

חדשושים בארכיאולוגיה של ירושלים וסביבותיה

קובץ מחקרים

עורכים:

אורית פלגי-ברק特, יהיאל זילנגר
ובבל גdots ויפתח שלו



תוכן עניינים

בפתח הקובץ	7
הפעילות הארכאולוגית והשימורית במרחב ירושלים בשנת 2023	13
פתח שלו יוסי וקנין	
הគותל הדרומי של מתחם הר הבית ומערכת הדריכים שהובילה לשעריו יובל ברוך, נבות רום, איילה זילברשטיין, הלאן מקלין, והרוי רייך	53
מים חיים	
אמת המים העליונה לירושלים לאור החפירות בגבעת המטוס (ח'ירבת טבליה): מבט חדש רותם כהן ועפר שייאון	77
מנהרות חצוצררכס באמות המים לירושלים: מורפולוגיה, טכנולוגיה, גיאולוגיה והצעה לכרונולוגיה יחסית עזריאל יחזקאל	97
זרומים אבל לאן?: יעדיהן של אמת המים התחתונה ואמת המים העליונה לירושלים דוד גורביץ'	129
תחת שלטון הסולטנים	
תרבות היין בתקופה האסלאמית הקדומה: מבט מירושלים יסמין סנטו וברק מונינגדט-גבעון	157
התפתחות העירונית של ירושלים בתקופה הממלוכית – ראשית התקופה העות'מאנית: השכונות הצפוניות מיכאל טשרנין, זובייר עדוי ויבגני קגן	187
רוח נקי: מבט ארכיאולוגי על בעלות זכויות שימוש בקרקע סביב ירושלים בתקופות הממלוכית והעות'מאנית עומר זאבי-ברגר, ניצן בנימלר, בתיאני וקר, נעמי פורת, יובל גdots לילות של נפט: על תאורה וגאותם בירושלים העות'מאנית אבנור ישנינץ	7*
קווי דמיון ושוני בין מעוזי הצלבנים (המאות ה"י-ה"ג) למצודות הטיגארט הבריטיות (המאה ה"כ) לאורן הדריכים מהשפלה לירושלים יוספי דיטל, אורן טל ורפי לואיס	255

חדשניים במחקר הר ציון

289	" <i>אבן מסטו הבונים</i> " (<i>תהלים ק'יח:22</i>): פְּרִיטֵי עַיטָּור אֲדֻרִיכָּל מִימֵי הַבַּיִת הַשְׁנִי מחפירות מודדות הר ציון	אורית פלגי-ברקת ויחיאל זילנגר	27*
27*	הKENBA (ישוב אזרחי) של הליגיון העשירי בהר ציון, ירושלים יחיאל זילנגר ומירון זינדל	כמו בקתה בשדה? ניתוח מחודש של הר ציון בתקופה הרומית המאוחרת גיניפר צימני-גיטלר ודיטר ווייגר	47*
63*	שחזרו נסיות האגיה ציון הביזנטית והירושת הצלבנית סנטה מריה: תוכנות חדשניות מחפירות ארכיאולוגיות שנערכו בהר ציון במאה הי"ט - כי שמעון גיבסון	התרמונה הגדולה: ללימוד על ירושלים באמצעות מאגרי מידע קורופוט חותמות הטבעה מדרום הלבנון: הצגה ראשונית, מקרה מבנן מירושלים זהמונה להצטרכן להקללה יעדו קור	319

341	השווואה כמוטיב בין הממצא מתקופת הברזל 2ב'-ג' מערף הר הבית לבין אתרים נוספים בירושלים יצחק שמעון דבירה (ציג), גבריאל ברקאי והלל ריצ'מן	התרמונה הגדולה: ללימוד על ירושלים באמצעות מאגרי מידע קורופוט חותמות הטבעה מדרום הלבנון: הצגה ראשונית, מקרה מבנן מירושלים זהמונה להצטרכן להקללה יעדו קור	319
-----	---	--	-----

המדובר של העיר הקדושה

387	מדבר יהודה בתקופת הברזל המאוחרת: מבט מעין גדי 아버ם משה	דבר ירושה בתקופת הברזל המאוחרת: מבט מעין גדי דרוך המדובר הלבן של הבוקיעה": תוצאות ראשונות מעונת הביקורים של החפירות הארציאולוגיות בחורבת הורקניה מיכל הבר ואוון גוטפלד	103*
409	זמן של הכתובות במערת אל-עליליאת (נחל מכמש): ניתוח פלאוגרפיה אסף גייר, שי הלי ובועז לנגפורד	זמן של הכתובות במערת אל-עליליאת (נחל מכמש): ניתוח פלאוגרפיה אסף גייר, שי הלי ובועז לנגפורד	409

131*	תקציריהם באנגלית
------	------------------

מנהרות חוצות-רכס באמות המים לירושלים: מורפולוגיה, טכנולוגיה, גיאולוגיה והצעה לכרונולוגיה יחסית

עוזיאל יצחקאל

מבוא

תהליך התכנון של אמת מים החל תמיד מהיעד – העיר, אל המוצא – מקור המים, שהיה תמיד בנקודת גבולה יותר מהיעד (Matthews 1970). מהתקופה הרומית ואילך, היה הליברטור (*liberator*) אמן על תכנון אמת המים, והוא הוכשר לחוב על ידי הצבא הרומי (Speidel 2001:53; Cuomo 2011). באזורי הררים, שם קן הרכס נישא גבורה מתוואי אמת המים, עמדו בפני הליברטור שתי חלופות: להקיף את הרכס מעל פni השפט, או לחתוך מנהרה תת-קרקעית ולקצר את התוואי. האפשרות השנייה הייתה כרוכה במדידות אוניות ואופקיות מורכבות, ובהת恭בות על תנאים של חוסר תקשורת ותאורה. תרומותן של מנהרות חוצות-רכס למחקר הארכיאולוגי-ההיסטוריה ולהקטר המדסת המים הקדומה רבה. המנהרות מהוות עוקן קרונולוגי למסורת החיציבה ולידע ההנדסי-הגיאולוגי-הידרולוגי בתקופה שבה נחצבו. מקור הדעת עשוי להיות מקומי או אימפריאלי. כמו כן, אפשר ללמידה מהן בעקבותן על תהליכי קבלת החלטות של הליברטור ועל תהליכי העבודה הכרוך בהעברת אמת מים מנהרה, משלב התכנון עד שלב הביצוע. המנהרות אף משמשות במובאה את התוואי המקורי של אמת המים ואת גובהה הראשוני, בינו לבין הממצא בפני השפט, שנדרסה ונבנתה חלופות, וכך ניתן להיעזר בהן לחישוב שיפוע אמת המים.מן האמור לעיל עולה, שהманהרות יכולות לשיער בביטחוןם של כרומטוגרפיה יחסית כחלה מחקר משווה.

במאמר זה, יושו לראשונה מאפייניהן של כל המנהרות חוצות-הרכס ששולבו ארבע אמות המים לירושלים: שתיים באמה התתתונה, אחת באמה העליונה, שלוש באמת העורב ואחת באמת

1 המאמר מוקדש לזכרו של אבי, ד"ר ר' יצחקאל, שדמותו, עידונו השקם, הניעו בח' ומחקרים. או מבקש להודות לאנשים האלה: ע' פרומקין, שקרא את כתב היד המקורי; 'בילג, שאפשר לי לסקור את פיר ארכמן הנציג וחלק עמי מניסיון הרוב בתחום חקר אמות המים לירושלים'; ו' זלנגר, על העזרה בקידום המחקר ושיטור המידע. תודה שלוחה גם לא' זילברבו, על ההזמנה להשתתף עימה בחקר מנהרת האמה העלינה ברחוב הרוזמראן ועל שיטוף הפעולה הפורה; לח' שקובליך, ת' ליאני וא' הגר מקמ"ט ארכיאולוגיה בי"ש, על הסיעוב בתיעוד אמת העורב במחצצת בית פג'אר; למ' גוטמן ו' כיאם מ"שומרם על הנצח", על הסיעוב בתיעוד אמות

הביאר. על אף שרוב המנהרות מוכרות במחקר כבר באמצעות המאה ה"ט (איורים 1-3), דיוון משווה וכולני הכרחי לאור חשיפה לאחרונה של מנהרה יחידה מסוג זה ששולבה באמצעות המים העליונה (צילרבוד ויחזקאל בדפוס; יחזקאל וצילרבוד תשפ"ה), וסקירהו של יתר המנהרות בתת-הקרקע (הamaha התחתוננה, אמת הערוב ואמת הביאר), חלkan לראשונה וחלקן מחדש, ונתונים חדשים שאסף המחבר על אוזותיהם.

עבור כל מנהרה מפורטים הנתונים האלה: אורך, חלופה עליית בפני השטח, היחס בין השניים, עומק מפני השטח, התצורה הגיאולוגית, סוג הפירם, צורתם והמרווחים ביניהם, הסטייה במפגשי החוצבים² בין פירם (מידע חלק), שיפוע (מידע חלק) ותיארוך מוצע (טבלות 1-3).

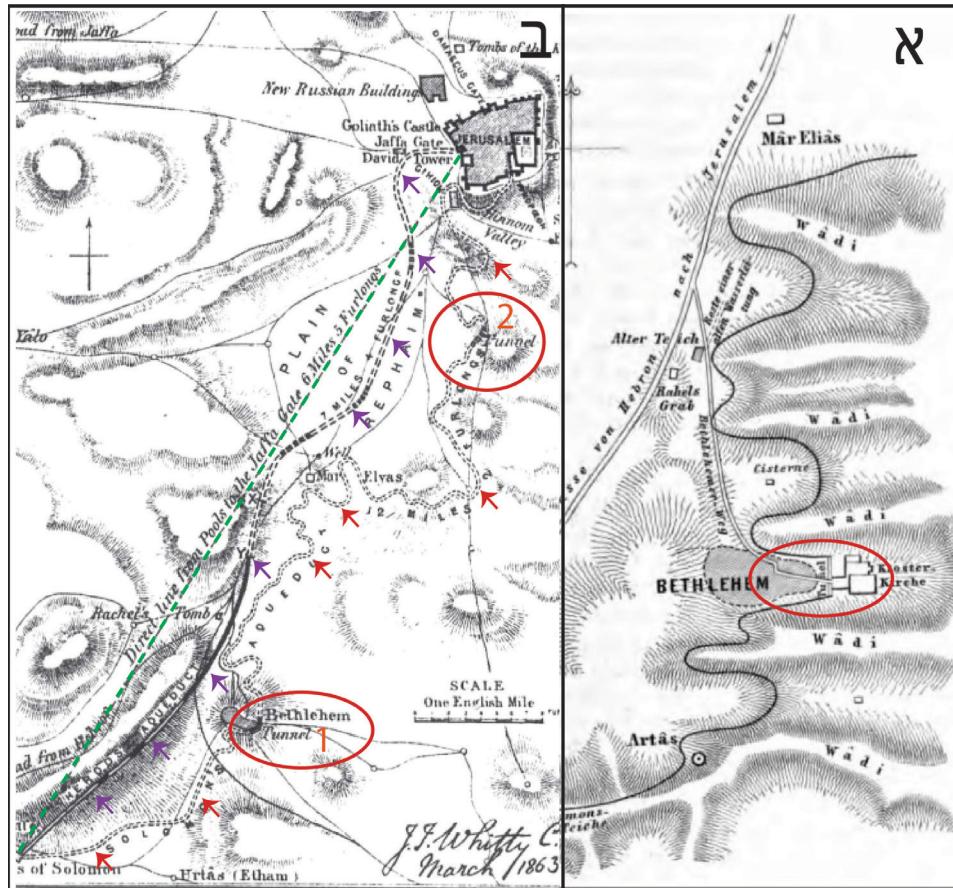
קורפוס המנהרות חוצאות-יררכס באמצעות המים לירושלים

אמת המים התחתוננה

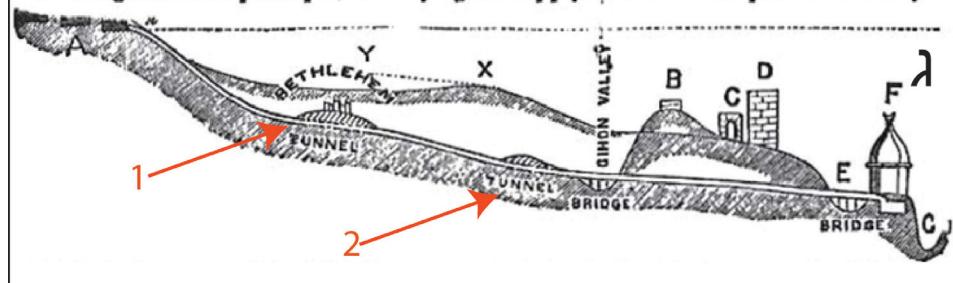
מצאה של האמה התחתוננה באיזור ברוכות שלמה, ועדת הרכבת. מקובל שאמה זו היא הקדומה ביותר במים לירושלים (טבלה 1; ראו להלן, דיוון ומסקנות). שתי מנהרות חוצאות-יררכס שלבו באמצעות מים זו, והן מוכרות במחקר כבר באמצעות המאה ה"ט (איור 1).

