משרד האנרגיה והתשתית
המכון הגיאולוגי



Ministry of Energy
and Infrastructure
GEOLOGICAL SURVEY
OF ISRAEL

חפירות מקדש פאן (בניאס) - היבטים גיאולוגיים

אריאל היימן ונעמי פורת

Report GSI / 5 / 95
Jerusalem, February 1995

דו"ח מס' GSI / 5 / 95
ירושלים, אדר א' תשנ"ה

לפרי משץ

מרצדה ומקלרטה

נעמי ואריאל

חפירות מקדש פאן (בניאס) - היבטים גיאולוגיים

אריאל היימן ונעמי פורת

דו"ח מס' GSI / 5 / 95
ירושלים, אדר א' תשנ"ה

Report GSI / 5 / 95
Jerusalem, February 1995

תוכן עניינים

א. תקציר בעברית 1

ב. תקציר באנגלית 2

ג. הקדמה 3

ד. רקע גיאולוגי 5

סטרטיגרפיה ותיאור המסלע

ה. שיטות המחקר 9

מבנה האתר וסביבתו

זיהוי אבני הבניין והעיטור

הרכב איזוטופי של פסלי שייש

ו. הגיאולוגיה והמבנה של אתר הבניאס 11

עדויות שדה

מבנה האתר

ז. אבני הבניין והעיטור 15

סוגי ומקור האבנים והשימוש בהם

איתור מיקום מחצבות השייש ליצור הפסלים - מחקר איזוטופים יציבים

ח. סיכום 24

ט. ביבליוגרפיה 25

י. נספחים: 26

1. תיאור סוגי האבנים בדוגמת יד ובשקף

2. תיאור של דוגמאות יד ממחצבות שונות ביוון ותורכיה

3. תיאור פסלי השייש בדוגמת יד

רשימת איורים

איור 1 : מפת מיקום כללית 4

איור 2 : מפה גיאולוגית של אתר הבניאס וסביבתו 6

איור 3 : חתך עמודי סכימטי של היחידות הנחשפות באתר הבניאס וסביבתו 7

איור 4 : מפת אתר הבניאס 12

איור 5 : הרכב איזוטופי של פחמן לעומת מימן בדוגמאות שייש 21

רשימת טבלאות

טבלה 1 : סוגי הסלעים שנמצאו באתר הבניאס 16

טבלה 2 : מיון פרטי האבן מאתר הבניאס 17

טבלה 3 : פסלי השייש מאתר הבניאס 19

טבלה 4 : מחצבות אפשריות לפסלי השייש 23

תקציר

מקדש פאן (בניאס) ממוקם על גבי רמת הבניאס בצפון עמק החולה ולרגלי החרמון. באתר נחשף ישוב שהתקיים מהתקופה ההלניסטית ועד לתקופה הערבית המאוחרת. רוב הממצאים באתר הם מהתקופה הרומית, מהמאה הראשונה לפני הספירה ועד המאה השלישית לספירה.

על מנת להשלים את התמונה הארכיאולוגית נעשה מחקר גיאולוגי על האתר וסביבתו וכן על ממצאי האבן מהאתר.

המצוק המפריד בין האתר והחרמון היווה הקיר הפנימי של מערה גדולה שהייתה בעבר במקום ואינו קו שבירה כפי שהוצע. התמוטטות המערה גרמה ליצירת המצוק כמו גם ליצירת הקער הפנימי בקו המתאר של החרמון. ההתמוטטות גרמה להצטברות ערמות אבנים גדולות שאת שרידיהן ניתן לראות היטב גם כיום בשולי האתר ממזרח וממערב. האבנים הקטנות יותר סולקו ממרכז האתר על ידי הבנאים. מעיין הבניאס נובע מקיר המצוק מתחת לאתר, כאשר המים זורמים מתחת לפני השטח ומתגלים מספר עשרות מטרים מדרום מערב לנקודת הנביעה.

סקירה של כ- 1200 אבני בניין ועיטור מצביעה על שימוש סלקטיבי באבן לצרכים השונים. נמצא קשר בין סוג האבן לשימוש שנעשה בה. הבנאים העדיפו להשתמש באבני טרוורטין מקומיות רכות או באבני גיר שהובאו מהגליל ולא השתמשו באבן המקומית העשויה גיר קשה מתצורת חרמון. נעשה שימוש מצומצם בבזלת המצויה בשפע באזור, בעיקר באבני שחיקה. יבוא אבנים מעבר לים היה מקובל ונפוץ. האבנים יובאו ככל הנראה מתורכיה, יוון או איטליה, ארצות שהיוו חלק מהאימפריה הרומית.

מקור השייש ששימש לפסלים אף הוא מאגן הים התיכון. הטקסטורה של השייש והרכב האיזוטופים היציבים של חמצן ופחמן בפסלים מצביע על כך שמבין כל המחצבות שיש עליהן מידע, אלו מתורכיה מתאימות ביותר להיות המקור.

ABSTRACT

The Pan Temple (Banyas) is situated on the Banyas Plateau in the northern Hula Valley, at the foothills of Mt. Hermon. Excavations, led by Z. Maoz of the Antiquities Authority, unearthed a settlement which existed from the Hellenistic to the Late Islamic periods. The most important period at the site, when richly decorated temples were constructed, began during King Herod's time (late 1st century B.C.) and lasted until the end of the Roman Age. To complement the archaeological finds, a geological study was carried out on the general geology of the site and on the stones artifacts.

The cliff separating the site from Mt. Hermon had once formed the inside wall of a large cave that had existed at the site, and is not a fault line as previously suggested. The collapse of that cave resulted in the formation of the cliff, as well as a local bend in the contour of Mt. Hermon. Large heaps of boulders, remains of that collapse, can still be identified at the site's margins while smaller stones were removed from the center of the site by the constructors. The Banyas Spring flows out beneath the site at the base of the cliff. From there the water runs a few tens of meters to the southwest until it is exposed.

About 1200 stone artifacts, used for building and decoration, were examined and identified. Classification of the stones demonstrate selective use for variable purposes and a correlation between rock type and its utilization was illustrated. The builders preferred either the local, soft travertine rocks or the harder limestone from the Galilee. Local basalt was rarely used, mainly for grinding stones, but the local, hard Jurassic limestone was not used at all. Building and decorating stones were imported in large quantities from Turkey, Greece or Italy, countries which were part of the Roman Empire.

The oxygen and carbon isotopic composition of marble statues, as well as their texture and mineralogy, were used to identify the quarries which were the source for the marble. It is proposed that the provenance of the marble statues found in Banyas was in Turkey.

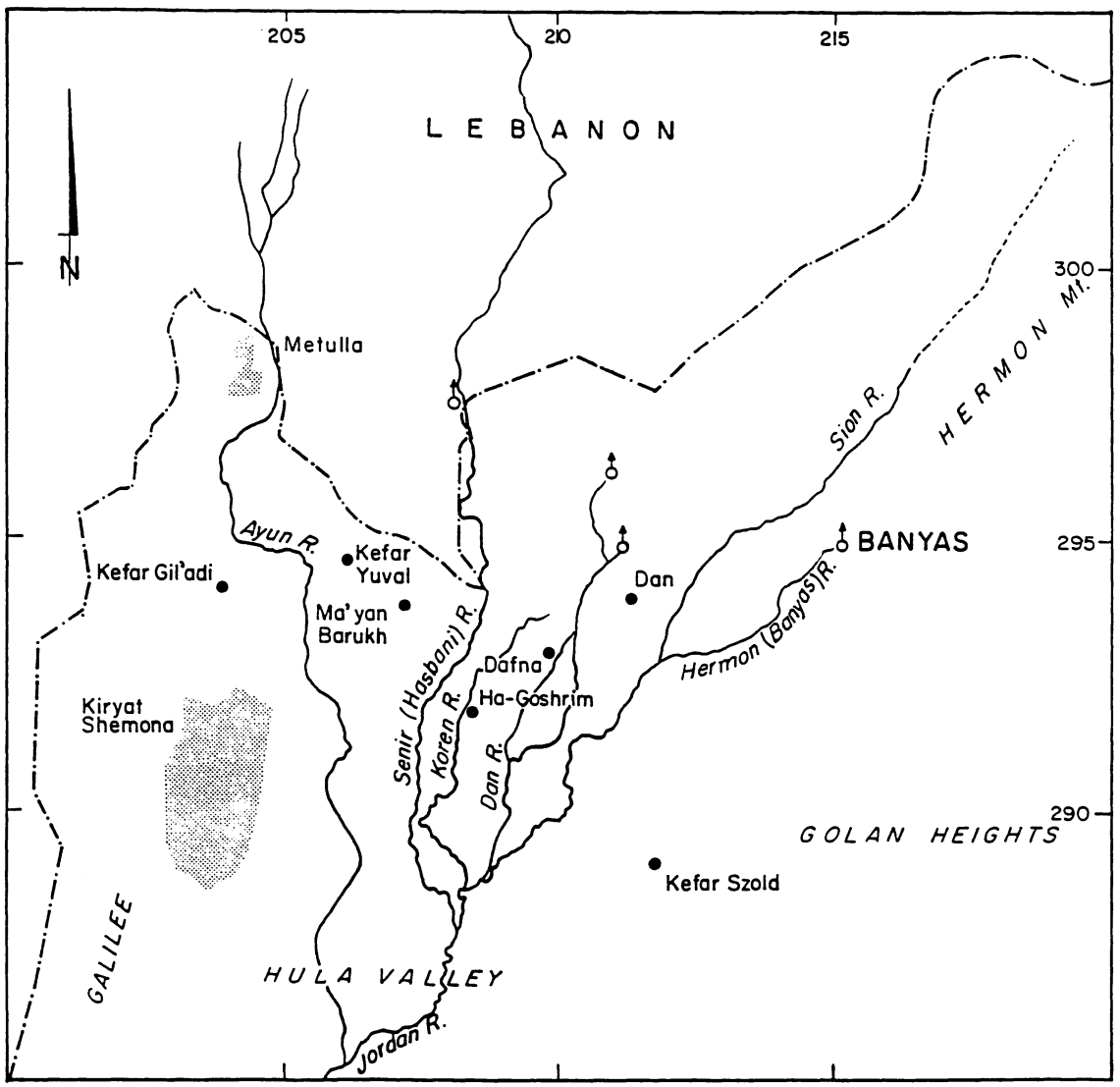
הקדמה

מקדש פאן (בניאס) ממוקם בצפון עמק החולה, בשולי רמת הגולן ובקצה הדרום מערבי של קמר החרמון (איור 1). האזור שייך לבקע ים המלח, המהווה גבול לוחות בין הלוח של ערב ללוח של אפריקה. האתר נבנה ליד מעיינות נחל חרמון (בניאס), בשולי רמת הבניאס הבנויה טרוורטין, בגובה של כ-360 מ' מעל פני הים.

