילוי החוזר של מנורת הפירים בנחל הביאר עומד על 523,421 מ"ק לשנה (איור 1:ב).

נתונים מדטוריים, המבוססים על מדידות של חמישה שנים וחצי, הראו שהסתיפה השנתית הממוצעת של עין הביאר הייתה כ-30,000 מ"ק. ספיקת המעיין ה恰恰ה לרוב לאחר שירדו 300 מ"מ גשם, דהיינו כ-60% מן הממוצע הרבי-שנתי. בשנות הבצורת הקשה של 1924/5, שירדו בה 270 מ"מ גשם בלבד, המעיין היה יבש לחלוויין. אמת הביאר סיפקה לביריות שלמה 91,000 מ"ק לשנה בממוצע. מנורת הפירים, המנקזת את האקויפר השעוני בתת-הקרקע של נחל הביאר, הוסיפה לאמה מים בكمות כפולת מזו שסיפק עין הביאר (Mazar 2002: 212).

על פי סכמת המרחק בקו אויר בין כל הפירים המוכרים ביום בפני השטח מן המעיין עד המוצא, אורכה של מנורת הפירים הוא 2952 מ' (לעומת 2773 מ' אצל צוק, מירון וולבלסקי 1986). על סמן הקטועים שמקורו במסגרת מחקר זה, יש להוסיף למרחק זה לפחות 3% בשל עיקולים ופניות (טבלה 1) כך שאורךה בפועל נאמד ב-3040 מ'. גובה בסיס האמה בתחום מנורת הפירים, סמוך לעין הביאר,

טבלה 1. כלל הפירים שתועדו במהלך המחקר במנורת הפירם (מידות במטרים)

הפייר	נקודת ציון	סוג הפיר	תיאור	אורן צלען מהפיר*	אורן אובי מהפיר הבודם	ספיה אוביית מהפיר הבודם	אחווז (%) במפגש חוביים מהפיר הבודם	ספיה אובי המנהרה	עד תקרת המנהרה	עמוק אובי המפיר הבודם	עמוק בצד המדרגות (מעלות)	עמוק הפיר המדרגות (מעלות)	עמוק אובי המנהרה
X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
2.5	X	X	مدורגת	4.41	2.9	62.85	65.75	תחלת מנהרת הפירם, גישה דרך גת מדרגות היורד לעין הביאר	מבנה מתוך המנהרה. בניו בגזית וסתום. המרחק האoxic מתיחס למרחק בין פיר זה לתחילת המנהרה (פיר 0)	בניין		X	(-1)
6.8	70	מקורי 9.5 מ', עומק 15.5 מ'	מדורגת	7.55	3.77	46.18	49.95	לפי מזר, המכשור המנהרה בתחום פיר זה היה 6 מ' תחת מפלס הקרקע עיון. שיפוע המנהרה נמדד לבסיס מכל זה	בחזוב	214013/ 618339	1		
X	X	X	X	X	X	X	X	לא זהה בשטח; מיקום לפי צוק, פירון ולולבלסקי (1986)	?	214033/ 618374	2		
X	X	X	X	X	X	X	X	לא זהה בשטח. מיקום לפי צוק, פירון ולולבלסקי (1986)	?	/214123 618486	3		
X	X	X	X	X	X	X	X	מבנה מתוך המנהרה, כניסה פיר 4 במעלה הזרימה. בקרה המיפוי גובה הרים נושא לתקירה, אך נראה כבסיס הפיר	?	X	(-1)4		
X	64	13.54	0.25	X	4.41	54.8	59.21	פיר מרובע בולט מעל סביבתו; סמוך לו שבר של עמוד(?)	בחזוב	214202/ 618596	4		

*הנתונים מתיחסים רק לפירים שזוינו בוידאות כסuibim, מתוך המנהרה. המדידות נלקחו מבסיס הפירם, אלא אם צוין אחרת.



טבלה 1. (המשך)

הפיר	נקודת ציון	סוג הפיר	תיאור	אורן צלען	מרקח אוביי מהפיר	ספיה אופקית מהפיר הקודם	אחויז (%) בתוספת למנהרה בשושואה (פער בין קא אויריה לכו הצלען)	ספיה אונכית במקבש חוצבים מהפיר הקודם	עמוק אוני עד תקרת המנהרה	שיפוע מנהרה מפיר קודם (מעלות)	שיפוע הפיר בצד המדרגות	שיפוע הפיר בצד המדרגות (מעלות)	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	214308/618739	חצוב	הפיר בניו בחלקו העליון וחצוב בחלקו התחתון; סולם ברזל יורד אל תחתיתו; נמצא מוץ פים										
6	214344/618789	בניו	הפיר עגול, שעון בחלקו על קמרון קדום										
7	214380/618840	בניו	פיר סתום כולו, מעליו גדל עצ תאנה										
(-3)8	X	חצוב	מופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 8 במעלה הזרימה										
(-2)8	X	חצוב	מופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 8 במעלה הזרימה										
(-1)8	X	חצוב	מופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 8 במעלה הזרימה										
8	214677/619260	חצוב	הפיר בולט מעל סביבתו, בניי מאבן; הכניסה דרך לוח קירוי שנעקרו מקומו										
(+1)8	X	חצוב	מופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 8 במודח הזרימה										



טבלה 1. (המשך)

הפייר	נקודות ציון	סוג הפייר	תיאור	אורן צלען המאפיין מהפייר הקודם*	מראחק אויריה מהפייר הקודם	אופקית מפיר בין קווים פער בין קווים אובייקטיב להנאהה בשושואה הקודם	ספיה אנטシア בפגש חובבים מהפייר הקודם	עמוק אובייקטיב המהנאה עד תקרת המהנאה	שפיעו המדרגות הפיר בצד המהנאה	שפיעו מפיר קודם (מעלויות)	עמוק אובייקטיבי מפיר קודם (מעלויות)
0.4	61	9.66	0.64	0.38	0.12	31.66	31.78	茂فة מתוך המנהרה; כניסה מפיר 8 במודר הזירה	חצוב	X	(+2)8
X	X	X	X	X	X	X	X	הפייר מרובע, בניו באבן; מדרגות בחוף הדרכית; סתום בזמירות גנים בעומק 3 מ'	?	214723/ 619343	9
X	X	X	X	X	X	X	X	הפייר סתום, צמוד לטרסה בצד המזרחי של הערוץ	?	214783/ 619440	10
X	X	X	X	X	X	X	X	גלאבנים ברור וגודול באמצעות השדה	?	214800/ 619480	11
X	61	15	X	X	X	X	X	הפייר מלכני, בניו עד לעומק של 5 מ' מאבני מטויחות, ומשם חצוב במדרגות	חצוב	214851/ 619519	12
X	X	X	X	X	X	X	X	זוהה בתצלומים אויר 1945 ו-2005	?	214964/ 619596	(+1)12
0.7-0.3	X	X	X	X	X	X	X	זוהה מתוך המנהרה; בסיסו חצוב באבן; הכניסה מפיר 14 במעלה הזירה	חצוב	X	13



טבלה 1. (המשך)

הפייר	נקודת ציון	סוג הפייר	תיאור	אורן צלען	אופקית ספייה	ספיה אנטシア	עמוק אנכי משפט הפייר	עמוק באץ הפיר	שפיעו מהנהרה מפיר קודם (מעלות)
0.7-0.3	68	14.31	מדורגת	4.59	2.64	54.92	57.56	חצוב	הכינסה לפיר דרך פתח צר בדופן המזרחי של סטימה מכוונת
0.7-0.3	67	14.25	0.31	0.69	0.24	34.64	34.88	חצוב	סופה מתוך המנהרה; כניסה פפיר 14 במודד הזרימה
0.7-0.3	66	12.05	0.57	3.30	1.34	39.24	40.58	חצוב	סופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 14 במודד הזרימה
0.7-0.3	65	8.88	0.41	1.18	0.39	32.72	33.11	חצוב	סופה מתוך המנהרה; כניסה פיר 14 במודד הזרימה
X	X	X	X	X	X	X	X	חצוב	אטור מתוך המנהרה; כניסה פיר 19 במעלה הזרימה; המרחק תואם 2005 נצלום אורי משנות 2005
0.8	62	8.68	1.2	X	X	X	32	חצוב ובני	הפייר חצוב בחלקו העליון ובני בחלקו התיכון
0.8	X	X	מדורגת	X	X	59	X	?	הפייר بواسל זמן מה לאחר הקמת המערכת. כוימ יש קמרון בני גזית במקום הפיר
0.8	6.45	1.47	3.20	2	62	64	הפייר רובע, בניו כלוי גזית, שעון על קמרון חבית	בני	215468/620137



טבלה 1. (המשך)

הפיר	נקודות ציון	סוג הפיר	תיאור	אזור צלען המאפיין מהפיר הקודם*	אזור צלען המאפיין מהפיר הקודם†	ספיה אופקית ספיה אונכית	אחוז (%) בתוספת במפגש חוצבים מהפיר הקודם	עמוק אונכי משפט הפיר עד תקרת המנהרה	הפיר בצד המדרגות (מעלות)	שיפוע מדרגות (מעלות)	שיפוע מפיר קודם מפיר קודם (מעלות)	שיפוע מנהרה מפיר קודם (מעלות)
0.9		ארגוני	6.9	X	5.90	6.4	108.4	114.8	הפיר רובע, בניו צולו בג'ית, שעון על קמרון חbilli	בנייה	215533/ 620230	21
0.9-0.8		ארגוני	6.56	X	5.40	4.08	75.1	79.18	הפיר רובע, בניו צולו בג'ית, שעון על גמלון קמרון 2.4, מ' עליונות בינוי מודרנית	בנייה	215594/ 620266	22
X		ארגוני	4.3	X	X	X	X	X	הפיר רובע, בניו צולו ג'ית, שעון על גמלון פורכב. סתום מפני השטח, סופה מתחם המנהרה	בנייה	X	(+1)22
X	X		4.5	X	X	X	105	X	גרם מדרגות יורד לחדר מקורה בקמרון חbilli; עמוק מפני שטח דרך המדרגות ועד מפלס העליה	בנייה	215699/ 620292	23
X	X		4.4	X	0.99	0.33	33.1	33.43	סופה מתווך המנהרה. ישנה דרך פיר 23 במודד הזרימה. פיר רובע בניו בג'ית, שעון על קמרון חbilli	בנייה	X	24

**טבלה 1.** (המשך)

הפיר	נקודות ציון	סוג הפיר	תיאור	אורן טלען המייפוי ההיפר*	מרקח אווירי מהפיר הקודם	ספינה אפקטיבית מפיר קומ פער בין קו אווירי לקו הצלען)	ספינה הטוספת למנורה בஹואואה לקו אוירוי סן הפיר הקודם	עומק אוכי משפט הפיר עד תקרת המנורה	הפיר בצד המדרונות (מעלות)	שיפוע מנורה הפיר קודם (מעלות)	
X	X	1.3	X	1.37	0.67	48.2	48.87	מופה מתוך המנורה. גישה דרך פיר 23 במודר הזרימה. פיר רבוע בני בגית, שעון על קמרון חביות.	בניין	X	(+1)24
X		2.36	X	X	X	33	X	פיר מרובע בניו כולו בגית. שעון על קמרון חבית מצוי מתחת למנוחל מבטן בסימון לכיביש	בניין	215836/ 620308	25
X	X	X	X	X	X	50	X	נמצא מצד הצפוני של נחל הפירים, בסימון לסקור הקdom.	X	215882.4/ 620329	מצוא המנורה לפני השפח
X	64.96	13.27	0.52	3.24	1.00	36.59	X		X	X	ממוצע למנורה חצובה
X	X	5.18	X	3.42	2.87	64.35	X		X	X	ממוצע למנורה בנייה
X	X	10.00	0.61	3.28	2.02	50.13	X		X	X	כולל ממוצע





הוא 852.5 מ' מעל פני הים, ובמצאה — 808 מ' מעל פני הים. חישוב הפרש הגובה האנכי (43.5 מ') על פני המרחק (3040 מ') מעלה שהשיפוע הכללי של המנהרה הוא 0.82 0.82 מעלות (כ- 14 פרומיל).³ מערכת המים מתוארת להלן בסדר גיאוגרפי, מעין הבאר עד מוצא המנהרה אל פני השטח. מסענו הפירם מתבסס על הסקר של צוק, מירון וולבלסקי (1986). פירם המתועדים כאן לראשונה סומנו ב+(+) לציוו פיר המכזי במורוד חרום, וב-(−) לפיר במעלה חרום, ביחס לפיר הממוספר הקרוב ביותר. מן הסקר הנוכחי עולה, שלמנהרות הפירם שני חלקים עיקריים שונים זה מזה מבחינת: חלקה הראשית והעיקרי חצוב כולה בסלע האם, וחלקה השני בניי גיאת. הללו יתוארו בנפרד.

