יבנה־ים (צפון): גאומורפולוגיה וסביבה

אורן אקרמן

הקדמה

אתר יבנה־ים (צפון) ממוקם במישור חוף פלשת, בגבול שבין חולות ראשון לציון לבין חולות יבנה (אלמגור 2005), במרחק של כ־200 מ' מקו חוף הים (איור 1). פני השטח באזור האתר מתאפיינים בדיונות חול, המכונות חולות חדרה, ומוכרים גם במונח חול מנושב או חולות ראשון לציון (אלמגור 2005).

האקלים ים־תיכוני, לח למחצה. הקיץ חם ויבש, ועונת החורף גשומה וקרירה. הטמפרטורה הממוצעת השנתית היא 20°C. הטמפרטורה הממוצעת בחורף, בחודש ינואר, היא 12°C, והטמפרטורה הממוצעת בקיץ, בחודש אוגוסט, היא 26°C. ממוצע הגשם השנתי הוא 500–600 מ"מ (גונן 2000; **השירות המטאורולוגי** 1990). הצומח באזור מאופיין בצומח חולות המורכב מאגד הלענה החד־זרעית (*Artemisia monosperma* Delile; גונן 2000).

תהליכי עיצוב נוף חופי

האזורים הסמוכים לחוף הים חשופים למפגש של כמה גורמי עיצוב נופיים, ובהם תהליכים איאוליים (עיצוב באמצעות רוח), חופיים ונחליים. מחזורים איאוליים מאופיינים בפרקי זמן שקיים בהם קצב גבוה של השקעת חול, ובפרקי זמן שבהם קצב ההשקעה יורד. קצב השקעה גבוה יוצר השקעה של דיונות חול. קצב השקעה נמוך מאפשר את התייצבות הדיונות, התבססות הצומח, התאבנות הדיונות (בארץ: היווצרות רכסי כורכר) והיווצרות קרקעות. חידוש מחזור השקעה איאולי גורם לקבורת פני שטח הנוף הקדום וליצירת שלב חדש בנוף.