חפירות ארכיאולוגיות נערכות במערת הבניאס ובשוליה מזה מספר שנים על ידי הארכיאולוג צבי מעוז. באתר נחשף ישוב שהתקיים מהתקופה ההלניסטית עד התקופה הערבית המאוחרת. תחילתו של הפולחן באתר הבניאס הייתה לא יאוחר משנת 260 לפסה"נ, במערה הטבעית המצויה במקום. המבנים הראשונים שייכים לתקופה ההלניסטית (מאות ג'-א' לפסה"נ), אך רק בסוף המאה הראשונה לפני הספירה נבנה במקום מקדש. בשנת 19 לפסה"נ, לאחר שקיבל את אזור הבניאס לשלטונו, בנה הורדוס מקדש בפתח המערה (מקדש אוגוסטוס). בנייתו של המקדש הסתיימה במאה הא' לספירה, עם גמר עיטורו. באותה תקופה נחצבה מערה מלאכותית לפולחן לאל פאן ולנימפות ליד מקדש אוגוסטוס. לאחר מות אגריפס השני בשנת 92/93 לספירה הועבר האזור לשלטון רומי ישיר ובשנת 100 לספירה נבנה מקדש חדש לאל זאוס הליופוליטנוס. בשנת 148 לספירה נוספו לרחבה שתי גומחות לפסלי הנימפה אקו והאל הרמס, ובשנת 178 לספירה נבנתה חצר פולחן לאלה נמסיס - אלת ה"נקם והשילם". ממצאים שונים מעידים שמוסלמים עשו שימוש במקום במאה הח' והמאות י"ג עד ט"ו לספירה. רוב הממצאים באתר הם מהתקופה הרומית המפוארת שהחלה בימיו של הורדוס, בסוף המאה הראשונה לפני הספירה.

בעת החפירות התברר כי באלפי השנה בהם היה האתר בשימוש התרחשו בו תהליכים של התמוטטויות, שקיעת רצפות, השקעת טרוורטין ושינוי באופי מערת הבניאס, שניתן לקשרם לתהליכים גיאולוגיים. לפיכך התעורר הצורך בסקירה גיאולוגית של האתר וסביבותיו אשר תתאר את הסלעים החשופים והמבנים המקומיים ותנסה להבין את התהליכים הגיאולוגיים שאירעו באתר.

במהלך החפירה נחשפו ממצאים המעידים על עושרה של העיר ועל קשריה עם ארצות אחרות. באתר נמצאו סוגים שונים של אבן בניין בהם נעשה שימוש כמו למשל לקישוט ולפיסול. שאלה שהעסיקה את החופרים היא, האם מקור האבנים הוא בסביבה הקרובה או שהם הובאו ממרחק רב, והאם שימש כל סוג אבן לצורך מוגדר. לאור זאת נבדקו האבנים ששימשו באתר ונסקרה סביבתו על מנת לזהות אתרי כריה אפשריים.



איור 1 : מפת מיקום כללית.

דו"ח זה הוכן עבור רשות העתיקות על פי הזמנתה של משלחת חפירות הבניאס ברשותו של צבי מעוז והוא כולל שני חלקים: א. תיאור הגיאולוגיה המקומית של האתר וניתוח התהליכים שהביאו ליצירת המבנה המקומי כפי שהוא נראה כיום. ב. סקר של אבני הבניין, הריצוף ואבני העיטור האחרות ששימשו באתר, ובדיקות פטרולוגיות ואיזוטופיות, וזאת על-מנת לאתר את מקורות האבנים ואת אופי ואופן השימוש בהן. הסקר המתואר להלן הוא ראשון מסוגו שנערך באתר מהתקופה ההלניסטית-ביזנטית בארץ. סקר כזה יתרום להבנת הקשרים של העיר בניאס עם סביבותיה הקרובות ועם ארצות שמעבר לים.

רקע גיאולוגי

עמק החולה הוא מבנה מתיחה המהווה את אחד האגנים לאורך בקע ים המלח. העמק החל בשקיעתו לפני כ- 4 מ.ש., שקיעה הנמשכת גם כיום (היימן, 1990). בחלקו הצפוני מכוסה העמק בקרקעות וכלפי צפון, באזור מעיין ברוך-דן, הוא מתרומם מגובה 70 מ' ועד לגובה של 300 מ'. מצפון מזרח לעמק מתנשא החרמון שהוא מבנה אנטיקלינלי וכיוון צירו °030. החרמון החל בהתרוממותו בפליוקן כתוצאה מדחיסה הנובעת מכיפוף בשבר הראשי של בקע ים המלח (היימן, 1990).

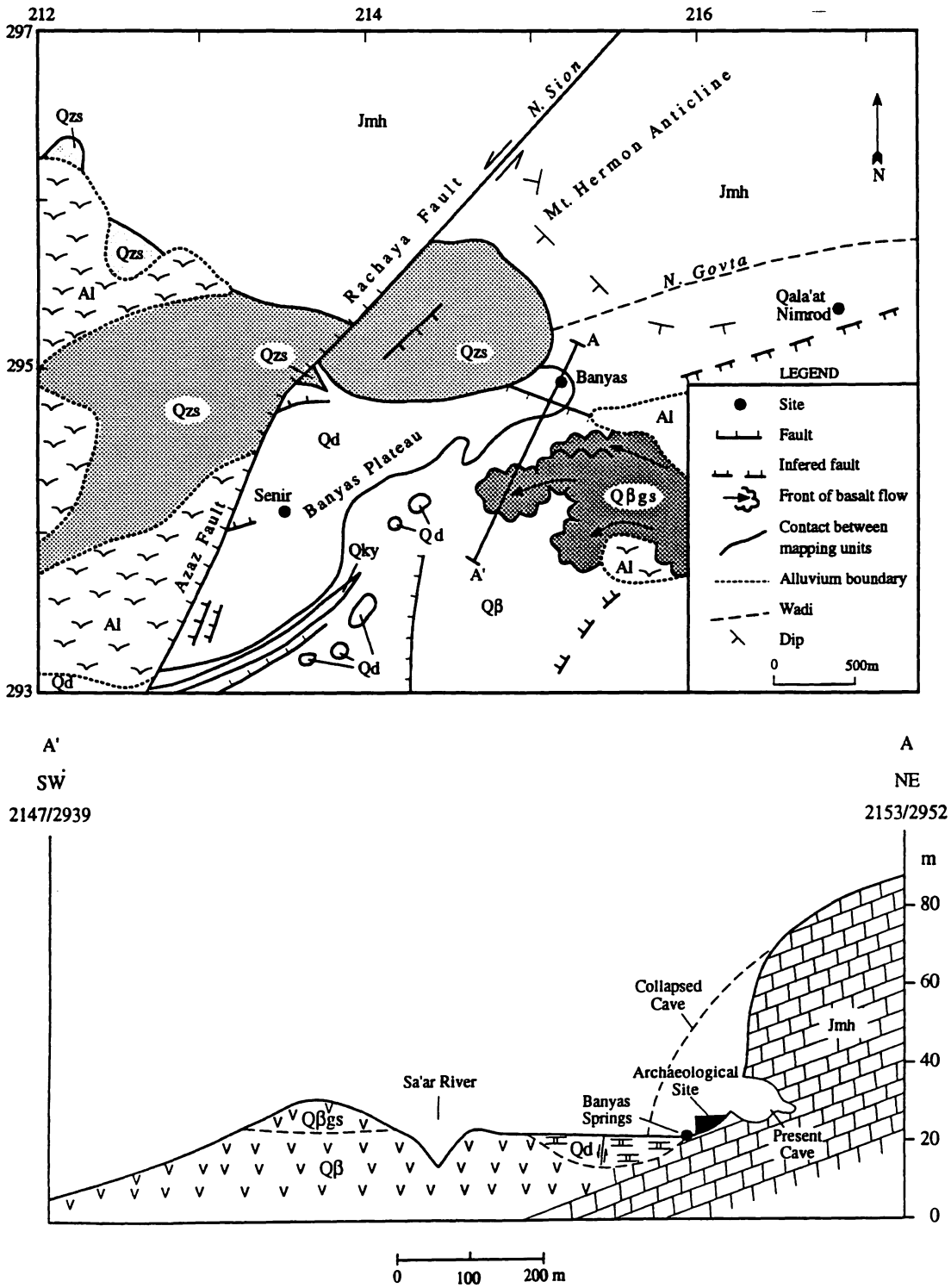
בין החרמון ועמק החולה נמצאת רמת הבניאס, המוגבהת מהעמק בכ-100 מ' לאורך שבר עזז (איור 2). רמת הבניאס נוצרה כתוצאה מלחיצה של קטע השבר, שהוא בעל תנועה אופקית שמאלית המוסט בדירוג ימני (Heimann and Ron, 1987). הפעילות הטקטונית לאורך שבר זה צעירה מ- 25,000 שנה (היימן, 1985). המשכו של שבר עזז לצפון מזרח הוא שבר רשיא שלאורכו מתחתר כיום נחל שיאון (איור 2).

<u>סטרטיגרפיה (איורים 2 ו- 3)</u>

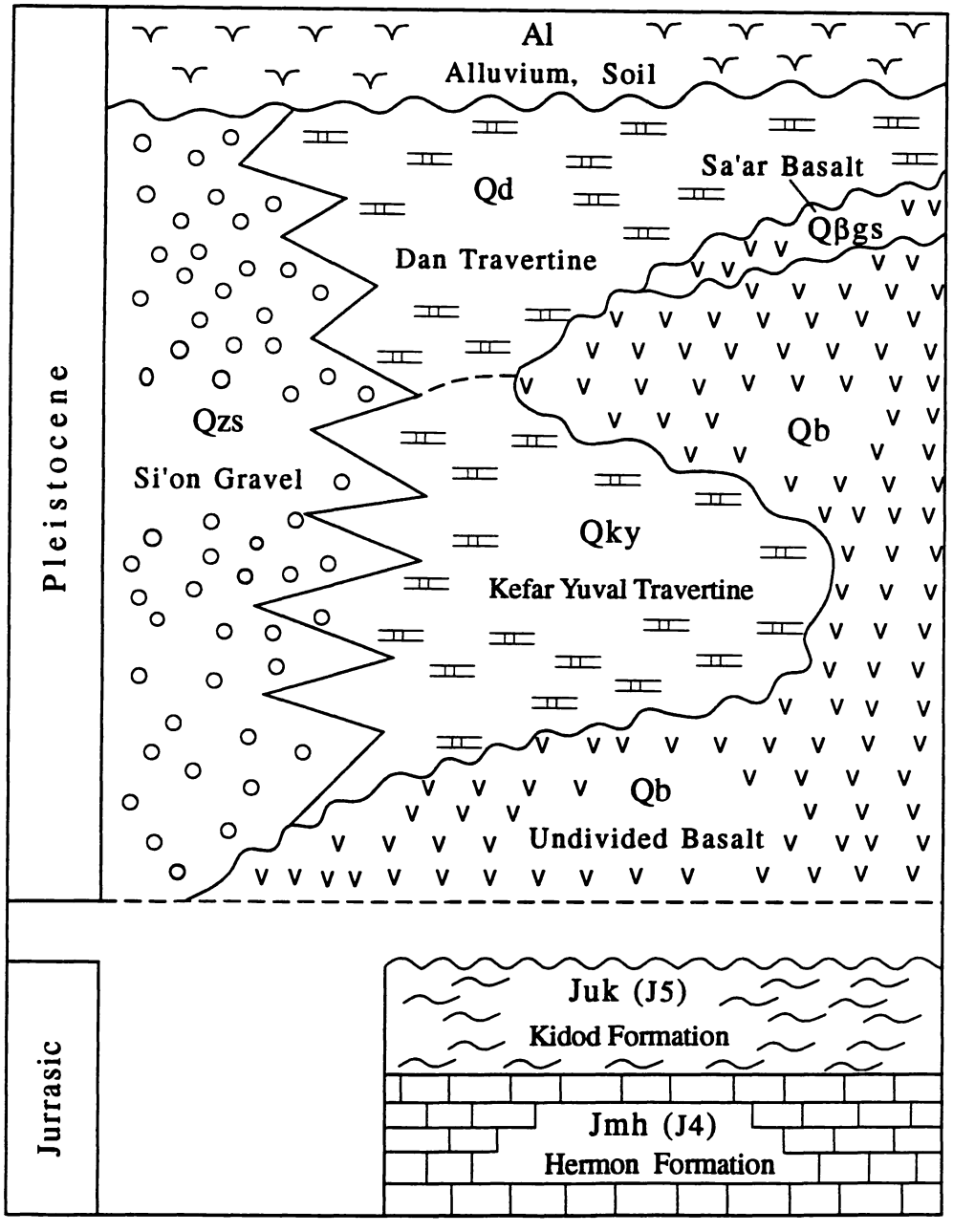
להלן יתוארו היחידות הסטרטיגרפיות הנחשפות באתר הבניאס ובסביבתו הקרובה.

