



מכרות הנחושת הקדומים בנחל עמרם, מחקר מחודש¹

ע' אבנר¹, ח' גינת¹, ר' שם-טוב¹, ב' לגפורד^{2,1}, ע' פרומקין^{3,2}, ש' שליו⁴,
ס' שילסטיין⁴, ש' פילין⁵, ר' ערב⁵, א' בסון⁶, ע' שמיר⁶

² האוניברסיטה העברית בירושלים
⁴ אוניברסיטת חיפה ומכון ויצמן
⁶ גיאוסנס

¹ מרכז מדע ים המלח והערבה
³ המרכז לחקר המערות בישראל
⁵ הטכניון

* פרטי התקשרות: +972 8 6378412 uzi@adssc.org

ת ק צ י ר

מכרות נחושת קדומים התגלו לראשונה בנחל עמרם על ידי חיילי צה"ל בשנת 1949, ושנה לאחר מכן ביקר בהם נ' גליק. בשנות השישים של המאה ה-20 נסקר האזור על ידי ב' רותנברג, ובשנת 1989 נסקרו מכרות אחדים על ידי ל' ויליס. החל משנת 2011 נערך במקום מחקר רב-תחומי על ידי כותבי מאמר זה במימון משרד המדע, שכלל סקר ארכיאולוגי ומחקרים נלווים מתחומי מדעי הטבע. הסקר הארכיאולוגי תיעד במפורט את המכרות שהתגלו בעבר, אך הוסיף גם מכרות חדשים רבים ואתרים הקשורים אליהם. תקופות הכרייה העיקריות היו אלה: תקופת הברונזה המאוחרת ותקופת הברזל (המאות י"ג–ט' לפנה"ס), התקופה הנבטית-ביזנטית (המאות א'–ה' לספירה) והתקופה האסלאמית הקדומה (המאות ז'–י"א לספירה). הסקר והחפירות המצומצמות העלו ממצאים רבים, והמחקרים מתחומי מדעי הטבע (סקר גיאולוגי וגיאומורפולוגי, רדאר חודר קרקע, סריקה תלת-ממדית ובדיקות כימיות) תרמו מידע רב חדש על ההיסטוריה ועל הטכנולוגיה של תעשיית הנחושת הקדומה בעמק הערבה.

מילות מפתח:
נחל עמרם
ערבה
מכרות
נחושת
ארכיאולוגיה

Ancient copper mines at Nahal Amram, a new study

U. Avner¹, H. Ginat¹, R. Shem-Tov¹, B. Langford^{1,2}, A. Frumkin^{2,3}, S. Shalev⁴,
S. Shilstine⁴, S. Pilin⁵, R. Arav⁵, U. Basson⁶, O. Shamir⁶

¹ Dead Sea and Arava Science Center, Israel

² The Hebrew University in Jerusalem, Israel

³ Israel Cave Research Center, Israel

⁴ Haifa University and Weizmann Institute, Israel

⁵ Technion, Israel

⁶ GeoSense, Israel

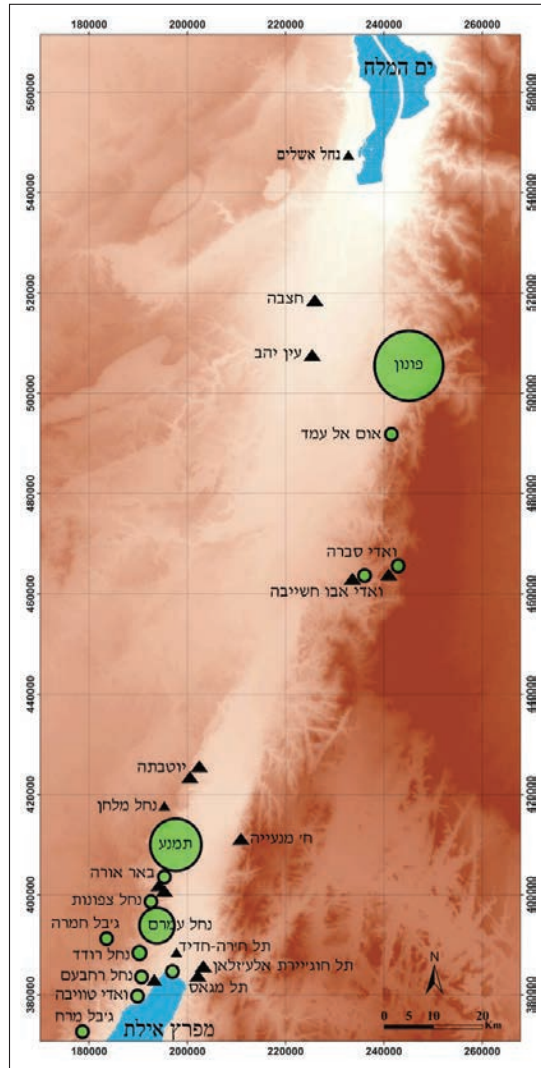
* Corresponding author: uzi@adssc.org +972 8 6378412

A B S T R A C T

Ancient copper mines at Nahal Amram were first discovered by IDF soldiers in 1949, than visited by N. Glueck in 1950, surveyed by B. Rothenberg during the 1960s and by L. Willis in 1989. In 2010, a new, multidisciplinary study begun by the writers, supported by the Israel Ministry of Science. An archaeological survey recorded in detail the previously discovered mines but also uncovered many more mines and related sites. The main periods of mining were the Late Bronze and Iron Age (13th to 9th centuries BC), the Nabataean to Byzantine periods (1st to 5th centuries AD) and the Early Islamic (7th to 11th centuries AD). The survey and limited excavations yielded ample finds, while additional scientific studies (geological-geomorphological survey, ground penetrating radar, 3D scanning and chemical analyses) brought up much new information as to the history and technology of the ancient copper industry in the Araba Valley.

Keywords:

Nahal Amram
Araba
Mines
Copper
Archaeology



איור 1: מפת אתרי הפקת הנחושת בערבה; תמנים ירוקים - אזווי מכרות; משולשים - אתרי הפקה

הסקר הארכיאולוגי

מכרות נחושת רבים ואתרים הקשורים אליהם התגלו במהלך הסקר, נוסף על אלה שפורסמו בעבר. מיפוי וסרטוט האתרים (איורים 2, 3, 10, 12, 16) נערכו בעזרת מכשיר GPS מדויק ותוכנת GIS (על ידי שם-טוב).

תשעה אתרי פולחן ניאוליתיים מן האלפים ז'-ו' לפנה"ס התגלו בהרים הסובבים את מכרות הנחושת. אתרים אלו הם חלק מתופעה רחבה בהרבה: למעלה מ-300 אתרים דומים שנרשמו עד היום בהרי אילת (Avner et al., in press b). באתרים אלה נמצאו פרטי אבן מיוחדים: מצבות אבן מנוקבות, צלמים מאבן דמויי אדם ועוד. נמצאו בהם גם תרכיזי נחושת שהובאו כמנחות, והם מעידים על העניין שהיה לאוכלוסייה המקומית באבנים הצבעוניות, בעיקר הירוקות. אמנם בתקופה זו לא הייתה ידועה עדיין האפשרות להפוך אבנים אלה למתכת, אולם תרכיזי נחושת שהתגלו באתרים ניאוליתיים רבים במזרח התיכון מעידים על הפצתם במסחר ועל השימוש בהם לגילוף חרוזים ותליונים, על ניצולם להכנת צבעים ועל שימושים נוספים (Kingery, 1988; Hauptmann, 2007: 255–261). אנשי המדבר היו המקור למסחר בתרכיזי הנחושת, וודאי גם נהנו ממנו מבחינה כלכלית.

מבוא

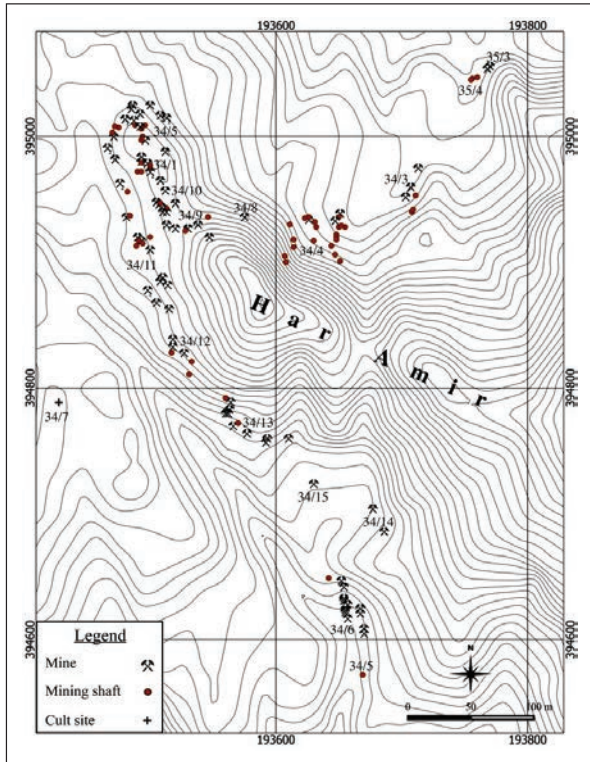
בנחל עמרם, כ-10 ק"מ צפונית לאילת, היה בעבר המרכז השלישי בגודלו לכרייה ולהפקה של נחושת בעמק הערבה, אחרי פונון בצפון-מזרחו, בירדן, ובקעת תמנע בדרום-מערבו (איור 1). האזור מתאפיין בגיאולוגיה מורכבת וסלע מגוון, שהושפעו מהשבר הסורי-אפריקני. כתוצאה מכך נחשפו כאן, בין השאר, אבני חול הנושאות מינרלים של נחושת.