מנורת הפירם החצובה

הירידה למנורת הפירם היא דרך גרם מדרגות שבתוחתיו מסתiemת המחליה הטבעית של עין הבאר, שכיוונה מזרח-מערב, ומתחילה ממנהרת הפירם, שכיוונה הכללי דרום-צפון (איור 2). אורכו 5.5 מ' וגובהו המנהרה הראשון 21 מ', והוא מקורה בלווחות אבן מסיביים. גובהו בתוחילה 1.7 מ', ובמהלך 5.5 מ' (איורים 2:א, חתר 3; 3:א). באמצע קטע זה הושארה קשת חצובה לתמיכה (איור 2:א, חתר 4), ולאחריה מונחים לוחות הקורי בצד אחד על זיזים בניוים הבולטים מן הקיר (corbeling) (איור 2:א, חתר 5). נתונים אלו מעידים שתהילה נחצבה מפני השטח תעלה עמוקה, ולאחר קיריה הושתתה מעלה מדרגות (צוק, מירון וולבלסקי 1986).

לאחר קטע זה המנהרה מ השתפלת בתיליות וחופכת חצובה כולה לאורך כ-30 מ'. בקטע הבא, בסיס המנהרה חצוב, אך חלקו העליון מקורה בקמרון חבית או בగמלו, הבנויים מאבני גזית בסיטות שלולים ויזג (איורים 2:א, חתרים 9, 12; 3:ב). אורכו קטע זה כ-20 מ', ובאמצעו פיר מרובע, בניי גזית, סתום. הסיבה לשינוי מנהרה החצובה כולה בסלע האם לתעלת מקורה גזית נעוצה בחציית אפיק נחל הפירם והמעבר מסלע אם לתוך קרקעי (איור 2:ב). בהמשך, שבה המנהרה להיות חצובה כולה לאורך כ-45 מ' עד פיר 1. מעט מדורם לפיר זה יש מנהרה חצובה, בשה, שאורך כ-20 מ', הנמצאת במפלס גובה מהמנהרה הראשית. יתרון שיש כאן סעות בתוואי ובגובה המדידות, שתוקנו באמצעות המנהרה הקיימת (איורים 2:א, פרופיל וחתרים 15, 16; 3:ג).

על פי הסקר של מזור, המשר המנהרה במורוד חרום מבסיס פיר 1 והיה נמוך כ-6 מ', ממפלס המנהרה המגיעה אל פיר 1 (איור 2:א, פרופיל). במיפוי שנעשה בשנתה ה-1980 ה证实 עצמאית עומק המדרגה בפיר ל-3 מ', כנראה בשל הצברות של שפוכת (השוו בן יעקב 1985; צוק, מירון וולבלסקי 1986:114). שיפוע המנהרה מתחילה עד בסיס פיר 1 (−1), ומפיר 1 (−1) עד בסיס המפל בפיר 1, הם הגבוהים ביותר שנמדדו במנורת הפירם 2.5 ו-6.8 מעלות בהתאמה; טבלה 1). אפשר להציג שני הסברים לסטייה אנטית גוזלה זו: (1) המנהרה נחצבה משני כיוונים באותה עת, מעין הבאר לצפון ומפיר 20 לדרום (ראו להלן), ועם התקדמות החציבה התגלה הצורך בתיקון האנכי הגדל; (2) העמekaה מכוונת ונوعה להסדיר את זורמת המים במקטע תלול זה באמצעות 'פיר נפילה' (dropshaft). ההסבר השני סביר יותר בעינינו, שכן שיפוע תלול ברצפת המנהרה עלול היה לגרום לזרמה טורבולנטית ולמערבולות

³ מנורת הפירם ברוחה בעלת שיפוע מיתון יותר. כפי שמצוין במאמר, בסיס פיר 1 קיים מפל של 6 מ'. מבסיס מפל זה עד מוצא המנהרה לפני השטח השיפוע הוא 12.4 פרומיל (0.7 מעלות). שיפוע דומה לכלל אמת הבאר נמדד בסקר של צוק, מירון וולבלסקי (1986), מן המעיין עד בירות שולמה.



איור 3. מנהרת הפלרים, מתחילה עד פיר 1: (א) מנהרה חצובה לגובה 5 מ', מקורה בלוחות אבן (ראו איור 2:א, חתר 3); (ב) מנהרה חצובה מקורה בקמרון חבית בסיטות שלוים גס (ראו איור 2:א, חתר 9); (ג) מפלס המנהרה הנטושה (2) אל מול מפלס המנהרה הראשית (1), סמוך לפיר 1 (צילום: י' נגב).

ולגלים שיביאו לשחיקה של מערכת המים. המפל בפיר 1, וחיצית המשך המנהרה במפלס גובה מעט מבסיס פיר זה, מנתנים מידית את זרימת המים. ידע הידראולי זה היה מוכר היטב למתנדטי המים בתקופה הרומית (Chanson 2000). המכידות שנעשו ביתר חלק מנהרת הפלרים תומכות בהצעה זו, שכן נמדד בהם שיפוע מתון מאד שפחות מעלה אחת (טבלה 1) וСПירות ארכיטקטוניות נמוכות (טבלה 2; ראו להלן).



מפיר 1 עד פיר 5 עובר תוואי המנהרה צמוד לשלווה בגדה המערבית של הנחל. מפיר 4 ניתן להיכנס במאיץ לקטע באורך כ-60 מ' במעלה הזירה; כאן יש מוקדים רבים שדרךם חזורים פים עתירי גיר ומומס משני צידי המנהרה.

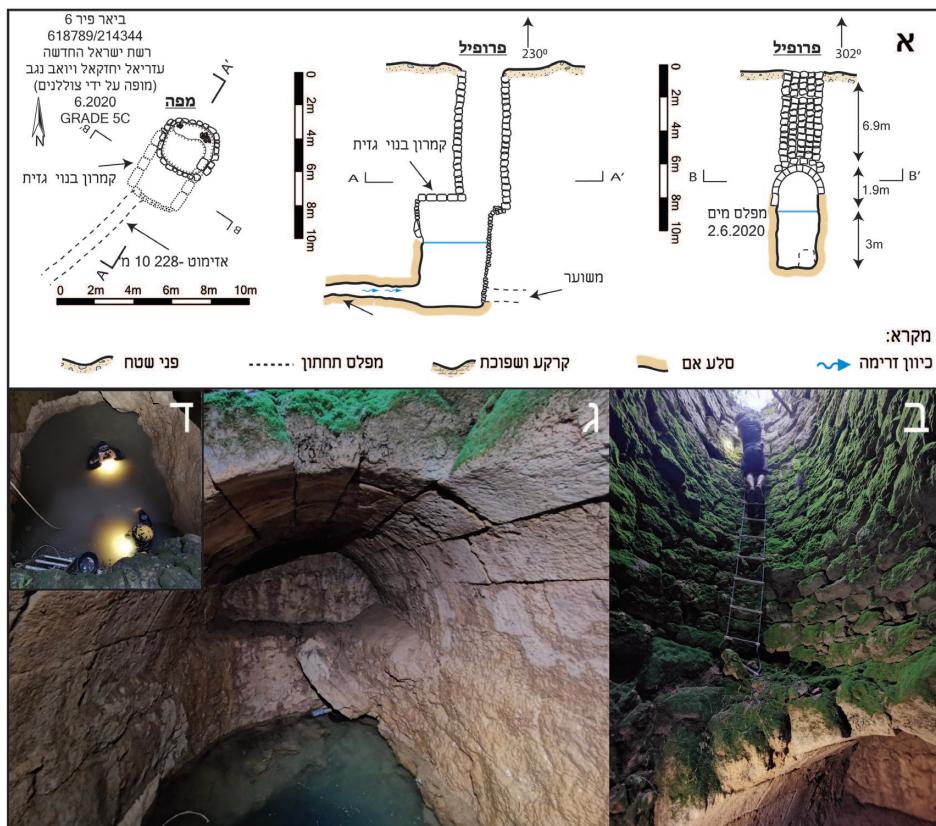
בפיר 6 הובחנו שני שלבים כרונולוגיים ברורים: חלקו העליון עגול, בניי באבנים גדולות, מהוקצעות חלקית, והוא שוען בסיסו על קמרון חבית קדום, בניי גית, שרוחבו 2.2 מ' ואורכו הגלוי לעין כ-0.4 מ' (איור 4:א-ג). פיר זה ממוקם בנקודה שבה היורד מכיוון עין אל-עצפир נשפר לנחל הביאר. על פי מזר (Mazar 2002), בתוואי זה יש אמה משנית המזינה את אמת הביאר (איור 1:א). יתכן אם כן, שהקמרון החבית בתחתית הפיר הוא חלק מצומת תתקרכע המחבר בין המנהרה הראשית לאמה המשנית. אפשרות שנייה היא, שஸל חצית העוז, קיים בתת-הקרקע מעבר למנהרה חצובה לעתלה בונה, בדומה למעבר הקטים בין פיר 21 לפיר 22 (ראו להלן). במקרה זה, נראה שהקמרון נבנה כפיר ביקורת על נקודת המעבר. לא יצאנו לחזור טעונה זו ולהתකדם מפיר 6 במודוד הזירה, על אף סיוע של צוללים (איור 4:ד) הצעה זו נסמכת בין היתר על הדמיון באופי הבניה של הקמרון בסיס פיר 6 לחדר עם הקמרון בפיר 23 (ראו להלן), ברוחם ובמספר המדבכים (השוו לאיורים 4:ה; 15).

פיר 7 נמצא סתום, וממנו עד פיר 8 (כ-520 מ' בכו אורי) לא ניתן להיכנס למערכת. מפיר 8 ניתן להיכנס לקטע באורך מטר של 189 מ' (איורים 5:6). הכניסה היא בין אבני היסוי של פתח הפיר, השישיים נוראה לשסל הבניה המקורי. בקטע שבין פירים 8(2)-8(3) תועדו נטיפים שאורכם כ-25 ס"מ (איור 6:ג). במודוד הזירה בין פיר 8 ל-8(+1) קיים סכר מודרני, עשוי בטון, המעלת את מפלס המים במנהרה. דבר זה מאפשר שאיבת מים מן המנהרה אל פיה השיטה. באופן כללי, מיר 8 ובמודוד הזירה גובהם של הפירים יוד (טבלה 1) בהתחממה להתרחקותתוויאי המנהרה מן השלווה אל אפיק.

מפיר 9 עד פיר 12 ניתן לעקוב אחר תוואי המנהרה על פי מיקום הפירים בפני השפה. כאן היא צמודה לגדה המזרחית של הנחל ועוברת בתוואי הקצר ביותר של עיקול הנחל כדי לחסוך עבודה.

מפיר 12 עד פיר 14 המנהרה חוצה את אפיק הנחל ועוברת שוב לגדה המערבית. בין פיר 14 לפיר 19 אין שרידים לפני שטח; מפיר 14 ניתן לעبور בקטע כולל של 179 מ' במנהרה (איורים 7:8) ולהבחן מתוכה בפירים 13, 15-18. במודוד הזירה בין פיר 16 ל-17 ישנה נביעת מים נוספת בדופן המנהרה (איור 8:ד).