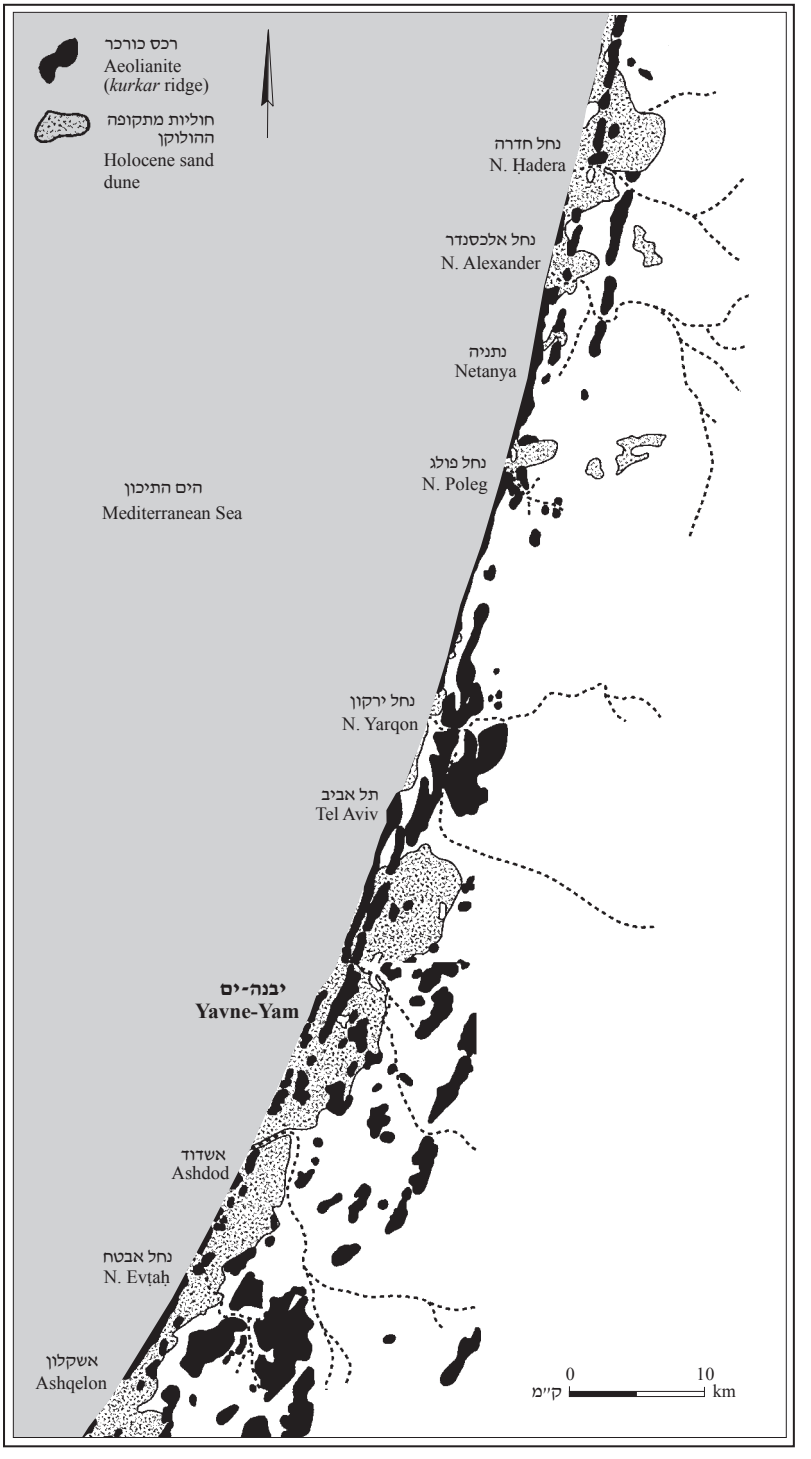
בתהליכים החופיים אפשר להבחין בין השאר בעלייה ובירידה במפלס הים. עלייה במפלס הים גורמת לעלייה במפלס מי התהום. הדבר נובע מכך שמפלס מי התהום המתוקים נמצא מעל מפלס מי הים המלוחים (פן־ביני). התהליכים הנחליים גורמים להשקעת סחף דק־גרגר במוצא הנחלים ולהצפות בעמקים הבין־דיונארים. כך נוצרות ביצות והשקעה של חומר חרסיתי, דק־גרגר (אלמגור 2005).

יוצא אפוא שהאזור החופי נתון לתהליכי היווצרות נוף שכיוונם מנוגד: השקעה מכיוון החוף (בארץ: מכיוון מערב) אל מול תהליכים נחליים מכיוון היבשת (בארץ: מכיוון מזרח) המנסים לפרוץ דרך רכסי דיונות החול. צורת הנוף בזמן נתון היא למעשה תוצאה של יחס בין הכוחות. לדוגמה, עלייה במפלס מי התהום ועלייה בעוצמת הזרימה הנחלית עשויים לגרום לעלייה בהצפות והגדלת שטח הביצות (Cohen-Seffer et al. 2005), ואילו האצה של עוצמת הכיסוי החולי ויצירת דיונות חול עמוקות עשויות להרחיק את מפלס מי התהום מפני השטח (ניר ואלדר־ניר תשס"ה).

פיסיוגרפיה ומבנה מישור חוף השרון ומישור פלשת

המבנה הכללי מאופיין בסדרה של רכסים ושקעים (אבוסים/מרזבות), הנמתחים במקביל לקו החוף בכיוון כללי צפון–דרום (איור 1); גובהם מגיע לעשרות מטרים בלבד. הרכסים מורכבים מדיונות חול מיוצבות למחצה, דיונות מיוצבות ודיונות חול מאובנות (כורכר). השקעים מורכבים מחול מיוצב וקרקעות חוליות, כמו חמרה, וקרקעות חרסיתיות, כמו גרומוסול (זילברמן ואחרים 2006). את מערכת הרכסים חוצים נחלים, שכיוונם הכללי מזרח–מערב. באזורי השפך גורם מחסום החולות להסטת השפך צפונה (איור 1).