הראשונים שגילו מכרות קדומים בנחל עמרם היו חיילי צה"ל שביקרו בו לאחר כיבוש אילת במלחמת השחרור (ברסלבי, 1952: 327). שנה לאחר מכן ביקר במקום נ' גליק, שתיאר שני מכרות עם פירים ומחילות², ומחנה כורים גדול (Glueck, 1953: 13–15). בשנות ה-60 של המאה הקודמת נסקר האזור על ידי רותנברג (רותנברג, 1967: 49–41; Rothenberg, 1963: 12–14). הוא תיאר מכרות נחושת במורדות המצוקיים של הר אמיר ופרטים נוספים, אותם שייך תחילה למפעלו של שלמה המלך (המאה ה' לפנה"ס, רותנברג, 1967: 42–41). רותנברג תיאר גם מכרות בראש נחל עמרם, שתיארך לתקופה הרומית (Rothenberg, 1963: 61–64) או הביזנטית (רותנברג, 1967: 147). בשנת 1989 נסקרו בפירוט מכרות אחדים על ידי ל' ויליס (מטעמו של רותנברג Willies, 1990, 1991), שזיהה בהם חמש תקופות כרייה: (1) כלכליתית וברונזה קדומה (2000–4500 לפנה"ס); (2) הממלכה המצרית המאוחרת (המאות י"ג–י"ב לפנה"ס); (3) התקופה הרומית והביזנטית (המאות ב'-ד' לספירה); (4) התקופה האסלאמית הקדומה (המאות ז'-ח' לספירה); (5) המשך מסוים של כרייה בתקופה הממלוכית (המאות י"ג–ט"ו לספירה). בפרסום מאוחר (Rothenberg, 1999b: 162–166) אימץ רותנברג את תאריכיו של ויליס.³

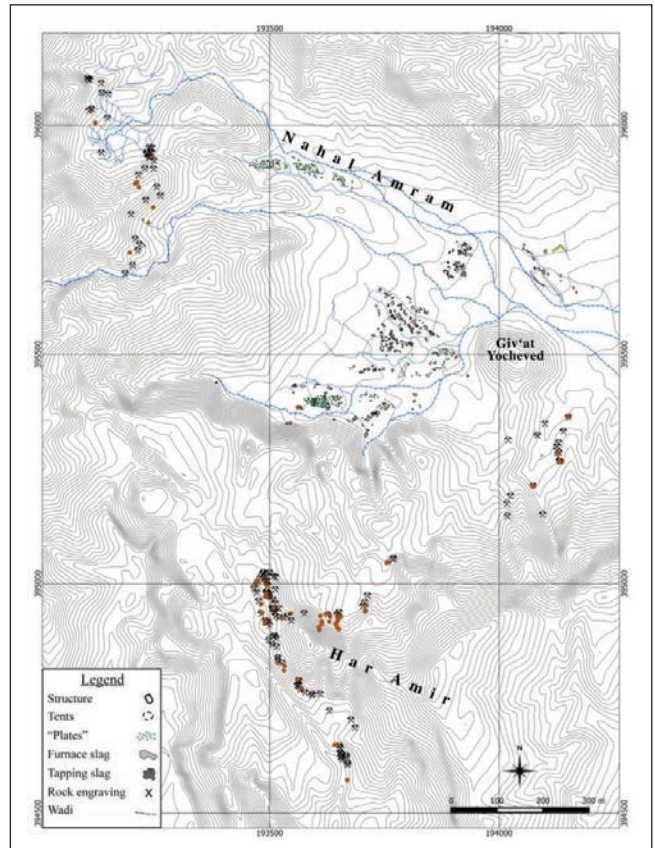
בשנים 2011–2013 נערך בנחל עמרם מחקר בין-תחומי על ידי כותבי מאמר זה ובעזרת חוקרים נוספים, במימון משרד המדע. המחקר כלל סקר ארכיאולוגי מפורט (על ידי אבנר ושם-טוב), מיפוי פנים המכרות (לנגפורד), מחקר גיאולוגי וגיאומורפולוגי (גינת ומישלי⁴), סקר ראשוני ברדאר חודר-קרקע (בסון ושמיר), סריקת לייזר תלת-ממדית של שפכי המכרות וערמות סיגים (פילין וערב), אנליזות כימיות של עפרות נחושת וסיגים (שילסטיין ושליו), תיארוך בפחמן 14 (קאמינגס⁵), זיהוי ממצאים בוטניים (דנין⁶) ומחקר עצמות בעלי החיים (קולסקה-הורוביץ⁷). להלן תיאור כללי קצר של תוצאות המחקר.

2 על פי תיאורו של גליק, שני המכרות הם אלה הממוספרים על ידינו (35/28, 36/2-3). ראו מפה באיור 16 בעקבות שיטת מספור האתרים בסקר הארכיאולוגי של ישראל.
3 החרסים מהסקרים של רותנברג ו-ויליס, שהיו הבסיס לתיארוך, נבדקו ותוארכו על ידי מרדכי גיחון מאוניברסיטת תל אביב.
4 דגן מישלי, תלמיד תיכון. המחקר נערך במסגרת עבודת גמר בבית הספר התיכון בהנחיית חנן גינת.
5 Linda Cummings, director of PaleoResearch Institute, Golden, Colorado.
6 אבינועם דנין, בוטנאי, האוניברסיטה העברית.
7 ליאורה קולסקה-הורוביץ, ארכיאוזואולוגית, האוניברסיטה העברית.

1967: 41–47, איור 73), אך בהמשך התברר כי המחילות והפירים היוו מערכת אחת של מכרות⁸. במהלך הסקר החדש נמנו 78 מחילות כרייה אופקיות או מקבצים של מחילות (איורים 3, 4) ו-62 פירים צרים ויעילים חצובים באזמל, עם שני טורים של שקעים בדופן הפיר ששימשו כמדרגות.



איור 3: מפת המכרות מתקופת הברזל בהר אמיר



איור 2: מפת לב אזור הסקר, במרכז מחנה הכורים ושלושה מקבצים של מכרות נחושת סביב לו



איור 4: מכרה 34/5 בהר אמיר, מקבץ של מחילות כרייה

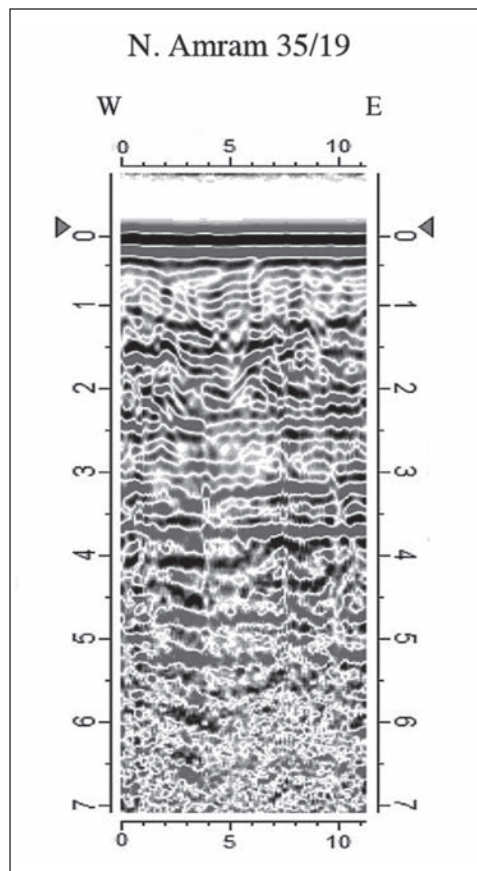
ככל הידוע כיום, ניצול של עפרות נחושת לייצור מתכת החל בתקופה הכלכוליתית (סביב 4500 לפנה"ס). המתלול הצפוני של הר אמיר תואר על ידי רותנברג כמכרה כלכוליתית (Rothenberg, 1995: 4–163, 1999b: 35), אולם בסקר הנוכחי לא זיהינו כל מכרה השייך לתקופה זו. השרידים היחידים המשויכים כעת לתקופה הכלכוליתית ולברונזה הקדומה הם ארבעה אתרי מגורים בקרבת המכרות וסיגי נחושת מעטים שהרכבם הכימי מצביע על קדמותם (Shilstein et al., in press). עם זאת נחל עמרם הוא מקור הנחושת הגדול והקרוב ביותר לשני הכפרים הכלכוליתיים שנחפרו בתחומה של עקבה המודרנית, תל אל מגאס ותל חוגיירית אל ע'זלאן, שבהם התקיימה תעשיית נחושת אינטנסיבית. לכן סביר כי התקיימה כריית נחושת בתקופה הכלכוליתית בנחל עמרם, והיא סיפקה את העפרות לתעשייה בכפרי עקבה (Khalil and Riederer, 1998; Khalil and Schmidt, 2009). נושא זה נמצא כיום במחקר שעיקרו בדיקות כימיות של תרכיזי נחושת משני האתרים.