חלקו העליון של פיר 19 בניי גית, וחילקו התחתון חצוב (איורים 9:10; 10:א-ב). מיר זה, במעלה הזירה ובמורדה, תקרת המנהרה עוקבת אחרי מישור השיכוב הגיאולוגי. חנתת המים מהאקווייפר לתוך המנהרה היא בכיוון נתיב השכבות, ומידים על קר השכבות הרבות של משקעי המערות (flowstone) המכוסות רק את הצד המערבי של חתך המנהרה (איורים 9: חתך 10:ג). מיר 19 המנהרה הולכת וצראה, והיא מנמיצה במודוד הזירה עד למפגש החוצבים שבו המעבר נמוך מאד. לאחר מכן, מפלס התקקרה עולה בהדרגות עד גובה 2 מ' בקירות. בהמשך יש קטע באורך 2.3 מ', ברוחב 0.5 מ' ובגובה 0.5 מ' המקורה בקמרון חבית הבניי גית בחמשה נדבכים. לפ' סימני החציבה המוגדים משני צידי המקטע, בתחילת היה כאן פיר, 19(+1), שבוטל זמן מה אחרי הקמת המערכת (איור 10:ד). ראיי להציגו שהאטימה מוקפדת מתחם המערכת במבנה גזית של קמרון חבית בבסיס הפיר ומילוי מכיוון של החלל שמעלי.



איור 4. פיר 6: (א) תכנית ופרופילים; (ב) שני שלבי הבניה — החלק העליון המאוחר שעון על קמרון חבית קדום; (ג) קמרון החבית בסיס הפיר; (ד) הצלילה בפיר (צילום: י' נגב ו' יחזקאל).

לאחר מקטע זה, שבה המנהרה להיות חצובה לאורך 22 מ', נוספים שבמרוצם מפגש חוצבים בספייה אונכית גודלה של 1.47 מ' (איור 9). מנוקודה זו זורמים המים תחילה באמה שנבנתה במנהרה פירים חצובה ובהמשר, בתור אמה שנבנתה בתעללה שנחפרה מפני השטח (ראו להלן; איור 0:ה-א).

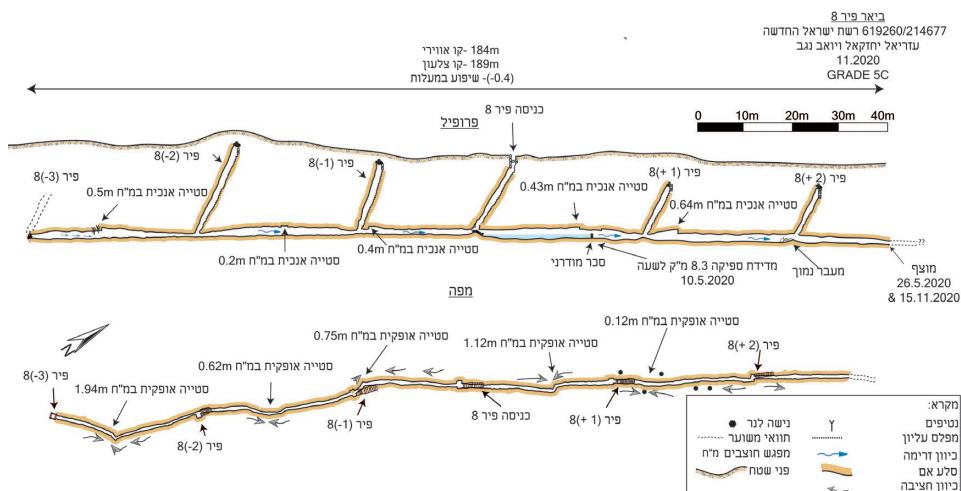
על סמך המדידות שערכנו, אורכה של המנהרה החצובה כ- 241 מ'. כל הפירים היורדים אליה נחצבו מעל התוואי ובשפוץ לכיוון מעלה הנחל (כיוון כלל לדרום) (ראו למשל איורים 5; 7), בשונה ממנהרות דומות שבהן הפירים נחצבו מן הצד, בינויצב לכיוון המנהרה, כגון מערכות המים שבנהחל תנינים עליון ונחל סנוונית (Siegelmann 2002) ואמת המים ההלניסטית לעכו (Frankel 2002). לרוב הפירים קפע עליון אוכי, קצר, הבני ממספר נדבci אבן; חלקם העיקרי, התחתון, חצוב, ובו מדרגות תלולות בדופן שמעל מورد הזרימה (כיוון כלל לצפון). לעיתים טויחו המדרגות בטיח אפור,



**טבלה 2. מיקום מפגשי חזובים בין זוגות פירים חזובים סמוכים
(שים לב: הסטיה גדלה בהתאם לקו הצלען שבין הפירים)**

מספר	לכון פיר	כיוון החזיבה	קו צלען בין שני הפירים (מ')	אורך החזיבה (מ')	אחווד (%) החזיבה מסר הקטע	ספיה אופקית בין הפירים (מ')
0	(-1)1	מורוד	65.75	X	X	2.90
(-1)1	0	מעלה		X	X	
(-1)1	1	מורוד	49.95	X	X	3.77
1	(-1)1	מעלה		X	X	
(-1)4	4	מורוד	59.21	21.88	36.95	4.41
4	(-1)4	מעלה		37.33	63.05	
(-3)8	(-2)8	מורוד	34.41	13.87	40.31	1.94
(-2)8	(-3)8	מעלה		20.54	59.69	
(-2)8	(-1)8	מורוד	36.27	14.45	39.84	0.62
(-1)8	(-2)8	מעלה		21.82	60.16	
(-1)8	8	מורוד	24.55	3.48	14.18	0.75
8	(-1)8	מעלה		21.07	85.82	
8	(+1)8	מורוד	35.77	21.59	60.36	1.12
(+1)8	8	מעלה		14.18	39.64	
(+1)8	(+2)8	מורוד	31.78	7.25	22.81	0.12
(+2)8	(+1)8	מעלה		24.53	77.19	
13	14	מורוד	57.56	24.43	42.44	2.64
14	13	מעלה		33.13	57.56	
14	15	מורוד	34.88	16.25	46.59	0.24
15	14	מעלה		18.63	53.41	
15	16	מורוד	40.58	10.16	25.04	1.34
16	15	מעלה		30.42	74.96	
16	17	מורוד	33.11	17.76	53.64	0.39
17	16	מעלה		15.35	46.36	

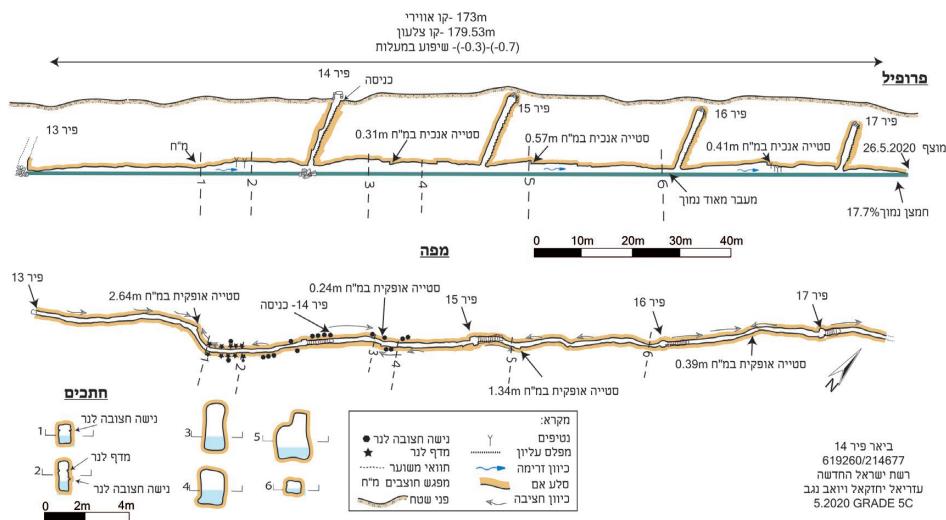
עשיר בחומר אורגני. השיפוע הממוצע של מדרגות הפירים עומד על 65 מעלות (טבלה 1). בבסיס פירים רבים משקעי מעורות בשל זרימת מים על דופן הפיר (זרימת פילם) (ראו למשל איור 6:ד). ממוצע המרחק האווויי בין הפירים החזובים בקטעים שמוקמו עומד על 36.5 מ' (טבלה 1), נתון בהתאם למילצתו של יוסרוביץ' (de Architectura VIII, 6:3). הסקר העלה שהמנורה נחצתה מבסיס כל פיר לשני כיוונים מנוגדים (איור 8:א). לרוב, מפגשי החזובים אינם במרכז הקטע החצוב כיון



איור 5. מקטע חצוב במנהרת הפירים, שמופה פיר 8 (189 מ') : תכנית ופרופיל (שרטוט: ע' יחזקאל).



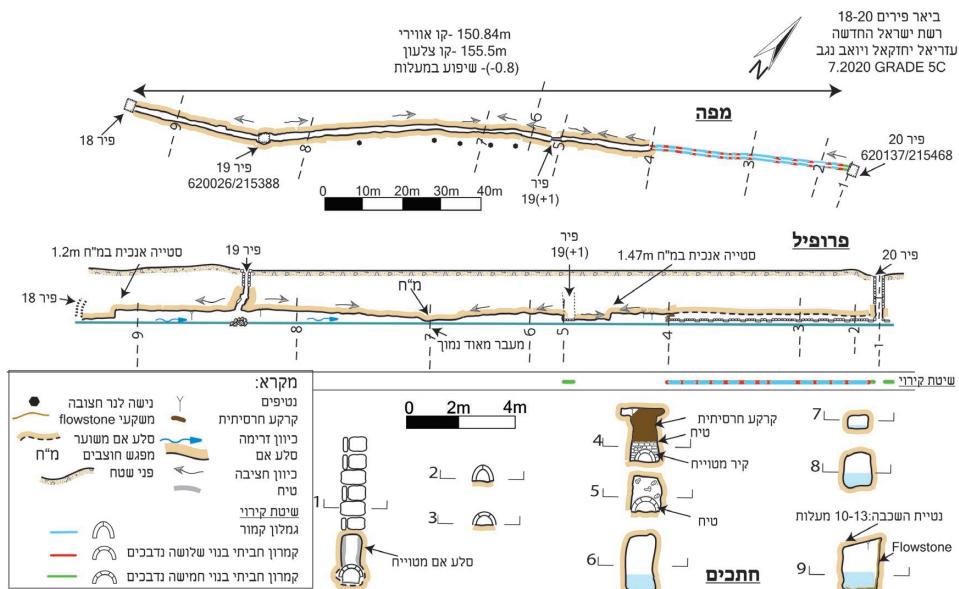
איור 6. מנהרת הפירים החצובה פיר 8: (א) בסיס פיר 8, מבט מלמعلלה — שימוש לב למדרגות החצובות; (ב) מבט צפונה לעבר פיר 8(-2) והמשר המנהורה; (ג) נתיפים בקטע שבין פירים 8(-2) ו-8(-3); (ד) בסיס פיר 8(-1) — שימוש לב לאוזני הפל"ל" בדופן הפיר; (ה) מפגש החצובים בין פיר 8 ל-8(+1) — תיקון במישור האופקי ובמשור האנכי (צלום: "גבע ו' יחזקאל").



איור 7. מקטע חצוב במנהרת הפלרים, מפיר 13 עד פיר 17 (79 מ'): תכנית, פרופיל וחתכים (שרטוט: ע' יחזקאל).



איור 8. מנהרת הפלרים החצובה בין פירים 13-17: (א) מבט לכיוון צפון-מזרחה — בסיס פיר 14 מסומן בחץ לבן וסימני החציבה מבסיס הפיר במעלה הזירה מסומנים באדומים; (ב) מדפים בולטים להנחת נורת בקטע שנחצב מפיר 14 לכיוון פיר 13 (מסומנים בחצים אדומים); (ג) מבט במורד הזירה מפיר 13 — שימושו לבלתיקון האנכי בתקרת המנהרה, שאינו סמור למפגש חצבים; (ד) וביתת מים מדורן המנהרה החצובה, בין פיר 16 לפיר 17 (צילום: י' נגב וע' יחזקאל).



איור 9. מנהרת הפירים בין פיר 18 לפיר 20: תכנית, פרופיל וחתכים. שימוש לביטול פיר 19(+1) בקמרון חבית; וכן מעבר ממנהרה חצובה בלבד למנהרה חצובה שבאה בניה (שרטוט: ע' יחזקאל).