הרכס המערבי הוא מצוק בחזית החוף. באזור השרון הוא רציף למדי וגובהו מגיע עד כ־50 מ' בשיאו, מצפון לחוף געש. בחלק הדרומי, חוף פלשת, מדרום לבת־ים, המצוק אינו רציף וגובהו השכיח מגיע ל־10 מ' (איור 2). כניסת החול ליבשת התאפשרה במקומות שבהם קיימת פרצה במצוק החוף (איור 2). כך לדוגמה, בנחל חדרה ובנחל אלכסנדר חדירת החולות הגיעה עד כ־1.5 ק"מ מזרחה לקו החוף. בדרום מישור החוף הגיעה חדירת החולות עד כ־6 ק"מ ממזרח לקו החוף



איור 1. מבנה פיסי של מישור החוף (על פי Tsoar 2000:Fig. 1, באדיבות Israel Science Journals).

איור 2. מבט מהאתר לחוף הים.

(ר׳ איור 1). ממזרח לכיסוי החולי מצויות קרקעות חוליות (כמו חמרה) וקרקעות חרסיתיות (כמו גרומוסול) (זילברמן ואחרים 2006; דן, פיין ולביא תשס״ז).

מבנה זה נוצר במשך עשרות אלפי שנים, שבהן האזור היה נתון למחזורי השקעה של חול, שמקורו מהנילוס, המוסע בזרמי ים לאורך החוף המזרחי של הים התיכון (ניר 1989). פרקי הזמן שבהם עוצמת הרוח גבוהה מאופיינים בהשקעה של דיונות חול. פרקי הזמן שבהם עוצמת הרוח יורדת מאופיינים בתהליכים של התייצבות הודות לכיסוי של הצומח (Tsoar 2000).

דיונות החול המיוצבות עברו תהליכי התאבנות לרכסי כורכר או תהליכים פדוגנטיים (תהליכים יוצרי קרקע) לקרקעות חוליות כמו חמרה. התגבשות הכורכר התרחשה תוך כדי מחזורי הרטבה והתייבשות של דיונות החול. חלחול מי גשמים מראש הדיונה לחלקים נמוכים יותר הוביל סידן מומס לעומק הדיונה. התייבשות המים גרמה להתגבשות משנית של הסידן ולליכוד של גרגרי החול לסלע. תהליכים אלו התרחשו בפרקי זמן של הצטברות סידן בקצב מהיר. קרקעות חוליות כמו חמרה מתפתחות הודות לשילוב של תנאים ותהליכים, כגון קצב איטי של הצטברות הסידן (Porat, Wintle and Ritte 2004), תהליכי שטיפה אינטנסיבית של הסידן מהחלק העליון של דיונות החול אל החלקים התחתונים ותוספת של חרסית שמקורה באבק איאולי (דן, פיין ולביא תשס״ז; Gvirtzman et al. 1999).

תנאי הצטברות גבוהים של סילט בשילוב תנאי שטיפת סידן מוגבלים גרמו להיווצרות קרקעות חרסיתיות כמו גרומוסול (Gvirtzman et al. 1999). בפרקי הזמן של הצפות בעמקים נוצרו קרקעות חרסיתיות ביצתיות (דן, פיין ולביא תשס״ז; Gvirtzman and Wieder 2001; Cohen-Seffer et al. 2005; Singer 2007).