יורא: בחרמון ובמורדותיו נחשפים סלעים מגיל יורא בהרכב גיר, דולומיט, חרסית וחואר. בקרבה מיידית לאזור העבודה נמצאות היחידות הבאות:

<u>(1) תצורת חרמון (Jmh ;J_4)</u>: יחידה גירית ודולומיטית מגיל יורא תיכון הבנויה מגיר ביומיקריטי אפור בהיר ומסיבי עם מעט שכבות ביניים דקות של חואר ועובייה המקסימלי הוא 900 מ' (גולדברג



איור 2 : מפה גיאולוגית (על פי מור, 1986) וחתך סכמתי של אתר הבניאס וסביבתו. סימני היחידות מופיעים באיור 3.



איור 3 : חתך עמודי סכימטי של היחידות הנחשפות באתר הבניאס וסביבתו.

וחבריו, 1981). פה ושם מופיעים ביחידה גופים אירגולרים של דולומיט אפור, דק גביש ומחדרים בזלתיים שרובם עברו בלייה והחלפה לחרסיות. שפע פאונה הוגדר ביחידה, כולל סטרומטופוראידים, אלמוגים, ספוגים, צדפים, קיפודים, אצות וברכיופודים. תופעות קרסטיות רבות מפותחות ביחידה זו וידועות מאתרים שונים בחרמון.

(2) תצורת כידוד (Juk ; J_5): יחידה מגיל יורא עליון, רכה בהופעתה, הבנויה מפצלים ואופקי גיר. עובייה 155 מ' והיא מכילה אמוניטים פיריטיים וקיפודים (גולדברג וחבריו, 1981).

פלייסטוקן: קונגלומרטים, בזלות וטרוורטינים מגיל פלייסטוקן נחשפים באתר ובסביבתו. איור 3 מציג את היחסים הסטרטיגרפיים בין היחידות.

(1) חלוקי שיאון (Qzs): יחידה זו כוללת את הקונגלומרטים והחלוקים שהושקעו כמניפות סחף המנקזות את החרמון (מור, 1986). חלוקי שיאון נחשפים באזור גבעת חמרה, צומת הטנק וכביש שניר-דן. העובי המכסימלי של היחידה נחשף בגבעת חמרה והוא 60 מ'. יחידת חלוקי שיאון מכילה חלוקים יוראסיים (מתצורת חרמון בלבד) המלוכדים, במקומות, על ידי טרוורטין. גודל החלוקים מסנטימטרים בודדים עד 50 ס"מ ורובם הובלו על ידי נחל שיאון.

(2) תצורת גולן (Qβgs, Qβ): התצורה בנויה בזלת והיא נחשפת בצפון הגולן ובמורדותיו. בקרבת הבניאס נחשפים קילוחי בזלת סער (Qβgs) שזרמו לאורכו של נחל סער אל עבר עמק החולה. גילה של בזלת סער כ- 0.1 מ.ש. (מור, 1986). יחידות הבזלת בשולי הגולן הוגדרו כבזלת בלתי מחולקת (Qβ ; מור, 1986). הבזלת הבלתי מחולקת תוארכה בשולי צפון הגולן ל- 1.0-1.2 מ.ש. (היימן, 1990). הבזלת שחורה, מסיבית וקשה בהופעתה והרכבה אלקלי אוליבין בזלת. שלחי הקילוח טרשיים מאד וקשים לעיבוד חקלאי. בדרך כלל הבזלת סדוקה, פריזמטית ויוצרת מצוקים תלולים.

(3) תצורות כפר יובל (Qky) ודן (Qd): התצורות בנויות טרוורטין ומכסות את צפון עמק החולה ורמת הבניאס בשטח נרחב יחסית, של כ- 20 קמ"ר (היימן, 1985). למרות קרבתם למקורות הירדן, אין השתרעותם קשורה במישרין לאזורי הנביעה ואפיקי הנחלים הנוכחיים. הטרוורטין מורכב ברובו מקלציט דל מגנזיום עם ריכוז נמוך של קוורץ וחרסית דטריטיים. הסלע בדרך כלל נקבובי, פריך, צהבהב-חום ובעל סטרוקטורה למינרית עד שכבתית. העובי המירבי החשוף של הטרוורטין הוא כ- 20 מ' אך עוביו המצטבר מגיע ל- 60 מ' ויותר (היימן, 1985). ניתן להבחין בטרוורטין בשני פציאס והם: א) פציאס מאובני צמחים, העשיר בשרידי עלים, ענפים וגבעולים, בעיקר של קנה מצוי. ב) פציאס מסיבי דל במאובני צמחים. המעברים הלטרליים בין שני הפציאס מהירים, ולא ניתן לערוך קורלציה מהימנה בין חתכים סמוכים (Heimann and Sass, 1989). הטרוורטין בצפון עמק החולה הופרד לשתי יחידות: טרוורטין כפר יובל וטרוורטין דן (Picard, 1963). יחידות אלו מונחות ביחסי איצבוע עם

בזלת גולן, בזלת חצבני, קונגלומרט שיאון וחלוקי עגל (Heimann and Sass, 1989 ; ראה איור 3). במצוק נחל חרמון (בניאס) ניתן לצפות בחילופין של בזלת וטרוורטין שתוארכו רדיומטרית מ-1.2 מ.ש. ועד 0.025 מ.ש. טרוורטין כפר יובל מונח כאן על גבי הבזלת ויוצר את רובו של המדרון. טרוורטין דן, הצעיר, הוא בעל מורפולוגיה מצוקית יותר ומכסה את פני השטח. גיל חלקו העליון של הטרוורטין נקבע בשיטת ^{14}C על ידי א. קאופמן (דברים בע"פ, 1984) ל- 25,000 שנה. ברור שנחל הבניאס התחתר לאחר הפסקת השקעת הטרוורטין, ומכיוון שעומק הקניון כ- 75 מ' קצב התחתרות הנחל הוא כ- 3 מ"מ בשנה.

בתקופת השקעת הטרוורטינים נבעו מעיינות רבים ומפוזרים בשוליים הצפוניים של עמק החולה. מים אלה זרמו דרומה, על פני אזור שטוח יחסית, אל אגם החולה שכיסה שטחים נרחבים בעמק החולה. זרימה איטית זו של מים רדודים, באזור שהכיל כמות גדולה של צמחיית מים, הביאה ליצירת תנאים אופטימליים להשקעת קרבונט. קצב שקיעת הטרוורטין הגיע לכדי סנטימטר ב-30 שנה (Heimann and Sass, 1989). כיום אין כמעט שקיעת טרוורטין ; המעט שנוצר מוגבל לשוליים של אפיקי הנחלים, לאתרים בהם שוררים תנאים של זרימה רדודה ואיטית. מתברר לפיכך שההבדל העקרוני בין תקופת השקעת הטרוורטין להיום הוא בתנאים הפלאוגיאוגרפיים. כיום המורפולוגיה של פני השטח אינה מתונה, והמים זורמים באפיקי נחלים בזרימה מהירה ולא בזרימה איטית על פני השטח כבעבר. הסיבה לשינוי הפלאוגיאוגרפי היא פעילות טקטונית חריפה הצעירה מגיל יצירת הטרוורטין. מוצע שפעילות הצעירה מ- 25,000 שנה (גיל הטרוורטין הצעיר ביותר על גבי רמת הבניאס) של שבר עזז-שיאון הביאה להתרוממות רמת הבניאס. כתוצאה מכך החלו המים לזרום באפיקים מוגדרים והשקעת הטרוורטין על גבי המישור הופסקה באופן חד. הזרימה המהירה של המים באפיקי הנחלים כיום אינה מאפשרת שקיעת טרוורטין עקב דרגת הרוויה הנמוכה יחסית של המים (היימן, 1985; Heimann and Sass, 1989).

(4) אלוביום וקרקעות (Al) : במקומות שונים מכסות קרקעות את הסלעים. הרכב הקרקעות תלוי בסוג הסלע עליה התפתחה.

שיטות המחקר

מבנה האתר וסביבתו: נסקרו אתר הבניאס וסביבתו הקרובה למציאת תופעות טקטוניות מקומיות, ועל מנת להבין את מבנהו. כמו כן נבדקו אזור החרמון והגליל המזרחי לצורך איתור מקורם של הסלעים שנאספו באתר והוגדרו (ראה להלן).

זיהוי אבני הבניין והעיטור: דוגמאות אבן, ששימשו לבניה או לעיטור באתר, הוגדרו בדוגמת יד ותחת בינוקולר, ומוינו ל- 33 סוגי סלע (ראה טבלה 1). הקריטריונים ששימשו לאבחנה בין סוגי הסלע הדומים היו הצבע והטקסטורות הכלליות, מכיוון שיש לשער שאלו היו הקריטריונים ששימשו לבחירתן של האבנים לשימושים השונים. כך לדוגמה הוגדרו מספר סוגים של שייש או טרוורטין, הנבדלים זה מזה בגוון וטקסטורה. מבין 33 סוגי הסלע השונים נבחרו 19 דוגמאות לעשיית שקפים, לבדיקה מפורטת במיקרוסקופ מקטב.

הרכב איזוטופי של פסלי שייש: לרוב היסודות הכימיים יש איזוטופים, שהם אטומים מאותו יסוד עם אותן תכונות כימיות, אך הם בעלי מספר שונה של נויטרונים ולכן משקלם שונה. כך לדוגמה, לפחמן (C), מלבד האיזוטופ הנפוץ ביותר ^{12}C קיימים גם האיזוטופים ^{13}C (היציב) ו- ^{14}C (הרדיואקטיבי). לחמצן יש שלושה איזוטופים שכולם יציבים (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O). היחסים בין האיזוטופים נמדדים במעבדה לעומת סטנדרט ידוע וריכוזם מצוין בחלקים ל- 1000 (‰). כך לדוגמה, היחס האיזוטופי של חמצן מוגדר ע"י δ באופן הבא:

$$\delta^{18}O‰ = \frac{(^{18}O/^{16}O)_{sm} - (^{18}O/^{16}O)_{std}}{(^{18}O/^{16}O)_{std}} x1000$$

כאשר sm היא הדוגמה ו- std הוא סטנדרט שהרכבו האיזוטופי ידוע. היחסים האיזוטופיים של פחמן ויסודות אחרים נמדדים באופן דומה.

ליחסים האיזוטופיים של היסודות השונים יש משמעות גיאולוגית מבחינות רבות שלא כאן המקום לפרטם (לפרוט ראה Faure, 1986). כך למשל יחסי איזוטופים יציבים של חמצן בסלעים קרבונטים משקפים את ההרכב האיזוטופי והטמפרטורה של המים מהם הושקעו הסלעים. יחסים אלו משתנים ממקום למקום ולפיכך יחס איזוטופי יהיה אופייני לסלעים מגיל מסוים ובאזור מסוים. עבודות קודמות הראו שלמחצבות שייש שונות יש הרכב איזוטופי שונה (Craig and Craig, 1972; Herz, 1987,1992).