הביאר והערוב בחלוקת השוניים, על ההשערה בשימור אמות המים לירושלים ועל העלתה המודעות לגביון; לר' סילברמן ו' יהלום-מַאֲקָה מהמעבדה לחקר חומרים ארכיאולוגיים וטכנולוגיות קדומות באוניברסיטה העברית, על בדיקת הצבע באמצעות הערוב; לא' יגנון, על העזרה במידידות וביצוע; לנ' שייאן ולר' כהן מרשות העתיקות, על האפשרות לצלם את החפירות בגבעת המטוס ועל השיטור בميدע; לא' הילמן ולד' טראובמן מקמ"ט ארכיאולוגיה בו"ש, על שייתר המידע מעבודות השימור של אמת הערוב סמוך ליררכס דהה בק. תודה גם לאלה שהשיאו עצה טובעה במהלך המבקרים או סייעו באיסוף חומר ובעבודות השדה: ח' הורן, נ' גרשוני, ח' כהן קלונימוס, מ' רוטר, ז' רופקיהוט, וח' בזילא. תודה מיוחדת ל' נגב, על שייתר הפעולה בהקשר אמות המים לירושלים וגבקר תת-הקרקע במנהרות השונות במשר כל השנים; לע' מזר, על שייתר בארקון האישי שלו של אמות המים לירושלים; ול' גוזת, על מספר תובנות חשובות ועל העידוץ לפרנס את המבקרים. מאמר זה נכתב בזמן שבנו התארחותי כபוסט דוקטורנט במכון לארכיאולוגיה של אוניברסיטת תל אביב.

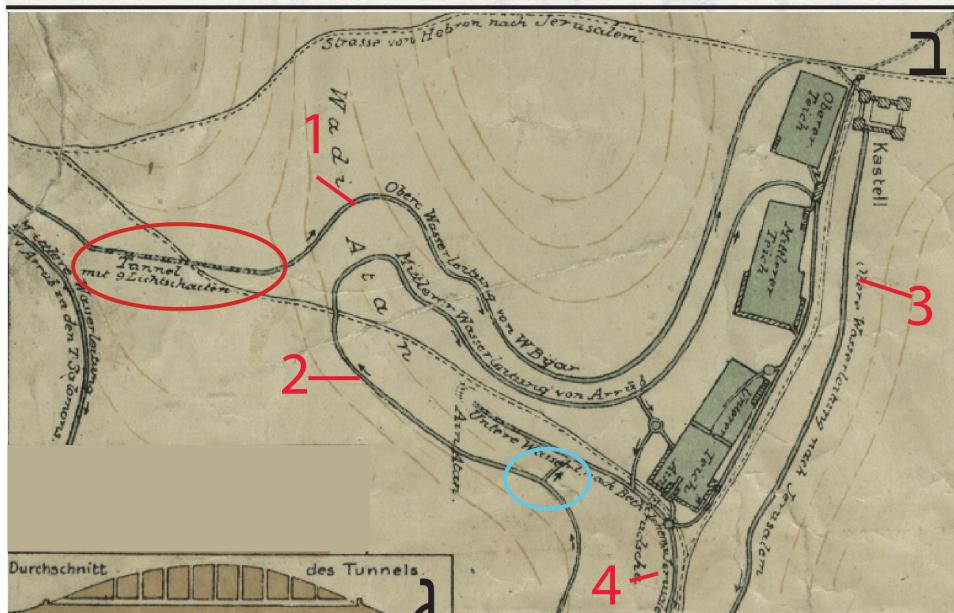
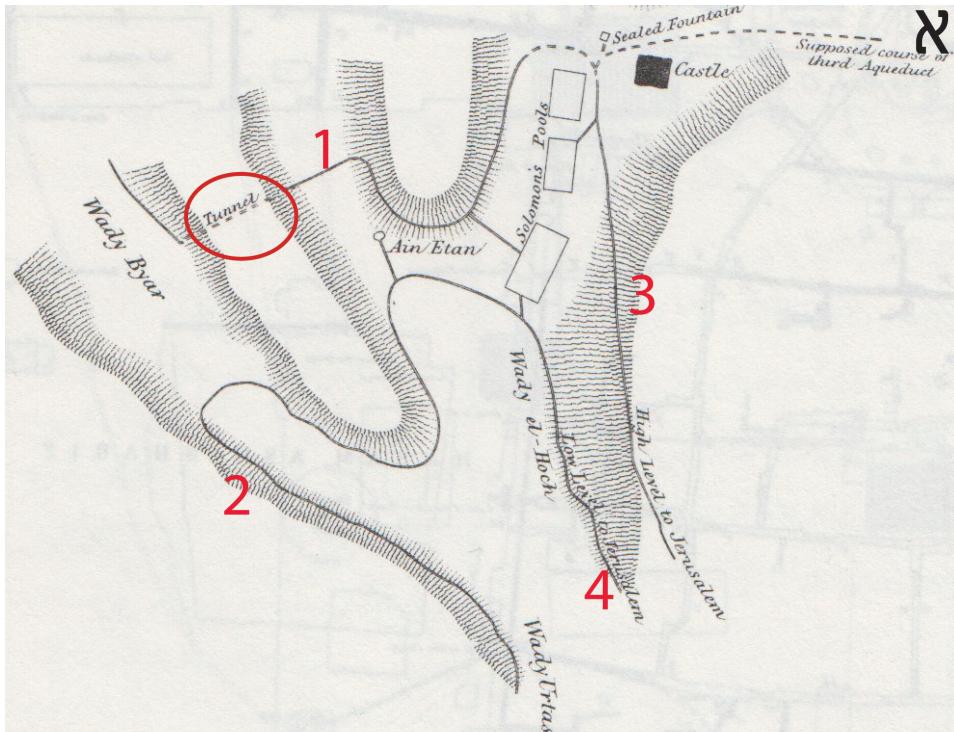
² קרי הופיע בין הקוו האורייני לבין שני פירם סמוכים, לאחר מכן המנהרה שנחצבה בפועל בידי צוות החוצבים שעבדו מכינויים מנוגדים.



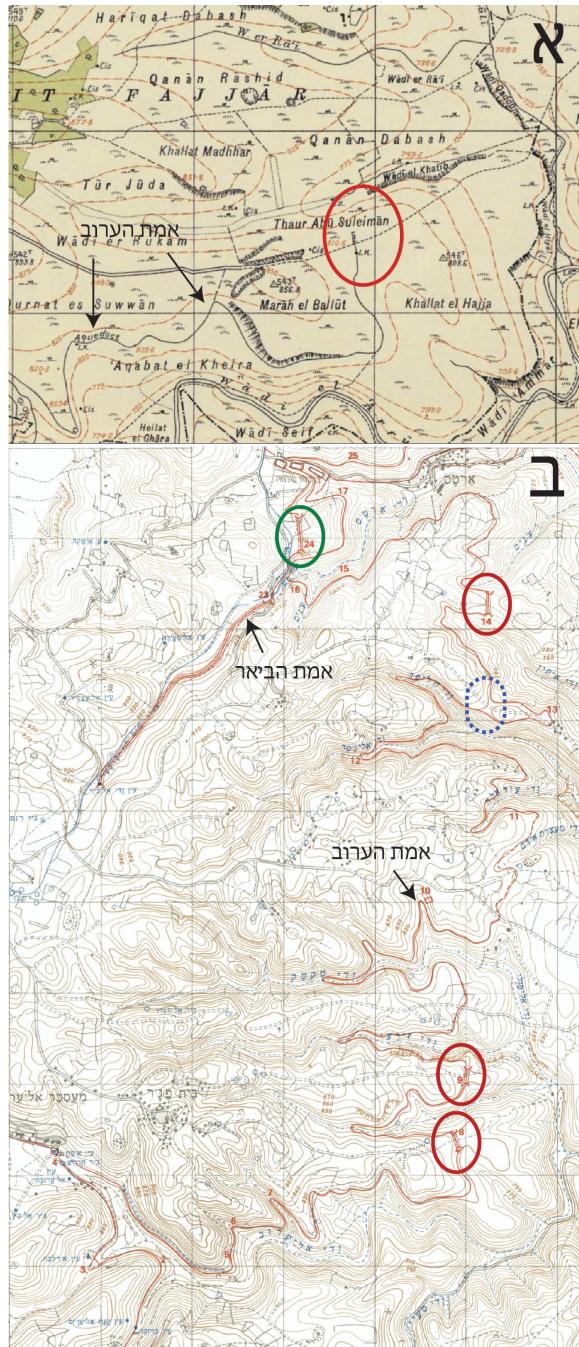
SECTIONAL SKETCH SHewing SOLOMON'S AQUEDUCT.
On the gravitation principle, conveying its supply to the *lowest* part of the City.



איור 1. (א) תוכיאי אמת הימים התחתונה (קו שחור רציף) והמנהרה החוצה את קו הרכם בבית לחם (עיגול אדום) (Tobler 1859:85); (ב) תכנית אמות הימים לירושלים (לפי Whitty 1863), ובוון מסומנים אמת הימים העליונה (חיצים סגולים), הקו האורייני בין ברכות שלמה לשער יפו (קו יירוק) ואמת הימים התחתונה (חיצים אדומים); (ג) חתך באמות התחתונה לירושלים (לפי Whitty 1863) (לפי Tobler 1859:85); (ד) מנהרת בית לחם (1) וארמון הנציב (2)



איור 2. מנהרות חוצות-רכס בספרות מהמאה הי'ט: (א) אמת הבאר (1) ומנהרת דהר בקן (עיגול אדום), ותוואי אמת העروب (2) המתחברת לשירות לאמה התתונה (4). שםנו לב גם לתוואי האמה העליונה (3) (Wilson 1865); (ב) אמת הבאר (1) ומנהרת דהר בקן (עיגול אדום), תווואי אמת העروب (2) מזמן באמצעות סעיף קצר ומשני (עיגול כחול) את האמה התתונה (4). שםנו לב גם לתוואי האמה העליונה (3) (Schick 1878); (ג) חתך במנהרת דהר בקן (Schick 1878)



איור 3. מנהרות חוץ-יריכס במקות מהמאה ה-כ' (א) התקיעוד הקדום ביפור של המנהרה הדרומית (עיגול אדום) באמתה הדרומית לירושלים (חיצים שחורים) (מפה בריטית, 1920, 1:20,000; ב) שלוש מנהרות באמתה הדרומית (עיגולים אדומים) ומנהרת דחר בקן של אמת הבאר לירושלים (עיגול ירוק). בעיגול כחול מוקווקו ניתן להבחין ברכס שיחabo נג'ם, הנראה מתאים להעברת מנהרה, אך אמת הערוב הקיפה את השלווחה (ראו בגור הטעסט הערעה 7) (מדור תשל"ג)

טבלה 1. נתוניים כללים: מנהרות חצות-רכס באמות המים לירושלים

שם האמה	שם המנהרה	מרחק אויר (מ)	חלופה בפני השחך (מ)	יחס מנהרה/ חלופה עילית	עומק מקסימלי מצפון לשטח (מ)
האמנה התחתונה	בית לחם	180*	1040	5.78	30
	ארמן הנציג	395	3629	9.19	40
אמת הערב	דרומיית	150*	1844	12.29	~3-5
	אםצעית	100*	329	3.29	~1-2
האמנה העליונה	צפונית	156*	1784	11.44	8
	רוזמרי	80*	ראו בהרחבה יזקאל וילברבוד תשפ"ד	ראו בהרחבה יזקאל וילברבוד תשפ"ד	2 וזילברבוד תשפ"ד
אמת הביאר	דהר בקן	480	1593	3.32	32

הערות	הצעות תארוך במחקר	תצורה גיאולוגית
מזר (תשם"ט) העיר שاورר המנהרה 360 מ'. ניתוח מבוסס-DIS ושורכתי הראתה שמנהרה אינה ארוכה מ-180 מ'	שיק (Schick 1878); הורדוס; הקר (תשס"ז): הורדוס; מזר (Mazar 2002): חמונאי; בילג (תשע"ח): המאה הא' לפסה"נ (אלכסנדר ינאי-הורדים); פפריר (1980): יוחנן הורקנוס-אלכסנדר ינאי'; סולומון בפני האמות (חומרןאי קדום)	קרטון של תצורת מנוחה (חברות הר הצופים)
אומדן האורך הכלול של אמת המים החוצה את האוכף מקצה לkaza (על פי מזר תשל"ב), כולל מקטע של עתלה החוצה העילית על בסיס ייחות טופוגרפי וקווי הגובה של אמת המים	שיק (Schick 1878): הורדוס; הקר (תשס"ז) ומזר (Mazar 2002): פונטיאוס פילטוס; מחקר נוכחי: שנייה בפני האמות (חומרןאי?)	גיר מתצורת שבטה (חברות יהודה)
אורך המנהרה ואומדן העומק מפני השטח על פי מזר (תשם"ט); אומדן החולפה העילית על בסיס ייחות טופוגרפי וקווי הגובה של אמת המים		גיר מתצורת שבטה (חברות יהודה)
אומדן האורך הכלול של אמת המים החוצה את האוכף מקצה לkaza (על פי מזר תשל"ב), כולל מקטע של עתלה החוצה העילית מפני השטח ומונירה תת-קרקעית; לא ניתן לאייר את המוצא הצפוני של המנהרה כיוון		גיר מתצורת נצר (חברות יהודה)
אומדן אורכה הכלול של אמת המים החוצה את האוכף מקצה לkaza, כולל עתלה עמוקה החוצה מפני השטח ומונירה החוצה, תת-קרקעית	שיק (Schick 1878): בית ראשון; הקר (תשס"ז) ומזר (Mazar 2002): ליבין עשירי, המאה הב' לסה"נ; בילג וזולינקה (2013): אגריפס הא'; עמיות וגיבסון (Amit and Gibson 2014) וכahan ושייאן (Cahan and Gibson 2014) מחקר נוכחי: שלישית באמות (רומי קדום, הורדוס?)-	נצר (חברות יהודה)
חסימה בין פיר 7 לפיר 8 לא אפשרה סקר מכא של המנהרה; גם המוצא הצפוני של המנהרה בפני השטח אינם גלויי היום	שיק (Schick 1878): בית ראשון; הקר (תשס"ז); לבין העשירי; מזר (Mazar 2002): הורדוס; צוק ואחרים (תשמ"ו): חמונאי; יוחזקאל ואחרים (תשפ"ב) ומחקר נוכחי: המאותה באמות: המאה הא' לסה"נ, שליטן הנציבים (פונטיאוס פילטוס (?)). שיםוק במאה הב' לסה"נ	דולומיטים קרטטיים תצורת ודים (חברות יהודה)