פרק הזמן הבא של כריית נחושת והתכתה חל בסוף תקופת הברונזה המאוחרת ובתקופת הברזל. לפי שעה זהו תאריך כללי הדרוש דיוק ופירוט בהמשך המחקר בעזרת תאריכים רדיומטריים. שני סוגים של מכרות מזהים בתקופה זו. האחד תואר תחילה בקצרה על ידי רותנברג כמחילות כרייה צרות החצובות באבני החול במדרונות המצוקיים של הר אמיר, עם 38 פירים צרים חצובים בסלע. את הפירים פירש תחילה כבורות מים (Rothenberg, 1963: 34–37, Fig. 16); רותנברג,

8 בשנת 1969 ביקר אבנר לראשונה בפירים בהר אמיר ובדק את "בורות המים". בתחתיתו של הפיר היחיד שנותר חשוף כולו נחצבו מחילות כרייה שעקבו אחר שכבה ירקרקת באבן החול הלבנה, הנושאת את תרכיזי הנחושת (איורים 6א, ב). משמעות הדבר היא שהפיר שימש כבירור כמכרה. אבנר הציג לרותנברג שורת נימוקים להיוותם של הפירים בנחל עמרם ובתמנע מכרות נחושת ולא בורות מים. בסוף 1974 נחפרו כמה פירים בתמנע על ידי רותנברג וצוות ממוזיאון המכרות בבוכום, גרמניה, וחפירתם אישרה את היותם מכרות (Conrad and Rothenberg, 1980: 69–167).

רוב הפירים נמצאו מכוסים בחול, כך שניתן להבחין רק בשפתם (איור 5), ויש להניח שפירים מכוסים נוספים אינם נראים כלל. פירי כרייה החודרים לסלע דרך שכבת סחף שמכסה את אבן החול הנושאת את תרכיזי הנחושת⁹.

ה"צלחות" של נחל עמרם דומות לאלה של תמנע רק חלקית; הן צפופות ועמוקות יותר, ולכן תפקידן המדויק אינו ברור. ניסיון לברר את מהותן באמצעות רדאר חודר קרקע (על ידי בסון ושמיר) הראה פיר שעומקו 6 מטרים וקוטרו 3 מטרים, כלומר שונה מהפירים הצרים בתמנע ובהר אמיר (איור 8). כעת רק חפירה ארכיאולוגית תסייע להבנת תפקידם המדויק של השקעים. עם זאת אין ספק כי מאות ה"צלחות" מוסיפות ממד משמעותי להיקף הכרייה בתקופה זו.



איור 8: הדמיית רדאר חודר קרקע ב"צלחת" כרייה, מראה את גבולות הפיר שקוטרו 3 מטרים ועומקו 6 מטרים

בין מקבצי ה"צלחות" בשטח המישורי של בקעת נחל עמרם נמצא מחנה כורים גדול שתואר בעבר על ידי נ' גליק (Glueck, 1953: 13–14, 1960: 13–14) ועל ידי רותנברג (רותנברג, 1967: 41–53; Rothenberg, 1963: 34–38). המחנה משתרע על שטח

⁹ בשנת 1975 חפר עזרא כהן "צלחת" בבקעת תמנע וגילה בתחתיתה את שפתו של פיר זהה לאלה שכוננו קודם לכן "בורות מים" (כהן, 1976). מרגע זה התברר כי ה"צלחות" לא היו אלא פירי כרייה מכוסים. לאחר מכן נחפרו "צלחות" נוספות על ידי קונרד ורותנברג (Conrad and Rothenberg, 1980: 69–72, 127–128; Rothenberg, 1978: 55) והן אישרו את הבחנתו של כהן.

פירים בודדים נותרו פתוחים, והם חודרים לסלע מפני השטח או מקשרים בין שתי קומות של מכרות, כשבתחתיתם מתפצלות מחילות כרייה (איור 6 א, ב).



איור 5: הר אמיר, פירי כרייה צרים מכוסים בחול, בימני נראים היטב סימני החציבה באזמל

פירים בודדים נותרו פתוחים, והם חודרים לסלע מפני השטח או מקשרים בין שתי קומות של מכרות, כשבתחתיתם מתפצלות מחילות כרייה (איור 6 א, ב).



איור 6: הר אמיר, פיר פתוח של מחילות כרייה בתחתית הפיר

איור 6א: הר אמיר, פיר פתוח המקשר בין שני מפלסים של מחילות כרייה

בסוג השני של המכרות יש מקבצים של שקעים רדודים בטרסות הסחף סביב מחנה הכורים. קוטרום 2–4 מטרים, ועד כה נמנו 324 כמותם (איור 7).



איור 7: נחל עמרם, מכרה 35/19, "צלחות" כרייה

שקעים דומים בבקעת תמנע, המכונים "צלחות", פורשו תחילה כמתקנים להעשרה של עפרת הנחושת בכתישה ובזרייה ברוח

צפופים יותר. הכמות הקטנה של הסיגים מעוררת שאלות הנוגעות לטכנולוגיה שבה הותכה הנחושת במחנה. תשובה אפשרית אחת עשויה לבוא מתיאורו של גליק (Glueck, 1960: 14), שלפיו מצא במחנה שברים של כוריות התכה, טכנולוגיה המייצרת אמנם סיגים מעטים. עם התקדמות המחקר אנו מקווים ללמוד על הטכנולוגיה הקדומה באמצעות בדיקות כימיות רבות של סיגים ושל עפרה.



איור 11: ממצאים ממחנה הכורים: מימין - מקבת צור עם סימנים של כתישת עפרות נחושת; משמאל - כלי אבן שונים, חרסים מתקופת הברזל, תרכיזי נחושת ו"סיגי תנור" קטנים

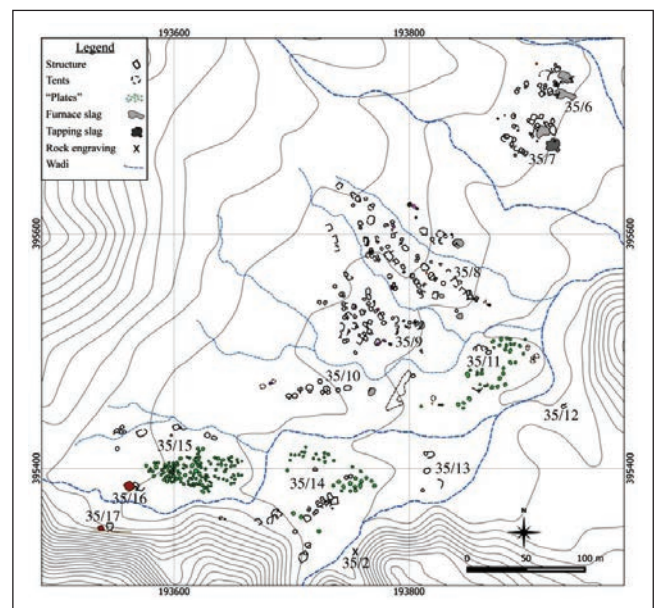
פרק הזמן המדויק של מכרות הר אמיר, ה"צלחות" ומחנה הכורים אינו ברור דיו. גליק שייך את המחנה לתקופת המלך שלמה, כלומר למאה ה"י לפנה"ס (Glueck, 1953: 13–14, 1960: 13–14), ואילו רותנברג בפרסומו המאוחרים פירש את המכלול כולו כמפעל מצרי מתקופת הממלכה המאוחרת, מהמאות י"ג–י"ב לפנה"ס (רותנברג, 1995: 35; Rothenberg, 1999b: 164). בתמנע אמנם התגלו ממצאים מצריים רבים במקדש הכורים (Rothenberg, 1972, 1988), אולם ניתוח מחודש מעלה כי חלקם של המצרים בתעשיית הנחושת כאן היה מוגבל (Avner, 2014). נוסף לכך עשרות תאריכים רדיומטריים מתמנע, ישנים וחדשים, מראים כי התקופה האינטנסיבית ביותר של הפקת נחושת הייתה מאמצע המאה ה"א ועד ראשית המאה ה"ט לפנה"ס (Ben Yosef and Sha'ar, 2012; Avner, 2014). כלומר שנים רבות לאחר תום הנוכחות המצרית באזור. תמונה זוהי התקבלה גם מאזור פונון, שם הופקה באותו פרק זמן כמות גדולה בהרבה של נחושת מזו שבתמנע ובנחל עמרם, ועל כך מעידים ממצאים רבים ולמעלה ממאה תאריכים רדיומטריים (Levy et al., 2005, 2012, 2008). בנחל עמרם לא התגלה עד עתה כל סימן לנוכחות מצרית. התאריך הרדיומטרי היחיד לתקופה זו נע סביב 1100 לפנה"ס (Rothenberg, 1990: 71, Note 21), וגם הוא מאוחר בהמישים שנה מסוף הנוכחות המצרית באזור. לכן פרק זמן דומה לזה של שיא הפעילות בתמנע ובפונון צפוי להימצא גם בנחל עמרם, כאשר יתקבלו סדרות של תאריכים רדיומטריים.