על מנת לאתר את מקור השייש ממנו עשויים פסלי אתר הבניאס, נערכו בדיקות של יחסי האיזוטופים היציבים של פחמן וחמצן ($\delta^{13}C$ ו-$\delta^{18}O$). מתוך פסלי השייש שנמצאו באתר נבחרו 10 פריטים לבדיקה. פני השטח בקוטר מספר מ"מ נוקו על ידי מקדחה רוטטת זעירה ולאחר מכן נדגמו מהשייש של כל דוגמה כ- 50 מיליגרם חומר נקי. לפני האנליזה האיזוטופית נבדקו כל הדוגמאות

בדיפרקציה של קרני X (XRD). שיטה זו מאפשרת לזהות את המינרלים מהם מורכב הסלע. מטרת הבדיקה הייתה לבדוק האם הסלע מורכב מהמינרל קלציט או דולומיט.

לצורך הבדיקות האיזוטופיות נטחנו הדוגמאות לאבקה. 0.1 עד 0.2 מ"ג אבקה הומסו בחומצה זרחתית בריכוז 103% והריאקציה בין הקלציט לחומצה התרחשה בטמפרטורה של 90°C. ה- CO_2 שהשתחרר בריאקציה נמדד ישירות, באמצעות מערכת ISOCARB המחוברת למס-ספקטרומטר מסוג SIRA-II מתוצרת חברת VG. במהלך המדידות נמדדו הסטנדרטים NBS-19 ו- NBS-20. כל הריכוזים מוצגים בערכי δ ביחידות PDB.

הגיאולוגיה והמבנה של אתר הבניאס

<u>עדויות שדה</u>

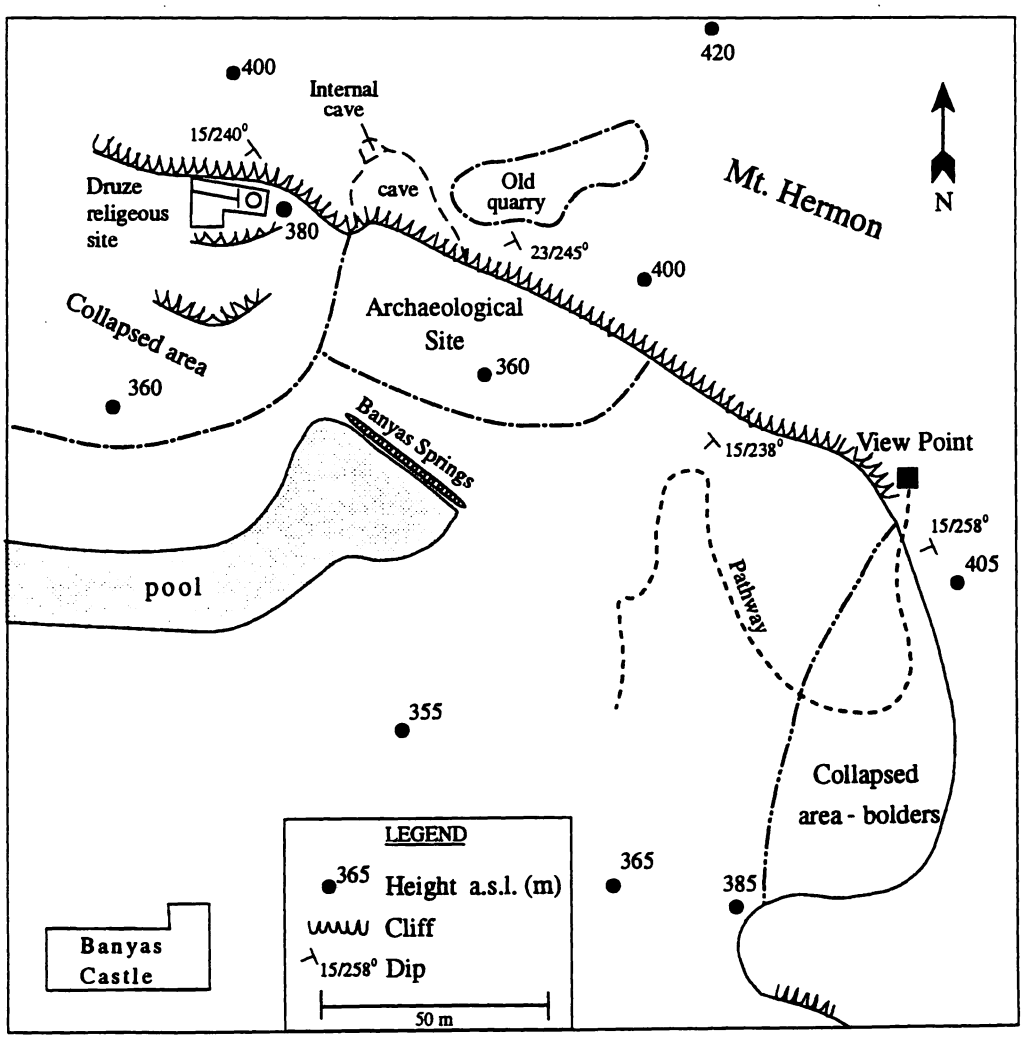
אתר מקדש פאן נבנה ליד מעיינות הבניאס ולרגלי מצוק החרמון, על הגבול בין רמת הבניאס הטרוורטינית ובין החרמון, הבנוי כאן מתצורת חרמון (J_4). האתר ממוקם בנישה שהיא כעין כיפוף בקו הגבול של קמר החרמון, המסתיים לדרום מזרח באופן כללי בצורה חדה (איורים 2 ו- 4). נטיית השכבות של תצורת חרמון באתר וסביבתו נמדדה במספר נקודות רב והערך הממוצע הוא 15/250° עם שינויים בכיוון הדיפ בין 238-258° הנובעים בדרך כלל מתנועות והתמוטטויות מקומיות.

מצוק מרשים בגובה של כ- 30 מ' מפריד באזור האתר בין רמת הבניאס לחרמון. המצוק סומן בעבר כקו שבירה (ראה למשל המפה הגיאולוגית של ישראל 1:250,000). היימן (1985) הציע כי החרמון נוחת דרומה אל מתחת לרמת הגולן ואילו הבזלות של רמת הגולן והטרוורטינים של רמת הבניאס ניגשים ומונחים ישירות על גבי שולי החרמון ולא קיים במקום זה מבנה שבירה (איור 2). במחקר הנוכחי נבדק הנושא פעם נוספת ובפרוט רב באזור האתר, ולא נמצאו כל עדויות לקיומו של קו שבירה לאורך מצוק זה. בדיקה נוספת נעשתה בתוך המערה המצויה באתר וגם שם לא נראו סימני שבירה (כמו למשל סידוק ו- slikensides) במקביל לקו המצוק. בקיר הצפוני מערבי של המערה נראתה תופעה של כעין mega-slikensides בכוון 200° ובנטייה של 40°.

המערה באתר היא מערה קרסטית שהתפתחה בתוך תצורת חרמון, עומקה כ- 15 מ', רוחבה המכסימאלי 25 מ' וגובהה עד 8 מ'. למערה מבנה של תת מערות (איור 4): בצד הצפוני ישנה מערה פנימית ובתוכה מערה נוספת קטנה (ברוחב של 1 מ'). המערה השלישית (הקטנה ביותר) התפתחה בתוך רסק של אבני גיר. הרסק דומה בהופעתו לרסק הנוצר בחרמון לאורך קווי שבירה (כמו למשל במוצב הצבאי אסטרא הממוקם על קו שבר שיאון). כיוון קו הרסק במערה הפנימית 215-220°.

בדיקת כיווני השיכוב והסידוק בתוך המערה מצביעה על שני כיוונים עיקריים : האחד תת-אופקי (כ- 15°) שהוא השיכוב המקורי של גיר תצורת חרמון, והשני, סידוק שכיוונו הכללי אנכי, בניצב לשיכוב. כתוצאה משני כיוונים אלו (הניצבים ביניהם) נוצרים בלוקים גדולים בצורה של תיבות המונחים זה לצידו של זה. סידוק מסוג זה מאפשר התמוטטויות של הבלוקים, ואכן על רצפת המערה מצויים מספר רב של בלוקים כאלו.

על תקרת המערה ניתן להבחין במשקעי מערות הממוקמים בנקודות בהן יש זרימה של מים המגיעים דרך הסדקים. המים זורמים על התקרה בקצב איטי, מאבדים CO_2 ומשקיעים קלציט. ישנם גם משקעי קלציט בתוך הסדקים כאשר אלו מספיק רחבים על מנת לאפשר מגע עם האוויר ואיבוד דו-תחמוצת הפחמן. לפיכך כאשר בלוק מתמוטט יתכן ונמצא עליו משקעי קלציט בבסיסו או בשוליו אך



איור 4 : מפת אתר הבניאס.

לא בחלק העליון שלו (כאשר היה מחובר עדיין לתקרה). דרך נוספת לשחזור מיקומו של הבלוק היא על ידי זיהוי כיוון גידול גבישי הקלציט על הבלוק. ראוי לציין שעל הקיר החיצוני של המערה (פני המצוק) לא נראה גידול כזה של גבישי קלציט והוא מוגבל לפנים המערה שם התנאים הכימיים מתאימים יותר לגיבוש הקלציט.

בסקירה של אתר החפירה מתברר כי באתר מצויים מספר גושי אבן גדולים מאד אותם לא הצליחו הבנאים להזיז והבנייה נעשתה על גביהם. נראה שגושים נוספים, אם היו, סולקו על ידי הבנאים כדי לאפשר בניה חופשית באתר. הגושים המצויים באתר מכוסים בגבישי קלציט ולפיכך מוצע שאלו גושים שנפלו מגג מערה קדומה שיתכן והיתה במקום. יתרה מכך, אם הולכים מערבה מהאתר הארכיאולוגי לאתר הדתי הדרוזי (קבר השייח' ; איור 4), רואים מספר גושים גדולים ונפולים. מתחת למבנה עצמו ישנה אבן גדולה המצויה במקומה אך הנטויה על צידה ובצידיה גבישי קלציט גדולים. כלומר אבן זו הייתה בעבר בתנאים המתאימים לגידול גבישים ונראה לכן שהייתה שייכת לגג המערה, ונפלה בתוכה לבדה או יחד עם כל הגג עקב התמוטטות כללית של המערה.

בדיקה מפורטת של אזור המבנים שמעל לאתר מבהירה כי למעשה הבתים יושבים על חומר שהוא תוצר התמוטטויות וגלישות ולא על יחידות סלע מקוריות. במבט מאזור קבר השייח' אל הצד המזרחי של האתר נראה האזור המזרחי כממוטט כולו גם הוא (איור 4). בבדיקה באזור בו עולה השביל מהאתר אל נקודת התצפית שמעל למצוק, התברר שהוא מורכב מערימה של גושי אבן גדולים. קשה להבחין אם יש כלל יחידות סלע באזור זה שהן in-situ. נעשה ניסיון להגדיר את מיקום הגושים עליהם גדלו גבישי קלציט ומתברר שגושים כאלו מצויים באתר ובסביבתו הקרובה בלבד. ככל שמתרחקים מזרחה ומערבה אל עבר השוליים הכמות יורדת ונעלמת לחלוטין.