המנרהה הדרומית מבין השתיים עברה דרך רכס בית לחם, סמוך לכנסיית המולד, אורכה כ-180 מ' (טבלה 1). למיטב ידיעתי, לא קיימים תיעוד מודרני מהנרהה זו, למעט תצלומים מתוקופת המנדט הבריטי, עת שוקמה מערכת המים. בתצלומים ניתן להבחין שהחדרה אינן רגולרי, והוא מעט עגול בחלקו העליון (איור 4:א). בתצלום אחר אפשר לראות אותה מרחוק פיר אנסי (איור 4:ב). המנרהה הצפונית, "מנרהה ארמון הנציב", נמשכת לאותר כ-400 מ', היא נחקרה ופורסמה במלואה (Billig 2002; Billig 2002 ג'.¹) רובה החוצה בסלע קרטוני רך, אך במקומות שבהם חשש מקריסה, נבנה בתוכה גמלון פשוף. לאורך המנרהה שולבו בה פירים עגולים, אנכיים, במרוחים שאינם קבועים. המרווח האופקי הגדל ביוטר בין פיר אחד למשנהו הוא מעל 130 מ'. על אף שהחוצע, שהמנרהה נחצבה בידי צוותים שעבדו במקביל מבסיס כל פיר לכיוונים מנוגדים, קשה להסביר במפגשי החוצבים לאורך המנרהה



איור 4. מנהרות חוצות-ירכס באמצעות המים התהווונגה: (א) מנהרת בית לחם, ובה ציון ברזל מודרני. חתכה הלא-רגולרי של המנרהה דומה לזה של מנהרת ארמון הנציב (Matson and Matson 1940); (ב) מנהרת בית לחם, ובה מסומן בחץ אדום מיקומו של פיר אפשרי (Matson and Matson 1940); (ג) מנהרת ארמון הנציב, שהחוצה אינן רגולרי (צלום: י' נגב); (ד) מנהרת ארמון הנציב, סימני חציבה וסיתות ללא דפוס מסודר (צלום: י' נגב)

(Frumkin 2015), שכן סימני החזיבה לאורך המנהרה אינם יוצרים דגם אחד וברור (איור 4:ג, ד). חתך המנהרה בחלוקת החזובים מוכיח את החתך במנהרת בית לחם (איור 4:א-ג).

במחקר המכח נסקרו לראשונה באופןן מודוקדק הפירים באמצעות ציוד SRT (Single Rope Technique). פירים 1 ו-2 נמכרים למדוי, ללא מאפיינים מיוחדים, ופירים 5 ו-6 אינם נגישים גם בטיפוס. כפי שהבחן בילג, שעה שהתחבון לעלמה מבסיס המנהרה (בילג תשע"ח: טבלה 1), פיר מס' 3, שעומקו מפני השטח כ-34 מ', קורה בקמרון חבית שברוכזו שולב פתח רבוע. בסקר נמצא שבראש הפיר ניצב קיר תמרק שהושחת על סלע האם, ורק במרקוק-מה מעליו הושחת קמרון חבית, מעל חלקו הצפוני קיימת שכבה של אבני ריצוף אופקיות (איור 5:א). כירן של אבני הריצוף הללו שונה מעט מציר הקמרון (איור 5:א), ונראה ששישמו ליישור השטח מעליו. המרווה משני צידי הקמרון נאטם בקירות בניין מבני גוויל. סגירה זו הייתה הכרחית כיוון שהתקה הפיר עגול, ואילו קמרון החבית מייצר כיסוי מרובע. בסקר תועדו לראשונה זוגות של גומחות חזובות בקיר במרקוקים אונכיים של כ-5 מ' זה מזה (איור 5:ב). זוגות הגומחות מופיעים במדרגות לאור הפיר, ונראה ששישמו להעמדת גלגלת, סולם אלכסוני או מנוף כלשהו. יצויו, שלפচות בנקודה אחת בדופן הפיר, בגובה כ-15 מ' מעל הקרקע, נמצאו חריצי חבל. בדופן פיר 3 נמצאו סימני סתימות במפלסים שונים, אולי סימנים למדידת עומק (איור 5:ג), ושורידי צבע אדום, חלקים בגובה של כ-30 מ' מעל קרקע המנהרה (איור 5:ד). כיוון שהפיר א נכי החלוטו, והנקודות שבהן נחשפו שרידים הצבע אדום רק בעזרת טיפול בחבל, ברור שהצבע יושם בזמן חציבת הפיר.

בסקר התגלה שגם פיר 4, שעומקו מפני השטח כ-40 מ', קורה בדומה לפיר 3, דהיינו בקמרון בניין גיאת בעל 15 נדבכים שברוכזוفتح (איור 6:א). החלל שבין הקמרון לשפת הפיר החצוב, בדומה לפיר 3, נאטם במספר שורות של אבני שדה, שהונחו על שכבה עבה של טיח לבן, שנחנכה בעת חציבת הפיר, והושתתה ישירות על סלע האם (איור 6:א, ב; ראו להלן, דיוון ומסkont). בפיר 4 הובן דגם חציבת סדור של גיסטרים מתחלפים, היוצרים מעין דגם איזדרה (איור 6:ג). פירים 3 ו-4 אינם ממורכנים מעל תוארי המנהרה (איור 6:ד), ולכן אפשר היה להעלות ולהורד ציוד למדף סלע שהשאר מעל תוארי אמת המים בלבד לחסום אותה בזמן עבוזות החזיבה.

אמת המים העליוןונה

מקורה של האמה העליונה לירושלים באוצר ברכות שלמה, אך יעדה המדויק בירושלים, והאם הגיעה לעיר ומתי, שנויים במחłówות (ראו 2020 Gurevich 2002; Mazar Amit 2002). רוב החוקרים משיכים את בניית האמה העליונה לחורדים (37-4 לפסחה"ג), אך היא שוקמה בימי אליה קפיטולינה, במאה ה' לסחה"ג, כעדות חרוטות של שמות קציני הלגיון הרומי שנמצאו על חוליות אבן שיוצרו סיפון שהתגבר על אוכף טופוגרפי באוצר בית לחם (דדון וילנגר 1997; Wilson 1905).

בחפירות הצלחה שנערכה ברוחבו הרוזמראן בירושלים נחשפה מנהרה תת-קרקעית שחצתה את קו פרשת המים הארץ בתוארי האמה (נ"צ 219479/626514; להרחבה ראו זילברבוד ויזקאל בדפוס; יזקאל זילברבוד תשפ"ה). בחפירה تعد מקטע של כ-45 מ' ממאת המים, שנמשר בצר דרום-מזרח – צפון מעורב. בתחילת, ולאורך כ-14 מ', נחצבה האמה מפני השטח כתעלת שעומקה כ-1.8 מ'. בהמשך



איור 3. פיר 3 במנהרת ארמן הנציב: (א) מבט לכיוון מערבה בראש הפיר: סלע האם (1), קיר תמרק שהושחת ישירות על סלע האם (2), קמרון חבית (3) ואובי הרים שונחו מעל קמרון החבית (4) צילום: ע' חזקאל; (ב) זוגות של ישנות חצובות בדופן פיר 3 (צלום: 'נגב'); (ג) תווי סתימות בדופן פיר 3 צילום: ע' חזקאל; (ד) סימני צבע אדום על דופן פיר 3, קו מאונך וכן מאוזן מפולס למדוי (ריבוע לבן מקווקו) (צלום: 'נגב')



איור 6. פיר 4 במנהרת ארמון הנציב: (א) מבט לעבר ראש הפיר: סלע האם (1), קיר אבן גוויל לאירוע המהווך בין ראש הפיר (2) לקמרון החבית (3) (צילום: י' נגב); (ב) הגדלה של הריבוע האדום באירור 6א: סלע האם (1), קיר אבן הגוויל (2), קמרון החבית (3) וסכבת הטיח הלבן העבה שהושתתה על סלע האם ושהפיר חתר (חץ אדום) (צילום: י' נגב); (ג) פיר 4 מבט למטהה: דגם החציבה של הפיר מסומן בקווים אדומים: רגיסטים היוצרים דגם הידרה. (ד) מבט דרומה לעבר בסיס פיר 4, הפיר אינו ממוקם ביחס לתוואי המנהרה (צילום: ע' יחזקאל)

ורמו המים במנהרה תת-קרקעית חצובה שתוודה לאורך כ-30 מ', היא נפגעה במספר מוקדים לאורכה בעת עבודות חציבה מודרנית. על בסיס ניתוח זו, הטופוגרפיה כוים והמקטעים החשופים של האמה العليונה בהמשך הרכס צפונה, ניתן להעיר שאורך המקטע של אמת המים שחצתה את האוכף כמנהרה/תעלת חצובה ומקורה, היה כ-80 מ', אולם זו רק הערכה בשל התכסית הצפופה באזורי (טבלה 1).

בשונה מהאמנה התתazyונה, ניתן למנות בקריות המנהרה דגם חציבה סדרה: החוצבים סייתו באבן בתונעה מעגלית, מלמעלה למטה, בעזרת איימל שרוחבו 1–2 ס"מ. על אף שהמנהרה נפגעה מאוד בעקבות עבודות החציבה המודרנית, אפשר עדין להבחין בשני פירם לפחות, שהחציבה נעשתה מבסיסם בכיוונים מנוגדים (איור 7:א; להרבה ראו ייחזקאל וילברבוד תשפ"ה). סמוך לכך החציבה של החפיריה השתמר אחד הפירם במלואו: מתחו רבוע (כ-1 × 1 מ') ומעט מתחת לשפטו חצוב מדרך רגל (איור 7:ג). קירות המנהרה טויחו היסב בשתי שכבות טיח בלבד, שתיהן צבען אפור, וביניהן ועל השכבה العليונה נותרו משקעים גיר המעידים על זרימת פים בסופו שבין יישום שתי השכבות. גובה המנהרה משתנה לאורכה מ-0.6 ל-1.5 מ' לעරק, אך רוחבה אחיד למדי (איור 7:ב). המשך המנהרה לכיוון מערב סתום במילוי עפר, שבתוכו נמצא שרברב קנקן מן המאות ה-7–ה-6 לפ"נ (ייחזקאל וילברבוד תשפ"ה) – עדות ברורה לכך שהמנהרה יצאה שימושה בתקופה זו, ובהתאם – אמת המים العليונה כולה (ראו גם בילג תשע"ב).