שההספיק של הקבוצה שהתקדמה במעללה הזורם היה גובה מזהה של הקבוצה שחצתה במורדו (טבלה 2). יתכן שהמים במורדו הזורם הפריעו לחציבה בכיוון זה. הסטיות האנכיות במפגשי חצבים נעותות בין 1.47 ל-0.2 מ'; יתכן שברצפת המנהרה הונח חומר מילוי אטום כדי לתקן את השיפוע החלילי שנוצר בשאלן. תיקונים בתקרת המנהרה החצתה הובחנו לאורכה, ולא רק סמור למפגש החצבים (למשל איור 8:ג). נתון זה מעיד על בקורת מדידה ושיפוע בזקן בעבודות החציבה. הסטיות האופקיות מסתכמות ב-0.12–0.14 מ'. בטבלה 2 אפשר לראות שהסת�性 האופקית במפגשי החצבים גדלה בהתאם למרחק הגדל בין שני פירים ($F_{\text{test}} = 0.0009$; $P_{\text{val}} = 0.0009$). סטייה אופקית נמוכה מתקבלת כאשר המרחק בין הפירים עומד על 30–40 מ'. השיפוע הכללי של מנהרת הפירים החציבה, למעט הקטע בין פיר 0–1 (לעיל), נע בין 0.8–0.3 מעלות. בכלל, הסטיות במפגשי החצבים בננהרת הפירים של הביאר הן הנמוכות שתוועדו במנהרות תת-קרקעיתות דומות (Frumkin et al., 2014: Table 1). יתכן שהדבר נובע ממקום הפירים שנחצבו במדורג בתוואי המנהרה התת-קרקעית שתחתייהם, ולא בנצח לה.

בקטע שנחצב מפיר 14 במעללה הזורמה לכיוון פיר 13 הושארו מדפי סלע קפנימים ובולטים להנחת נרות (איור 8:ב). יתר המיקומות במנהרה נחצבו לגמחות לנרות בקירות. בקטע שמאפו מפיר 14 תועדו חמשה פירים, שנחצבו בידי תשעה צוותי עבודה. כיוון חציבותם מכל פיר היה כדלקמן: מפיר 13 במורדו הזורמה (קיים אין גישה לקטע שבמעלה הזורמה); מפיר 14 לשני הכוונים; מפיר 15 לשני הכוונים; מפיר 16 לשני הכוונים; ומפיר 17 לשני הכוונים. אם המדפים לנרות משקיפים מסורת בניה



איור 10. מנהרת הפלרים בין פירים 18 ו-20: (א) פתח פיר 19 במרכם נחל הפלרים (מסומן בחץ שחור) ותוואי משוער של המנהרה (חץ כחול), מבט לדרומ-מערב; (ב) גישה בפיר 19; (ג) מבט לצפון-מזרח מפיר 18 לפיר 19 — שימוש לב לניטית השכבות בתת-הקרקע, המזינית את בסיס המנהרה; (ד) מבט לכיוון צפון-מערב לעבר קמרון החבית שבittel את פיר 19(+1) — הסתימה המכונת מעל הקמרון מסומנת בחץ אדום; (ה) מבט לכיוון צפון-מערב, תחילתה של אמת הגזית שנבנתה בתווך המנהרה החצובה (ראו איור 16:ב.1) — גובה האמה הבנוי (כ- 1 מ') מסומן בחץ צהוב, חותר זרימת המים באמה (*Specus*) מסומן בחץ כחול, והצטברות קרקע חרסיתית על תקרת האמה מסומנת בחץ אדום (ראו איור 9:חדר 4); (ו) מבט לתוך חותר האמה (*specus*) — חילופים בין קמרון חבית בני שלושה נדבכים, מקטע שקרה בגמלון קמור, ושוב קמרון חבית (צילום: י' נגב ו' יחזקאל).

של צוות מסויים, וכיוון שלא נמצאו בקטע שמוספה מל'ר 14 מקטעים אחרים שבהם מדפים מעין אלה, הרי שתשנעה צוותי חוצבים לפחות פועלו לפיתוח מנהרת הפירם של הביאר. אם היו פחות צוותים, סביר שהיינו מתעדים מדפים בולטים גם במקטעים אחרים (איור 7).

בנית הגזית במנהרת הפירם

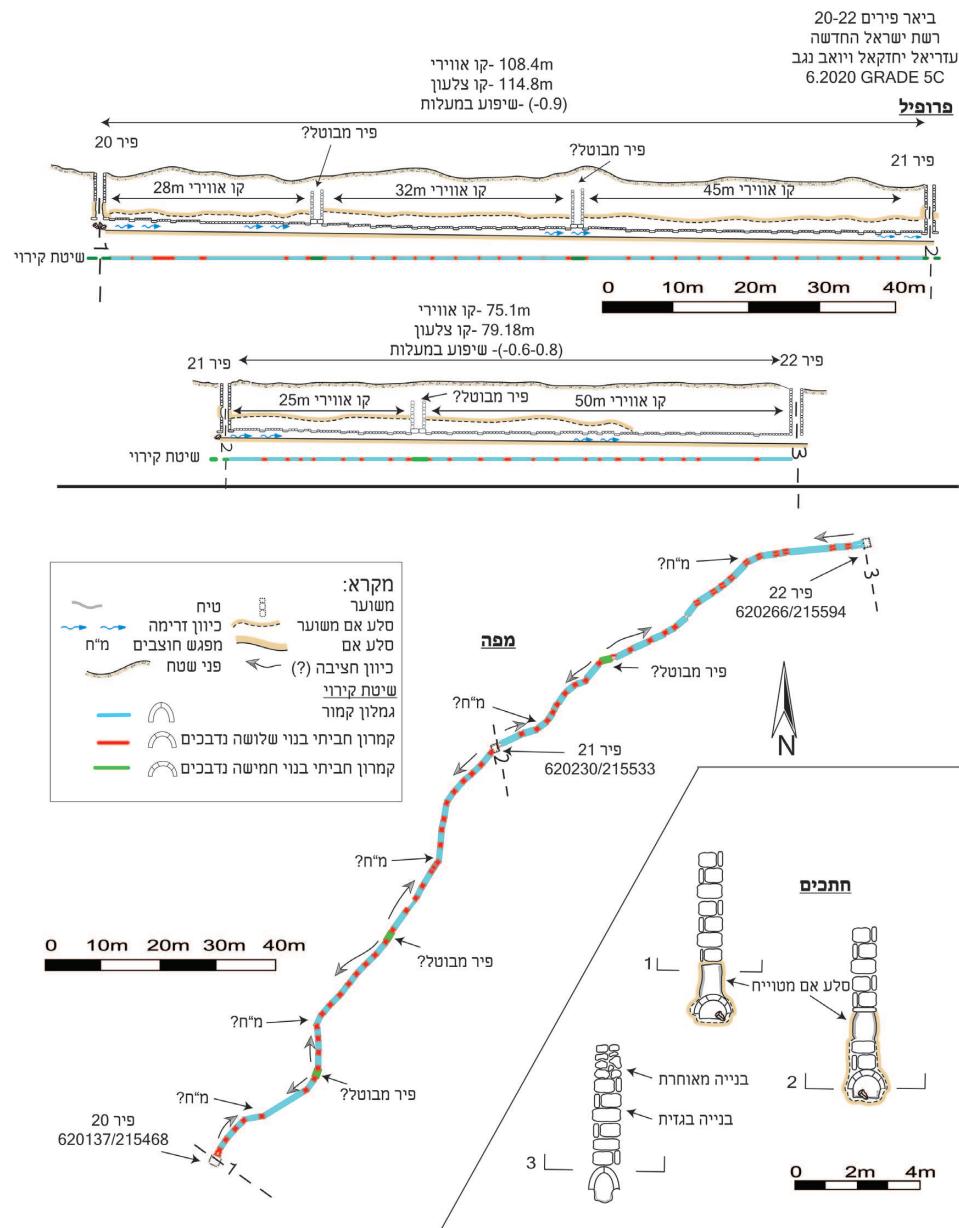
מאזורי פיר 19(+1) עד מוצאה לפני השטח, נבנתה האמה בחלקה בתווך מנהרה חצובה בסלע האם, ובחלקה נבנתה אמה בתווך תעלת שנחפרה לפני השטח ולאורך פירם (להלן: "תעלת הפירם"). אורכו קטע זה כ-536 מ'. מתחארם של רוחב הפירם היהודיים אליה מרובע 1×1 מ' ב夸רכוב. הפירם אונכיים, והם בניויים מבניינים שגודלם הממוצע 0.4×0.7 מ', שטוחו היטב בטיח אפור עשיר בפחם. אלו שעוניים בבסיסם על קמרונות מסווגים שונים: קמרון חביתוי מחמישה נדבכים בפירם 19(+1), 20, 21, 24(+1) ו-25; גמלון קמור בפיר 22; וגמלון מורכב בפיר 22(+1) (ראו להלן). קטע זה נחלק לארבעה מקטעים משנה.

מקטע ראשון: מנהרת פירם חצובה ומפותלת, שבבסיסה אמה בנייה גזית, מקורה בגמלון קמור/חביתוי לסירוגין. מתחילה, מאזור פיר 19(+1) עד פיר 22, נחצבה מנהרה תתי-קרקעית רוחבה וגובהה, שאורךה כ-235 מ' ועומקה 6–8 מ' לפני השטח. בבסיס המנהרה נבנתה אמה מבני גית מותאמות היטב. סלע האם החשוף מעלה תקרת האמה הבניתה בתחילת השטח, ובבסיס פירם 20 ו-21, מעיד על שיטת בנייה יהודית זו (איור 11: פרופיל). הטיבה לבנייה זו קשורה בעובדה שמנהרת הפירם מתקרבת בהדרגתית לפני השטח וחוצה עמק רחב ידיים (איורים 1; 16:א). שני הנחוניים הללו משפיעים על ציפיות סלע האם שבו היא חצובה ועל יציבותו. הצלבות של מעלה מטטר אחד של קרקע חרסיתית מעלה תקרת האמה איששה אבחנה זו (איורים 9: חתר 4; 10:הה).

גובה זרימת המים באמה הבניתה (להלן: *specus*) עולה בהדרגותיות מ-0.4 מ' גובה בתחילת השטח (איורים 1:12, א, ב) לגובה 1.3 מ' לערך באזורי פיר 22 (איור 2:ג). ה-*specus* קורה לחולפון בגמלון קמור ובкамרונות חביתתיים. המקטעים הארוכים יותר קורו בגמלון קמור – שני לוחות אבן קמורים, מסותתמים, השווים זה כנוד זה. רוחבם של הלוחות 0.3 מ', עוביים 0.4 מ', גובהם מראש הגמלון עד הדוכנות/סלע האם 0.5 מ'. אחת לכמה מטרים מצוים קמרונות חבית הבוניים בשלושה נדבכים; רוחבם 0.4–0.3 מ', עוביים 0.70–0.85 מ' וגובהם 0.3–0.6 מ' (איורים 0:1:ו; 1:א; 2:ב; 2:ב; 1:ב). סך הכל totaledו 59 קמרונות חבית מעין אלו: 13, בין פיר 19(+1) ופיר 20; 21, בין פיר 21 ו-13, בין פיר 21 לפיר 22.

קמרון החבית יציב יותר, אך קשה לבנותו ברצף, ולכן הוא נבנה בקטעים קטנים, בעיקר בנקודות שבנה יש פיתולים בתוואי המנהרה החצובה. בין קמרונות החבית הונחו לוחות הגמלון הקמור, הקלים וחסית להנחה בתנאים אלה, אף פחות יציבים. בתום הנחת כל הקמרונות והגמלונים, נבנה מעליהם שרוול בניי מבנים ופיקח בגובה כמטר אחד, ככל הנראה כאמצעי הגנה (איורים 10:ה; 1:ב.1).