איתור מקומם של המעיינות בזמן בו המקדש היה פעיל הוא בעל חשיבות ארכיאולוגית. באתר החפירה נחשף אזור של התמוטטות רצפות כלפי כעין חלל תת קרקעי. השכבות הארכיאולוגיות הממוטטות הן בעלות נטייה משתנה כאשר השכבות העתיקות יותר הן בעלות נטייה חריפה יותר. מכאן, נראה שההתמוטטות ארעה בשלבים. לתופעה חשיבות מאחר ואזור זה נמצא בדיוק על קו המשכי ממיקום המעיינות כיום. יתכן שהמעיינות נבעו בעבר (ויתכן שאף כיום בתת הקרקע) צמוד לקיר המצוק, במקום בו נחשף האקוויפר שבתצורת חרמון. חשוב לציין שהתמוטטויות ידועות באזור כתוצאה מרעידות אדמה (למשל קלעת נמרוד), ויתכן שגם ההתמוטטויות כאן קשורות באירוע מסוג זה.

בבדיקה של המערה הנוכחית לא נמצאו כל עדויות לנביעה של מים בתוכה או בפתחה. אולם, מי תהום נקווים על קרקעית המערה מידי חורף, דבר המצביע על קשר תת קרקעי עם המעיינות. נראה שבתקופות בהן רמת המים באקוויפר עולה, ישנה נביעה מצומצמת בקרקעית המערה היוצרת בריכה, ובקיץ, עם ירידה במפלס המים באקוויפר, מתייבשת הבריכה. בפתח המערה מצויים משקעי

טרוורטין, דבר המצביע על זרימה של מים. יתכן שהבריכה בתוך המערה הגיעה למפלס גבוה יותר ובתקופות שיא, גלשו המים החוצה ובדרכם השקיעו טרוורטין.

מעל האתר, על גבי המצוק הבנוי מתצורת חרמון, מצויה מחצבה בה השתמשו הבנאים בתקופה הצלבנית לבניית מצודת הבניאס (איור 4). סקירה של אבני מקדש פאן מצביעה שלא נעשה שימוש באבנים המקומיות שאליהן היה מן הסתם קל ביותר להגיע ולחצוב (ראה פרוט בפרק "אבני הבניין והעיטור"). סיור במחצבה מבהיר את הסיבה: האבן של תצורת חרמון בנויה מגיר מיקריטי קשה, השבירה של האבן אינה קלה, אינה סימטרית, קונכואידלית לעתים, ובדרך כלל קשה לצפות כיצד תשבר. לפיכך נראה שהבנאים בתקופה הרומית לא השתמשו באבן החרמון, הקשה יותר לסיתות ולפיסול, והעדיפו אבנים רכות ונוחות, למרות שהיה צורך להוביל אותן ממרחק רב יותר. באבן הבזלת שהיא קשה, ואף היא ומצויה בקרבת האתר, נעשה שימוש מוגבל (בעיקר ככלי שחיקה, ראה להלן), ולכן נראה שהיא הייתה נוחה יותר לסיתות מהגיר של תצורת חרמון או ששימשה לצרכים מיוחדים.

<u>מבנה האתר</u>

אזור חפירות מקדש פאן ממוקם על קצה ("אף") קמר החרמון, במקום בו הוא נוחת אל עמק החולה. מוצע שהמצוק הוא תוצר התמוטטות ולא תוצר שבירה מאחר ולא נמצאו באזור עדויות לשבירה משמעותית. אולם, שברים קטנים ומשניים קיימים, והם באים לידי ביטוי באזורי ריסוק. תהליך הקרסט מתפתח באופן מועדף באתרים בהם מעבר המים נוח, ולפיכך, נראה שמיקום מערות קרסטיות (כמו מערת הבניאס) מוכתב בין השאר על ידי נקודות חולשה הנגרמות על ידי שבירה. התפתחות המערה היא תוצאה של פעילות קרסטית והיא מלווה בהתמוטטויות.

אתר המקדש, כמו גם המעיינות, מצוי במובלעת פנימית בתוך קו המתאר הכללי של קצה קמר החרמון, בערך לאורך קו גובה 395. מוצע שמובלעת זו נוצרה על ידי התמוטטות מערה גדולה מאד. המידות המשוערות של מערה זו הן כגודל המובלעת, דהיינו עומקה כ- 65 מ', רוחבה כ- 200 מ' וגובהה המכסימאלי 30 מ', כגובה המצוק.

העדויות התומכות בהצעה זו הן:

1. באזור האתר מצויים גושי אבן גדולים מאד. הגושים מרוכזים בעיקר בשתי ערמות בשולי המובלעת, ממזרח וממערב לאתר, אך קיימים גם גושים גדולים במיוחד במרכזה. גושים מסוג זה אינם מצויים מחוץ למובלעת.
2. הגושים מכוסים בגבישי קלציט שגדלו כתוצאה מזרימת מים, כפי שקורה כיום בתקרה המערה הנוכחית ועל גבי דפנותיה.

עם התמוטטות המערה התפזרו גושים מצופי קלציט בכל אזור ההתמוטטות. באזור המרכזי הבנאים פינו את הגושים הקטנים על מנת לאפשר את הבנייה. את הגושים הגדולים לא הצליחו הבנאים להזיז, השאירו אותם באתר ובנו סביבם.

במידה והצעה זו נכונה, המצוק הנוכחי (המצוק היחידי הקיים באזור) הוא הקיר האחורי של המערה הקדומה, בעוד שהמערה הנוכחית הייתה מערה פנימית, בדיוק כפי שבתוך המערה הנוכחית מתפתחות כיום מערות פנימיות. הסיבות להתמוטטות המערה יכולות להיות שונות, ויתכן מאד שרעידת אדמה הייתה הגורם. האזור פעיל מאד מבחינה סייסמית וידועות מהעבר ההיסטורי לא מעט רעידות אדמה חזקות שתוצאותיהן נצפות באתרים ארכאולוגיים.

מעיין הבניאס נובע כיום במרחק של מספר עשרות מטרים מהמגע בין סלעי היורא לבין המילוי (טרוורטין וקונגלומרט) הניגש אל המצוק. מוצע כי הנביעה ממוקמת למעשה בקיר המצוק וכי המים זורמים בתחילה מתחת לערמה של גושי האבן ומתחת לאתר עצמו, ונחשפים אל פני השטח במרחק של מספר עשרות מטרים. ביטוי לזרימה זו מתחת למילוי יכולות להיות התמוטטויות הרצפות של האתר, אל חלל תת קרקעי הנוצר כתוצאה מסילוק חומר על ידי המים הזורמים.

מיקומו של מעיין הבניאס מוכתב על ידי המבנה הכללי של קמר החרמון. נקודת הנביעה נמצאת על קצה אחת משלוחות הקמר - כתף שריון. מקום הנביעה בקצה ציר קמר מפתיע מעט משום שהציר הוא קו סטרוקטורלי גבוה. מעניין לציין שגם מעיינות דן נובעים בקצה קמר - בקצה הדרומי מערבי של כתף שיאון.

אבני הבניין והעיטור

<u>סוגי ומקור האבנים והשימוש בהם</u>

מכלול האבנים שנמצא באתר נבדק והאבנים חולקו ל- 33 סוגים. טבלה 1 מראה את סוגי האבנים ומקורותיהם ואילו תיאור האבנים בדוגמת יד ובשקפים נמצא בנספח 1.

מבין כלל פריטי האבן שנאספו באתר נבדקו כ- 1200 דוגמאות (המהווים כ- 70% מכלל המאסף). הפריטים כוללים אבני ריצוף, ציפוי לקירות ושיבוץ, פריטים ארכיטקטוניים מגולפים, כותרות, עמודים, סורגים, כלי טחינה ושחיקה ועוד, והם סווגו על פי הקריטריונים שהוגדרו בטבלה 1. טבלה 2 מציגה את סוגי הסלעים מהם יוצרו הפריטים היותר נפוצים.

בחינת הסלעים בהם נעשה שימוש באתר הבניאס (טבלה 1) מצביעה שהבנאים לא השתמשו כלל בסלעים של תצורת חרמון המקומית. נראה כי סלע זה קשה מדי, נשבר באופן לא אחיד, ולכן אינו מתאים לשימוש לצורך בניה ופיסול. הבנאים העדיפו להביא סלעים גיריים יותר קלים לעיבוד מהסביבה הרחוקה או לייבא אבנים מארצות אחרות, ולא להשתמש בסלע המקומי. מנגד נעשה שימוש מסוים בסלע הטרוורטין הרך המצויים בשפע באתר ובסביבתו ומעט גם בסלע הבזלת המצוי במרחק קטן מהאתר.

מספר	סוג הסלע	מקור הסלע	שימושים עיקריים
1	גיר אדום כהה-סגול	יבוא מחוץ לארץ	שיבוץ, ציפוי קירות
2	קג"ל כפר גלעדי	גליל מזרחי	ריצוף, ציפוי קירות
3, 10	גירים עם מגעי לחץ	גליל מזרחי	ריצוף, ציפוי קירות
4	שיש לבן-ורדרד עם עורקים	יבוא מחוץ לארץ	ציפוי קירות
5-7, 11	טרוורטין מסיבי	האתר וסביבתו הקרובה	ריצוף, ציפוי קירות, בניה
8	גיר צבעוני	סביבה רחוקה?	ציפוי קירות
9, 24	ברקציות גיריות-קלציטיות	סביבה רחוקה?	ריצוף, ציפוי קירות
12	טרוורטין למינרי	האתר וסביבתו הקרובה	ריצוף, פריטים מגולפים, בניה
13, 15-18, 32	שיש מסוגים שונים	יבוא מחוץ לארץ	כל הפריטים, אבני סורג למקדש
14, 33	סלע וולקני ורוד-אדום סגול	יבוא מחוץ לארץ	שיבוץ, פריטים מגולפים
19	סרפנטיניט	יבוא מחוץ לארץ	שימוש נדיר
20-21	קלק-שיסט	יבוא מחוץ לארץ	ציפוי קירות
22	שיש ברקציוזי	יבוא מחוץ לארץ	ציפוי קירות
23	ציפחה	יבוא מחוץ לארץ	שימוש נדיר
26	פורפיר שחור-לבן	יבוא מחוץ לארץ	שימוש נדיר
27	פצלים ביטומניים	גליל מזרחי	שימוש נדיר
28	גיר מגיל יורה (J4)	האתר וסביבתו הקרובה	גילוף, שונות (שימוש נדיר)
29	בזלת	האתר וסביבתו הקרובה	כלי שחיקה
30	מטה-קונגלומרט	יבוא מחוץ לארץ	שימוש נדיר
31	גיר צהבהב	חרמון ?	שיבוץ

טבלה 1 : סוגי הסלעים שנמצאו באתר, מקורם האפשרי והשימוש שנעשה בהם. מספרי הסלעים תואמים את המספרים המופיעים בנספח מס. 1. שימוש נדיר - זוהו פחות מ-10 פריטים העשויים מהסלע, ולכן לא ניתן להסיק לגבי השימוש.

שימוש-אבן	ניר סגול	קנייל	ניר לבן ורוד	שיש עם ערקים	טרוורטין מסיבי	ניר צבעוני	ברקציה	טרוורטין למינרי	שיש לבן	שיש אפור מעורן	שיש מפוספס	שיש כחה	שיש אפור אחיד	סרמנט -יניט	שיסט	שיש בקרציוי	ניר אפור מקומי	בזלת	ניר צחוב	אחר	סה"כ
סורג מקדש									2	2	5		2							1	12
כלי שחיקה																	1	36		1	38
פטלף					5			7	54	2	11		2		1		6			2	90
ריצוף		31	42	2	46	1	21	12	44	9	15	6	8		2		3	1			243
ציפוי קיר	7	32	46	20	57	5	68	4	168	28	52	9	14	4	35	4	6	1	1	9	570
שיטח	51		1	3	3		4		54	4	4	45	4	2	1		2		43	1	222
שונות		1							4				1		1		8	8		6	29
סה"כ	58	64	89	25	111	6	93	23	326	45	87	60	31	6	40	4	26	46	44	20	1204

טבלה 2: פילוח האתרים לפי סוגי אבן

ניתן לראות כי השימוש בשיש לבן הוא הנפוץ ביותר - 27% מכלל האתרים. השימוש בשיש אפור מעורן הוא השני בשכיחותו. השימוש בשיש אפור אחיד הוא השלישי בשכיחותו.