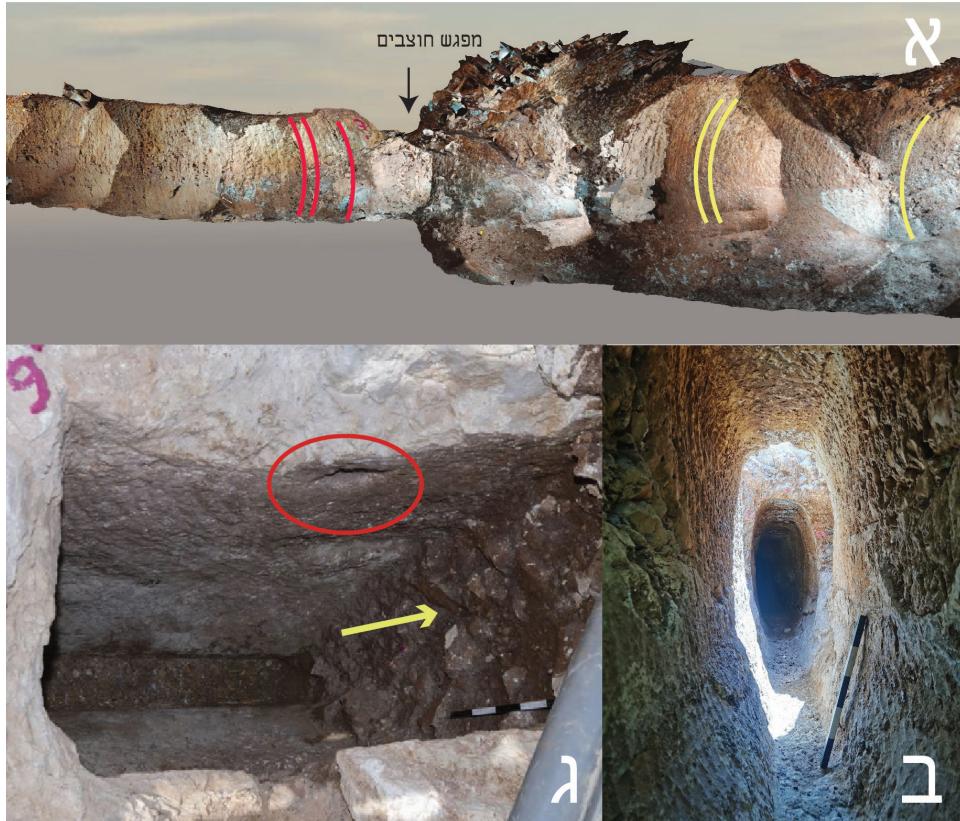
אמת הערוּב

אמת הערוּב הובילה מים מאזור אל-ערוב שבצפון הר חברון לברכות שלמה (איורים 2:ב; 3). זו האמה הארוכה ביותר בישראל (Patrich and Amit 2002), ואורךה נאמד בכ-40 ק"מ (Mazar 2002). על אף שישנה מחולקת במחקר בונגוע לשיט שבימיו ובניהלה האמה, ריבים מתארכים אותה לתקופה הירומית הקדומה (להרבה ראו 2002 Mazar). אורכה של האמה נובע מכך שהיא מקיפה בשיטתיות את רוב השלווחות שכיוון מזרחה, שעה שעודה צפונה (איור 3:ב). בשלוש נקודות בלבד העדיין הליבורטורי לזכור את התוואי בחציבות מנהרות קצרות באוכפים טופוגרפיים. המקור היחיד עד כה לתיאור מנהרות אל-הסקר לפני השטח שער עמייחי מזר בסוף שנות ה-60 של המאה ה-20 (מזר תשל"ג;

³ 2002).

מזר ציין שאורך המנהרה הדרומית מבין האשלוּש הוא כ-100 מ', שלאורכה חצובים חמישה פירם ושהיין נחצבה לעומק כ-3 מ' מפני השטח, בחלוקת כתעלת עמוקה ובחלקה כמנהרה. בסקר שערכנו במקום (נגב י', פרומקי ע' והמחבר 21/11/2021) מצאנו שהמנהרה נמצאת בתחום מוחצבה פיריטית ונחרסה לחליופין. הצלחנו לאתר את המקטע שהוא צמוד למצאי הצפוני של המנהרה תלי' במצוק (איור 8:א); אורכו כ-27 מ', והוא נחצב כתעלה עמוקה מפני השטח וקורה לאחר מכן בגמלון פשוט

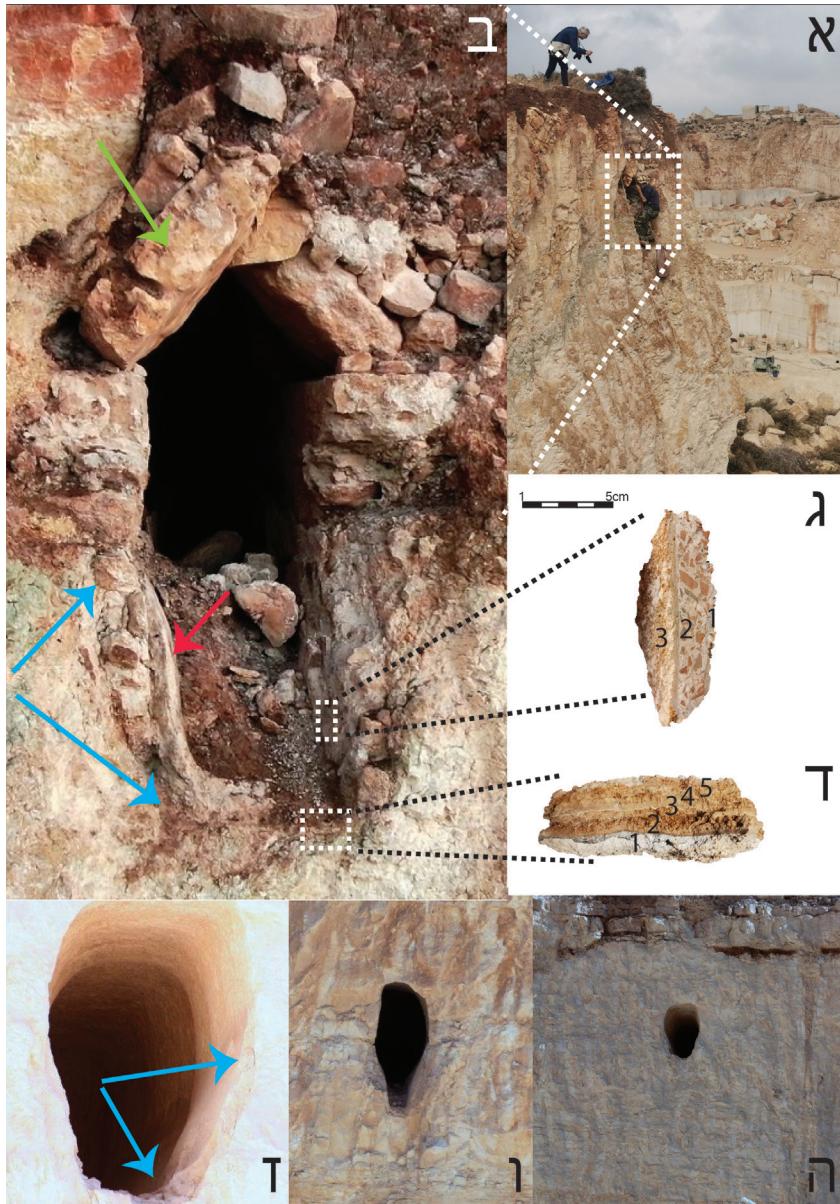
³ אני מודה לע' מזר, שהעמיד לרשותי את הארכון האישי שלו, כולל נתונים גלמיים מעבודת הסקר שערך בשנת 1969.



איור 7. מנהרת הרוזמן באמות המים העליונה (מתוך: יחזקאל וילברבו תשפ"ה): (א) מפגש החוצבים לאורכו המנהרה (מודל פוטוגרמטרי; א', ויגמן), סימני החציבה המנוגדים (קוויים אדומים אל מול צחובים), והסת�性 האנכית בנקודה זו (חץ שחור); (ב) מבט כלפי מערבה על המנהרה (צלום: ע' יחזקאל); (ג) הפיר בקצת השטח המערבי של החפירה, מבט מלמעלה, מדרך הר gal (עיגול אדום) והובילו המכוון הסתום את המשך האמה/מנהרה לכיוון מערב (חץ צחוב). במילוי זה נמצא שבר קנקן טו המאות ה-7–ה-8, לסה"ג (להרחבה ותצלום: יחזקאל וילברבו תשפ"ה) (צלום: ש' הלו)

ובהמשכו, בלוחות קירוי אופקיים (איור 8:ב). למיטב ידיעתי, זהו התיעוד היחיד של שימוש בಗמלון בתווואו אמה זו.

בחלקן התחתון של דופןה התעללה החצובה ניתן להבחן בתשתיית אבני ומעליה מספר רב של שכבות טיח, שהמאוחרת שבهن בגוון אדום, ובה שברי חרסים רבים. טיפולוגית, פיך זה משוויר לתקופה הביזנטית (Porath 2002; איור 8:ג). בסיס התעללה ניתן היה לבחון בחBUR שונא של שכבות טיח רבות שביניהן משקעי גיר המעידים על זרימת מים. גובה של השכבה התחתונה ביותר אפור; היא עשויה בפחם ודומה במאפייניה לטיח שנמצא במנהרה הצפונית (איור 8:ד; ראו להלן).



איור 8. אמת הנערב, המנורה הדודומית: (א) קטע אמת המים בموقع המנורה שהתגלה תליי במצוק בשנת 2021 צילום: ע' יוחאלא; (ב) הגדלה של אייר 8א, ובה נראים הגמלון (חץ ירוק) ואבני הדיפון בתחתית התעללה (חיצים חולמים), ומעליהם שכבה הטיח (חץ אדום); (ג) תקריב חלקה החיצוני של שכבה הטיח שיושמה על דופן התעללה, שרויות טיח אפור (1), טיח אדום עשיר בשברי חרסים (2) ופni הטיח ומשקע גיר (3); (ד) תקריב הטיח שנמצא בסיס התעללה; הצעה ל'יהו' חמש השכבות, הטיח הקדום ביותר הוא אפור; (ה-ז) המנורה התלויה במצוק המחזבנה בשנת 2013 (באדיבות ז' רופקחו). המנורה אינה קיימת יותר, החיצים הכהולים באיר 18 מצבעים על שכבת הטיח המכוסה ורק את חלקה התתחון של המנורה

בతצלומים משנת 2013 נראים קפעים שונים מהמנהרה במקומות במחצבה (איור 8:ה-ז), לפניו שנחרסה כליל⁴. באחד התצלומים אפשר להבחין שתקרת המנהרה קמורה מעט (איור 8:ה), ואילו בתצלום אחר נראה שחלקה התחתון של המנהרה הוצר במק้อน (איור 8:ז). בתצלום אחר (איור 8:ז) ניתן להבחין בשכבות טיח בהירה, יחידה, שיושמה רק על חלקה התחתון של המנהרה, בשונה משכבות הטיח הרבות שתוועדו בתעללה החוצה (השו איור 8:ז לאיור 8:ב). ניתן להסביר זאת בkowski לטיח המנהרה תחת-ירקעית, בגין תעללה הקרובה לפני השטח, שאת קיוריה ניתן להסביר.

המנהרה האמצעית נמצאת רק רכס אחד צפונה מזו שתווארה לעיל (איור 3:ב), אולם היא לא אותרה בסקר ונראית שנכברה תחת הבנייה המודרנית. על פי הארכיאון של מוזר ('הערה 3, מנהרה זו') דודזה מאד, שכן מבחינה טופוגרפית פני השטח כמעט זהים לגובה התוואי המתוכנן של אמת המים. המנהרה הצפונית ביותר מופתחה ונסקירה לראשונה במחקר זה. הסקר התת-ירקעי התאפשר לאחר שחילק ניכר מהמנהרה שוקם לאחרונה מטעם קמ"ט ארכיאולוגיה בו"ש. מוזר ציין שאורכה של המנהרה כ-165 מ' ולאורכה חמישה פירים (מוזר תשמ"ט), אולם כיוום אפשר להיכנס רק לחולקה הדרומי של המנהרה ובפני השטח גליים רק שלושה פירים (איור 9). המנהרה חוצה את הרכס מתחת לאותם טופוגרפיים עמוק בצד דרום-צפון.

עשרות המטירים והראשונים של אמת המים לאורך האוכף, לפני כניסה המים למנהרה התתית-ירקעית, נחצבו בפני השטח כתעללה פתוחה שעומקה כ-3 מ' (איור 10:א, ב). באופן תמהה, התעללה צורה יותר ככל שהיא עמוקה במעטן מדרגות (איור 10:ב). הקטע הראשון של המנהרה התת-ירקעית, עד לפיר 1, גבוהה יחסית, והתקה נישאת כ-3 מ' מעל הירקעית. גובה המנהרה תאום את העומק המרבי של התעללה החוצה (איור 9). מפיר 1 צפונה, גובהה של המנהרה החוצה נמוך ומאפשר מעבר מינמלי של אדם (איורים 9: חתכים 4-7; 10:ד; 11). סימני החציבה המוגלים דומים לאלו שתועדו באמה העליונה (ראו לעיל).