מכרות מתקופות מאוחרות יותר מיוחסות כיום לתקופה הנבטית, הרומית, הביזנטית והאסלאמית הקדומה (המאות א'–י"א לספירה). מכרות אלה נמצאים בשני אזורים עיקריים, שאחד מהם נמצא סמוך לגבעת יוכבד והתגלה רק בסקר הנוכחי (איור 12) ובו 11 כניסות אופקיות למחילות כרייה רחבות, חמישה פירים רחבים (איור 13) וכן סימנים לכרייה פתוחה (איור 14).

של 500x250 מטרים ובו 160 בקתות מגורים (איורים 9, 10). אם חמישה אנשים במוצע התגוררו בעבר במבנה אחד, כ-800 כורים היו עשויים לאכלס את המחנה במהלך עונת הכרייה (מהסתיו עד האביב).



איור 9: נחל עמרם, שטח מחנה הכורים, מבט מהר אמיר



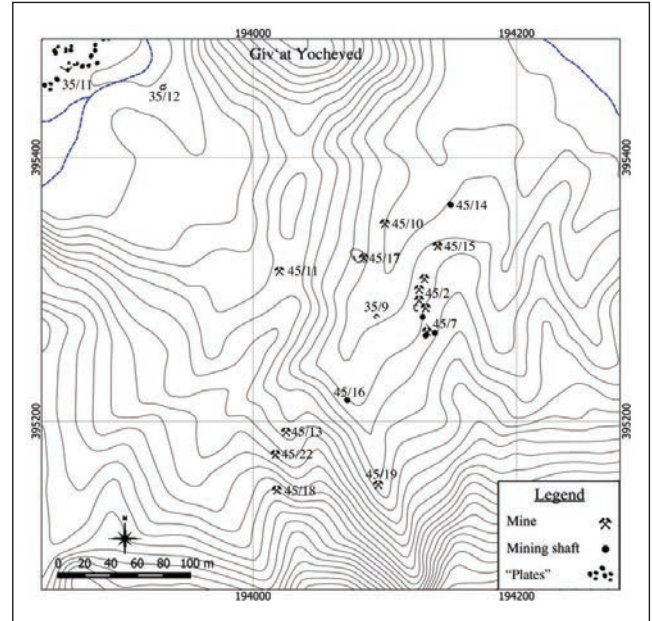
איור 10: נחל עמרם, מפת מחנה הכורים

כלי אבן וחרסים רבים נאספו בעבר מהמחנה על ידי גליק ורותנברג וכן על ידי מבקרים במהלך חמשת העשורים האחרונים. למרות זאת ממצאים רבים נאספו גם בסקר הנוכחי מכל מקבץ של מבנים. הם כללו סדנים ומקבות אבן שבחלקם נותרו שרידים של עפרות נחושת כתושות, אבני שחיקה, חרסים רבים, שברים של מגיני מפוחים עשויים מחומר, אבנים וגושי חומר מדיפון התנורים מצופים בסיגי נחושת, וכן סיגי תנור קטנים (איור 11). מעניין לציין כי הכמות הכוללת של סיגי הנחושת במחנה קטנה מאוד בהשוואה לאלו שבמחנות בבקעת תמנע, והם נמצאים בפיזור דליל ברוב שטח המחנה, למעט מקבצים אחדים

במקושים גדולים (איור 13) הדומים למקושים המופיעים בתבליט רומי מספרד (Rostovtzeff, 1966, Pl. 35)¹⁰ מכאן שהטכנולוגיה ואסטרטגיית הכרייה במכרות המדוברים שונה מאלו של מכרות הר אמיר.



איור 15: נחל עמרם, מכרה 45/6, מנהרת כרייה חסומה בחול



איור 12: נחל עמרם, מפת המכרות ליד גבעת יוכבד

אזור הכרייה הגדול ביותר נמצא בראשו של נחל עמרם. שני מכרות תוארו כאן לראשונה על ידי גליק ותוארכו על ידו לתקופת הברזל (Glueck, 1953: 13–14), בסקר הנוכחי הם מוספרו כ-35/28 ו-36/2-3), בעוד שרותנברג תיארך אותם לתקופה הרומית (Rothenberg, 1963: 61–62) או לתקופה הביזנטית (רותנברג, 1967: 145–146). ויליס (Willies, 1990, 1991), שמיפה כמה מהמכרות וביניהם הגדול ביותר (מספרו כיום 35/29), תיארך את המכרות לתקופה האסלאמית הקדומה, ובשתי מחילות במכרה הגדול ביותר מצא שני סלי כרייה, האחד עשוי קנים והשני עלי דקל (Willies, 1991: 134, Figs. 34, 38). בעקבות עבודתו של ויליס ובחינת החרסים במכרות על ידי מ' גיחון, קיבל רותנברג את התאריך האסלאמי אך עדיין הצביע על התקופה הביזנטית כתקופת הכרייה האינטנסיבית ביותר (Rothenberg, 1995: 36, 1999b: 164–165).

בסקר הנוכחי נרשמו כאן 29 כניסות אופקיות למנהרות כרייה רחבות ושבעה פירים רחבים, בשני מקבצים משני צדדיו של רכס תלול (איור 16). בתוך 16 מכרות נערך מיפוי מפורט (על ידי לנגפורד), בעוד האחרים היו חסומים בחול או בסלעים. בכל המכרות נמצאו סימני חציבה במקושים גדולים, בדומה לאלה שבמקבץ הקודם, אך בכמה מהם גם סימנים למקושי חציבה קטנים (איור 17). בניגוד למכרות הר אמיר לא נמצאו כאן סימני חציבה באזמל. בכל מנהרות הכרייה נמצאו גומחות קטנות שחצובות בקירות, עבור נרות שמן, לעיתים גם קרוב מאוד לפתח המכרה (איור 18), עדות אפשרית לעבודה גם בלילה. כמות גדולה של חרסים נאספה במכרות ובשפכי המכרות, רובם המכריע מן התקופה האסלאמית הקדומה (המאות ז'–י"א לספירה)¹¹.



איור 13: נחל עמרם, מכרה 45/13, פיר כרייה רחב עם סימני חציבה במקוש



איור 14: נחל עמרם, מכרה 45/17, תוצאה של כרייה פתוחה

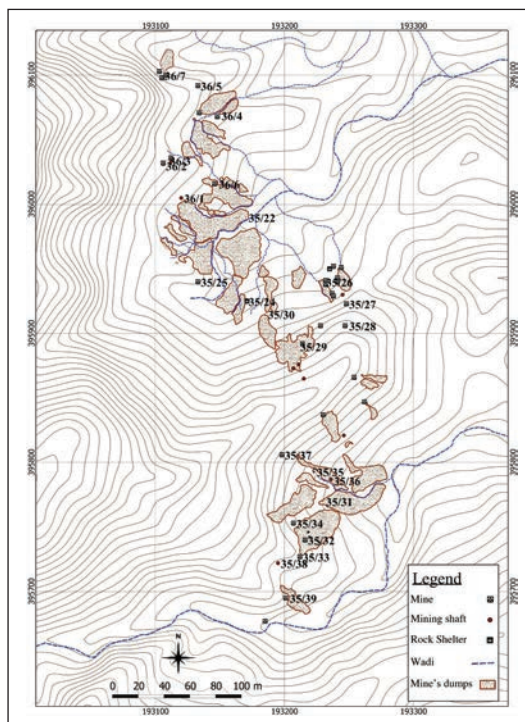
¹⁰ אנו מודים לשמעון דר על הפניה זו.
¹¹ לאחר בדיקת החרסים על ידינו בדק אותם שוב קריסטופר דמגורד מאוניברסיטת קופנהגן, שהתמחה בקרמיקה האסלאמית הקדומה בחפירותיו בעקבה (Dangaard, 2011), ואישר את הבחנותינו. לפי בדיקתו, רוב החרסים שייכים לתקופה העבאסית, מאמצע המאה הח' עד המחצית השנייה של המאה הט' לספירה.

רוב מנהרות הכרייה חסומות כיום בחול (איור 15), והפירים נחסמו על ידי סחף גס. סימני החציבה במכרות האלו מעידים על שימוש

בעומק המכרה הגדול ביותר (מכרה 35/29, איור 19) שאורכו הכולל 1,100 מטרים, גילינו קומה תחתונה של מחילות כרייה שנעלמה מעיניו של ויליס.



איור 19: מפה של מכרה 35/29, בשלושה מפלסים, אורכו הכולל 1,100 מטרים



איור 16: ראש נחל עמרם, מפת המכרות והשפכים

על קיר אחת המחילות נמצאו גומחות לנרות שמן ומתחתן נזילות של שמן שנספג באבן החול (איור 20).