החתך הגאולוגי של מישור החוף, השרון ופלשת

בחתך הגאולוגי בחלק המערבי של מישור החוף ניכרת תצורת חפר, המורכבת לחלופין מחול, כורכר וקרקעות חוליות, ובראשה — כיסוי חולי. החלק המזרחי מורכב מתצורת רחובות, המכילה לחלופין שכבות חול ושכבות של קרקעות חוליות. בחלק מהמקומות התצורה חתומה בקרקע חרסיתית, גרמוסול (דן, פיין ולביא תשס״ז, זילברמן ואחרים 2006).

שטח החפירה הנדונה (ר׳ עג׳מי ועד, כרך זה) מצוי בחלק המערבי של מישור החוף. בהתאם לכך, מתואר להלן החלק העליון של החתך, כפי שהוא מופיע במצוק החוף בשרון ובחוף פלשת (חתך זה תואר בעבודות רבות, ר׳ למשל ריטה תשנ״ח; זילברמן ואחרים 2006; Horowitz 1979; Gvirtzman et al. 1984; Gvirtzman, Netser and Katsav 1998; Porat, Wintle and Ritte 2004).

בחתך נצפו יחידות אלה, מלמעלה למטה: חולות חדרה, חולות תערוכה, כורכר תל אביב, חמרת נתניה וכורכר דור. החוקרים (Gvirtzman and Wieder 2001) הגדירו תת־יחידות בתוך חמרת נתניה לפי הפירוט שלהלן, מלמעלה למטה: רגוסול רקית, חמרת גנות הדר, גרומוסול עין הקורא וחמרת מכמורת (לפירוט היחידות ואפיונן, ר׳ טבלה 1). באזור יבנה־ים, הממוקם במרחב חולות ראשון לציון, שכבת חולות חדרה המתוארכת לגיל מרבי של 1.3 אלפי שנה, מונחת הישר מעל גרומוסול עין הקורא, המתוארך ל־10.5–11.5 אלפי שנה לפני זמננו (Gvirtzman and Wieder 2001). במקומות נוספים בצפון מישור החוף נמצאו יחידות חרסיתיות מתחת לכיסוי חולי. באזור חוף דור למשל נסקרה יחידה חרסיתית שחורה שתוארכה לכל המאוחר ל־8650–9520 שנה לפני זמננו (Kadosh et al. 2004; Sivan, Eliyahu and Raban 2004).

מפלס מי התהום, בארות וחקלאות

עדויות לחקלאות מוואסי (פורת תשל״ה) וממצא של מתקני בארות, המתוארכים מהתקופה הנאוליתית עד התקופות הביזנטית והאסלאמית הקדומה, נמצאו באתרים כמו עתלית, קיסריה, יבנה־ים ואשקלון (ניר ואלדר 1986; ניר ואלדר־ניר תשס״ה; Nir 2008), ומעידים על מפלס מי תהום גבוה שהיה נגיש לחקלאים הקדמונים. דבר זה נובע מכמה גורמים: מפלס פן־ביני גבוה, שהיה כנראה גבוה ממפלס מי הים, וקרקע חרסיתית (גרומוסול) אטומה למים. תנאים אלו אפשרו קיום של מערכת חיים באזור זה בתקופות העתיקות. עם זאת, עלייה בספיקת הזרימה הנחלית ועלייה במפלס מי הים גרמו להגדלת תפרוסת הביצות (Cohen Seffer et al. 2005), ובעקבות זאת ככל הנראה לירידה בפריסת היישוב במישור החוף בתקופות הברונזה הקדומה 2–3 (האלף הג׳ לפסה״נ; Faust and Ashkenazy 2007; 2009). כיסוי חולי בחלקים אחדים במישור החוף התרחש במהלך המאה הז׳ לסה״נ או מעט מאוחר יותר (נצר תשנ״ה; עד ודגוט 2006). סביר להניח כי אירוע זה גרם לכיסוי בארות רבות ולהרחקת הגישה של התושבים הקדמונים אל מפלס מי התהום (איילון ודריי תשס״ה; ניר ואלדר־ניר תשס״ה).