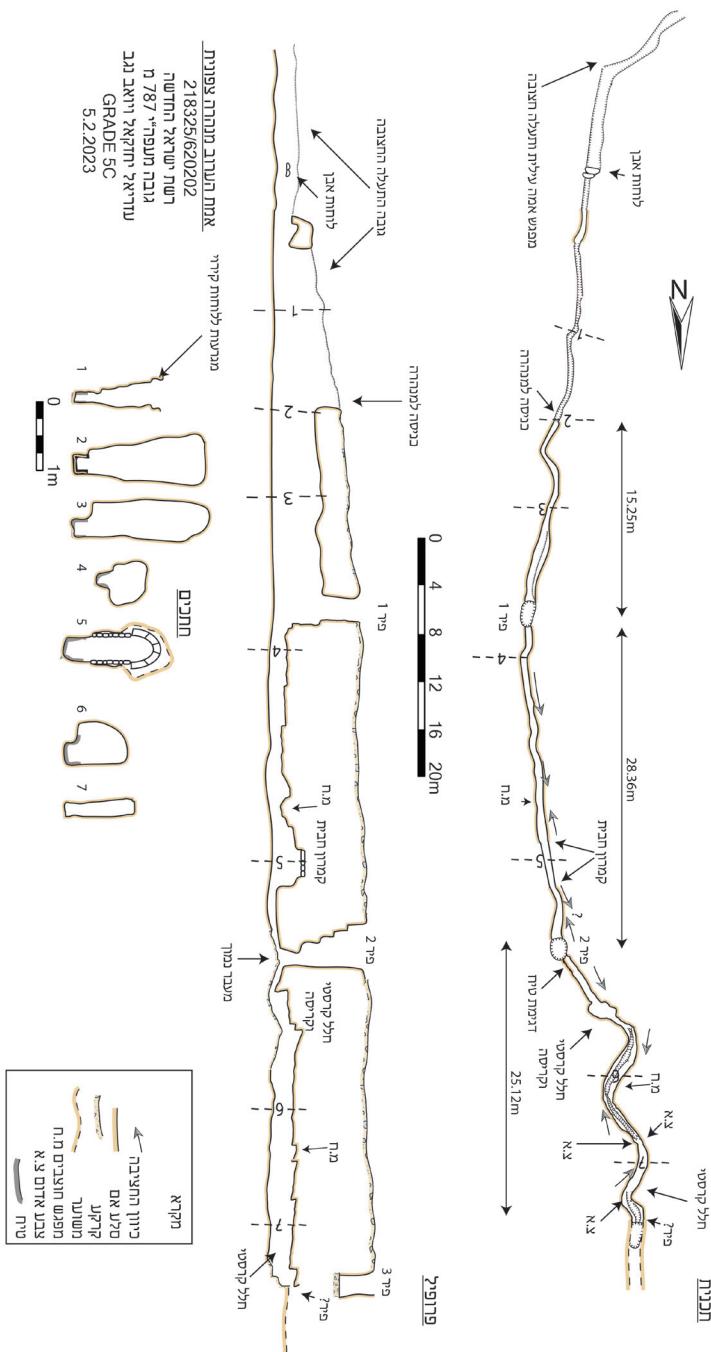
בנקבודה מסוימת בין פיר 1 לפיר 2, כנראה בשל חחש מקריסה, נבנה קמרון חבית בניו גזית בעל חמישה נדבכים (איורים 9: חתך 5; 11:א). בין פיר 2 לפיר 3 נמדדה סטיה אופקית גבוהה במפגש החוצבים (מעל 5 מ'), המעידת שכנראה עקבו אחר סדק קרסטטי (טבלת 2). הפירים היודדים לתחתי הירקע מלכניים ומדווגים, ומוצאים בדיקות מעלה המנהרה בצד דרום-צפון בקרם דומים לפיר אמת הביאר (איור 9). לאורך המנהרה התגלו סימני צבע אדום, שהדרכו הישוב לטור סימני הסיטות בנקודות שבahn יש שינויי משמעותיים בכיוון או בגובה המנהרה. חלק מהסימנים אופקיים, ובבדיוקות לייזר נמצא שהם מפולסים למד' ביחס זה זהה (איור 11:ב-ה). ניתן שהסימנים הללו שימשו את הליברטור

⁴ למידית עמוק וכיוון. בבדיקות XRF ו-DTIR נמצא שבסיס הצעב הוא ברזל מחומצן (אוכרה).

נראה שבתחילה, ובשוגג, תוכננה המנהרה לחצות את קו הרכס קרוב יותר לפני השטח. לכן נחצבו התעללה והקטע הראשון של המנהרה עד פיר 1 בעומק מצומצם. כעבור זמן התגלתה השגיאה, ובקטעים אלו הועמכו עד למפלסן הנוכחי. השערה זו מסבירה את המדרגות ברוחב התעללה החוצה

⁵ אני מודה ל'חותקהofi, שהpaid לרשויות את התצלומים שצילם בשנת 2013.

⁵ אני מודה לר' סילברמן ול' יהלום-מאק על ערךת הבדיקות במעבדה לחקר חומרים ארכיאולוגיים וסכלוגיות קדומות, האוניברסיטה העברית, ירושלים.



איור 9. מנהרת אמת העורב הצפונית, תכנית פרופיל וחתכים



איור 10. מנהרת אמת הערוב הצפונית: (א) צללים רחפן של החיבור בין אמת הערוב העילית (חיצים אדומים) להעולה החוצהה המובילה למנהרה חוצת-ירכם (חיצים כחולים) (צלום: י' פיאט), וכן ייכר ההבדל ברוחב ובמורפולוגיה של שני המקטעים; (ב) התעללה החוצהה המובילה למנהרה, מבט לדרומ, הדרוגה (חץ יירק) מעידה אולי על המפלס המתוכנן, הראשוני, של אמת המים והמנהרה, ואילו המפלס הסופי מסוכן בחץ כחול (השו לאירואן-ד) (צלום: ע' יחזקאל); (ג) קטע ראשון של המנהרה החוצה את קו הרכס, מבט לצפון (צלום: י' נגב), גובה המנהרה רב בהשוואה להמשכה; (ד) מבט כללי על קטע המנהרה שבין פיר 1 לפיר 2, שימן לב לגובה המינימלי של המנהרה ביחס לאירואן 10 (צלום: י' נגב)



איור 11. מנחתת אמת הערוב הצפוני: (א) קמרון בניו גזית בין פיר 1 לפיר 2, מבט צפונה (צילום: י' נגב); (ב) סימני צבע שפולסו קבועים אדום בדופן המזרחת של המנהרה בין פיר 1 לפיר 2 לפיר 3, לאורך המנהרה נמצאו עוד סימני צבע שפולסו בקרוב לקו המאוזן של צלב זה, כמו הלוייר הירוק מסוכן בחץ כחול (צילום: י' נגב); (ג) סימני צבע אדום (מרובע שחור וחץ כחול), ספור למדרגה בתקרת המנהרה (חץ אדום) – עדות למפגש חוצבים בין פיר 2 לפיר 3 (צילום: י' נגב); (ד) הגדלה של מרובע שחור באיור 11ג, שני קוויים אדומים (מסומנים בחיצים לבנים) מצביעים כלפי הלוייר הירוק (חץ כחול); (ה) סימן אדום נסחף (עיגול לבן) ספור למדרגה בתקרת המנהרה (חץ אדום). שימוש לב לסימני החציבה המוגלילים בדופן המנהרה (קוויים שחורים מכוונים) ולדמיון לאלו המופיעים במנחות הבאר והאמה העליונה (צילום: י' נגב)

כל שמעמיקים (איור 10:ב), וכן את הפרש הגבהים בין תקרת המנהרה במקטע הראשוני (אייר 10:ג) לשאר המנהרה (איורים 10:ד; 11). כמו כן, קיימים שינוי בין האזימוט המדויק של המנהרה חוץתי הרכס ומוקטע התעללה העמוק שמדרומים לה, לאמת הערוב העילית המגיעה מכיוון מערב, שצורה מהן ממשועטות ומפותלות. האמה העילית אף ניגשת לדופן התעללה החוצהה (אייר 10:א). עדויות אלו מצביעות על כך שכוחות ייעודי הושקם בסימון המנהרה ובחיציבותה לפני שהאמה שהחלה להיבנות מכיוון מקור המים – אחור ברכת הערוב – הגיעו לנקודת צוות ייעודי הפעול אופונומית מסבירה את השגיאה בחישוב עומקה מפני השטח בחלוקת הראשוני (ראו לעיל).

אמת הביאר

אמת הביאר הובילה מים מעין ביאר לברכות שלמה. זהה האמה הקצרה אך המשוכלת באמות המים לירושלים, ותאריצה במאה הא' לסה"ג, כנראה ביום פונטיום פילוסטוס (Yechezkel et al. 2021). באמה זו שולבו שתי מנהרות ארכוכות: מנהרת פירים, שאורךה כ-3 ק"מ ומטרתה לנתק את האקוופר התת-קרקעי לפפי השטח (Yechezkel et al. 2021), ומנהרה חוצת-ירכם (דהה בקן), המוכרת כבר מאמצע המאה ה"ט (איורים 2, 3).

אורכה של מנהרת דהה בקן כ-480 מ', ולאורכה 10 פירים; היא נסקרה בעבר ביטודות (צוק ואחרים תשמ"ו; טבלה 2). הפירים מלכניים ומדורגים, והם נמצאים בדיק מעל תוואי המנהרה, בדומה לפירים באמת הערוב. ברור שהמנהרה נחצבה מבסיס כל פיר לכיוונים מנוגדים, ודגם החיציבה בה זהה להה שתועד במנהרות אמת הערוב והאמה העילונה, קרי בתנועות מעגליות, מלמעלה למטה. הסטיות האופקיות במפגשי החוצבים חריגות מאד, הגדולה שבמה מגיעה לי"ת מ-10 מ' (טבלה 2). בסקר המכחית תועדו לראשונה הפירים בעזרת ציוד גלישה ייעודי (SRT), ונמצא שפיר 7, שעומקו מגע כדי 32 מ', קורה בשלבו המקורי בקמרון קדום שסגר אותו מפני השטח (אייר 12:א). בשונה מהקמרונות של הפירים במנהרת ארמן הנציג, שנאטמו מצדיהם באבני שדה, הקמרון שבמנהרת דהה בקן תוכנן ללא חלל פתוח משני צידי, אלא סלע האם (אייר 12:א). דבר זה התאפשר בשל העובדה שחתכי הפתחים של פיר מנהרת דהה בקן מרובעים ולא עגולים. בסקר נמצא שמנהרת דהה בקן היא היחידה האסופה מים גם בימיין ולאורכה מספר חללים קרסטיים (אייר 12:ג, ד; ראו להלן, דיוון ומסקנות). כיוון, אי אפשר להמשיך במנהרה מפיר 7 לכיוון צפון בשל סתימה. כמו כן, לא ניתן היה לאטור את מוצאה הצפוני של המנהרה בפני השטח.

דיוון ומסקנות

ההשוואה בין המנהרות חוצות-ירכם באמות המים לירושלים שופכת אור על מסורות החיציבה והמנהר בתקופות השונות, וכן על הידע המדעי והගיאולוגי שעמד לרשות הליבורטורים. הדיוון שלהן יתמקד בהשוואה בין תוואי המנהרות לחילפה העילית (ראו טבלה 1), במאפייני הפירים והמרוחות ביניהם, וביחסוב שיפועי הזרימה. לבסוף, תוצע קרונולוגיהיחסית לארבע האמות.

טבלה 2. סוגי הפירים, המרוחחים ביניהם וסתיות במפגשי חוצבים בין הפירים במנזרות חוץות – הרכס באמות המים לירושלים

שם	מספר	לפיר	מספר	עומק פיר	ספיה	סוג הפירים	הפנייה	הערה
האמנה התחתונה מנהרת ארמן הנציג	כניסה	1	1	13.3	5.4	занיחה	אנכיים ועגולים	בילג; תשע"ח; Frumkin 2015
	כניסה	2	1	24	11.3	занיחה		
	כניסה	3	2	102	34.3	занיחה		
	כניסה	4	3	135	40	занיחה		
	כניסה	5	4	45	27	занיחה		
	כניסה	6	5	37	14.5	занיחה		
	ממוצע	22.08	59.38					
	כניסה	1	1	12	2	занיחה		
האמנה העלינה מנהרת רוזמן נתנים משוערים בשל פגעה במנזרה	כניסה	2	1	18	2	занיחה	אנכי, מלבני נוכחי; יחסקל וילרבוב תשפ"ה	רקע פיר מס' 2 ניתן לтиיעוד. מיקום הפיר הראשון הsofar בעבודות חציבה מודרניות ומיקומו משוער
	ממוצע	15						
	כניסה	3	2	25.12	5.33	занיחה		
אמת העורב מנהרה צפונית*	כניסה	1	1	15.25	7.26	מלבני, מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת	מחקר נוכחי	* נתונים חלקיים שאן המנורה חסומה בחלקה הצפוני. לפ"י הנתונים המופיעים בסקר של מדור (אורך המנורה ומספר הפירים – ראו טבלה 1), בסך הכל במנורה הדורית והצפונית של אמת העורב ממוצע מרחק הפירים נעמד על 30 מ', ובמנורה האמצעית 25 מ'.
	ממוצע	22.91	7.69	2.28	0.78	занיחה		
	כניסה	2	1	28.36	0.73	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	כניסה	3	2	25.12	5.33	занיחה		
	כניסה	4	2	7.9	7.8	занיחה		
אמת הבאר מנהרת דהר בכו	1	1	2	29.8	10.4	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת	ארכיטקט; תשמ"ז; Frumkin 2015	ארכיטקט; תשמ"ז; Frumkin 2015
	2	2	3	55.2	7.4	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	3	3	4	35.6	5.9	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	4	4	5	48.1	3.7	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	5	5	6	48.9	8.9	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	6	6	7	53.3	10.4	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	7	7	8	48.3	0	מלבני, חרט מדורגים מכפי השפט ברטוי המנורה מתחת		
	ממוצע	45.60	21.63	5.19				



איור 12. אמת הביאר לירושלים, מנהרת דהה בכו (צילום: ע' יחזקאל): (א) קמרון חבית שכיסה את ראש פיר 7, מבט מלמטה; (ב) מבט כלפי מעלה בפיר מס' 5, ובו מדרגות ולן חתך מלכני; (ג) פנים המנהרה, ובו אפשר לראות את מפלס המים וכוק הרטיבות (חץ ירוק); (ד) זרימת מים מתוך סדק קרסטני בתקרה המנהרה (חץ צהוב)

מנורה חוצת-ירכש לעומת החלופה העילית

היחס בין אורך המנהרות התת-קרקעיתים לאורך החלופה העילית נע בין 3.32 ל-12.29, ובממוצע 7.55. דהיינו שמחולפה העילית הממוצעת ארכוּה פי 7.55 מן המנורה שחצתה את רוכסן (טבלה 1).