איור 17: ראש נחל עמרם, מכרה 36/2, סימני חציבה בכלים קטנים (קנה המידה - 10 ס"מ)



איור 20: מכרה 35/29, נזילת שמן תחת גומחת נר

מאחת הנזילות נלקחו דגימות של אבן חול ספוגה בשמן לתיארוך רדיומטרי ולזיהוי השמן. במחילה עצמה התגלו ממצאים שונים מעורבים בחול, וחפירה בה סיפקה שפע של ממצאים, ביניהם נר שמן נבטי מאוחר ושברים של נרות נוספים (מהמאה הדי' לספירה, איור 21)¹², קונכיות "טרידקנה" ששימשו כנרות שמן, חרסים רבים אסלאמיים



איור 18: ראש נחל עמרם, מכרה 36/2, גומחות לנרות שמן קרובות מאוד לכניסה



איור 24: מכה 35/29, עצמות בעלי חיים שספגו מלחי נחושת



איור 25: מכה 35/29, שרידי פירות: (1) גלעיני תמרים, (2) קליפת רימון, (3) קליפת אגוז מלך, (4) קליפות שקדים, (5) גלעיני אפרסקים, (6) גלעיני זיתים, (7) ציר ענבים

חמישה תאריכים רדיומטריים (פחמן 14) התקבלו מממצאים מהחפירה. נזילת השמן תוארכה לסביב 45 לספירה, בעוד תאריכי פיסות בד וצמר ושאר הממצאים היו פזורים בין המאות א'-ה' לספירה (טבלה 1). על פי הממצאים והתאריכים הרדיומטריים מתברר כי המכרות פעלו תקופה ארוכה, לפחות מן המאה הא' עד המאה הי"א לספירה, אם כי לא בהכרח ברציפות. לעיתים ניתן להבחין במכרות בכרונולוגיה יחסית, כשמחילות כרייה חוצות מחילות קודמות, אולם אין בידינו כיום כלי אמין המאפשר לשחזר את מפת המכרות בכל תקופה בנפרד. עם זאת מחקר גיאומורפולוגי של משקעי שיטפונות שחדרו בעבר למכרות (Ginat et al., in press) הוסיף מידע חשוב לתולדותיהן. בסוף שחם פיר במכרה 36/3 התגלו שרידים מענפי רותם, שסיפקו תאריך רדיומטרי סביב 250 לספירה (טבלה 1:7). כ-5 מ' מהפיר לעומק המכרה נמצא שריד נוסף של משקע סחף, בין שני שלבים עיקריים (איור 26). הראשון, משקע גס משיטפון רב-עוצמה המגיע עד תקרת המכרה, כלומר שיטפון שחם את המכרה כולו. סימני החפירה בו מעידים כי רובו המכריע נחפר כדי לחדש את הכרייה. השלב השני הורבד לאורך זמן על ידי שיטפונות מתוננים יחסית שהשקיעו חומר דק בשכבות דקות. גם הוא חסם את המכרה עד תקרתו, וגם הוא נחפר מחדש כדי לאפשר את המשך הכרייה.

קדומים, מהם רופאו סיר בישול וקנקן (איור 22), פיסות אריג, עור, צמר עזים וחבלים (איור 23), עצמות רבות של בעלי חיים שחלקן קיבלו גוון ירקרק מספיגה של תרכובות נחושת (איור 24, Horowitz et al., in press), שרידי פירות רבים (איור 25) וכן גושי פחם וזרדים רבים מצמחי מדבר, ששימשו להבערת אש לבישול. הממצאים מעידים על "מטבח" שפעל במחילה העמוקה במכרה, ונשאלת השאלה כיצד הובערה בו אש לבישול בתנאים של מחסור באוויר. התשובה מתקבלת משני פירים הנראים בתקרת המחילה, שכיום חסומים במשקע גס אך בעבר סיפקו אוויר למחילה. כל הממצאים התגלו בעשרים הסנימטרים העליונים של הצטברות החול על קרקעית המחילה, ללא כל שיכוב.



איור 21: מכה 35/29, נר שמן נבטי מאוחר, מאה ד' לספירה

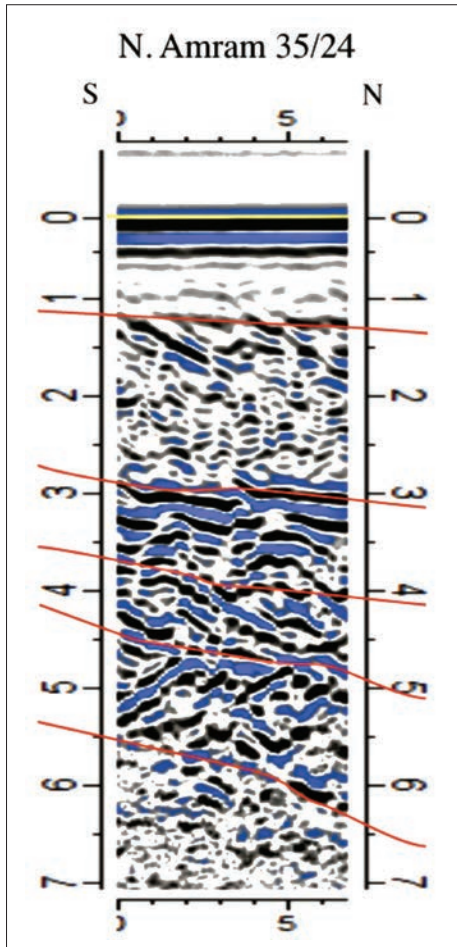


איור 22: ממכרה 35/29, שני כלי חרס מרופאים, כף וסיר בישול אסלאמיים קדומים



איור 23: מכה 35/29, ידית סל (בשמאל) וקרעי חבלים שונים

בניסיון להעריך את כמות השפכים ביצענו כמה פעולות: מיפוי מפורט בעזרת GPS (איור 14); בדיקת עומק השפכים בעזרת רדאר חודר קרקע (איור 28); והדמיה תלת-ממדית של שלוש ערמות בעזרת סורק לייזר (איור 29).



איור 28: אתר 35/24, הדמיית רדאר חודר קרקע המראה שכבות שונות בהצטברות השפך עד לגובה שישה מטרים



איור 29: אתר 35/24, הדמיה תלת-ממדית של ערמת שפך סמוכה לקודמת

הנה עיקר התוצאות: כיום השטח הכולל של השפכים במקבץ המכרות בראש נחל עמרם הוא 8,500 מ"ר, אולם אם מתחשבים בשטח שנגרע על ידי שיטפונות מאז המאה הא' לספירה ועד היום, שטח השפכים המשוחזר הוא לפחות 14,060 מ"ר. העומק הנוכחי של ערמות השפכים בוואדיות הוא עד שישה מטרים (איור 28), ועל המדרונות כמטר אחד במוצע. לפיכך נפח השפכים היה לפחות 21,000 מ"ק, ומכאן שכ-42,000 טון



איור 26: מכרה 36/2, סימני חפירה במשקעי שיטפונות, הספרות מציינות שני שלבים בהצטברות המשקעים

תאריך שרידי הענפים בפיר החסום פירושו שהשיטפון שהביא אותם היה מאוחר לאמצע המאה הג' לספירה, קשה לקבוע כמה מאוחר. אולם אם מצרפים לנתון זה את הממצאים ממכרה 35/29 ומכרות אחרים, ניתן לשחזר תמונה כללית זו: המכרות הופעלו על ידי הנבטים, כנראה החל מן המאה הא' לספירה. במחצית השנייה של המאה הג' או במאה הד' פקד את המכרות שיטפון רב-עוצמה שחסם את חלקן במשקע גס יחסית, אך המכרות נוקו והכרייה חודשה. לאחר שפסקה הכרייה הנבטית במאה ה' לספירה, החל תהליך הדרגתי של מילוי חלק מהמכרות בסחף של שיטפונות מתונים יחסית. באמצע המאה הו' לספירה, בתקופת בית אומיה, חודשה הכרייה בקנה מידה גדול. המכרות החסומים נוקו מחדש, הורחבו ונוצלו עד המחצית השנייה של המאה הי"א לספירה, ולאחר מכן שוב חדרו למכרות שיטפונות שחסמו את חלקם בהדרגה. האחרון שבהם התרחש ב-28.11.2012, והוא סיפק עבורנו המחשה מעולה להשפעת השיטפונות על המכרות (Ginat et al., in press). אחת התוצאות של כרייה בקנה מידה גדול הייתה ההצטברות של שפכי חול על המדרונות ובוואדיות שמתחת למכרות (איור 27), שהוזכרו בעבר על ידי רותנברג (1999b: 164; Rothenberg, 1999b; רותנברג, 1967: 146) ו-ויליס (1991: 117, 118).



איור 27: ראש נחל עמרם, אתר 35/24, ערמת שפכים, תוצאה של כרייה פתוחה מקיר הסלע שמעליה

ערמות סיגים גדולות בהרבה נמצאות בכמה אתרים בערבה הדרומית, הגדול בהם ליד באר אורה, סמוך למקור המים (איור 31). הדמיה תלת-ממדית בסורק לייזר של ערמות הסיגים בבאר אורה הצביעה על כמות של 3,000 טון סיגים, המייצגים כ-300 טון נחושת שהופקה כאן (Filin et al., in press). בשאר אתרי ההתכה באזור כמות הסיגים הכוללת קרובה לזו שבבאר אורה, כך שכמות הנחושת המתכתית שהופקה ממכרות נחל עמרם בתקופות המאוחרות מוערכת ב-600 טונות.



איור 31: באר אורה, אתר התכת נחושת מהתקופה האסלאמית הקדומה, עם ערמות הסיגים הגדולות ביותר בערבה הדרומית

הערות היסטוריות

למרות אופייה החמקמק של כריית הנחושת בתקופה הכלכלית ובברונזה הקדומה, נראה כי נחל עמרם היה המקור הקרוב והחשוב עבור תעשיית הנחושת הענפה בשני הכפרים הכלכליים בתחומה של עקבה המודרנית, תל מג'אס ותל חוג'ירית אל-ע'זלאן (ראו לעיל). מעניין לציין, כי התעשייה בכפרים אלה נמשכה גם בתקופת הברונזה הקדומה א'. לא מן הנמנע כי המשך המחקר בנחל עמרם יגלה את עקבותיהן של תקופות אלו.