המחקר הגאומורפולוגי באתר

האתר יבנה־ים (צפון; ר׳ עג׳מי ועד, כרך זה) נחשף מתחת לכיסוי של דיונות חול. לפיכך, נבדקו היבטים אלה:

טבלה 1. תיאור כללי של המבנה הגאולוגי של מערב מישור חוף השרון וחוף פלשת

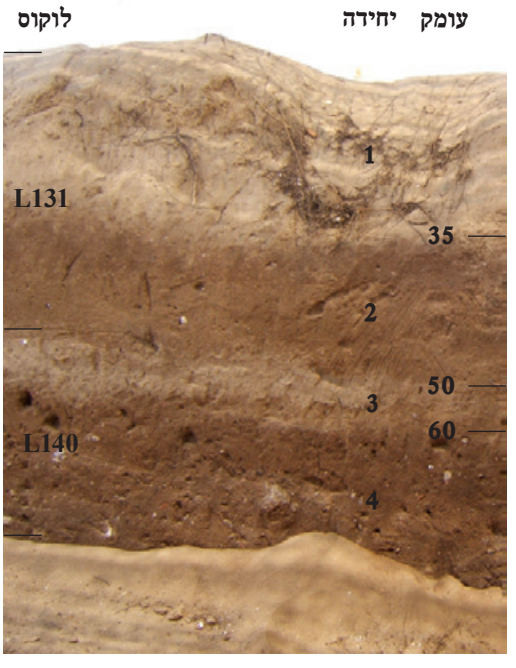
יחידה	תיארוך (אלפי שנים לפני זמננו)	עובי (מ׳)	תפוצה	אפיון כללי	הערות
חול מנושב חולות חדרה	0–1.3 (Gvirtzman and Wieder 2001)			חול	חדירה עד 6 ק״מ ממזרח לקו החוף
חול רבוד חולות תערוכה	4.0–4.6 (Gvirtzman and Wieder 2001)	2–5	אזור הצוק, מתל ברוך עד נתניה לרוחב 1–2 ק״מ	חול קוורצי, למניארי ושיכוב צולב, לא מלוכד, צהוב־חום עד אפור בהיר, מיוצבת	
קלקראניט כורכר בית ינאי כורכר תל אביב	4.5 ± 0.2–5.3 ± 0.3 (Porat et al. 2004)	0.1–1.0 שכיח 0.2 עד 10	פלמחים עד מכמורת	כורכר, ביוקלסטי, למניארי ושיכוב צולב	
חמרה עליונה חמרת נתניה	13.4 ± 1.5–5.7 ± 5.1 (Porat et al. 2004)	1–8	כל מישור החוף, כולל השפלה הפנימית ומפתן היבשת		את היחידה הזו חילקו גבירצמן ווידר לתת־יחידות, שבהן קרקעות חוליות וחרסיתיות (מלמעלה למטה): רגוסול רקיט, חמרת גנות הדר, גרומוסול עין הקורא וחמרת מכמורת (Gvirtzman and Wieder 2001)
כורכר עליון כורכר וינגייט כורכר דור	50.7 ± 4.2–5.3 ± 4.3 (Porat et al. 2004)	עד 40	מרבית מצוק השרון והמצוק שמדרום לבת ים	כורכר, ביוקלסטי ושיכוב צולב	

1. אפיון שכבות הסדימנטים והקרקעות של האתר וסביבתו, ותיארוכו;
2. אפיון פני השטח ותנאי הסביבה באתר לפני כיסויים בדיונות החול;
3. אפיון השינויים הסביבתיים כתוצאה מכיסוי פני השטח בדיונות החול.

מתודולוגיה

לצורך אפיון שכבות האתר נלמדו שני חתכים מייצגים: אחד בשטח האתר, במבנה שמצפון לגת בשטח A (חתך E; איור 3), והאחר — בשטח שממערב לאתר (חתך W; ר׳ עג׳מי ועד, כרך זה: תכנית 3).