האמנה התחתונה

שתי המנהרות באמה התחתונה לירושלים הניבו יחס שונה: מנהרת ארמן הנציב קצרה פי 9.19 מהחלופה העילית, ואילו מנהרת בית לחם קצרה רק פי 5.78 מהחלופה העילית. בילג הציע שהחחלה מהמנהרה וכיסים אלו נבעה מшибוקים מקומיים: המנורה מתחת העיר בית לחם נועדה למונע מתושבי העיר להשתמש במים לצרכיהם, ואילו המנורה מתחת לוכס ארמן הנציב נועדה לשמר שיפוע מינימלי של כ-1 פרומיל (בילג תשע"ח).⁶ עם זאת, שיפועה של אמת המים יכול היה להיות נמוך בהרבה מפרומיל 1 ועדין להזרים מים (טבלה 3). אני מציע שהחחלה בסלע קרטזון המנהרות הללו קשורה דווקא לתשתיות הגיאולוגית, שכן המקרים נשתחה החזיבה בסלע קרטזון רק מתקופת מנוחה (טבלה 1; איורים 4; 5), ואילו החלופה העילית של הקפת רוכסן ארמן הנציב הייתה מחייבת בניית אמת מים במחשובי סלע צור קשיים (איור 13:א). מבחינה מינרולוגית, צור קשה מברזל, וממנו עשויים היו כלי החזיבה בעת העתיקה.

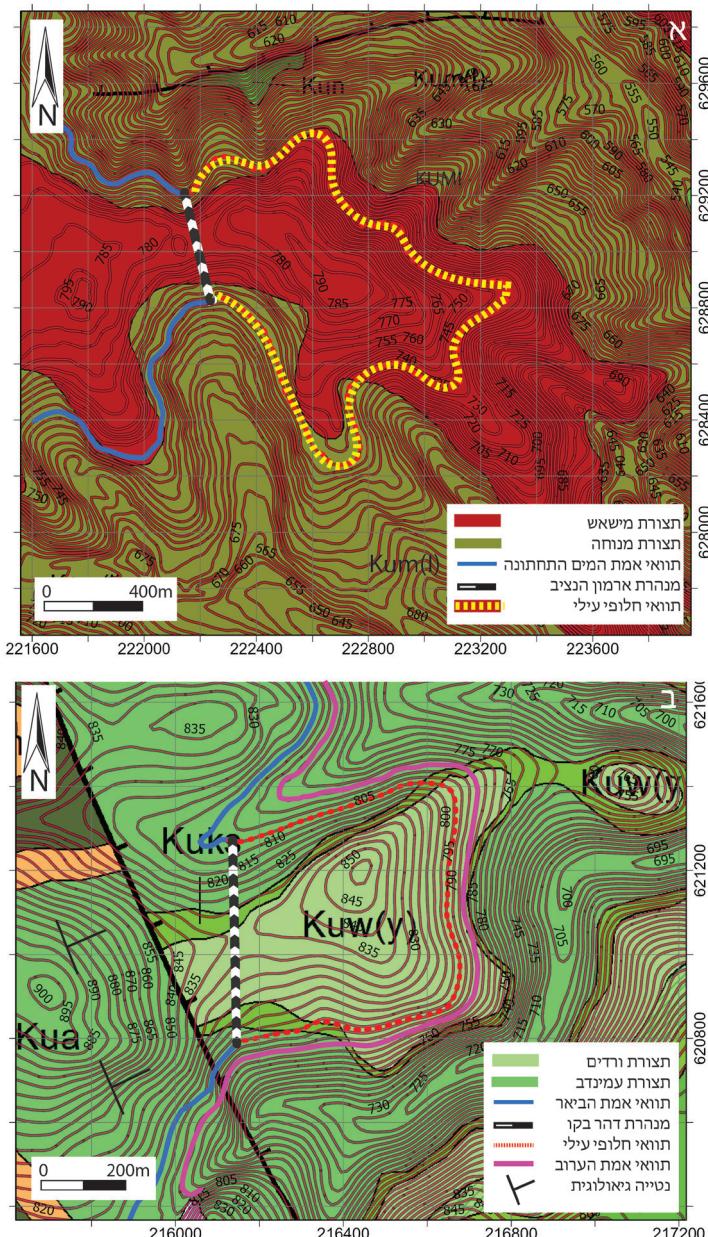
האמנה העילונית

על אף שברכות שלמה, מוצא האמה, וירושלים, יעד האמה, מצויים מזרחית לכך פרשת המים הארץ, תוארי אמת המים העילונית במקטע הקרוב לכך פרשת המים הארץ ממערב לו. היה זה פעול יוצא של עבודות סקר ומדידה, ורצו שאמת המים תעבור סמוך עד כמה שניתן לכך האויר בין היעד למוצא (ראה איור 1ב: קו יוק). מסיבה זו, הליבורטורי לא התלבט לגבי חלופה עילית, אלא היכן כדי לחצות את רוכסן מערבה – במנורה. האoxic שבו נחצתה אמת המים הוא אכן האופטימי והמיןימלי מבחינות היקף העבודה הנדרש לחיצית קו הרוכסן (להרחבה ראו יחזקאל וזילברבוד תשפ"ד), עדות ברורה למידת הדיק בתוכו המנורה והתוואי הכלול של אמת המים.

אמת הערוב

המנורה האמצעית של הערוב קצרה למדי, רק פי 3.29 מהחלופה העילית (טבלה 1). אך נראה שערך זה אינו מייצג, כיון שמספר האמה היה כמעט זהה לגובה האוכף, מה שדרש עבודה מינימלית להעברת המנורה בנקודה זו (מזר תשמ"ט). עם זאת, שני הערכיים הגבוהים ביותר של יחס למנורה/חלופה עילית מצוים אף הם באמנת הערוב (11.44 ו-12.29), ומכאן שהllibרטורי של אמה זו נמנע מלחצוב מנהרות והעדיף להקיף את הרוכסים (Mazar 2002).

⁶ ככל שאמת המים תתואר, שיפועה יקטן. במקרה דן, לו הקיפה האמה התחתונה את רוכסן ארמן הנציב, שיפועה היה קטן מ-1 פרומיל.



איור 13. מפות גיאולוגיות (ק"מ 1:50,000): (א) תוואי מנהרת ארמן הנציג, החזובה בסלול קרסטון רך של תצורת מנוחה, והתוואי החלופי, העובר במחשופי סלע צור של תצורת משאש קרשה מאד לחיציבה; (ב) תוואי אמת הבאר ואמת העורוב באיזור רכס דהר בקן, מנהרת דהר בקן חזובה בסלעי גיר מהצורת ורדדים. שיימו לב לנטייה הגיאולוגית באיזור המנתר מים המחלחלים על קו הרכס לעבר המנהרה

לדעתו, אמת העורב תוכננה לתוכה של מים נגר, בנוסף למי המעיינות שהובילה, ועל כן נמנע הליבורטורי מלהזב מנהרות רבות לאורכו⁷. שפה אג הניקוז התחום בין תווואו אמת העורב מבירתה העורב צפונה, עד רכס דהר בקן וקו פרשת המים הארץית, מסתכם במלמעלה מ-2,700,000 מ"ר.

בחישוב של נפח משקעים שנתיים ממוצע של 560 מ"מ, ובהתאם לכך יחס נגר מינימלי של 2%, אמת העורב

יכלה לתופס כ-1,000 מ"ק מי נגר בשנה. זהה כגובה הערצת יתר מקסימלית של כלל האגן, שעשו

ירקן חלקי תועל לתוך האמה. מחות זו גודלה אף מהקיבולות הכלולות של שלושה בריכות שלמה יחד.

עם זאת, יש בה כדי ללמד על פוטנציאל מי הנגר בשטח שמעל תווואו אמת העורב.

מזר הבחיון בסקר שערך במספר נקודות שבוחן תעלות קצורות הוסיפו מי גשמיים לאמת העורב (ראו לדוגמה מזור תשם"ט: 173). בסקר הנוכחי, שנערך לאחר חלקיים מאמת העורב, נמצא שהיא נצמדת

למשטחי סלע חשופים, שבودאי הוסיפו לה מי נגר עלי (איור 14:א, ב).

לבוטס, מזר ההזכיר בסקרים פרי ביקורת לאותו אמת העורב באחור רכס דהר בקן. במהלך

עבודות השימור של קמ"ט ארכיאולוגיה בי"ש תועד מספר לא מבוטל של פירים כאלו במרקם

קבועים למדי של כ-15 מ' (ד"ר אבנור הילמן ודותן שטראובמן, מידע בעל פה בתאריך 20/2/2024;

איור 14:ג). סביר שמספרם הרב של פירי הביקורת דווקא באמת מים זו קשור בסחף הרב שהוחדר

לאמת המים עם הנגר העלי.

אמת הביאר

אורכה של החלופה העילית של מנהרת דהר בקן הוא רק פי 3.32 מהתוואו התת-קרקעי. אם מבאים בחשבון את עומק החציבה הכלול של הפירים העמוקים, למלטה מ-150 מ' (טבלה 2), יחס החלופה קטן אף יותר. לדעתו, ההסביר היחיד לערך חריג זה טמון בייעודה של המנהרה ובידע הגיאולוגי והидרולוגי המרשימים של הליבורטורי האחראי לאמה זו.

מנהרת דהר בקן חצובה בתצורת ורדים מחבורת יהודה, העשירה בתופעות קרסטיטיות ומתרפיניות בחולחול מהיר של מים מפני השטחה. בונסף, השכבות הגיאולוגיות של כל האזור ממערב למנהרה, נוטה מזרחה (איור 13:ב) (Yechezkel et al 2021). משמעותם של שני נתונים אלו היא, שההחלטה לחצוץ את הרכס בנקודה זו אינה קשורה בקייזר התווואו, אלא ברצoon לנקר עוד מים אל האמה. נראה שהחונית הליבורטורי לחוצבים הייתה, שברגע שיופיעו לנוקד המדרש, עליהם לעקוב אחר חללי המסה קרסטיטיים ולאסוף באמצעות מים אל המנהרה. הנחיה זו מסבירה את הסטיות האופקיות במפגשי החוצבים, המגיעות עד לכ-10 מ' (צוק ואחרים תשמ"ז; 2015; Frumkin). אי אפשר לתלות סטיות אופקיות חריגות אלו בחוסר מקצועיות של צוותי החוצבים באותה תקופה, שכן במנהרה השניה של

⁷ מזר מצין ש"מתפיהה העבודה כי השיטה של חצית אוכף על ידי מנהרה קצרה לא נצללה ברכס של שיש אבו נג'ם... אך במקומות זאת תווואו האמה הואר ב-1.5 ק"מ על ידי עקיפת הרכס" (מזור תשמ"ט) (איור 3:ב). על סמך ניתוח ZIG, מנהרה תחת אוכף זה הייתה צריכה להיות באורך של כ-160 מ', והוא קצרה פי 9.2 מהחלופה העילית בפי השטח שנבחרה. על אף שהחוצהה נראה כערם גבה, עדין מדובר מתחת לערך הטף המינימלי שקבע הליבורטורי בשתי המנהרות האחרות (ראו לעיל).



איור 14. אמות המים, מקטעים עליים: (א,ב) אמת הערוב צמודה למשטחי סלע האם, המזינים אותה כנראה במיל גבר עלי בעונת החורף (צילום: י. ציטט); (ג, ד) פיר ביקורת לאורך אמת הערוב מדרום לרגס דהרב בקן (עבודות השימור וחישור פיר הביקורת נעשו על ידי א' הילמן ודר' טראובמן ממ"ס ארכיאולוגיה בי"ש); (ה) אמת הערוב מדרום לרגס דהרב בקן, מפותלת (ראו הדמיון לאיור 14א); (ו) האמה העליונה, שכנות גבעת המטמוס (כהן ואשייאן, כרר זה), מפותלת (ראו הדמיון לאיור 14ה); (ז) אמת הבאר מדרום לרגס דהרב בקן, אמה בניה על גבי קירות תמך גדולים, בעלת איזומים מוגדר

סבולה 3. גובה אמות המים בಗוווד שנות ביחס למוגרות חומות הרכס, וחשבי שיפוע בהתאם.