שלושה סוגי סלעים עיקריים נלקחו מהסביבה הרחוקה, גיר לבן-ורדרד עם סטילוליטים טקטוניים, טרוורטין מסיבי (בעיקר בצבע לבן) וקונגלומרט צבעוני. הגיר הוא מגיל איאוקן והמחשופים הקרובים ביותר נמצאים בגליל העליון, מערבה לאתר הבניאס. טרוורטין מסיבי לבן נמצא בחלק המערבי של צפון עמק החולה. הקונגלומרט הוא מתצורת כפר גלעדי, הנחשפת במורדות המזרחיים של הגליל העליון.

מיון האבנים שנמצאו באתר על פי סוגם ועל פי השימוש שנעשה בהם מאפשר הבחנה האם לכל סוג אבן היה שימוש ספציפי. טבלה 2 אכן מצביעה שלכל שימוש הועדפו סוגי סלעים מסוימים, ולחילופין, כל סלעי שימש בייצור למספר מצומצם של סוגי פריטים. כך לדוגמה, מספר סוגי סלעים שימשו כאבני שיבוץ באופן כמעט בלבדי, כגון גיר צהוב, גיר סגול ושייש אפור כהה. לציפוי קירות הועדף שייש לבן ובמידה פחותה טרוורטין לבן, גיר ורדרד, שייש מפוספס או אפור וקונגלומרט כפר גלעדי. לריצוף שימשו בעיקר סלעים לבנים כגון שייש לבן, גיר לבן וטרטוורטין, אך לעתים גם סלעים צבעוניים כגון קונגלומרט כפר גלעדי. בזלת שימשה כמעט אך ורק לכלי שחיקה. כמעט כל סורגי המקדש עשויים מסוגי שייש שונים.

יש לציין שבאתר הבניאס עצמו נותרו פריטים גדולים שלא הובאו למחסן. העמודים שנותרו בשטח עשויים מדיוריט אפור, גרניט ורדרד, טרוורטין וגיר לבן. לא נמצאו פריטים קטנים העשויים מגרניט ודיוריט.

סלעים מיובאים רבים נמצאו באתר החפירה. רובם הם שייש ושיסט מסוגים שונים שיובאו בכמויות גדולות, אך זוהו גם פריטים בודדים העשויים מסרפנטיניט, מטה-קונגלומרט, צפחה, אנדזיט וסלעים וולקניים נוספים. סלעים מסוגים אלו מצויים באגן הים התיכון כולו, אך סביר שמקור הסלעים הלא מקומיים שזוהו באתר הבניאס הוא בתורכיה, ביוון או באיטליה, ארצות שהיו חלק מהאימפריה הרומית.

<u>איתור מיקום מחצבות השייש ליצור הפסלים - מחקר איזוטופים יציבים</u>

בדיקות איזוטופיות רבות נעשו בעבר על חפצי שייש ומחצבות מהתקופה ההלניסטית-רומית. עבודות אלו הראו שלעתים קרובות ניתן בעזרת יחסי איזוטופים של חמצן ופחמן להתאים בין חפץ שייש והמחצבה ממנה הוא נלקח (Craig and Craig, 1972; Herz, 1987), לזהות שברים השייכים לאותו פסל (Pearl et al., 1990) ולהבחין בתיקונים מאוחרים לפסלים ידועים (Herz, 1992).

עבודות איזוטופיות על שייש מבית שאן ומקיסריה (Pearl, 1989) הראו שרוב השייש ששימש לבניית האמפיתיאטרון בבית שאן ובקיסריה נחצב באזור מרמרה שבתורכיה ומעט מהשייש נחצב במחצבות אחרות באסיה הקטנה. מקור השייש ששימש לפסלים מגוון יותר אך לא היה במרמרה. עיקר החציבה נעשתה ביוון אך גם באסיה הקטנה.

במסגרת העבודה הנוכחית הוגדרו היחסים האיזוטופיים של 10 פסלים וזאת על-מנת לאפיין את המקור ממנו נלקחו הסלעים ששימשו לצורך הפיסול. טבלה 3 מתארת את המינרלוגיה וההרכב האיזוטופי של החמצן והפחמן בדוגמאות שנבחרו. כל הדוגמאות עשויות קלציט, למעט דוגמה BAN-44 המורכבת מדולומיט וקלציט. איור 5 א' מציג את ההרכב האיזוטופי של החמצן לעומת הפחמן בדוגמאות מאתר הבניאס. ניתן לראות שלדוגמאות טווח רחב של הרכבים. איורים 5 ב'-ד' מראים שדות של הרכבים איזוטופיים במחצבות שייש ידועות מהעולם העתיק (Herz, 1987) ועל גביהם את התוצאות של הדוגמאות מהבניאס. טבלה 4 מבוססת על איור 5 ומציינת מאילו מחצבות כל דוגמה הייתה יכולה לבוא. על פי השרטוטים והטבלה, רוב הדוגמאות נופלות ביותר מאשר שדה אחד ולכן לא ניתן להגדיר מקור יחידי לכל דוגמה, וקיימות מספר אפשרויות באשר למקורן. יש לציין ששתי דוגמאות, 35 ו- 42, לא נופלות בשום שדה הרכבים ידוע.

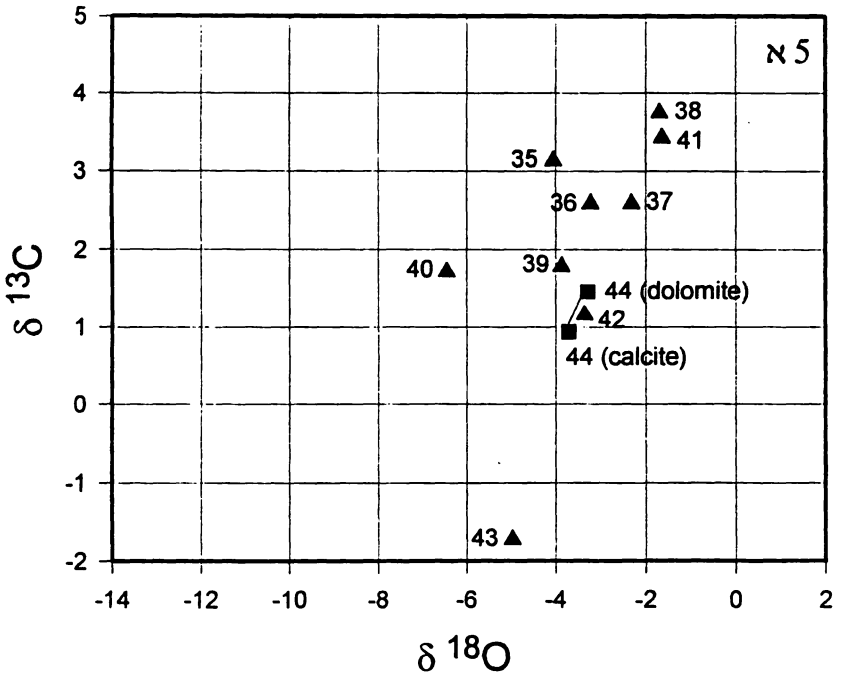
מספר דוגמה	לוקוס ומספר	תיאור	הרכב מינרלוגי	$\delta^{18}O$	$\delta^{13}C$
BAN-35	L.705 7802	בסיס של דיאנה/ארטמיס/ הרמס/ארס	קלציט	-4.05	3.13
BAN-36	L.712 7951	ראש של זאוס/יופיטר	קלציט	-3.22	2.59
BAN-37	L.171 1410/1	כתף אשה	קלציט	-2.31	2.59
BAN-38	L.705 7910/1	כתף הרמס (?)	קלציט	-1.69	3.74
BAN-39	L.714 8214	חלק אחורי של ראש	קלציט	-3.87	1.78
BAN-40	L.716 8240	ראש פרה	קלציט, פלדספר	-6.44	1.71
BAN-41	W 60 2236/4	גזע עץ	קלציט	-1.63	3.42
BAN-42	L. 716 8066	בסיס פסל	קלציט, קוורץ	-3.36	1.15
BAN-43	L. 705 7804/1	גוף של סטיר	קלציט	-4.96	-1.73
BAN-44		ראש ענק של ארס	דולומיט, קלציט	-3.71 (קלציט) -3.29 (דולומיט)	0.93 (קלציט) 1.45 (דולומיט)

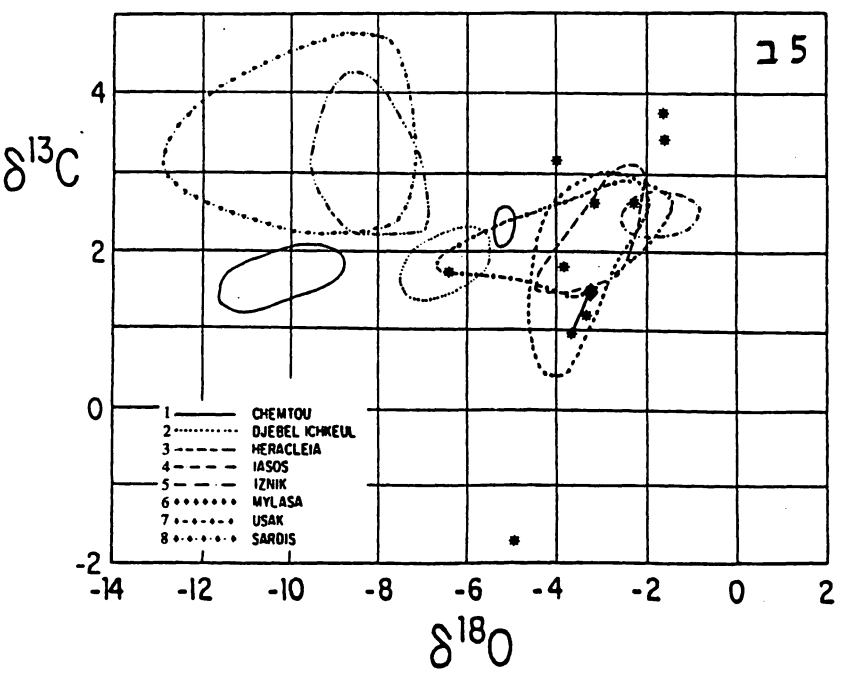
טבלה 3 : פסלי השיש מאתר הבניאס - הרכבם המינרלוגי והאיזוטופי.

קריטריון נוסף העשוי לעזור באיתור מקור פסלי השייש הוא הופעת השייש בדוגמת יד. מחצבות רבות ידועות בשייש מפוספס, משוכב או עם פוליאציות, שלעתים נוכחים בו מינרלים שונים מלבד קלציט. תכונותיו של שייש ממספר רב של מחצבות מסוכמות בנספח 2, שנלקח מטבלה 1 אצל Herz (1987).