אשר לתקופת הברונזה המאוחרת ותקופת הברזל, שנים רבות נחשב שלמה המלך כגורם להקמתה של תעשיית הנחושת בערבה (Glueck, 1933; Phytian-Adams, 1938, 1942, 1970 Ch. 4; e.g. Rothenberg, 1963: 42, 64), אך מאוחר יותר שייך את תעשיית הנחושת בערבה הדרומית כולה לפעילותם ולניהולם של מלכי מצרים מהממלכה המאוחרת (e.g. Rothenberg, 1972: 180–181, 1988: 270–278, 1999b). עם זאת, כאמור, בתמנע נראה כיום תפקידם של המצרים מוגבל. בשאר מכרות הנחושת ובמחנות ההתכה באזור (יטבתה, נחל עמרם, נחל צפונות, נחל רווד ונחל רחבעם) לא התגלה כל סימן לנוכחות מצרית. כארבעים תאריכים רדיומטריים מבקעת תמנע (Avner, 2014; Ben Yosef and Sha'ar, 2012, Table 1: 43–75), תאריכים אחרים מאתרי התכת נחושת ביטבתה ובנחל עמרם,¹⁷ ולמעלה

חול הוצאו מן המכרות¹³. לעומת זאת הנפח המחושב של המכרות במקבץ זה הוא כ-4,520 מ"ק בלבד, המייצגים כ-9,500 טון סלע חולי שהוצאו מהמכרות, פחות מרבע ממשקל השפכים. לפערים אלה שלושה גורמים: (1) כפי שנאמר למעלה, חלק מפתחי המכרות חסומים וכך גם חלק מהמחילות במכרות שלתוכן ניתן לחדור, כלומר נפח המכרות המוכר כיום חלקי בלבד; (2) מעל כמה מהשפכים על המדרונות לא נראים כל פתחי מכרות, כלומר שהם מכוסים כיום לחלוטין בתאלוס ואינם נראים, מכאן שאיננו מכירים את כל המכרות; (3) במקומות אחרים ניכרים סימנים של כרייה פתוחה (איור 27). באחרים לא השתמרו סימני חציבה, אך מראה פני הסלע אינו טבעי (השווה: Willies, 1991: 115, 121, 135). שיטת כרייה זו מותירה שפכים, ללא מחילות כרייה. בדומה למשך הכרייה הארוך, גם השפכים הצטברו בפרק זמן ארוך. הרוב המכריע של החרסים שנאספו מפני שטח השפכים היה אסלאמי קדום, אולם פחמים מאחד השפכים סיפקו תאריך רדיומטרי סביב 240 לספירה (טבלה 1: 7). חתכים שהתקבלו מהשפכים בעזרת רדאר חודר קרקע הראו שלבים בהצטברותם ופילוסם מעת לעת (איור 28). לאור ההיקף הגדול של הכרייה בתקופות המאוחרות, נשאלת השאלה היכן הותכו עפרות הנחושת. ערמה קטנה אחת של שברי "עוגות סיגים" נמצאת במחנה הכורים הקדום (איור 30), עם שרידים של תנור התכה שנחפר על ידי רותנברג. תאריך רדיומטרי אחד התקבל מהתנור עצמו, סביב 780 לספירה¹⁴, ושני תאריכים נוספים התקבלו לאחרונה מפחמים מהסיגים, סביב 660 ו-670 לספירה¹⁵. שטח ערמת הסיגים 102 מ"ר, ועל פי בדיקה ברדאר חודר קרקע עומקה עד 50 ס"מ. המשקל המחושב של הסיגים כ-120 טון, והם מייצגים הפקה של כ-12 טונות נחושת בלבד¹⁶.



איור 30: נחל עמרם, אתר 35/7, ערמה נמוכה של "סיגי הזרמה" מן התקופה האסלאמית הקדומה

- 13 מדידה של המשקל הסגולי של השפכים (2.1 גרם לסמ"ק) נערכה מראש הערמה; מדידה אחרת הראתה 1.6 גרם לסמ"ק בלבד. ההדמיה מהרדאר חודר הקרקע (איור 28) מראה כי השכבות העמוקות בערמה דחוסות יותר, ולכן המשקל הכולל של הערמות אמור להיות גבוה מהמחושב כאן. הדמיית הלייזר התלת-ממדית של שלוש ערמות שפכים, לפני סערת הגשם בנובמבר 2010 ואחריה (על ידי פילין וערב) הראתה כי הסערה גרעה מהערמות כ-0.4% מנפחה. נתון זה מספק מושג כללי כמה היה עשוי להיגרע מהערמות במשך כאלף שנות כרייה ובאלף השנים מאז הפסקתה.
- 14 BM1163. 1240±36 BP, 683-874 Cal. BC (Scharpenseel et al., 1974: 287)
- 15 מפורסם כאן לראשונה: PRI-13-125-6A, 1337±23 BP, 655-685 Cal. AD.
- 16 על יחס מקורב של 1:10 בין סיגים ונחושת נקיייה, ראו Hauptmann 2007:253. המשקל הסגולי של "עוגות הסיגים", 4.1, נמדד באתר ההתכה בבאר אורה

17 מיטבתה – מפורסם כאן לראשונה: PRI-13-125-4A, 2839±23 BP, 1040-930 Cal. BC. ממחנה הכורים בנחל עמרם: Pta4127, 2920±60 BP, 1310-933 Cal. BC (Rothenberg, 1990: 71–72) BC

רותנברג, 1967), אך כיום כולם פרט לאתר אחד מוכרים כאסלאמיים קדומים, זאת בשל תיארוך מחודש של החרסים מאותם אתרים (Avner and Magness, 1998). מלבד העיר איילה (כאמור בעקבה כיום), רק מצודת יטבתה מתוארכת כאתר רומי מאוחר וביזנטי (Davies and Magness, 2011; Meshel, 1989; Roll, 1989).



איור 32: גבעת יוכבד, תחריט סלע נבטי עם "מצבת עיניים" המייצגת את אחת האלות הנבטיות

תקופת הכרייה העיקרית בנחל עמרם הייתה בתקופה האסלאמית הקדומה (המאות ז'–י"א לספירה). אז הגיעו המכרות לממדיהם המרביים. מכרות נוספים מהתקופה מוכרים בנחל צפונות, בנחל רחבעם ובגלב' מראח שבמזרח סיני, כ-17 ק"מ דרומית מערבית לאילת. תעשיית הנחושת הייתה אז חלק מפעילות פיתוח נמרצת באזור שכללה את הקמתה של שרשרת כפרים באזור אילת, חוות חקלאיות גדולות הנשענות על מערכות השקאה מתקדמות ("פוגארות"), כרייה והפקת זהב ועוד (Avner, in press a; Avner and Magness, 1998; Gilat et al., 1993). כל אלה שימשו עורף יישובי וכלכלי לעיר איילה שהייתה מרכז מנהלי ומסחרי תוסס, תחנה חשובה לרובבות עולי רגל ואף מרכז השכלתי והלכתי אסלאמי (Cobb, 1995; Damgaard, 2011; Whitcomb, 1988, 1994, 1998).

לעומת הפעילות הנרחבת האסלאמית הקדומה בנחל עמרם, המצב בתמנע היה שונה. פעילות מתקופה זו ידועה כאן במחנות ההתכה העתיקים, ונראה כי סיגי הנחושת הקדומים נוצלו כעת כחומרים מתיכים (מחזרים) בתהליך ההתכה של הנחושת. אולם מכרות אסלאמיים קדומים לא זוהו כלל בתמנע, גם לא באזור פנון. נוסף לכך רק במכרות נחל עמרם התגלו שפכים גדולים. אם כן מכלול המכרות בנחל עמרם הוא הגדול ביותר בערבה מתקופה זו.

ממאה תאריכים מאזור פנון (Levy et al., 2005, 2008), מעידים כי שיאה של הפקת הנחושת בערבה היה דווקא במאות י"ט–לפנה"ס, זמן רב לאחר הסתלקותם של המצרים מהאזור (בימי רעמסס החמישי, 1150 לפנה"ס).

כעת עולה שוב השאלה מי היה הכוח האחראי לארגון הפעילות של הפקת הנחושת בערבה בקנה מידה כה גדול. לכאורה פרק זמן זה מאפשר את חזרתו של המלך שלמה לתרחיש ההיסטורי, אולם בכל אתרי הפקת הנחושת בערבה לא נמצאו ממצאים יהודאיים, וזאת בניגוד למציאותם באתרי תקופת הברזל בהר הנגב. כלומר נוכחות ממלכתית יהודאית ניכרת בהר הנגב, בד בבד עם זו של תושבי המדבר, אך אינה נמצאת במרכזי תעשיית הנחושת. מכאן שהמועמדים היחידים לארגון ולניהול של הפעילות המורכבת של כריית הנחושת, התכתה ושיווקה, היו שבטי המדבר (Avner, 2014; Levy et al., 2004, 2005).