שם האמה	naz מצא רשות ישראלי חדש	גובה בסיס הטיח מעלה פין רם (ק')	תיאו	גובה מישר (ק')	גובה משען (ק')	תיאו	גובה משען (ק')	naz מצא רשות ישראלי חדש
אלמה מתרננה	740	222240/628830	גונסה למוגרת אלון התצבב	739.60	222140/629190	יעזיה מתרננה ארמוני התצבב	400	1 Billig 2002
אלמה עליונה	219528/626567	777.21	מוגרת רוחבו הרותם	776.67	220397/627729	סקטוזואו שערל של אמתם והטליה העליונה נעל דורך ביר' בילג' (השע"ב)	1988	0.2006 יוחנן וולברוד וטא"ד
אלמן האברא	215882/620324	805.368	מצוא מוגרת הטרם ג'גי השנה וויליה אמרה עליון	802.32	216148/620787	כיסתה למוגרת דורה ביר' וויליה אמרה עליון	572	5.2 סאמור וכוכי
אלמן הנרב	218325/620202	787.31	סמור וויליה לוניסה לוגרה האצטנית	787.25	218273/620400	התחרשת האמה העלית מצטטן למוגרת האצטנית	261	0.22 סאמור וכוכי
אלמן הנרב	218273/620400	787.25	התחרשת האמה העלית מצטטן למוגרת האצטנית	785.76	216145/620731	אממה עליית בימי אשמה במפלס המהה לאמתה הביאו בנימטה למוגרת האצטנית	5169	0.27 סאמור וכוכי

اماה זו, מנהרת הפירים, הסטיות האופקיות היו נמוכות מאוד והסתמכו בכחצית מטר במקומן (יחזקאל ואחרים תשפ"ב).

כפי שאפשר לראות באור 12, מנהרת דהה בכו עוקבת אחר סדרים וחללים, והוא היחידה האוספת מים גם בימינו אם. כלל המים הזורמים במנהרה הם בוודאות תוצאה של משקעים היוצרים על קו הרכס ומחללים דרך הסדרים למנהרה, שכן אמת הביאר שמדרום למנהרה שבורה, ומה שנים שאינה מספקת למנהרה מים. בבדיקות מעבדה נמצא שאין עדות לתורמה אנטropוגנית במים (חזקי בצלאל, מידע בעל פה מהתאריך 1.5.2023).

צורת החיציבה, סגנון הפירים ומרוחים

החוור של מנהרות האמה התתונה, וכן סימני הסיטות והחיציבה שלהן, שונים מאוד של מנהרות אמת המים העליונה, העורב והביאר (השו אירור 4 א, ג-ד לאירור 7, 11 ו-12). הפירים במנהרת ארמן הנציג הם היחידים שצורתם אנכית ועגולה (אור 5). מעניין שגם בנקבת המעין של עין עיטם, אחד המקורות המזינים את האמה התתונה, תועד לאחרונה פיר אנכית, עגול. ניפוי שנಡגם בנקבת המעין תוארך דידימטרית בעדרת אורנים תוריים לתקופה ההלניסטית / הרומית (240 לפסה"ג ± 311 שנים) (ראו להלן). לבסוף, מנהרת ארמן הנציג של האמה התתונה היא היחידה שמספר הפירים בה נקבע בהתאם לעומקם מפני השטח, ללא ניסיון להיצמד למרוח קבוע. ככל שהמנהרה הייתה עמוקה יותר מקו הרכס, צפיפות הפירים ירדה, והמרווח ביןיהם הגיע עד למינימום (130 מ').

במנהרות של אמות המים האחרות מוקמו הפירים במרווחים קבועים למד'. וטרוביוס, בן המאה הא' לפסה"ג, המליץ על מרוח קבוע של כ-35 מ' בין פיר לפיר (de Architectura, VIII, 6:3). במנהרה של האמה העליונה נקבעו פירים במרקחים קצריים של 12–18 מ' לעבר (טבלה 2), אולי כיון שחיתר הסלע מעל המנהרה אינו עבה, והליבורטו העדיף לחצוב פיר נוסף בערך בחצי המרחק המקביל ובכך להז את קצב הרכיה.

במנהרות אמת העורב מוקמו הפירים במרקחים של 25–30 מ' לעבר זה מהה (טבלה 2). במנהרת דהה בכו של אמת הביאר מוקמו הפירים במרקח ממוצע של כ-45 מ' זה מהה. נתון זה תמורה שכן במנהרת הפירים באותה אמה מוקמו הפירים במרקח ממוצע של כ-36.5 מ' זה מהה (Yechezkel et al 2021). יתכן שגם כאן השפיע עומק המנהרה ביחס לפני השטח על המרווחים שבין פיר לפיר, שכן מנהרת הפירים חצובה בעומק ממוצע של 13 מ' מתחת לפני השטח, ואילו ברכס דהה בכו, עומק הפירים מפני השטח מגיעה למינימום (30 מ'. מכאן, שכאשר הרכס נשא גובה מעל המנהרה, הפירים מוקמו במרווחים קבועים, אך גדולים מהמרקח שהמליץ עלייו וטרוביוס, דהיינו 35 מ'). יצוין שמרווח של 45 מ' אינו חריג, שכן באחת המנהרות של אמת המים לעכו, המתוארכת לתקופה ההלניסטית, מוקמו הפירים במרקחים קבועים של כ-50 מ' זה מהה (Frankel 2002).

שיפוע המנהרות ואמות המים

ניתן לחשב את השיפוע המתווך של אמת מים ששולבה במנהרה חוצת-ירכס בחישוב גובה בסיס הטיח מסוית צדיה (כינסה ויציאה). להלפיו, אפשר לחשב את גובה בסיס הטיח של האמה בחלוקת העליום במרקם-ימה ממונה (טבלה 3).

לפי בילג (2002), שיפוע מנהרת ארמן הנציג היה כפרומיל אחד⁸. שיפוע המנהרה הצפונית של אמת הערוב, שנמדד בעזרת RTK, עומד על 0.22 פרומיל. השיפוע שנמדד בין מוצא המנהרה למקטע שנחפר במודר האמה ומרוחק ממנו כ-5 ק"מ, הוא 0.27 פרומיל. אלו ערכיהם מינימליים, הנמוכים מהנתון שצוטט עד כה במחקר (פרומיל אחד; ראו למשל מזר תשמ"ט). שיפוע האמה העליונה בירושלים, בין המנהרה חוצת-ירכס ברוחב הרוזמרין לקטע שנחפר בדרך חברון והමוקם כ-2066 מ' במודר הזרם, עומד על 0.26 פרומיל, בדומה לאמת הערוב (טבלה 3).

SHIPוע אמת הביאר, מצוי מנהרת הפירים עד הכניסה למנהרת דהר בקו, הוא כ-2.5 פרומיל. כיוון שהמוצא הצפוני של מנהרת דהר בקו נגיש, לא ניתן לחשב את שיפוע המנהרה. במחקר קודם ונכון, שהSHIPוע הכללי של אמת הביאר מהמושך עד היעד הוא כ-12 פרומיל (יזקאל ואחרים תשפ"ב).

הcronologia היחסית של אמות המים

חלק ניכר מאמות המים הקדומות בישראל נחקר ונסקר לפני שנים רבות, וההוצאות לתיאורן היו כלליות (Patrich and Amit 2002). אך גם במקורה של אמות המים לירושלים. לכן, אני מבקש לסכם כאן את קווי הדמיון והשווי בין המנהרות ולהציגו כרונולוגיה יחסית.

בילג (תשע"ח: 46), במחקר על אמת המים התתיתונה ומנהרת ארמן הנציג, טען ש"המצאים המעניינים שהתגלו בחפירות נסיבתיים ואינם חד-משמעותיים, אך נראה שאפשר על פיהם להציג שהאמה הוקמה במאה הא' לפסה", נ. בין תקופה כהונתו של אלכסנדר ינאי לזו של הורדוס, וככל הנראה לא ביום פוגנים פילטוס". הצעתו התבessa, בין היתר, על העובדה שפיר 4 חתר בור מים ששימש את האטר ההלניסטי-החשמונאי שמעליו כדי לחסור עבודה מיותרת: "איתור פיר 4 לפני השטח והחפירה סבירו למדוז שבתוכו המערכת בכלל, והמנהרה בפרט, הובאו בחשבון נתוני השטח. מלacuteת חיצית הפירים הייתה קשה, ביחסו חיצית הפירים עמוקות כ-40 מ'. لكن מוקמו הפירים בנקודות שלחן יתרון, כמו פיר 4 שמוקם בבור מים". בסקור הנווכי נמצא בראש פיר 4 שכבת טיח, כנראה של בור המים זהה; היא מושתתת על סלע האם ונחתכת על ידי הפיר (איור 6:א, ב). כמו כן, הובר שרפה קורה בקמרון אבן, בדומה לפיר 3. רוב הממצאים באתר שומצאו מעל פיר 4 מתוארכים למאה ה' לפסה"ג, וחלקם למאה הא' לפסה". עם זאת, כדי לקבל תאריך מדויק יותר למועד חיצית הפיר והמנהרה נדרשת חפירה שתבחן מחדש את גבולות פתח הפיר ביחס לאתר שמעלי, את הממצאים שבבסיס הקמרון ואת אלו החתומים מעלי.

⁸ למיטב ידיעתי, עד כה לא נלקחו מדידות גובה מדויקות משני צידי המנהרה בעזרת RTK ונฐาน זה מבסיס על מפות טופוגרפיות.

יתכן שדגם הסיטות של פיר 4 רומז אף הוא לתאריך בתקופה ההלניסטית-החשמונאית. צורת הסיטות – בריגיסטרים שכיוונים מתחחלף, באופן המזכיר דגם אידרה – נפוצה מאוד באמות המים הפעמוניים בשפלת יהודה, כמו למשל בעיר ההלניסטית מרשה (Kloner et al. 2003), שנכבהה בידי יוחנן הורקנוס (יוסר ב'ימתתיו, **קדמוניות היהודים** יג). יתכן שהטכнологיה, הקשורה לחציבה בסלע הקרטון⁹, אומצה על ידי יוחנן הורקנוס והותמעה בחציבה אמת המים לירושלים.

סקולל עדויות אלו עם שאר המאפיינים הייחודיים של מנהרת ארמן הנציב ופריה (צורותם העגולה והאנכית, מרוח הפירים שאינם אחד, ואף החציבה של המנהרה ודפוס החציבה שאינם אחד, הבחירה בסלע הקרטון הרר וכו'), וביחס ליתר המנהרות באמות המים לירושלים, מעיד על בית מדרש שונה, יחודי, ובוداعי קדמ-ירומי. לאור זאת, אני מציע שאמת המים התחתונה היא הקדומה מכול וונבנתה בתקופה החשמונאית, בימי יוחנן הורקנוס (134-104 לפנה"נ לערך)¹⁰.

בראשית המחקר סבר, שאמת הערוב היא המשכה ישיר של אמת המים התחתונה ושתיהן בנויות אותה תקופה (למשל אויר 2:א). הcker (שם"ז) היה ככל הנראה החוקר הראשון שהציג להפריד בין השתיים, ומזר הסכים עמו והציע שהאמה השנייה גונדה לtagבר את הראשונה: "את אמת הערוב אפשר לראות כתוספת לאמה התחתונה המקורית שנשעדה להגביר את המים שמערכת האמות הובילה" (מזר תשמ"ט:188). ציון, שהגדלים המורפלוגיים שוווזו בסקר החדש בין מנהרת ארמן

הנציב למנהרה הצפונית של אמת הערוב, מעידים בהכרח על פער חרמוני בין האמות. אורכה המרשימים של אמת הערוב (כ-40 ק"מ אוור), והגובה השגוי שבו החלה להיחזב המנהרה הצפונית של אמה זו, מלמדים שהקמתה נמשכה תקופה ארוכה. כמו כן, הגלגול הפשטוט שתווד במנהרה הדורמית דומה לזה שתועדר במקטעים אוחרים במנהרת ארמן הנציב (להרחבה, ראו יחזקאל ואחרים תשפ"ב; בילג תשע"ח) ובקטוף האמה התחתונה בהר ציון (Bliss and Dickie 1898:54). لكن, אני מציע שאמת הערוב היא השניה שהוקמה מבין אורבעת האמות. אם קיבל את הצעה שהאמה העליונה הרודיאנית (טבלה 1), אז יתכן שבזורה לאמה התחתונה, גם אמת הערוב היא חלק ממפעל

המים החשמונאי, אולי מימי של אלכסנדר ינא (102-76 לפנה"נ). מידות השיפוע שנערכו לאורך אמת הערוב הצביעו על רצון עז לשמר על שיפוע מינימלי, הן במנהרה הצפונית והן בחלקיה העליונים (ראו לעיל; טבלה 3). יתכן שיש בכך עדות להקמת הבריכה התיכונה מבין ברכות שלמה במקביל לאמה זו, שכן היא מגיעה בדיקן לראשה (ראו אויר 2:ב)¹¹.

9 על אף שתצרות מנוחה (מנהרת ארמן הנציב) ותצרות מרשה (שפלה יהודה) אין זהות, וgilן הגיאולוגי שונה, בשתייהן סלע האם הוא קרטון.

10 פטריך (1980:1980) הצביע, שהאמה התחתונה נבנתה בין ימי יוחנן הורקנוס לימי של אלכסנדר ינא, ובכל אופן, רק לאחר המכירות של אגטיזומים סודטים על העיר ירושלים סביב שנות 131 לפנה"ג. יוסר ב'ימתתיו (קדמוניות היהודים יג, 236) צייר, שצבאו של מלך זה סבל ממצוקות מים גדולה שנפתחה רק עם באו הגשמיים, ולכן סביר שלא הייתה אמה בזמן המכירות, אחרת הצבא הסלאקי היה נזoor בה לצרכייו.