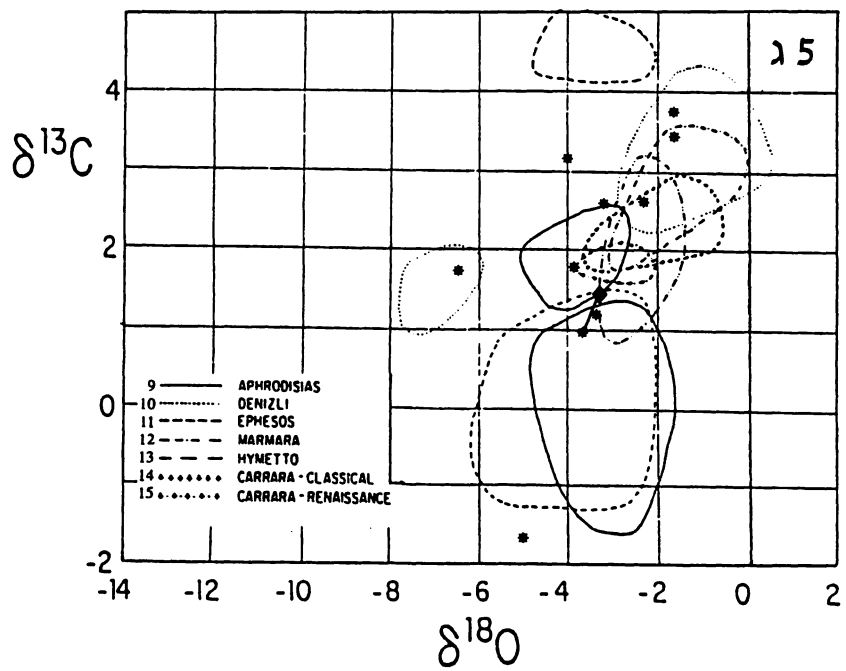
פסלי השייש מאתר הבניאס מתוארים בדוגמת יד בנספח 3. באופן ברור ביותר אף פסל מאתר הבניאס אינו עשוי משייש משוכב, מפוספס או עם פוליאציה. כמו כן באף פסל לא זוהו מינרלי בצר או גרפיט. לכן חלק ניכר מהמחצבות המסומנות בטבלה 4 אינו יכול להוות מקור שייש אפשרי. ההתאמה בין פסל למחצבה מתבססת הן על הופעת השייש בדוגמת יד והן על ההרכב איזוטופי של השייש. מכיוון שקיימות מחצבות שלגביהן אין תיאור של השייש אך הרכבן האיזוטופי ידוע, התייחסנו גם למחצבות אלו כמקור אפשרי (טבלה 4), אך מקור הפסלים אינו ודאי.

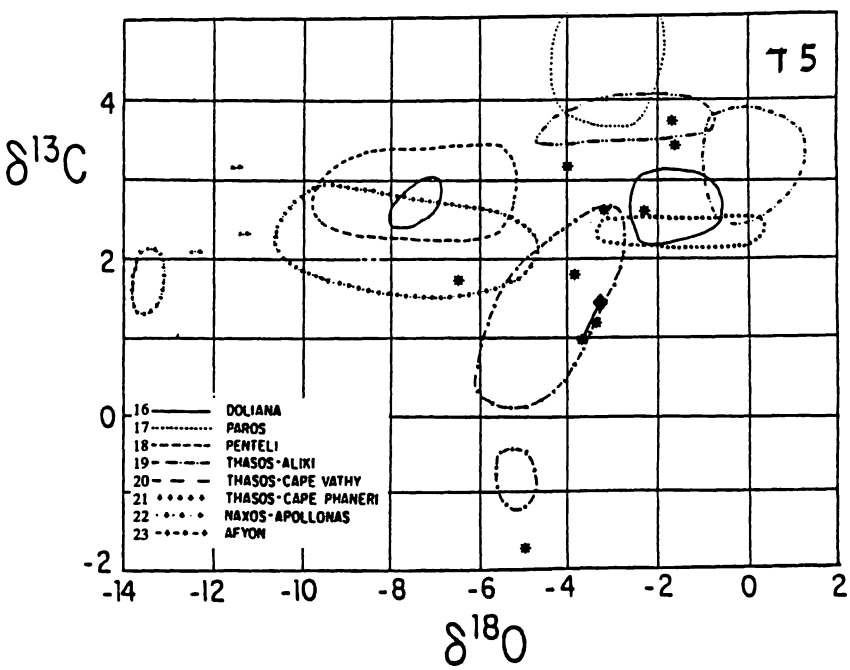
סיכום הנתונים הללו כפי שמתבטא בטבלה 4 מצביע על כך שהמחצבות המתאימות ביותר כמקור הן 6, 7, 10, שממוקמות כולן בתורכיה. נראה לפיכך, שבתקופה הנדונה נחצב רוב השייש ששימש לפיסול במחצבות בתורכיה.





איור 5: הרכב איזוטופי של פחמן לעומת חמצן בדוגמאות שייש. א. הרכב הקלציט בפסלי השייש מאתר הבניאס. מספר ה-BAN מצוין ליד כל דוגמה. בדוגמה BAN-44 נמדד ההרכב האיזוטופי גם של הדולומיט (המינרל העיקרי בשייש זה). ב-ד. שדות הרכבים איזוטופיים של שייש ממחצבות שהיו פעילות ברחבי האימפריה הרומית (מתוך Herz, 1987). להשוואה, הרכב הפסלים מאתר הבניאס מסומן בכוכביות (המעוין מסמן את הרכב הדולומיט של דוגמה BAN-44).


5 ג
$\delta^{13}C$
$\delta^{18}O$
9 APHRODISIAS
10 DENIZLI
11 EPHESOS
12 MARMARA
13 HYMETTO
14 CARRARA - CLASSICAL
15 CARRARA - RENAISSANCE


5 ד
$\delta^{13}C$
$\delta^{18}O$
16 DOLIANA
17 PAROS
18 PENTELI
19 THASOS-ALIKI
20 THASOS-CAPE VATHY
21 THASOS-CAPE PHANERI
22 NAXOS-APOLLONAS
23 AFYON

איור 5 : המשך

דוגמה	2	3	4	6	7	9	10	11	12	13	14	19	20	22	23	אחר
BAN-35																+
BAN-36		(+)		+	+										(+)	
BAN-37		(+)	(+)	(+)	+		+		+	+	(+)	(+)				
BAN-38							+						+			
BAN-39		+		+	+	+									+	
BAN-40	+				((+))		+							+		
BAN-41							+		(+)							
BAN-42				(+)		+		+							((+))	
BAN-43																+
BAN-44				+		+		+							(+)	

טבלה 4: מחצבות אפשריות לפסלי השיש שנמצאו באתר הבניאס (מבוסס על טבלה 3 ואיור 5). + מסמן שהיחס האיזוטופי של הפסל נופל בשדה של המחצבה המסוימת (איור 5); (+) - נופל בשולי השדה האיזוטופי; ((+)) - נופל בגבול השדה האיזוטופי. מחצבות ששום דוגמה לא מופיעה בשדה שלהן אינן בטבלה. הריבועים המנוקדים מצביעים על כך שהמחצבה הספציפית איננה מקור אפשרי לפסל המסויים בגלל הטקסטורה של השיש (ראה טקסט). מחצבה מספר 2 נמצאת בצפון אפריקה; מחצבות 3-13 בתורכיה; מחצבה מס. 14 באיטליה; ומחצבות 19-23 ביוון.

Names of quarries (Herz, 1987): 2- Djebel Ichkeul; 3- Heracleia; 4- Iasos; 6 - Mylasa; 7- Usak; 9- Aphrodisias; 10- Denizli; 11- Ephesos; 12- Marmara; 13- Hymetto; 14- Carrara; 19-Thasos-Aliki; 20-Thasos-Cape Vathy; 22- Naxos-Apollonas; 23- Afyon.

סיכום

1. אתר הבניאס ממוקם בשולי החרמון ורמת הבניאס, לאורך מצוק בגובה של 30 מ'. מוצע שהמצוק, כמו גם הבליטה הפנימית בקו המתאר של החרמון, הם תוצאה של התמוטטות מערה גדולה שהייתה קיימת באזור בו ממוקם כיום האתר. המצוק מהווה את שארית הקיר הפנימי של המערה.
2. מעיין הבניאס נובע ככל הנראה מקיר המצוק, מספר עשרות מטרים צפון מזרחית למקום בו הוא נחשף כיום, מתחת לאתר עצמו.
3. הבנאים באתר הבניאס העדיפו להשתמש באבני טרוורטין מקומיות או אבני גיר שהובאו מהגליל, ולא באבן הגיר המקומית (מתצורת חרמון). נעשה שימוש מצומצם בבזלת המקומית, בעיקר כאבני שחיקה. יבוא אבנים מחוץ לארץ היה נפוץ והשימוש בהם היה רב.
4. נמצא קשר בין סוג האבן והשימוש שנעשה בה. נראה לכן שלבנאים הייתה העדפה ברורה לגבי סוג האבן בהתאם לשימוש שיעשה בה.
5. מקור הסלעים המיובאים הוא כנראה מאגן הים התיכון - מתורכיה, יוון או איטליה - מאחר וארצות אלו היוו חלק מהאיפריה הרומאית.
6. בדיקות איזוטופיות וטקסטורליות של 10 פסלים שנמצאו באתר מצביעות כי מקור השייש ששימש לפיסול הוא ככל הנראה בתורכיה.

<u>תודות</u>

תודתנו נתונה לד"ר אבנר איילון על ביצוע המדידות האיזוטופיות בדוגמאות מפסלי אתר הבניאס, לד"ר עמית שגב על הערותיו, לאברהם ברזילי על הכנת השקפים ולבת שבע כהן על הכנת השרטוטים. תודה מיוחדת לצוות חפירות הבניאס : צבי מעוז, משה הרטל, אסטריד חסדאי ואייב.

ביבליוגרפיה

גולדברג, מ., הירש, פ. ומימרן י. (1981). הטור היוראסי של הר חרמון. כנס החברה הגיאולוגית, קצרין. עמ' 8-12.

היימן, א. (1985). הגיאולוגיה של רמת הבניאס וצפון עמק החולה תוך הדגש למשקעי טרוורטין. עבודת גמר, האוניברסיטה העברית, ירושלים. 155 עמ'.

היימן, א. (1990). התפתחות בקע ים המלח ושוליו בצפון ישראל בפליוקן ובפלייסטוקן. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים. 101 עמ'.

מור, ד. (1986). הוולקניזם ברמת הגולן. עבודת דוקטור, האוניברסיטה העברית, ירושלים. 159 עמ'.

Craig H. and Craig V. (1972). Greek marbles: determination of provenance by isotope analysis. Science 176, 401-403.

Faure, G. (1986). Isotope Geology. John Wiley & Sons, New York. 589 p.

Heimann, A. and Ron, H. (1987). Young faults in the Hula Pull-Apart Basin, central Dead Sea Transform. Tectonophysics 141, 117-124.

Heimann, A. and Sass, E. (1989). Travertines in the northern Hula Valley, Israel. Sedimentology 36(1), 95-108.

Herz N. (1987). Carbon and oxygen isotopic ratios: a database for classical Greek and Roman marble. Archaeometry 29, 35-43.

Herz N. (1992). Provenance determination of Neolithic to Classical Mediterranean marbles by stable isotopes. Archaeometry 34, 185-194.

Pearl Z. (1989). Archaeological marble in Israel - chemical and mineralogical analysis. M.Sc. Thesis, Feinberg School, Weitzmann Inst. 75 p.

Pearl Z., Magaritz M., Amit D. and Ilan Z. (1990). The Maon synagogue Menora marble fragments - reconstructions based on stable isotopes analysis. Isr. Geol. Soc. Annu. Meet., Elat. p. 64.