בין פיר 20 לפיר 22 נמצאו שלושה מקטעים של קמרון חבית, הבוניים מחמישה נדבכים באורך כ-2 מ'; רוחבם וגובהם גדול מיתר ה-*specus* שתוואר לעיל (איור 2:ד–ו). אמן סבורים שמקטעי קמרונות אלו מצטיינים את מיקומם של פירם שבוטלו. גם כאן, בדומה לפיר 19(+1) (איור 0:ד; רוא לעיל), הדבר נעשה בקפידה, בבנייה קמרון חמוץ ליתר ה-*specus* מהווע עדות טריטוריפית לכך שהם נבנו בתפר שבין קטעי קמרון חמוץ הנדבכים ליתר ה-*specus* מהווע עדות טריטוריפית לכך שהם נבנו בשתי תקופות שונות ושנعوا שיקום מקיים במערכת המים זמנייה לאחר הקמתה.



איור 11. מנהרות הפירים בין פיר 20 לפיר 22: תכנית, פרופיל וחדרים; המנהרה חצובה ומפותלת, ובוקראק עיתה בונתה אמה מקורה במעברים תכופים בין גמלון קמרור לקמרון חיבתי (שרוטט: ע' יחזקאל).

אישוש להערכתנו שאלו פירם שבוטלו אפשר למצוא בדברי ויטרוביוס שהמליץ על מרחק של כ-20 רגל בין פיר לפיר גם במנזרות בניוות (*de Architectura* VIII, 6:3). ללא הפירים המבוטלים, המרווח בין פירים 20 ו-21 ובין פירים 21 ו-22, גדול בהרבה מהמלצת ויטרוביוס (75 מ' בהתאמה; ראו סבלה 1; איור 11). בנוסח, הסת�性 האופקית באזורי מפגשי החוצבים בין שני הפירים הסטוליים (20, 21, 22, ואלו שבוטלו בינהם), מסבירה את הפיתולים בתוואי המנהרה במקטע זה. נראה שהמקטעים שנחצבו במעלה הזרימה אחסנים אליהם שנחצבו במורדה, בדומה למונחת הפירם החוצה בחלקיה השינויים (השו בין איור 11 לאיורים 5, 7).

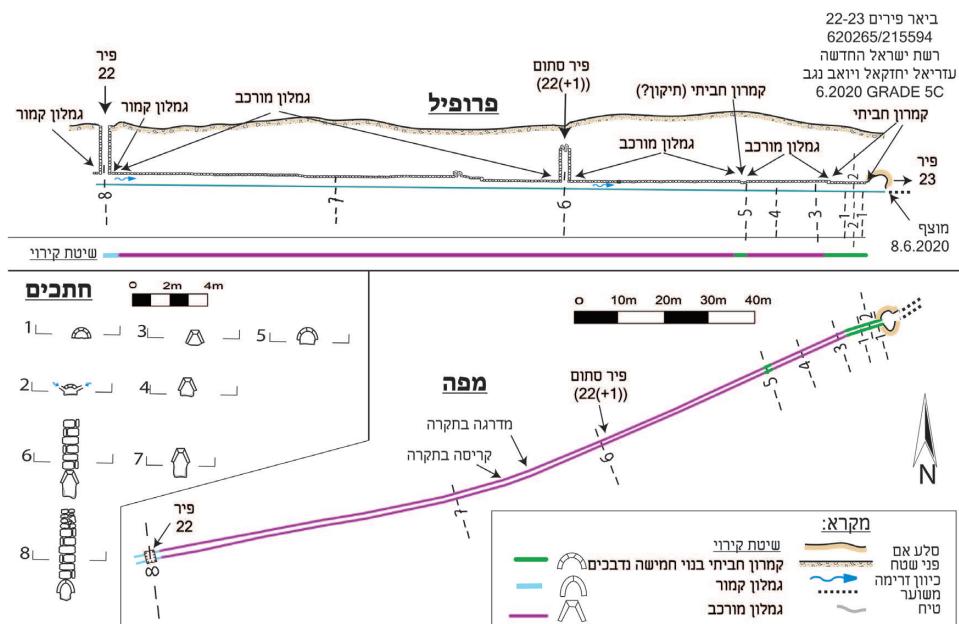
במקטעים 4-2 עד המקטע 22 עד פיר 22 עד פיר 23, הוא כ-105 מ', והוא מקורה ברוחו בגמלון מורכב: שני לוחות אבן נתויים, ומעליהם אבן שלישית המשמשת אבן ראשא. גמלון זה מעופר לכל אורכו בסיטות שלולים עדין שרוחבו כ-5 ס' מ', וziej הבולט 2 ס' מ' מפני האבן (איורים 13; 14-ג; 3.ב:16). במרחק של כ-50 מ' מפיר 22 מצוי פיר נוסף, סתום (פיר [22+1]), וכ-40 מ' אחריו יש מקטע באורך 0.8 מ' המקורה בקמרון חבית. שכבות עבות של טיח מעידות לנוואה שהקמרון מאוחר ונבנה כתיקון מקומי. מכאן התעללה שבמקורה בגמלון מורכב, למעט המקטע האחרון שארכו כ-8 מ' שקרה בקמרון חבית הבניי מחמשה נדבכים. בשתי נקודות לאורך מקטע זה משולבים מרחבים בדופן הקמרון; תפקידם אולי להחדר מים לתעללה התת-קרקעית (איורים 13: חתר 2; 14: ד; 6: ב.ב: 4). לאחר מכן נסתמה התעללה בסלע גדול, מטרים ספורים לפני פיר 23.

מקטע שלישי: תעלת פירם בניה גזית ומקורה חליפות בקמרונות חבית ובגמלון פשוט בנייצ' לתוואי המנהרה. פיר 23 הוא מבנה תת-קרקעי מרובע שקרה בקמרון חבית עשויה מבני גזית בסיטות שלולים. אורךו כ-9 מ' ורוחבו 2.2 מ'. הכניסה לבנייה היא דרך מדרגות מקורות בלוחות אבן גדולים היורדות מפני השטח. סמוך לenza הצפוני-המזרחי של המבנה יש פיר ברצפה (1.5 מ' עומק) היורד אל specus תעלת הפירם (איורים 14:aha; 15: חתכים 14-16). יש חוקרים הסבורים שמבנה זה שימש חדר ביקורת/תפעול, אך ענין זה תומו, שכן ניתן היה להשתמש בפירם הסטוליים לצורכי קר (צוק, מירון וולבלסקי 1986; Mazar 2002). ענין תומו נוסף הוא שבמרחק כ-65 מ' במורוד הזרימה מיר 23, קריי ה-specus מתחלף בכל מטר מקמרן חבית הבניי בשלושה מדרגים (גובה 0.3 מ') לגמלון פשוט שגובהו 1.2 מ' בניצב לתוואי האמה (איורים 14:א-ז; 15: חתכים 12, 13; 16: ב.ב: 5.ג). הגמלון הפשוט נבנה משני צדדיות של לוחות אבן מעוצבים בסיטות שלולים, שנבנו במרווח של כ- 0.1 מ' זה מזה. בינוות למרוחה זה זוהתה תקרה נוספת, עשויה מלוחות אבן, שנבנתה מעלתווי התעללה (איורים 15: חתר 13; 16: ב.ב: 5).

אם מציעים שמבנה פיר 23 ושיטת הקריי הייחודית קשורים במיון זרימת המים בזמן החורף בקטע זה, טרם יציאתם לפני השטח, וצמצום הלחץ ההידראולי על specus התעללה. בזמן ששל ספיקה



איור 12. האמה שנבנתה בהטור מנהרה חצובה, בין פיר 20 לפיר 22: (א-ג) מעברים תכופים בין גמלון קמור לקמרון חבית — שימוש לב לחיבור המדויק בין שתי שיטות קריי אלו המuid שם נבנו יחידה אחת; (ד-ו) קמרונות חבית בניוים מחמשה נדבכים (חיצים אדומים), גבהים ורוחבים מ-*specus* יתר האמה — שימוש לב לחוסר ההתאמת בין קמרונות אלו לקומנות שלושת הנדבכים (חיצים לבנים), עדות לכך שהפירים בוטלו זמן מה לאחר הקמת המערכת (צלום: י' נגב וע' יחזקאל).



איור 13. תעלה הפירים בין פיר 22 לפיר 23: תוכנית, פרופיל וחתכים; אמה בתוואי ישר שנבנתה בתווך תעלה שנחפרה מפני השטח וקורתה בעיקר בגמלון מורכב, בסיתות שלולים (שרוטט: ע' יחזקאל).

גבوها, המים יכולו לעלות ולהציג את חלל המבנה של פיר 23, ואז לחחל חזרה אל תעלה הפירים במחירות נמוכה יותר. כיוון שהמבנה מקורה, הדבר התרחש ללא איסוף פסולת ולכלוך מפני השטח. גם השינויים התכופיים בגובה התקירה של תעלה הפירים במקטע של אחר פיר 23 אפשרו חלחול של מים מפני השטח ושהרור של לחץ הידראולי בשל מגע המים עם אוויר. בשל הריגשות של מקטע זה, נבנתה מעלי תקרה נסptaת כאמצעי לחיזוק ולהגנה.

מקטע רביעי: תעלה פירים בינוי גזית ומקורה בגמלון מורכב. מאזור פיר 24(+1) ולאור כ-10 מ' עד פיר 25 (כ-2.3 מ' עומק), וככל הנראה עד מוצא תעלה הפירים אל פני השטח, הקירוי נעשהשוב באמצעות גמלון מורכב, המועטר בסיתות שלולים (איורים 15; 16). במקטע קצר שמוספה מפיר 25 במעלה הזרימה נמצאו הצורות מכונות בקרקעית האמה. אלה ונעו באבני גזית וכן נהרנו להאמן את זרימת המים טרם יציאתם לפני השטח (איור 14:ח). סופה של תעלה הפירים בדופן הצפונית של נחל הביאר, סמוך לסכר הקדום (איור 14:ט), ומכאן ואילך היא עילית עד למנחתה דהה בכו (איור 14:ז).

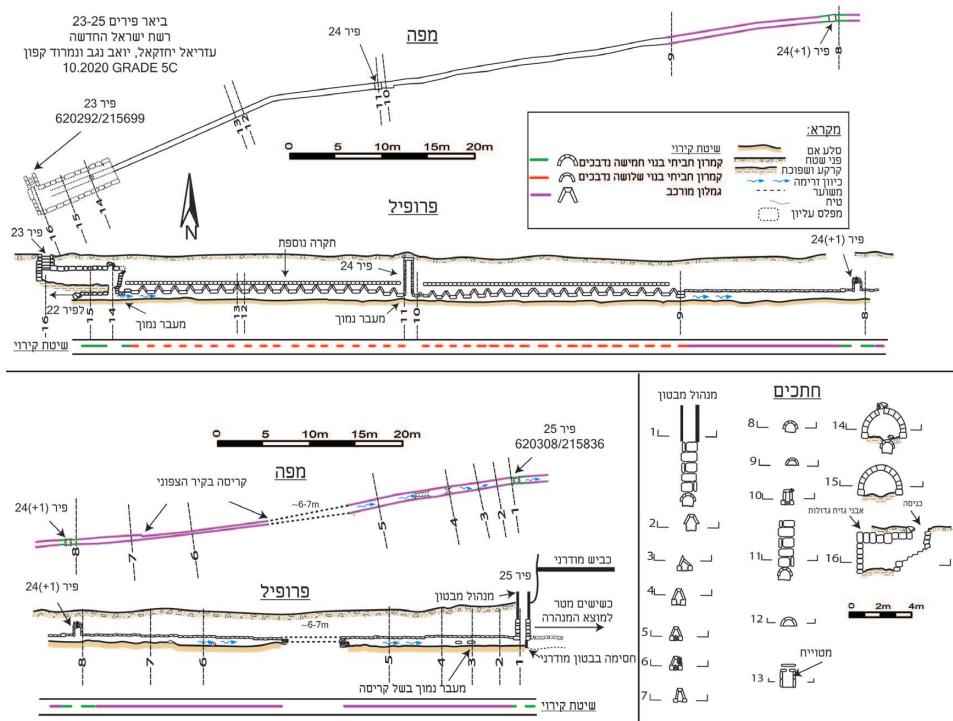
מדידות ספיקה

בשבוע של ה-10.5.2020 נמדדה ספיקה בשלושה נקודות לאורן מנחתת הפירים: (1) בין פיר 8 לפיר 8(+) — 8.1 מ"ק לשעה (2) בין פיר 19(+1) לפיר 20 — 19.76 מ"ק לשעה (3) בין פיר 22 לפיר 23 — 70,956 מ"ק לשעה



איור 14. תעלת הפירים מפир 22 עד ליציאה לפני השטח: (א-ג) הקירוי בין פיר 22 לפיר 23 נעשה בעיקר בגמלון מרכיב, בסיתות שלביים; (ד) מרחבים המזינים את המנהרה סמוך לפיר 23 (ראו איור 1:13: חתך 2); (ה) פיר 23, מבט אל החדר המקורה בקמרון חבית; (ו-ז) קירוי האמה בקטע שבמורד הזרימה מפир 23 — חילופים תקופיים בין קמרון חבית בניו שלושה נדבכים (1) וגמלון פושט הניצב לחדר האמה (2) — שמו לב למראות בין לחות הזרימה של הגמלון, שמביעו זוזותה תקלה נוספת התעללה (ראו גם איור 1:16:ב.5); (ח) הצרה מקוונת בחדר האמה, בקטע שבמעלן הזרימה מפир 25 (איור 1:15: חתך 4); (ט) הסכר הסמוך למצאת המנהרה לפני השטח; (י) אמת הביאר לפני השטח, לפני הכניסה למנהרת דהה בקן (צילום: י' נגב ו' יחזקאל).