11 מזר (תשמ"ט) צייר, שאמת המים العليונה "מתחלת בגובה ראש הברכה התיכונה, והעה לגובה הקצה הצפוני של אמת הערוב". יתכן שיש בכך אישוש להצעתי, שאמת הערוב בהכרח קדומה לאמה العليונה. יודגש, שמדוברם לא נעשה מדידות מדויקות, מבוססות RTK, לקבעתה הגבהים של אמות המים באזורי בריכות שלמה.

לדעתו, אמת הביאר היא המאוחרת מכלל אמות המים ונوعה להזין את הבריכה העליונה שמשימה מגור תפעול לכלל מערכת המים. ההוכחה לכך פשוטה: לאחר יציאתה ממנהרת הפירים, אמת הביאר אינה מזינה את אמת הערוב החומרת תחתיה ובתורה מזינה את הבריכה התיכונה ואת האמה העליונה. גם בהמשך התוואי, לאחר שאמת הביאר מנצלת את המנהרה ברכס דהר בקן לאיסוף מים נוספים, היא אינה מתועלת לאמת הערוב, אלא זורמת לעבר הבריכה העליונה בבריכות שלמה (איור 2:ב). באופן זה, מי אמת הביאר נאגנו בבריכה העליונה והזרמו שם באחת האמות, העליונה או התחתונה, לירושלים. יצויו, שספקית אמת הביאר, שרובה תתי-קרקעית, תואמת היטב את מהלך המשקעים השנתי, ועicker ייעודה היה אישׂוף ספיקות שייא בחורף (להרבה, ראו יחזקאל ואחרים תשפ"ב), בהתאם למפלס מי התהום של האקוויפר שבצובעה מנהרת הפירים, המuinן הקרקעי של עין ביאר, ולאור המחקה הנוכחי – גם האקוויפר מתחת רכס דהר בקן.

בחלקיםணסקרו בפני השטח ונמצא דמיון בין האמה העליונה לאמת הערוב: שתיהן חצובות בסלע האם ומפותלות (איור 14:ה, ו). בכר נבדלות אמות אלו אמת הביאר, הבויה על קירות טמפרטיביים (נתון שגם מזר צין במחקרים, ראו איור 14:ה-ז). כל אלה, ובמיוחד הידע הגיאולוגי-הhidrolוגי שהציג, מצביעים על מקור ידע שונה, אימפריאלי, שהובא לאזור ירושלים בידי הנציבים ויושם בהקמת אמת הביאר, כנראה בידי פונטיוס פילטוס (חזקאל ואחרים תשפ"ב)¹².

סיכום

במאמר זה נעשה לראשונה ניתוח כולל ומשווה של שבע המנהרות חוצות-הרכס ששולבו באמות המים לירושלים. ההבדלים בין המנהרות, המתבטאים בצורה הפירים ובמרווחים שביניהם, בתצורת הסלע שבהן נחצבו, השיפוע שלהן והמורפולוגיה הכללית, מעידים בהכרח על מסורות בנייה שונות. הסקר במנהרה הצפונית של אמת הערוב העלה כי צוות נפרד וייעודי הועסק במדידתה ובחזיתה, במנתק ועוד לפני שאמת המים העילית הגיעה לפתחה. במנהרה זו, וכן בפירים של מנהרת ארמן הנציב של האמה התחתונה, התגלו סימני צבע אדום, הקשורים, ככל הנראה, לסימון תוואי ועומק, ולהכוונת החובבים. אלו עדויות לתכנון מוקדים וליכולות המקצועיות בתחום הנדסת המים במערך אמות המים לירושלים. אלו הם סימני הצבע הראשונים שתועדו בישראל בהקשר של אמות מים.

מדידות RTK במנהרות השונות, המשמרות את הגובה המדוקן והמתוכן של אמת המים, הראו שהשיפוע של רוב האמות קטן מאוד מזה שמצווטט במחקר עד כה.

ערci הקצה ביחס שבין מנהרה/חלופה עילית, נמוכים מאד או גבוהים מאד, מצביעים על כך שמניעו של הליברטור להעדיר מנהרה לא נבע רק משיקולים של היקף העבודה. כך למשל באמות הערוב והביאר, שבהן תכננו הליברטורים להפיק מים לאורך האמות: אמת הערוב אספה לפחות חלק מהנגר העלי שזרם מעלה תוואי האמה, וכך היחס בין מנהרה לחלופה העילית היה גבוה מאד; ואילו

12. דוגמאות טיח נלקחו ממנהרות אמת הערוב, האמה העליונה, והאמת התחתונה לטובת תארוך בפרקן 14. אין מקווה שבאמצעותן ניתן יהיה לאושש או להפריר את הכרונולוגיה שהוצעה בזאת.

באמת הביאר הופקו מים מהאקווייפר התת-קרקעי בחציבות מנהרת דהר בכו, וכך היה חילופה העילי היה נמור מאוד. לבסוף, הוכח שהמנהרות באמת הימים התחתונה שונות מאוד מALK שנחצכו לאורך האמה העליונה, אמת העروب ואמת הביאר. הנזונים שנאספו מעידים על מקור ידע שונה, קדם-רומי, לפחות אז. בהתאם על כל הנזונים שנאספו, אני מציע שאמת הימים התחתונה היא הקדומה מכול ונוסדה בראשית התקופה החשמונאית, ולאחריה נוסדו אמת העروب, האמה העליונה ולבסוף אמת הביאר. כמו כן, אני מציע בזיהירות שגם אמת העروب היא חשמונאית, והשתתים המאוחדרות הן מהתקופה הרומית הקדומה.

הפניות

ביביג ' תשע"ב. אמת הימים העליונה כנסיית הקתיסמה ושידדים אחרים לצד דרך חברון ירושלים. **עתיקות** 69:69-90.

ביביג ' תשע"ח. החפירות במנזר ארמן הנציב. **עתיקות** 90:1-53.

דודן מ' זלינגר ' 1997. יששה קטעים נוספים של אמת הימים העליונה לירושלים. **עתיקות** 32:83-86.

הקר מ' תשט"ז. הספקת המים בירושלים בידי קדם. בתוך מ' אביזונה, עורך. **ספר ירושלים**. ירושלים. עמ' 191-218.

זילברבו א', וחזקאל ע' בדפוס. אמת הימים העליונה, רכבת קלה רוזמראן. **חדשנות ארכיאולוגית** ד"ח סוף.

חזקאל ע' זילברבו א' תשפ"ה. גיליה ומשמעותה של מנהרה החוצה את קו פרשת המים הארץ בתוואי אמת המים העליונה לירושלים. בתוך ' זלינגר ו' פרנקל,עורכים. **מחקרים בארץ יהודה 2**. כפר עצים, עמ' 1-22.

יחסקאל ע', נגב פ', פרמקין ע' וליבורג ע' תשפ"ב. חידושים במחקר האדריכלי, ההידראולי והכרומטוגרפיה של אמת הביאר לירושלים. בתוך ' זלינגר, א' פלבירקט, ' עוזיאל ו' גdots, עורכים. **חדשניים בארכיאולוגיה של ירושלים וסבירותיה** י'. ירושלים. עמ' 149-186.

זהר ע' תשכ"ג. אמות הימים הקדומות לירושלים. **קדומות** ה:120-124.

זהר ע' תשמ"כ. סקר אמות הימים לירושלים. בתוך ד' עמית, ' הירושפלד ו' פטריך, עורכים. **אמות הימים הקדומות בארץ-ישראל**. ירושלים. עמ' 169-195.

סולומון א' 2007. אמת הימים מעיטם לבית המקדש לאור מגילות מקומראן. **ארץ ישראל** כח: 144-151.

פטריך י' 1980. אמת הימים מעיטם והלכה צדוקית אחת. **קתרווה** 11:17-23.

צוק צ', מירון ו' ולובולסקי ק' תשמ"ו. סקר אמת הביאר. **נקודות צוריות** 13:109-129.

Amit D. 2002. New Data for Dating the High-level Aqueduct, the Wadi el Biyar Aqueduct, and the Herodion Aqueduct. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel* (JRA Suppl. S. 46). Portsmouth, R.I. Pp. 253-266.

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. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel* (JRA Suppl. S. 46). Portsmouth, R.I. Pp. 245-252.

- Bliss F.J. and Dickie A.C. 1898. *Excavations at Jerusalem, 1894–1897*. London.
- Cuomo S. 2011. A Roman engineer's tales. *The Journal of Roman Studies* 101:143–165.
- Frankel R. 2002. The Hellenistic Aqueduct of Akko-Ptolemais. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel*. (Journal of Roman Archaeology Supplementary Series 46). Portsmouth, R.I. Pp. 82–87.
- Frumkin A. 2015. Shafts and Surveys Errors of Ancient Tunnel Engineering in Jerusalem and Caesarea Water Systems, Israel. *Proceedings of the 15th International Conference on the History of Water Management and Hydraulic Engineering in the Mediterranean Region*. Siegburg. Pp. 170–177.
- Gurevich D. 2020. The Enigma of the High-Level Aqueduct to Jerusalem and the Mamilla Water System. *Tel Aviv* 47:268–281.
- Kloner A. 2003. Subterranean Complex 21. In A. Kloner. *Maresha Excavations Final Report I: Subterranean Complexes 21, 44, 70* (IAA Reports 17). Jerusalem. Pp. 41–49.
- Matson G.E. and Matson E. 1940. *Photograph Collection*. Retrieved from <https://www.loc.gov/pictures/collection/matpc/>.
- Matthews K.D. 1970. Roman Aqueducts: Technical Aspects of Their Construction. *Expedition* 13:2.
- Mazar A. 2002. A Survey of the Aqueducts to Jerusalem. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel* (JRA Suppl. S. 46). Portsmouth, R.I. Pp. 210–242.
- Patrich Y. and Amit D. 2002. The Aqueducts of Israel: An Introduction. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel* (JRA Suppl. S. 46). Portsmouth, R.I. Pp. 9–20.
- Porath Y. 2002. Hydraulic Plaster in Aqueducts as a Chronological Indicator. In D. Amit, J. Patrich and Y. Hirschfeld eds. *The Aqueducts of Israel* (JRA Suppl. S. 46). Portsmouth, R.I. Pp. 25–36.
- Schick C. 1878. Die Wasserversorgung der Stadt Jerusalem. *Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins* 1:132–176.
- Speidel M.A. 2001. Specialisation and Promotion in the Roman Imperial Army. In L. De Blois ed. *Administration, Prosopography and Appointment Policies in the Roman Empire*. Leiden. Pp. 50–61.
- Tobler T. 1859. *Titus Toblers dritte Wanderung nach Palästina im Jahre 1857: Ritt durch Philistäa, Fussreisen im Gebirge Judäas und Nachlese in Jerusalem*. J. Perthes. Gutha
- Whitty J.I. 1863. *Proposed Water Supply and Sewerage for Jerusalem, With Description of Its Present State and Former Resources*. London.
- Wilson C.W. 1865. *Ordnance Survey of Jerusalem*. London.
- Wilson C.W. 1905. Centurial Inscriptions on the Syphon of the High-Level Aqueduct at Jerusalem. *Palestine Exploration Fund Quarterly Statement* 37.1:75–77.
- Yechezkel A., Negev Y., Frumkin A. and Leibner U. 2021. The Shaft Tunnel of the Biar Aqueduct of Jerusalem: Architecture, Hydrology, and Dating. *Geoarchaeology* 36/6:897–924.
- Yechezkel A., Frumkin A., R.L Edwards., X. Li., and Leibner U. 2024. Evolution of water extraction technology (spring tunnels) in the Southern Levant during the last three millennia. *Geoarchaeology* 39/4: 375–395

Ridge-crossing Tunnels in the Aqueducts to Jerusalem: A Morphological, Technological, Geological, and Relative Chronological Proposal

Azriel Yechzekel

Keywords: *Liberator, Jerusalem Aqueducts, Geoarchaeology, Hasmonean Period, Roman Period*

During classical periods, the liberator of an aqueduct was tasked with selecting the most efficient and safe route from the aqueduct's source to its destination. If a ridge had to be crossed, the liberator had to choose between a long aboveground route circumventing ridge and a shorter tunnel cutting through it.

Seven ridge-crossing tunnels were integrated into the water supply system of Jerusalem: two in the Lower Aqueduct, one in the Upper Aqueduct, one in the Biar Aqueduct, and three in the Arrub Aqueduct. Some of the tunnels were recently resurveyed by the author. Careful analysis of all tunnels—their length, depth, and course, as well as the geological formation in which they were hewn, the number of shafts used, and their characteristics—alongside an examination of surface alternatives, indicated at least two “tunneling schools” that differ from each other in morphology as well as geological and hydrological knowledge.

Based on the information gathered, this article proposes a relative chronology for Jerusalem's four aqueducts. The Lower Aqueduct is the earliest, followed by the Arrub Aqueduct. The Upper Aqueduct comes next, with the Biar Aqueduct being the most recent. This chronology carefully suggests that the two earlier aqueducts, the Lower and Arrub, are Hasmonean, while the latter two are Early Roman.

In addition, red color markings, likely related to depth and direction measurements which were discovered in the Armon Ha-Netziv (Governor's Palace) tunnel, of the Lower Aqueduct, and in one of the Arrub Aqueduct tunnels, are also presented for the first time in this article.