השכבות אופיינו בשדה על פי מבנה, מרקם וצבע. תיארוך השכבות נקבע על סמך הממצא הקרמי (ר׳ יקואל, כרך זה). מדידת ההרכב המכני (התפלגות גודל החלקיקים הקטנים מ־2 מ״מ) של הסדימנטים והקרקע נעשתה בשיטת הניפוי היבש לחלקיקים בגודל חול (2–50 מ״מ) ובשיטת ההידרומטר (Klute 1986) למקטעים של חול, סילט וחרסית (0.05–2.00 מ״מ, 0.002–0.050, קטן מ־0.002, בהתאמה). תכולת החומר האורגני נמדדה בשיטת הטטרציה (Rowell 1994). המדידות בוצעו בצמח, במעבדת שירות השדה של המפעלים האזוריים בעמק הירדן.



איור 3. חתך E, ובו היחידות והלוקוסים; העומק בסנטימטרים מפני השטח.

תוצאות

תוצאות סקר השדה ולימוד השכבות סוכמו בטבלות 2–5. חשוב לציין כי החלקים העליונים של דיונת החול באתר הוסרו לפני החפירה, ולכן תיאור החתך החל מהחלק התחתון של דיונת החול. סביר להניח כי הגובה המרבי של הדיונה היה גבוה ב־0.5–2.0 מ׳ לפחות.

חתך E. בחתך אופיינו ארבע יחידות חוליות (טבלות 2 ו־3; איור 3). יחידות 1–3 מכילות 94% חול, וביחידה 4 תכולת החול עומדת על 87%. יחידות 1 ו־2 (L131) מתוארכות לתקופה הרומית המאוחרת, ויחידות 3 ו־4 (L140) מתוארכות לתקופה הרומית הקדומה. נראה אם כן, שהחתך מצביע על שכבות חיים (בעיקר יחידות 2 ו־4 הכהות יותר) שהיו נתונות להצטברות חולית, ככל הנראה בקצב איטי למדי, כך שהתאפשר המשך קיום האתר. בתחתית הדיונה (יחידה 1) נמצאו חרסים המתוארכים לתקופה הרומית המאוחרת, אולי עדות לכך שכיסוי הדיונה התרחש בתקופה הביזנטית או מיד בסופה.

חתך W. בשטח הסמוך לאתר ממערב, ממזרח לסוללת העפר מתקופת הברונזה התיכונה (קפלן 1992), נחפר חתך בדיונת החול העליונה, דרך השכבה החרסיתית שמתחתיה עד לראש שכבת חול הכורכר (טבלות 2 ו־3; ר׳ עג׳מי ועד, כרך זה: תכנית 3). יחידה 1, חולית, מכילה 94% חול. יחידה 2 היא יחידת מעבר מעורבת בחול ובחרסית, שם תכולת החול יורדת ל־76%. בדיקה של התפלגות החול ביחידות 1 ו־2 (טבלה 4) מצביעה על מקטע חולי ממוין היטב, השייך ברובו לגודל הבינוני (0.177–0.600 מ״מ), ביחידה 1 77%, וביחידה 2 53%. דבר זה מעיד על הסעת החול באמצעות הרוח. יחידה 3 (90–130 ס״מ עומק) מכילה קרקע חרסיתית, חומה־אפורה כהה, ולה מרקם סיין חרסיתי חולי. תכולת החול 50%, ותכולת החרסית 32%. על פי תכונות אלו ומיקום היחידה בחתך הגאולוגי, נראה כי היא מתאימה לגרומוסול עין הקורא. בשכבה זו נתגלו קברים מתקופת הברונזה התיכונה (ר׳ עג׳מי ועד, כרך זה). מתחת לשכבה זו נחשף ראשה של שכבה חולית המכילה שברי כורכר.