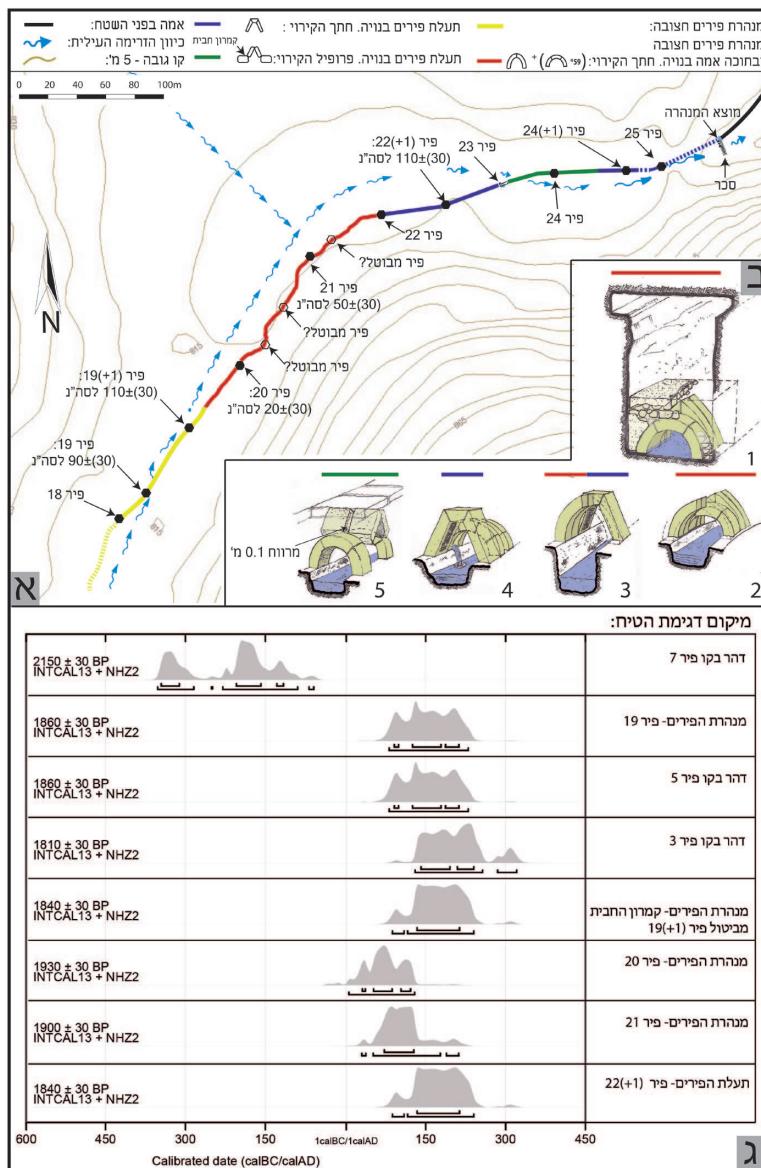


(3) בין פיר 22 לפיר 23 — 22.86 מ'ק לשעה (200,253 מ'ק לשנה). המרחק בין נקודת מדידה 1 ל-2 הוא כ-1145 מ' בכו אופיר; הספיקה במקטע זה עלה ב-240%. למרחוק זה יש להוציא כ-3% בשל עיקולים (טבלה 1), ועל כן אורכה בפועל נאמד כ-1179 מ', קרי בכל 4.9 מ' במנורה החצובה עלה הספיקה באחוז אחד. המרחק בין נקודת מדידה 2 ל-3 הוא כ-240 מ', והספיקה עלה ב-15%, קרי בכל 16 מ' שבמה שולבה בניה בתוואי המנורה החצובה, הספיקה עלה גם באחוז אחד. מקורות של המים שננספו לאורך המערכת באקויפר השעון בתצורת בית מאיר, המצוי כאן מתחת להרקרע.

דיבר

מנורת הפירים ואמת הביאר: עדות לתיאורו כללי

תיאוריה של אמת הביאר הכרוך בשאלת לאיזו אמות המים לירושלים היא הייתה קשורה. יתרונה המובהק של אמת הביאר הוא באפשרות לספק מים לרחבי העיר העליונה של ירושלים באמצעות האמה העליונה, שכן האחרונה הגיעה לעיר באזור שער יפו (765 מ' גובה מעפה"י לעיר). האמה



(א) שניים בשיטות הקירוי לאור הטופוגרפיה וחותכות דגימות הפחמן 14 (שרוטט: ע' חזקאל); (ב) שחזור איזומטרי של שיטות הקירוי במנורת הפירים ובתעלת הפירים — קו הצבע מעל כל שחזור תואם את הצבעים שבאיור 1:6 א: (שרוטט: מ' אדרלוף); (ג) תאילוי חחפן 14 קדימות הטעיה שנשלחו ממנהרת הפירים ונתעלת הפירים, וכן מיפוי נבחרת דבר בסקו (או סבלב 3).

התחthonה, לעומת זאת, נכנסה לעיר לאחר שהקיפה את הר ציון מדרום (739 מ' גובה מעפה⁴ לעיר) וסיפקה פים ריק לשיטופים המערביים של העיר העילונה, שעה שיעדת העיקרי היה כנראה הר הבית (735 מ' גובה מעפה⁴). גובה אמת הביאר במקור מנהרת הפירים הוא 808 מ' מעפה⁴. בני המערה השקיעו מאמץ כביר כדי לשמר על גובה זה בבניית האמה בפני השטח בשילוב עם מנהרת החוצה את רכס דהר בקו שאורכה למעלה מ-500 מ', ועומקה המרבי כ-33 מ' מתחת לפני השטח. הגורם הסביר ביותר לעובדה אדירה זו הוא הצורך להזין את האמה העילונה מהתחילה מאזור בריכת שלמה העילונה בגובה 790-800 מ' מעפה⁴ לעיר. אילו נועדה אמת הביאר להזין את האמה התחthonה, לא היה צריך בעובדה אדירה זו ואפשר היה לבנות את המשך האמה ממקום מנהרת הפירים, דרך ואדי אל-בנאא' ולהתחבר 'שירות' לאמה התחthonה (איור 1א). לאור נתונים אלה, אנו מציעים שיעדת של אמת הביאר היא לספק פים לאמה העילונה לירושלים (להרחבה בנושא העיד של אמת הביאר, ראו 2002 Mazar).

מקובל במחקר שהאמה העילונה נבנתה בשתי שלבים, הונייררים באופן שבו היא חצתה את הבקעה שמשער לבית לחם: בשלב הקדום, כנראה מן התקופה ההרודיאנית, נישאה האמה כנראה על אומנות, אך אין לכך נתונים ארכיאולוגיים מובהקים (עמית 2002; 2009);⁴ בשלב המאוחר, המתוארך היטב לימי איליה קפיטולינה, נעשה שימוש בסיפון בניו מחוליות אבן, בעודות כתובות קציני הלגיון (Mazar 2002; Amit and Gibson 2014; Ameling et al. 2018).

מדידות הספיקה שהוצעו לעיל הראו שמנהרת הפירים של אמת הביאר שימשה בעיקר מערכת מתוחכמת לניקוז אקווייר בתת-הקרקע (*cuniculus*). נפח המים לקראת סוף המנהרה (כ-200,000 מ'ק לשנה) מהו כ-40% מנפח המילוי החוזר המוערך של האגן שגודלו כ-6 קמ'ר (אלף מ'ק לשנה; ראו לעיל). כמות פים זו גודלה כמעט פי שבעה מה ממוצע הרוב שנתי של עין הביאר. מערכות *cuniculus* פותחו כנראה לראשונה בדורות אטרוסקיה, שם שימשו בין היתר להובלת מי שתיה ולניקוז ועדפי מים משפטחים שהוכשרו לחקלאות. מערכות אלו היו בשימוש ברחבי איטליה מהמאה ה-2 לפסח"ג עד ימי הבינים המאוחרים, אך נפוצו בעיקר במאות הראשונות לפני הספירה עד ראשית ימי הקיסרות (Judson and Kahane 1963:87). נתן זה מרמז כנראה על כך שהטכнологיה הגיעה לאירן בתקופה שהו בה השפעות רומיות ניכרות על האדריכלות המקומית בסביבות ירושלים, היינו בעיקר בימי הורדוס, כפי שהצביעו היורשפלד (1989:14) ומודר (2002) (Mazar).

איליה קפיטולינה (להרחבה בנושא תיאור אמת הביאר, ראו טבלה 4).

המקבילות הייחידות שמצאו לשיטות הקירוי המורכבות שתועדו במנהרת הפירים ובתעלת הפירים הבנויה מית הן משיפור אמת האקוור אכילה לרומה בשלהי המאה הא' לפסח"ג ומאתה הימים לאמליה שבאומבריה, כנראה מהמאה הא' לסח"ג (Lombardi & Santucci 2020; Nini 1994). המקבילות מרימות גם הן אפוא על תיאור בתקופה הרומית הקדומה.

שונה דגימות טיח המכילות פיסות חומר תוארכו בmundane Beta Analytic בפלורידה (איור 16; טבלה 3).⁵ ככל נלקחו מפירים היורדים לחלקיה התת-קרקעיים של אמת הביאר: פירים 19, קמרן

⁴ גם בפרסומים האחוריים המתיחסים לחפירות באזור בריכת מילא לא נמצא עדויות מובהקות המסייעות בתיאור אמת האמה העילונה. כך למשל יוחס השלב הקדום באמה העילונה להורדוס מסתמך על סוג הטיח (עמית 2009:99).

⁵ דגימות הטיח נלקחו תחת רישיון סקר קמ"ט ארכיאולוגיה מס' 03-02-2021.



החברת שביבט את פיר (1+)(19, 20, 21 ו-22) — במנורת הפירים, ופירים 3, 5 ו-7 — במנורת דהה בקן. בשונה מتعلלה שזורמים בה פים ושיש צורך בטוויה מחדש מחדש מעט לעת, סביר שהפירים טויו בעת החיצות בלבד. כמו כן, לא זיהינו בהם מספר שכבות טית.

תוצאה חריגה אחת, שתוארה למאות הד'-הא' לפסה"ג, התקבלה מן הטיח שבפייר 7 במנורת דהה בקן. נראה שהוא מייצגת פיסת עץ עתיקה ששימשה בייצור הפעית ולא את זמן הקמת מערכת המים. שתי דגימות שנלקחו מפירים 20 ו-21, בקטע שבו נבנתה אמה בטור מנהרה חצובה, תוארכו לתחילת - אמצע האמה הא' לסה"ג (20 ו-50 לסה"ג בהתאם). חמישה דגימות, שלוש מפירים 19, 19+(1+), ושתיים מפירים 3, 5 במנורת דהה בקן, תוארכו בהסתברות גבוהה למאה הב' לסה"ג.