תקופה מעניינת נוספת בנחל עמרם היא במאות א'–ה' לספירה, שממנה התקבלו עד עתה מרבית התאריכים הרדיומטריים (טבלה 1). פרק זמן זה מתחיל בתקופה הנבטית הממלכתית, וממשיך לאחר ביטול הממלכה וסיפוחה לאימפריה הרומית. מיד לאחר הסיפוח, בשנת 106 לספירה, הועבר ממצרים לאזור אילת ולעבר הירדן "הלגיון השלישי קירניקה" ונסללה דרך חדשה, "ויה נובה טריאנה" מאיילה (אילת העתיקה, בתחומה של עקבה של היום), לאורך רמת עבר הירדן. אולם מאז שפרץ מרד בר כוכבא, בשנת 132 לספירה, לא היה בכוחם של הרומאים להחזיק יחידות צבא או לקיים כל פעילות אחרת בנגב הדרומי. שליטה ופעילות רומית באזור חודשה רק בסוף המאה הג' לספירה על ידי הקיסר דיוקלטיאנוס (Erickson-Gini, 2008: 98). לכן לאחר שנת 132 לספירה יכלה הפעילות במכרות הנחושת להתבצע רק על ידי הנבטים, תושבי האזור, ויש להניח כי הם אלה שהתמידו בכרייה גם בתקופה הרומית המאוחרת ובתקופה הביזנטית.

צירופם של הנבטים להיסטוריה של כריית הנחושת בערבה מהווה חידוש משמעותי. בנחל עמרם הסימן היחיד עד עתה לנוכחות נבטית היה תחריט סלע בדמות "מצבת עיניים", המייצגת את אחת האלות הנבטיות (איור 32, וכן Avner, 2000: 109). מעניין לציין, כי בבקעת תמנע ידוע מעט מאוד על נוכחות נבטית מאוחרת (מכרה אחד, שתי כתובות יווניות הנושאות שמות נבטיים, ומעט חרסים). גם ביתר שטחה של הערבה לא זוהתה עד עתה תעשיית נחושת נבטית. כעת, שבעה תאריכים רדיומטריים ונר השמן הנבטי ממכרה 35/29 מאירים את התקופה ואת התרבות הנבטית באור חדש. עיקר הפעילות הנבטית בתעשיית הנחושת התקיימה לאחר ביטול ממלכתם. זוהי דוגמה אחת מרבות כיצד הנבטים, ללא מלך או ממשלה, המשיכו להחזיק במסגרות ארגוניות וכלכליות מאות שנים לאחר ביטול ממלכתם (Avner, in press b). עם התקדמות המחקר יש לצפות לתגליות נוספות מפרק זה בתולדות הערבה.

אשר לתקופה הביזנטית, זו אמנם נכללה בתמונה ההיסטורית של רותנברג ושל ויליס (ראו לעיל), אך בכמות הגדולה של החרסים שנאספו במהלך הסקר החדש, רק בודדים זהו כרומיים מאוחרים או כביזנטיים. בסקר הערבה והרי אילת זוהו 44 אתרים מתוך 226 על ידי רותנברג כביזנטיים על פי החרסים שנאספו בהם (Rothenberg, 1963, 1971).

מקורות

- ברסלבי, י', 1952. אל אילת ואל ים סוף: הידעת את הארץ, כרך ד'. הקיבוץ המאוחד. תל אביב.
- כהן, ע', 1967. תעלומת ה"צלחות" בבקעת תמנע. טבע וארץ י"ט, 17–15.
- רותנברג, ב', 1967א. צפונות נגב. מסדה. רמת גן.
- רותנברג, ב', 1967ב. אתרים ארכיאולוגיים בערבה הדרומית ובהרי אילת. בתוך: רון, צ' (עורך), סקר חבל אילות. המועצה האזורית אילות. עמ' 324–341.
- רותנברג, ב', 1975. בקעת תמנע. חדשות ארכיאולוגיות נ"ד–נ"ה, 31–34; מכרות תמנע. חדשות ארכיאולוגיות ס"ה–ס"ו, 55–57.
- רותנברג, ב', 1995. סיכום שלושים שנות מחקרי שדה ומעבדה ארכיאולוגיים וארכיאומטאלורגיים בבקעת תמנע ובסביבתה. בתוך י' אבירם (עורך), אילת והערבה. ירושלים. עמ' 1–45.
- Avner, U., 2000. Nabatean Standing Stones and Their Interpretation. ARAM 11–12, 95–120.
- Avner, U., 2014. Egyptian Timna – Reconsidered. In: Tebes, J., (Ed.), *Unearthing the wilderness: Studies on the history and archaeology of the Negev and Edom in the iron age*. Leuven. pp. 103–163.
- Avner, U., in press a. Desert Farming in the Southern Araba Valley, Israel, 2nd Century B.C. to 11th Century A.D. In: Davies, A., Retamero, F., Schjellerup, I., (Eds.), *Making agro-pastoral landscapes in pre-industrial societies: Choices, stability and change*. Oxbow Books. Oxford.
- Avner, U., in press b. The Nabataeans in Sinai. ARAM.
- Avner, U., Magness, J., 1998. Early Islamic settlement in the Southern Negev. *Bulletin of the American School of Oriental Research* 310, 39–57.
- Avner, U., Ginat, H., Shalev, S., Shilstine, S., Langford, B., Frumkin, A., Shem-Tov, R., Pilin, S., Arav, R., Basson, U., in press a. Ancient copper mines at Nahal Amram, Southern Araba: A new research. In: Ben-Yosef, E., and Goren, Y., (Eds.), *Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg*. Tel Aviv University.
- Avner, U., Shemtov, M., Shemtov, R., Enmar, L., Ragolski, G., Barzilai, O., in press b. Neolithic cult sites in the Eilat Mountain. *Cambridge Archaeological Journal*.
- Ben-Yosef, E., Levy, T., Najjar, M., 2009. New iron age copper-mine field discovered in Southern Jordan. *Near Eastern Archaeology* 72, 98–101.

מעט מאוד ידוע על התקופה הממלוכית (המאות י"ג–ט"ו לספירה) באזור אילת, מלבד השרידים לאורך דרב אל-חאג' והמצודה הממלוכית בעקבה. ויליס ורותנברג הציעו כי כריית נחושת המשיכה במידה מסוימת בנחל עמרם בתקופה זו (Rothenberg 1999b: 164; Willies 1991: 136). כמה ממצאים תומכים בכך: חרסים ממלוכיים מזוגגים בודדים שהתגלו בסקר הנוכחי, שני בניינים עם מתקנים סמוכים בנחל עמרם (אתר 45/23) ובצפון מזרח בקעת תמנע, ותאריך רדיומטרי אחד מאר אורה, סביב 1280 לספירה (Avner and Magness, 1998: 57; No. 22). ממדי הפעילות התעשייתית הממלוכית אינם ידועים, אולם לפי הימצאותו של מתקן להתכת ברזל מהתקופה סמוך לדרב אל-חאג', במעלה אילת (Rothenberg, 1972: 228–224), לא מן הנמנע כי פרטים נוספים על תעשיית הנחושת הממלוכית יתגלו בהמשך המחקר.

סיכום

המחקר המחודש בנחל עמרם תרם מידע משמעותי חדש, אך הראה כי רב הנסתר בו על הנגלה. חפירות ארכיאולוגיות ומחקרים מתחום מדעי הטבע עשויים לתרום רבות להבנתנו את ההיסטוריה של הערבה ואת תולדות תעשיית הנחושת במזרח התיכון ואף מעבר לו.

בעקבות הסקר הנוכחי והמחקרים החדשים בפונן ובתמנע, פרט היסטורי-חברתי ראוי לתשומת לב מיוחדת: חלקם של תושבי המדבר בתעשיית הנחושת. כבר באלף ה' לפנה"ס הם היו בין הראשונים בעולם בפיתוח המדעים הדרושים לתעשיית הנחושת: גיאולוגיה והנדסת מכרות, והפיזיקה שמאחורי התהליך המורכב של הפיכת אבנים ירקרקות למתכת. מלבד השרידים הארכיאולוגיים, הקשר בין תושבי המדבר ותעשיית הנחושת עולה לאורך ההיסטוריה ממקורות שונים, בהקשר לשם "קין". במקרא נזכר תובל קין כ"לְטֹשׁ כֶּל חַרְשׁ נְחֹשֶׁת וּבְרָזָל" (בראשית ד: כב), ושבת הקיני היה במקורו בין יושבי הנגב (שופטים א: טז; שמואל א טו: ו). השם "קיני" נזכר בכתובת מצרית מראשית האלף ה' לפנה"ס בסרביט אל-חאדם בדרום מערב סיני, באזור של מכרות הטורקיו והנחושת (Černý, 1935: 385; Gardiner et al., 1955: 147; Petrie, 1906: 181, Pl. 121). נושאות 68 כתובות נבטיות באותו אזור את השם "קיני"/"קיניו", שמם של בני אוכלוסייה קדומה הקשורה לאזור מכרות הנחושת, שהסתפחה למסגרת התרבותית הנבטית (Negev, 1991: 9, 83, 160). עד ימי מוחמד (ראשית המאה הז' לספירה) התקיים בצפון חגי'אז השבט ה"קינוקע", שבט יהודי של חרשי מתכת (Wensinck, 1978). שני עניינים משותפים לכל אלה – המוצא המדברי והשרוש "קנה" שמשמעו "לברוא" (אברהמסקי, 1975; בראשית יד: יט, כב; דבה"א ד: יג; מזר, 1965; Glueck, 1973). כשם שתוארו של הקדר הוא ה"יוצר" (ירמיהו יח: ג–ד), כך החרש נחשב מעין קוסם ה"בורא" חומר חדש – מתכת (Blackely-Westover, 1999: 86, 89; Eliade, 1956), 62–69; Forbes, 1950: 52–55). השרידים הארכיאולוגיים והמקורות הכתובים מעידים כי תעשיית הנחושת על כל מרכיביה הייתה חלק ניכר מתרבותם החומרית של שבטי המדבר לדורותיהם, מעולם הידע שלהם ומכלכלתם (ראו בהרחבה (Avner, 2014).