טבלה 2. תיאור כללי של היחידות הסדימנטריות באתר

יחידה	עומק מפני השטח (ס"מ)	לוקוס	ממצא קרמי	צבע (יבש)	מרקם, מבנה ואפיון כללי	גבול תחתון	הערות
חתך E (מבנה [W15–18], תיאור דופן צפונית)							
1	35–0	L131	רומי (המאות הג'–הד' לסה"נ)	2.5Y7/6 צהוב	חולי, שפיך, שיכוב צולב	חד וישר	חול מנושב
2	50–35	L131		2.5Y6/4 צהוב בהיר, חום	חולי, גרגירי עד אגוזי למחצה, מסיבי עד שיכוב צולב, פריך	חד וגלי	
3	60–50	L131		2.5Y7/4 צהוב בהיר	חולי, שפיך, מסיבי	חד וישר	
4	80–60	L140	רומי (המאות הא'–הב' לסה"נ)	10YR5/4 צהוב בהיר, חום	חולי סייני, מסיבי, גרגרי עד אגוזי, מעט שברי סלע מזוותים בגודל של 2.0–0.3 ס"מ	לא נחשף	ככל הנראה שכבת פני השטח של האתר הרומי; ייתכן כי השכבה אנתרופוגנית
חתך W (ממערב לשטח החפירה)							
1	80/50–0	L140	רומי (המאות הא'–הב' לסה"נ)	2.5Y7/6 צהוב	חולי, מסיבי, פריך, גרגירי ואגוזי פריך	הדרגתי וגלי	החלק העליון של הדיונה שהוסר לפני החפירה; שברי כורכר בגודל 2–5 מ"מ
2	90–70/50			10YR5/4 צהוב־חום 10YR3/3 חום כהה	שכבה סיינית חולית, מסיבית, אגוזית, דחוסה רכה	הדרגתי עד ברור, גלי	שכבת מעבר, מעורבת
3	130–90			10YR3/2 חום־אפור כהה מאוד	שכבה סיינית חרסיתית, חולית, מסיבית אגוזית, מישורי החלקה, תצבירים קרבונטיים וסימני מנגן	חד וגלי	בשכבה זו נמצא קבר מתקופת הברונזה התיכונה
4	130+			10YR6/6 חום־צהוב	חולית, רכה דחוסה חלקית, מעורבת בשברי כורכר מזוותים, 1.0–0.2 ס"מ	לא נחשף	האפיון מתייחס רק לחלק העליון של היחידה

טבלה 3. התפלגות הגרגרים הקטנים מ־2 מ"מ בחתכים מייצגים (ס"ה 100%)

חתך	יחידה	עומק (ס"מ)	חרסית (%)	סילט (%)	חול (%)
E	1	35–0	3	3	94
	2	50–35	3	3	94
	3	60–50	3	3	94
	4	80–60	8	5	87
W	1	50–0	3	3	94
	2	80–50	16	8	76
	3	130–90	32	18	50

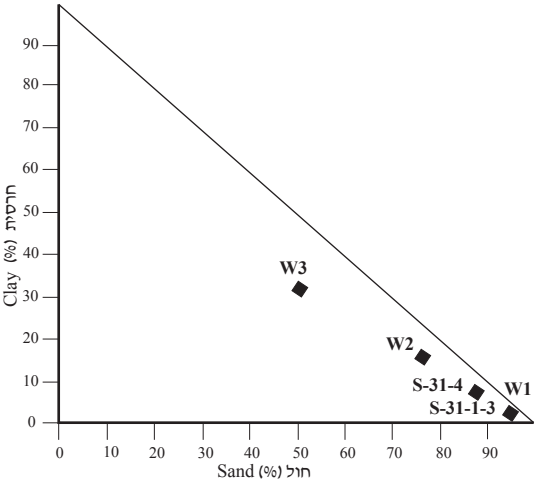
בדיקה של תכולת החומר האורגני (טבלה 5) מראה כי הוא נמוך ביחידות 1 ו־2 (0.1% ו־0.2% בהתאמה). ביחידה 3 לעומת זאת התקבל ערך גבוה (0.5%). ערכי החומר האורגני יורדים בדרך כלל מפני השטח אל העומק. עלייה בריכוז החומר האורגני ככל שמעמיקים מעידה בדרך כלל על פני שטח קדומים (Huckleberry 2001). יש בכך כדי לחזק את ההנחה כי פני שטח הגרומוסול היו במשך פרק זמן ארוך פני השטח הקדומים. השוואה של מרקמי הקרקע והסדימנטים באתר (איור 4) מראה בבירור כי הקרקע החרסיתית באזורי הקבורה שונה מאוד מהכיסוי העליון של דיונת החול.