תיאורו שלבייה של אמת הביאר בתוך התקופה הרומית

יוסף בן-מתתיהו אינו מזכיר הקמה של מפעל מים לירושלים בתקופה החשמונאית, ואך לא בתקופה הורדוס, על אף שעמדו בפניו מקורות ראשוניים לאותם ימיים. עם זאת, מרבית החוקרים סבורו, שלא עלה על הדעת שלא נבנתה אמת מים לעיר הבירה בתקופה שנבנה בה אמות למבנים מרחוקים בדבר. גם הדמיון בין האמה התחתרונה לאמות אלו תופך בהשערה שליפה היא נבנתה בתקופתו של הורדוס לפחות, ואולי עוד בידי החשמונאים (להרבה, ראו 2002 Mazar). יוסף בן-מתתיהו ציין שהניציב פונטיים פילוטים התקין אמת מים לירושלים תוך שימוש בסיסי הקדש, דבר שגרר תרומות הצדדים היהודיים. קיימת סתירה בין המקורות בנוגע למרחק שממנו הוביל המים: 200 (**מלחמת היהודים ברומיאים**, ב, 75) או 400 (**קדמוניות** יח, 60) ריס. מזר וחוקרים אחרים ציינו שאורכה של אמת העורב, שנבנתה כתוספת לאמה התחתרונה, תואם את המרחק הנזכר **במלחמת היהודים ברומיאים**, קרי 200 ריס (Mazar 2002; טבלה 4). הצעה זו מעלה לכאורה תהיה: מדוע שהגדלת אספקת המים להר הבית באמצעות האמה התחתרונה تعורר את זעם היהודים? על כל פנים, הסתירה בין המקורות מקשה לקבל כל אחד מן המרחקים.

שני התאריכים הקדומים שהתקבלו ממנורת הפירים מצבאים על האפשרות שאמת הביאר היא זו שהוקמה בידי פילוטוס. אם אפשרות זו נכונה, ואם אמת הביאר אכן נועדה להזין את האמה העליונה, כפי שעהלה בפתרונות מגובהה, הדבר עשוי להסביר את עצם של היהודים, שכן כספי ההקדש שמשו לאספקת מים לעיר העליונה ואולי אף לארמון של פילוטוס.⁶ ראוי לציין שתתקופת הנזיבים, ובפרט ימי של פילוטוס, הולכים ומתבררים כתקופה של פעילות בניה ונרחbat בירושלים: עדויות נומיסמטיות מלמדות, שבתקופה זו נסכל רוחבו המזרחי (ר' וברוך תשע"ז); ותאריכי פחמן 14 שהניבו דגימות הטיח מקשת וילסון העל', שבתקופה זו הוכפל רוחבו של הגשר הגדול שהוביל אל הר הבית ממערב (Regev et al. 2019) ועשה נישאה כנראה האמה התחתרונה (Mazar 2002). ראוי לציין שתעללה מרשים מה שזוהתה כסעיף של האמה העליונה, וזאת לאחרונה לאור עשרות מטרים מתחת לכנסיית המשיח

⁶ גיבסון הסביר את מקור הкус של תושבי העיר בכך שבזמן הקמת העורב דאג פילוטוס גם לארכומון האיש שמצא בעיר העליונה ושיקם את האמה העליונה (Amit and Gibson 2014: n. 110). לעומת זאת, נספנות בונגע ליהויה של אמת פילוטוס, ראו טבלה 4.

טבלה 3. תוצאות בדיקות פחמן-14 מפייסות שונות של טיח המכיל פחם, שנדגמו ממנהרת הפירים ומתעלת הפירים, וכן מן הפירים היורדים למנהרת דהר בקן

ס皮יט תקן		טיח מכךיל בהסתברות %		תאריך מכיל	מקום דגימת הטיח	הדגימה
95.4%	גיל מכךיל	68.2%				
230–80 לסה"נ	180–123 לסה"נ	41.4%		30 ± 90 לסה"נ	פיר 19	B19
	214–185 לסה"נ	20.0%				
	100–90 לסה"נ	6.9%				
242–86 לסה"נ		216–133 לסה"נ		110 ± 30	камרון החבית שאסם את פיר (19) (+1)	B19(+1)
130–4 לסה"נ	89–50 לסה"נ	43.5%		20 ± 30 לסה"נ	פיר 20	B20
	122–100 לסה"נ	17.8%				
	38–29 לסה"נ	6.9%				
180–50	88.4%	130–69 לסה"נ		50 ± 30 לסה"נ	פיר 21	B21
214–186	5.1%					
39–28	1.9%					
242–86 לסה"נ		216–133 לסה"נ		110 ± 30	(+1)	B22(+1)
258–128	86.5%	196–140 לסה"נ	40.3%	140 ± 30 לסה"נ	פיר 3 ממנהרת דהר בקן; הטיח נדגם בזמן גילישה בפיר, בעומק כ-15 מ' מפני השטח	DB3
322–284	8.9%	242–208 לסה"נ	27.9%			
230–80 לסה"נ	180–123 לסה"נ	41.4%		30 ± 90 לסה"נ	פיר 5 ממנהרת דהר בקן; הטיח נדגם בזמן גילישה בפיר, בעומק כ-15 מ' מפני השטח	DB5
	214–185 לסה"נ	20.0%				
	100–90 לסה"נ	6.9%				
158–209 לפסה"נ	64.4%	117–134 לפסה"נ	38.9%	200 ± 30 לפסה"נ	פир 7 ממנהרת דהר בקן; הטיח נדגם בזמן גילישה בפיר, בעומק כ-20 מ' מפני השטח	DB7
311–350 לפסה"נ	30.0%	286–356 לפסה"נ	22.2%			
61–72 לפסה"נ	1.0%					

הסוככה לקישלה, והיא יורדת בתכליות לכיוון מזרח (Gibson and Lewis 2019). לדעת הסוקרים, היעדר של סעיף זה היה גם הוא הגשר שנשא על קשת וילסון במטרה להגביר את אספקת המים להר הבית. אמת הביאר היא רק אחד מקורות המים שהזינו את האמה העליונה, ואין הכרח שששתיהן נבנו יחד. אם נשער שהן כן הוקמו יחד, ייתכן שיש לתאר את המפעל כולו לימי של אגריפס הא' (44–40 לפ"נ), שכן בחפירת היסודות של האמה העליונה בדרך חברון התגלה מטבח של שלישים זה המופיע *terminus post quem* לבנייתה (בליג ודולינקה 2013). עם זאת, כפי שציינו עמית וגיבסון



טבלה 4. דעות נבחרות במחקר בנוגע לתיארכן של אמות המים לירושלים

החוקר/ים	אמת העורב	אמת הטעינה	האמת התחתונה	אמת הביאר	האמת העילונה לירושלים
Schick 1878		הורודוס; שיקום בימי פילטום	בית ראשון - שלמה המלך		
Masterman 1902		פילטום(?)	ספרטמוס סוווס - 195 לס"נ		
Wilson 1905			הורודוס		
Smith 1907		הורודוס או המאה הב' לפסחא"	הורודוס או המאה הב' לפסחא"		
חקר תשט"ז	afilatos	הורודוס	המאה הב' לס"נ - הלגionario העשורי		
פטריך 1980		חשמונאי (יווחנן הורקנוס - אלכסנדר ינאי)			
הירושפלד 1989		הורודוס			
צוק, מירון ולבולסקי 1986 צוק 2011	afilatos	חשמונאי (סוף המאה הב' לפסחא")	הורודוס; הלגionario העשורי - (המאה הא' לס"נ) - המאה הא' לס"נ -	חשמונאי (סוף המאה הב' לפסחא")	
Mazar 2002	afilatos	חשמונאי	המאה הב' לס"נ - הלגionario העשורי	הורודוס	
סולומון 2007		יונתן החשמונאי (152 לפסחא")			
עמית 2009 (Amit and Gibson) (2014)		חשמונאי	הורודוס; שיקום על ידי הלגionario העשורי בימי אליה קפיטולינה		
Billig 2002 ביליג ודולינקה 2013		אלכסנדר ינאי	אגראפס הא'		
הצעתנו	ביזנטי	חשמונאי	הורודוס; שיקום על ידי הלגionario העשורי בימי אליה קפיטולינה	הנציבים (afilatos); שיקום על ידי הלגionario העשורי בימי אליה קפיטולינה	

(Amit and Gibson 2014:17–20), מطبع זה עשוי להעיד רק על המועד הקדום ביותר האפשרי לבנייתו של תוויאי זה, שכן חפירות שונות הצביעו על תיכונים רבים שנעשו באמה, כולל בניה מחדש של צלעים שלמים בתוויאי מקבלי.

ישנה גם אפשרות שלושית, פחות סבירה בעינו, ולפיה מערכת הביאר כוללה הוקמה במאה הב' לס"ג, שכן שני תאריכי הדגימות מן המאה הא' לס"נ מצויים בסטיית תקן אחת ממרבית הדגימות שתוארכו למאה הב' לס"נ (איור 6:ג; טבלה 3).

חמשת התאריכים מן המאה הב' לס"נ מעדים כנראה על שיקום מקייף שנעשה באמת הביאר בימי אליה קפיטולינה. עדות ארכיטקטונית-סטרטיגרפית לשיקום זה הגלתה במחקר הונכヒ באטימיה המכונת של פיר 19(+1), שתוארכה למאה הב' על סמך דגימת פחמן-14 (110 לס"נ). ראוי להזכיר



שאין מדובר רק בסתימת הפתוח העליון של הפיר, אלא באטימה מוקפדת מתוך המבנה במבנה גזית של קמרון חבית בסיסי הפיר. סביר שבסלשות הפירים האחרים, שנאטמו באופן דומה, העובדה נушתה באותה תקופה (בנ' פירם 20 ו-22; אירום 9, 10; ד-11, 12:D-1). כתובות הלין העשויות שנמצאו על סיפון חוליות האבן באזור בית לחם מעידים לנראה על שיפוץ נרחב גם באמה העליונה במאה הב' לסח'ו (להרחבה, רוא עמית 2002; Amit and Gibson 2014.).

סיכום

מאמר זה הוא פרי סקר תת-קרקעי שבמסגרתו מופיע למלחה מ-2001 מ' ממנהרת הפירים של אמת הביאר, ובכך זוהי המערכת התת-קרקעית המתוועדת ביותר בישראל. מתכונימנהרת הפירים ובניה שלטו במעטן תחומי ידע — הידרולוגיה, גיאולוגיה, מדידת והנדסה — המתבטאים בשילול אופנים: איתור עין הביאר וגובהו הייחודי מעל העיר העליונה של ירושלים; זיהוי הנטייה הגיאולוגית באגן נחל הפירים וניקוז האקוויפר התת-קרקעי באמצעות מנורה; שימוש בפיר נפילה (dropshafts) לזרימת חזרמה במקטעים שבהם המנהרה החצובה הייתה בעלת שיפוע גבוה; חיצבת פירים עמוקים מדורגים מפני השטח ישירות מעל המנהרה שתחתייהם, דבר שהוביל לסתירות נמוכות במפגשי החוצבים; ובעיקר, שיטות הבניה בגדית בחלוקת הבניי שלמנהרת הפירים, שאורכה כ-536 מ', המתוועדת לראשונה במאמר זה.

בנית המgit נחלקת לאربعة מקטעים שככל אחד מהם שימושה שיטת קריי שונה לשניה לה בארץ. שיטות קריי אלו קשורות בסוג העומס, הфизי/הhidrologi, שבו האמה התת-קרקעית הייתה צריכה לעמוד, ואין הם מעדים על שלבים כרונולוגיים. במקטע הראשון, בשל חשש מקריסה של סלע אמר פיר, נחצבה מנהרה מפולת, אך בקרקעיתה נבנתה אמה שגובהה כ-1 מ', עם specus שקרה בкамרון חבית וgamlon קמור. בהמשך, עם התקרכותה לפני השטח, נבנו שלושה מקטעים כאמה תת-קרקעית, ובה פירים בתוך תעלת החוצה/חפורה. התקרכה של מקטעים אלו הייתה צריכה להיות מסיבית דיה כדי לעמוד בלחץ הקרקע מחד גיסא, ולאפשר חלחול של מים מאידך גיסא. ה-specus במקטע השני והרביעי קורה בגמלון מורכב, הבניי גית בsieitsות שלולים. במקטע השלישי, המצו במודד הזרימה מחדר הביקורת של פיר 23, ה-specus קורה לחולופין בкамרון חבית וgambarlon הניצב לכיוון הזרימה. שיטת קריי זו קשורה לדעתנו בויסות זרימת המים בתעלת הפירים, לפני היציאה לפני השטח.