- Glueck, N., 1935. Explorations in Eastern Palestine, II (Annual of the American School of Oriental Research 14–15). New Haven.
- Glueck, N., 1938. The topography and history of Ezion-Geber and Elath. *Bulletin of the American School of Oriental Research* 72, 2–13.
- Glueck, N., 1942. The excavations of Solomon's Seaport: Ezion-Geber. *The Smithsonian Report for 1941*: 453–476.
- Glueck, N., 1953. Exploration in Western Palestine. *Bulletin of the American School of Oriental Research* 131, 6–15.
- Glueck, N., 1960. Archaeological exploration of the Negev in 1959. *Bulletin of the American School of Oriental Research* 159, 3–14.
- Glueck, N., 1970. *The other side of the Jordan*. Cambridge.
- Hauptmann, A., 2007. *The archaeometallurgy of copper: Evidence from Faynan, Jordan*. Berlin. Springer.
- Hauptmann, A., Khalil, L., Schmidt-Strecker, S., 2009. Evidence of Late Chalcolithic/Early Bronze Age I copper production from Timna Ores at Tell al-Magass, Aqaba. In: Khalil, L., Schmidt, C., (Eds.), *Prehistoric Aqaba I*. Berlin.
- Kingery, D., 1988. Nahal Hemar Cave: Plaster Beads. *Atiqot* 18, 45–6.
- Kolska-Horowitz, L., Avner, U., in press. Miners meal in the copper mines of Nahal Amram, Southern Israel. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), *Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg*. Tel Aviv University.
- Langford, B., Frumkin, A., Avner, U., Ginat, H., in press. Nahal Amram, Southern Araba: A survey of underground copper mines. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), *Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg*. Tel Aviv University.
- Levy, T., Adams, R.B., Muniz, A., 2004. Archaeology of the Shasu Nomads-recent excavations in the Jabal Hamra Fidan, Jordan. In: Freedman, R.E., Propp, W., (Eds.), *Le-David Maskil: A Birthday tribute to David Noel Friedman*. Winona Lake. pp. 63–89.
- Levy, T., Najjar, M., Van der Plicht, J., Smith, N., Bruins, H., Higham, T., 2005. Lowland Edom and the high and low chronologies. In: Levy, T., Higham, T., (Eds.), *The Bible and radiocarbon dating: Archaeology, Text and Science*. London. pp. 129–163.
- Ben-Yosef, E., Sha'ar, R., Ron, H., 2012. A new chronological framework for iron age copper production at Timna (Israel). *Bulletin of the American School of Oriental Research* 367, 31–71.
- Beyth, M., Eyal, Y., Garfunkel, Z. 2011. The Geology of the Eilat Sheet. Geological Survey of Israel report 22/2011.
- Cobb, P., 1995. Scholars and society at Early Islamic Ayla. *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 38, 417–428.
- Conrad, H., Rothenberg, B., 1980. *Antikes kupfer im Timna-Tal*. Bergbau Museum. Bochum.
- Damgaard, K., 2011. Modeling mercantilism: An Archaeological analysis of Red Sea trade in the Early Islamic Period (ca. 650–1100 CE). Ph.D. Dissertation, Copenhagen University.
- Davies, G., Magness, J., 2008. The Roman Fortress at Yotvata, 2007. *Israel Exploration Journal* 53, 103–114.
- Davies, G., Magness, J., 2011. The Roman Fort at Yotvata: A foundation under Valens? *Journal of Roman Archaeology* 24, 469–480.
- Erickson-Gini, T., 2008. The Nabataean-Roman Negev in the Third Century CE. In: Pellegrini, P., (Ed.), *The Late Roman Army in the Near East, from Diocletian to the Arab Conquest: Proceeding of a colloquium held at Potenza, Acereza and Matera, Italy, 10-14.5.2005*. Oxford. pp. 91–100.
- Erickson-Gini, T., 2010. *Nabataean Settlement and Self-Organized Economy in the Central Negev: Crisis and Renewal*. BAR International Series 2954. Oxford.
- Filin, S., Arav, R., Avner, U., in press. Volume and mass estimation of mine dumps and slag piles using high-resolution terrestrial laser scans. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), *Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg*. Tel Aviv University.
- Gilat, A., Shirav, M., Bogoch, R., Halicz, L., Avner, U., 1993. Significance of gold exploitation in the Early Islamic Period, Israel. *Journal of Archaeological Science* 20, 429–437.
- Ginat, H., Meeshly, D., Avner, U., Langford, B., in press. Evidence of past flood intensities in the Nahal Amram copper mines. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), *Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg*. Tel Aviv University.
- Grawehr, M., 2006. *Petra, EzZantur III: Die Lampen der Grabungen auf ez-Zantur, in Petra*. Mainz am Rhein.

- Rothenberg, B., (Ed.) 1990. The Ancient Metallurgy of Copper. Researches in the Arabah 1959–1984, Vol. 2. Institute for Archaeo-metallurgical Studies, University College. London.
- Rothenberg, B., 1999a. Archaeo-Metallurgical researches in the Southern Arabah 1959–1990. Part 1: Late Pottery Neolithic to Early Bronze IV. Palestine Exploration Fund Quarterly 131, 68–89.
- Rothenberg, B., 1999b. Archaeo-metallurgical researches in the Southern Arabah 1959–1990. Part 2: Egyptian New Kingdom (Rameside) to Early Islam. Palestine Exploration Fund Quarterly 131, 149–175.
- Scharpenseel, H., Pietig, F., Schiffmann, H., 1976. Hamburg University Radiocarbon Dates I. Radiocarbon 18: 268–289.
- Shilstein, S., Shalev, S., Avner, U., 2014. Preliminary study of copper slag in the Southern Araba Valley. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg. Tel Aviv University.
- Telford, R., Heegaard, E., Birks, H., 2004. The intercept is a poor estimate of a calibrated radiocarbon age. The Holocene 14, 296–298.
- Whitcomb D., 1988. Aqaba: Port of Palestine on the China Sea. Amman. Al Kutba.
- Whitcomb D., 1994. Ayla: Art and industry in the Islamic port of Aqaba. University of Chicago.
- Whitcomb D., 1998. Out of Arabia: Early Islamic Aqaba in its regional context. In: Gayraud, R. P., (Ed.), Colloque international d'archéologie Islamique. Publication de l'IFAO. Cairo. pp. 403–318.
- Willies, L., 1991. Ancient copper mining at Wadi Amram, Israel: An archaeological survey. Bulletin of the Peak District Mines Historical Society 11, 109–131.
- Levy, T., Highan, T., Ramsey, C., Smith, N., Ben Yosef, E., Robinson, M., Munger, S., Knabb, K., Schulze, J., Najjar, M., Tauxe, L., 2008. High precision radiocarbon and historical Biblical archaeology in Southern Jordan. Proceedings of the National Academy of Sciences 105, 16460–16465.
- Levy, T., Ben Yosef, E., Najjar, M., 2012. New perspective on Iron Age copper production in the Faynan Region, Jordan. In: Kassianidou, V., Papasavvas, G., (Eds.), Eastern Mediterranean metallurgy and metalwork in the second millennium BCE. Oxford. pp. 197–214.
- Meshel, Z., 1989. A fort at Yotvata from the time of Diocletian. Israel Exploration Journal 39, 228–238.
- Phythian-Adams, C., 1933. Israel in the Arabah. Palestine Exploration Fund Quarterly Statement 66, 137–145.
- Filin, S., Arav, R., Avner, U., 2014. Volume and mass estimation of mine dumps and slag piles using high-resolution terrestrial laser scans. In: Ben-Yosef, E., Goren, Y., (Eds.), Mining for copper: Essays in memory of professor Beno Rothenberg. Tel Aviv University.
- Roll, I., 1989. A Latin imperial inscription from the time of Diocletian found at Yotvata. Israel Exploration Journal 39, 239–260.
- Rostovtzeff, M., 1966. The social and economic history of the Roman Empire. Vol. 1. Oxford.
- Rothenberg, B., 1963. Ancient copper industries in the Western Arabah. Palestine Exploration Fund Quarterly 95, 5–64.
- Rothenberg, B., 1971. The Arabah in Roman and Byzantine Times in the light of new research. In: Gichon, M., (Ed.), The seventh congress of Roman frontier studies pp. 211–223. Tel Aviv University.
- Rothenberg, B., 1972. Timna: Valley of Biblical Copper Mines. London.