Picard, L. (1963). The Quaternary in the northern Jordan Valley. Proc. Israel Acad. Sci. Hum. 1(4), 1-34.

נספח מספר 1

תיאור סוגי האבנים בדוגמת יד ובשקף

לכל סוג אבן נקבע קוד כמצוין. הקוד משמש בבסיס הנתונים של החפירות ובעזרתו נעשה עיבוד הנתונים המופיע בטקסט.

1. דוגמת יד: גיר ספארי אדם כהה עד סגול עם עורקים דקים אפורים (PLS).
שקף: גיר גס גביש, ללא טקסטורות מקוריות, מעט גרגרי קוורץ, רווי תחמוצות ברזל. עדויות לשיכוב ומטמורפיזם.
זיהוי: גיר מטמורפי בדרגה נמוכה.

2. דוגמת יד: קונגלומרט של גיר לבן ומטריקס אדום-חום בפני השטח רואים חלוקים ונומוליטים (KGL).
שקף: חלוקי גיר נומוליטים דחוסים ומלוכדים במינרליזציה אדומה. מעט מאד קוורץ במטריקס. מגעי לחץ.
זיהוי: קונגלומרט כפר גלעדי.

3. דוגמת יד: גיר ורדרד עם סטילוליטים טקטוניים שיוצרים טקסטורה של עוגת פודינג (PUD).
שקף: גיר המכיל סטילוליטים מבורזלים. עבר רה-קריסטליזציה. דומה ל- 10.
זיהוי: גיר ליתוגרפי.

4. דוגמת יד: גיר לבן-ורדרד עם עורקים כהים בצבע שחור-חום-אדום. נראה מטמורפי (BAND).
שקף: שייש. קמטים קטנים, גבישי קלציט זעירים חוץ מאשר בעורקים שם הם גדולים.
זיהוי: שייש עם עורקים.

5. דוגמת יד: גיר לבן עם "כתמי מנגן" (MNLS)
שקף: טרוורטין. מכיל pellets (התגבשות סביב מרכזים ממקור ביולוגי). גס גביש ביותר.
זיהוי: טרוורטין, פציאס מסיבי.

6. דוגמת יד: גיר ספארי לבן-קרם. לא נראים מאובנים. נקבוביות גבוהה (BEIGE).
שקף: טרוורטין. מבנה למינרי, התגבשות סביב שורשים, וזיקולרי.
זיהוי: טרוורטין, פציאס מסיבי.

7. דוגמת יד: כמו 6, יותר לבן, אותה נקבוביות (WHITE).
שקף: טרוורטין, וזיקולרי, חתך של גבעול.
זיהוי: טרוורטין, פציאס מסיבי.

8. דוגמת יד: גיר קלציטי עם איזורים אדומים, צהובים, לבנים ואפורים. בפני השטח טקסטורה של ברקציה (BREC).
שקף: קלציט בגודלי גביש שונים, חלקם מרוסקים וחלקם גדולים מאד, בגידול משני.
זיהוי: גיר ברקציוזי צבעוני.

9. דוגמת יד: ברקציה עם שברי גיר לבן ומטריקס חום-אדום. לא מטמורפי (שונה מ-2) (BBR).
שקף: קלציט בגודלי גביש שונים, הרבה מגעי לחץ מבורזלים.
זיהוי: ברקציה.

10. דוגמת יד: גיר ורדרד אחיד, כמעט ליתוגרפי, עם סטילוליטים. דומה ל-3 (PINK).
שקף: גיר עם סטילוליטים המכילים מינרליזציה. מעט שרידי מאובנים, השאר עבר רה-קריסטליזציה. עורקי קלציט.
זיהוי: גיר ליתוגרפי.

11. דוגמת יד: טרוורטין אפור בהיר ספארי עם נקבוביות גבוהה (GREY).

12. דוגמת יד: טרוורטין. מאד וזיקולרי, הרבה דפוסי קנים (TRAV).
שקף: טרוורטין עם מבנה משוכב, מעט קוורץ וחרסיות, סטרומטוליטים, אין חללי צמחים.
זיהוי: טרוורטין למינרי.

13. דוגמת יד: שייש אפרפר עם פני שטח בגוונים שונים המופיעים ככתמים (GMARB).
שקף: גבישי ענק של קלציט.
זיהוי: שייש.

14. דוגמת יד: סלע וולקני אדום עם פנוקריסטים לבנים (RVOL).
שקף: טקסטורה פורפיריטית: פנוקריסטים של אמפיבול כתום-חום, מתחיל להתבלות למינרלי בצר ומיקות; פנוקריסטים של פלגיוקלז בלויים במקצת. מטריקס מוחלף. מינרל ורוד פליאוכרואי במטריקס המוחלף.
זיהוי: אנדזיט.

15. דוגמת יד: שייש לבן/אפור עם פסים דקים (BMARM).

16. דוגמת יד: שייש לבן עם מעט רצועות אפורות (SMARB).

17. דוגמת יד: שייש לבן לגמרי. חלקו עם טקסטורה סוכרית - גבישים גדולים מאד ומתפוררים (WMARB).

18. דוגמת יד: שייש אפור אחיד (UMARB).

19. דוגמת יד: סרפנטיניט, ירוק-אפור עם גושים כהים (SERP).
שקף: גושים של גבישי קלציט, בחלקם גזורים. פסי סרפנטין ממלא סדקים.
זיהוי: סרפנטיניט.

20. דוגמת יד: קלק-שיסט עם למינציה והרבה מיקות (SCHIST).
שקף: שיסט עשיר קלציט, כלוריט, קוורץ מגובש מחדש.
זיהוי: שיסט.

21. דוגמת יד: שייש ירקרק עם קמטים והרבה מיקות (GSCH).

22. דוגמת יד : שייש ורדרד, ברקציוזי עם כתמים בצבעים שונים (MOTTLE).

23. דוגמת יד : ציפחה אפורה (SLATE).
שקף : גבישי קוורץ קטנים, חלקם אולי עברו גיבוש מחדש (Triple point) מיקות, מינרלים כבדים, מעט פלדספרים.
זיהוי : ציפחה ; סלע מטמורפי בדרגה נמוכה.

24. דוגמת יד : ברקציה עם שברי גיר לבן ומטריקס אפור-שחור. דומה ל-9 (GBR).

25. דוגמת יד : סלע שרוף שמקורו אינו ידוע (BURN).

26. דוגמת יד : סלע פורפירי גס המורכב מפנוקריסטים שחורים גדולים במטריקס לבן (PORF).
שקף : גבישי הורנבלנד גדולים במטריקס של פלגיוקלז בלוי לסריציט.
זיהוי: דיוריט בטקסטורה פורפירית.

27. דוגמת יד : פצלים ביטומניים (BITUM).

28. דוגמת יד : גיר אפור, דק גביש, מקומי למערה (LST).
זיהוי : גיר מתצורת חרמון (J_4).

29. דוגמת יד : בזלת (BASALT).

30. דוגמת יד : חלוקי גיר לבנים מעוכים, מטריקס חום בהיר (בניגוד לשייש רגיל בו הוא אפור), אולי דומה ל-4 (MKGL).
זיהוי : מטה-קונגלומרט.

31. דוגמת יד : גיר צהבהב (YELLOW).
שקף : גיר ספארי.
זהוי : גיר.

32. דוגמת יד : שייש אפור כהה (DKMARB).

33. דוגמת יד : סלע וולקני או פלוטוני ורוד (PVOL).

שקף : סלע וולקני פורפיריטי. נראה דומה לדוגמה 14 אך יותר בלוי. פנוקריסטים חומים (אמפיבול מוחלף לגמרי) ולבנים (פלגיוקלז פחות מוחלף).

זיהוי : אנדזיט בלוי.

Table 1 *Physical characteristics of the principal classical marbles*

	Quarry name	*Color**	*Accessory minerals*	*Grain size (mm)*	*Structures etc.*
18	Pendelikon	white, 9.5	qz, wm, gr, or	0.4–0.7	strong foliation
13	Hymettus	medium-light gray, 5–6.5	qz, wm, gr, or	0.1–0.5	color banding, weak foliation
16	Doliana	light gray-bluish white	qz, gr, or	< 0.5, 2–4	layered coarser crystals in a finer-grained matrix
	Agrileza	light gray-white	qz, gr	0.1–0.5	color banding
22	Naxos-Apollona	very light gray-white	qz, wm, ep, or, gr	1.1–2	massive, crystals embayed
17	Paros-Iychnites	white, 9.5	qz, wm, gr	1.0	massive, translucent
19	Thasos-Aliki	white, 9	wm, gr	0.9	foliated, some dolomitic
12	Proconnesus (Marmara)	very light gray-white, 8.5–9.5	ep, gr	0.9–1.6	recrystallized mortar texture
11	Ephesos	white, 9	wm, or, gr	1.0	layered, strong mortar texture
9	Aphrodisias	light gray-white, 7–9	qz, wm, or, gr	0.6–2.0	layered, recrystallized
23	Dokimeion (Afyon)	medium-light gray-white, 5.5–9.5	qz, wm, or, gr	0.6–1.3	massive, some color banding
14	Carrara	very light gray-white, 9–9.5	qz, pl, wm, or, gr	0.6–1.1	layered, massive, recrystallized

* Numbers refer to Munsell Rock Color Chart.

qz, quartz; wm, white micas; or, iron ores; gr, graphite; ep, epidote; pl, plagioclase.

Sources: Lepsius (1890), Renfrew and Peacey (1968), Lazzarini *et al.* (1980), Monna and Pensabene (1977) and unpublished material.

.4 ?????? ? ???? ???? ???

(Hertz, 1987 ????)

????? ??? ????? ?? ????? ???

????? ????? 2

נספח מספר 3

תיאור פסלי השייש בדוגמת יד

מספרי הדוגמאות מתייחסים לטבלה 3.

BAN-35 - הומוגני, בהיר מאד ואחיד, בצבע לבן מט, דק גביש ביותר (מיקרוסקופי). במקומות בודדים מעט גבישים גדולים יותר.

BAN-36 - הומוגני באופן כללי אך עם גבישים גדולים ונוצצים של עד כמה מ״מ. באזור שבור נראה שהשבירה אינה רגולרית.

BAN-37 - גבישים גסים של 1 עד 1.5 מ״מ, בעל צבע לבן מלוכלך.

BAN-38 - עדין מאד, צבע לבן בוהק, דק גביש, עם שבירה חלקה יחסית.

BAN-39 - גס גביש, גבישים 1-1.5 מ״מ, מסיבי, צבע לבן בהיר עד אפור.

BAN-40 - דק גביש ביותר, עדין, מדי פעם גבישים עד 0.5 מ״מ, צבע לבן בוהק.

BAN-41 - גבישים גדולים, צבע אפור בהיר, שבירה לא רגולרית.

BAN-42 - גבישים גדולים, טקסטורה גרנולרית, שכוב (?), צבע לבן בהיר עד אפרפר.

BAN-43 - גודל גביש בינוני 0.5 מ״מ, צבע לבן חלבי - אפרפר.

BAN-44 - מכיל מיקות גדולות 1.5 מ״מ, דולומיט, צבע לבן-צהבהב (שונה מהאחרים).

Geological Survey of Israel
30 Malkhe Israel St.
Jerusalem 95501, Israel

Tel. 02-314211 .טל
Fax. 927-2-380688 .פקס

המכון הגיאולוגי
רח' מלכי ישראל 30
ירושלים 95501, ישראל