לאור העדויות החדשנות השדרה, בשילוב התיארוך שהינו שווה דגימות של טיח מעורב בפחם, נראה שאמת הביאר נבנתה במאה הא' לסח'ו נ' ביוזמת אחד הנציבים, אולי פונטוס פילטוס, לצורך חזות האמה העליונה שהגיעה אל העיר העילונה של ירושלים. במאה הב' לסח'ו שוקמה וושופצה מנהרת הפירים, ומימה של אמת הביאר הוזרמו לקולוניה איליה קפליטולינה.

תודות

מחקרים זה נערכ בתמיכת מרכז סיון ורג' הרטוג לארכיאולוגיה של ירושלים ויודה במכון לארכיאולוגיה האוניברסיטה העברית בירושלים. אנו מבקשים להודות לחבריו מועדון שוחרי המערות שסייעו בעבודת השדרה בתנאים מורכבים: דני ביילנסון, נמרוד קפוא, אסף ברמן, מיקי ברקל, דורון שלמן, עידן מרוז, סרגיי אלימוב, ספי גבעוני, שי הרץ וקרן מיזנטסקי. תודה לחבריהם שסייעו בסקר באופן כללי: מאיר רותר, ליאור אנדרה, בנימין טרופר, נדב גרשוני, עופר אשכנזי, נתנאל כהן, דוד הראל, יוני וידברג, איתמר ריין



וינוי רוזנשטייך. תודה לסרגי לנקייבץ' ואחד רוחב על הצלילה בפרק 6, ולחקלאי אל-חادر על שיטור הפעלה והאפשרות לסקור את המערכת התת-קרקעית.

ביבליוגרפיה

- ביבליוגרפיה**
- בילג' י' ודולינקה ב"ג 2013. ירושלים, דרך חברון, אמת המים העילונית. **חדשנות ארכיאולוגיות – חפירות וסקרים בישראל** 125 (30.8.2013). http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=2332&mag_id=120 (תאריך גישה 30.6.2021).
- בן יעקב י' 1985. אמות המים הקדומות לירושלים. בתוך ע' זהרוני, עורר. **דרך הארץ: אדם וטבע. ירושלים. עם' 105-94**.
- גבע ה' תשס"ח. אומדן אוכלוסיות ירושלים בתקופותיה הקדומות: ההצעה המינימליסטית. **ארץ-ישראל כה:50-65**.
- גרן י' 1983. **תיאור ייאוגרפי, היסטורי וארכיאולוגי של ארץ-ישראל ג: יהודא** (תרגום מצרפתית לפי מהדורות פאריס 1868, ח' ב'). עמודם). ירושלים.
- הירשפלד י' 1989. אמות המים בעולם היוני רומי. בתוך ד' עמית, י' הירשפלד וי' פטריך,עורכים. **אמות המים הקדומות בארץ-ישראל**. ירושלים. עמ' 28-3.
- הקר מ' תשט"ז. הספקת המים בירושלים בידי קדם. בתוך מ' אביזונה, עורר. **ספר ירושלים**. ירושלים. עמ' 91-218.
- יחסקאל ע' ופרומקין ע' 2019. השפעת השינוי בכמות המשקעים השנתית על ספיקת מעינות השכבה בהרי ירושלים. **אפקטים בגיאוגרפיה 26:4** 96-26.
- יחסקאל ע', טופר ב', לנגפורד ב', פרות ר' ופרומקין ע' 2019. מערכת המים הקדומה בעין פוער. **מחקרי ארציה-ישראל ג: כפר עצזון. עם' 135-153**.
- מiron י' 1989. סקר אמות המים לירושלים. בתוך ד' עמית, י' הירשפלד וי' פטריך,עורכים. **אמות המים הקדומות בארץ-ישראל**. ירושלים. עמ' 169-195.
- מiron י' 1986. עין אל מעלה, ואדי ביאר. **נקודות צורום 13:13-130**.
- מiron י' ופרומקין ע' 1986. עין ואדי אל ביאר — מערת המעיין הגדולה בישראל. **נקודות צורום 13:13-99**.
- סולומון א' 2007. אמת המים מעיטם לבית המקדש לאור מגילות מקומראן. **ארץ-ישראל כה:44-151**.
- סלמה ע' וזילברמן י' 1986. אספקת המים לירושלים במהלך התקופה היהודית והיזנית. **קטדרה 41:91-106**.
- סנה ע' ואבוני י' 2011. **המפה הגיאולוגית של ישראל, 50,000:1. גילון 11-11-II**: ירושלים. ירושלים.
- סנה ע' ורומ' י' 2012. **המפה הגיאולוגית של ישראל, 50,000:1. גילון 11-11-IV**: חברון. ירושלים.
- ספראי ז' תש"ה. עליה לרגל בימי הבית השני. בתוך י' גפן, ר' ריר ו' שוווץ,עורכים. **ספר ירושלים בידי הבית השני: 332 לפסתה ג' – 70 לפסתה ג'**. ירושלים. עמ' 203-236.
- עמית ד' 2009. אספקת המים לעיר העילונה בימי הבית הראשון ובימי הבית השני לאור החפירות ליד בריכת מmilא. בתוך ד' עמית, ג' שטיבל ו' פלגי-ברקען,עורכים. **חדשneys בארכיאולוגיה של ירושלים וסביבותיה ג. ירושלים. עם' 94-108**.
- פפריך י' 1980. אמת המים מעיטם והלכה צדוקית אחת. **קטדרה 11:11-23**.
- צוק צ' מiron י' ולבולסקי ק' 1986. סקר אמת הביאר. **נקודות צורום 13:13-109**.

- זכוק צ' 2011. **פימ בקצתה המנורה.** יד יצחק בן צבי. ירושלים.
- רוט י' ופלצסר ע' תשכ"ז. המסלע בהוהה ושומרון וניצלו על ידי האדם. **יהודה ושומרון** א. ירושלים. עמ' 3-13.
- רייך ר' תשע"ג. הערכה על מניין תושבי ירושלים בימי הבית השני. בתור א' ברוך, י' לוי וא' לוי ריפר, עורכים. **חידושים בחקר ירושלים** י'ח. רמת גן. עמ' 75-81.
- רייך ר' ובורך י' תשע"ז. על אודות הרחבות הרכבתם של הימי הבית השני. **קתדרה** 7:164-24.
- Ameling W., Cotton H.M., Ecker A., Isaac B., Kushnir-Stein A., Misgav H., Price J., Weiß P. and Yardeni A. eds. 2018. *Corpus Inscriptionum Iudeae/Palaestinae IV, 1: Iudea/Idumaea*. Berlin-Boston. Pp. 652-676.
- Amit D. and Gibson S. 2014. Water to Jerusalem: The Route and Date of the Upper and Lower Level Aqueducts. In C. Ohlig and T. Tsuk eds. *Cura Aquarum in Israel II: Water in Antiquity; Proceedings of the 15th International Conference on the History of Water Management and Hydraulic Engineering in the Mediterranean Region*. Siegburg. Pp. 9-41.
- Billig Y. 2002. The Low level aqueduct to Jerusalem: recent discoveries. *Journal of Roman Archaeology, Supplementary Series* 46:245-252.
- Chanson H. 2000. Hydraulics of Roman Aqueducts: Steep Chutes, Cascades, and Dropshafts. *American Journal of Archaeology* 104:47-72.
- Conder C.R. and Kitchener H.H. 1883. *The Survey of Western Palestine: Memoirs of the Topography, Orography, hydrography, and archaeology III: Judea*. London 1883.
- Frankel R. 2002. The Hellenistic Aqueduct of Akko-Ptolemais. *Journal of Roman Archaeology, Supplementary Series* 46:82-87.
- Frumkin A. 2014. Bedrock Water Tunnels in the Southern Levant: Deviations, Surveying Techniques and Shaft Construction. In C. Ohlig and T. Tsuk eds. *Cura Aquarum in Israel II: Water in Antiquity; Proceedings of the 15th International Conference on the History of Water Management and Hydraulic Engineering in the Mediterranean Region*. Siegburg. Pp. 43-52.
- Gibson S. and Lewis R.Y. 2019. The Subterranean Tunnel System beneath Christ Church near Jaffa Gate: Evidence of Guerilla Warfare and a Refugee Hideaway from the Time of Titus' Siege of Jerusalem. In O. Peleg-Barkat, Y. Zelinger, J. Uziel and Y. Gadot eds. *New Studies in the Archaeology of Jerusalem and Its Region* 13. Jerusalem. Pp 18-56.
- Heyd U. 1960. *Ottoman Documents on Palestine: 1552-1615; A Study of the Firman according to the Mühimme Defteri*. Oxford.
- Judson S. and Kahane A. 1963. Underground Drainageways in Southern Etruria and Northern Latium. *Papers of the British School at Rome* 31. Rome. Pp. 74-99.
- Lombardi L. and Santucci E. 2020. Le acque di Roma repubblicana. In A. D'Alessio, M. Serlorenzi, C.J. Smith and R. Volpe eds. *Middle Republican Rome from the Conquest of Veio to the Battle of Zamaq. Proceedings of the International Conference Rome, 5-6-7 April 2017*. Rome. Pp 267-298.
- Masterman E.W.G. 1902. The Water Supply of Jerusalem: Ancient and Modern. *The Biblical World* 19(2):87-112.



- Mazar A. 2002. A Survey of the Aqueducts to Jerusalem. *Journal of Roman Archaeology, Supplementary Series* 46:210–242.
- Nini R. 1994. Un Sistema Romano Di Captziona Idrica Nel Centro Srotico Di Amelia (Terni): La Fontana Di Porcelli. *Atti XVII Congresso Nazionale di Speleologia*, Castelnuovo Garfagnana, settembre (1994). Castelnuovo di Garfagnana. Pp. 355–361.
- Peleg N. and Gvirtzman H. 2010. Groundwater Flow Modeling of Two-Levels Perched Karstic Leaking Aquifers as a Tool for Estimating Recharge and Hydraulic. *Journal of Hydrology* 388:13–27.
- Pierotti E. 1864. *Jerusalem Explored: Being a description of the Ancient and Modern City* 1 (Text). Cambridge.
- Regev J., Uziel J., Lieberman T., Solomon A., Gadot Y., Ben-Ami D., Regev L. and Boaretto E. 2019. Radiocarbon Dating and Microarchaeology Untangle the History of Jerusalem's Temple Mount: A View from Wilson's Arch. *Plos one* 15(6):1–17.
- Schick C. 1878. Die Wasserversorgung der Stadt Jerusalem. *Zeitschrift des deutschen Palästina-Vereins* 1:132–176.
- Siegelmann A. 2002. The Tunnels of Taninim and Snunit. *Journal of Roman Archaeology, Supplementary Series* 46:130–140.
- Smith G.A. 1907. *Jerusalem: The Topography, Economics and History from the Earliest times to A.D. 70*. London.
- Szanton N., Hagbi M., Uziel J. and Ariel D.T. 2019. Pontius Pilate in Jerusalem: The Monumental Street from the Siloam Pool to the Temple Mount. *Tel Aviv* 46:147–166.
- Weksler-Bdolah S. 2019. Aelia Capitolina: *Jerusalem in the Roman Period; In Light of Archaeological Research*. Leiden.
- Wilson C. 1865. *Ordnance Survey of Jerusalem: Made in the Years 1864 and 1865*. Southampton.
- Wilson C.W. and Warren C. 1871. *The Recovery of Jerusalem: A Narrative of Exploration and Discovery in the City and the Holy Land* 1. New York.
- Wilson C. 1905. Centurial Inscriptions on the Syphon of the High-Level Aqueduct at Jerusalem. *Palestine Exploration Fund Quarterly Statement* 37:75–77.