טבלה 4. התפלגות באחוזים של גרגרי החול בחלק העליון של חתך W (ס"ה 100%)

יחידה	עומק (ס"מ)	<0.177	0.600–0.177	0.84–0.60	1.20–0.84	1.7–1.2	2.0–1.7
1	50–0	19.80	77.34	2.28	0.22	0.20	0.16
2	90–50	15.50	53.24	10.04	6.68	8.67	5.86

טבלה 5. תכולת החומר האורגני (%) בחתך W

יחידה	עומק (ס"מ)	חומר אורגני (%)
1	50–0	0.1
2	90–50	0.2
3	130–90	0.5



איור 4. השוואה של מרקם הסדימנטים בחתכים המייצגים.

סיכום ומסקנות

בעת המודרנית מאופיין האתר בכיסוי חולי נרחב, כתוצאה מכמה גורמים: פרק הזמן שבו הייתה עוצמת רוח גבוהה; כמות גדולה של חול זמין להסעה באמצעות הרוח; ופני שטח ישרים למדי (Tsoar 2000). דיונות חול אלו מכסות פני שטח קדומים, שהיו מורכבים מקרקע של גרומוסול (עין הקורא), ובהם הרכב חרסיתי אטום למים, עדות אפשרית להימצאות מי תהום גבוהים באותה העת.

פני השטח היו יציבים למדי לאורך זמן שנמשך לפחות מתקופת הברונזה המאוחרת עד התקופה הרומית. במהלך התקופה הרומית חלו באתר מחזורים של כיסוי חולי כפי שאפשר לראות בחתך E. כיסוי זה היה ככל הנראה בעוצמות נמוכות, ולכן האתר המשיך להתקיים. נראה כי במהלך התקופה הביזנטית חל באתר מחזור מסיבי של כיסוי חולי, שגרם להפסקת הפעילות בו. ממצאים אלו מתאימים גם לאתרים אחרים במישור החוף, ובהם גן שורק (עד ודגוט 2006) ומקומות אחרים (נצר תשנ"ה).

נשאלת השאלה, מהם הגורמים לכיסוי חולי זה? אחת האפשרויות היא שינוי או תנודה בתנאי האקלים. בשנים האחרונות קיימת תנופה גדולה במחקר ההיסטוריה האקלימית של ארץ ישראל, הנסמך על בדיקות של ההרכב האיזוטופי של החמצן במשקעי נטיפים במערת שורק (Bar-Matthews, Ayalon and Kaufman 1998). מחקר זה מאפשר לבחון את הקשר בין ההיסטוריה האקלימית לאירועים הסביבתיים. ממצאי חקר המשקעים ממערת שורק, שבוצע ברזולוציה גבוהה, מראים שבמהלך התקופות הביזנטית והאסלאמית הקדומה (מהמאה הה' עד אמצע המאה הח' לסה"נ) התרחשו תנודות אקלימיות חדות (Orland et al. 2009).

נתוני הגשם במערת שורק מצביעים על ירידה בכמות הגשם מ־1000 מ"מ במאה הה' לסה"נ לכ־600 מ"מ במאה הו' לסה"נ. בסוף המאה הו' לסה"נ הכמות עלתה שוב לכ־1000 מ"מ. ירידה נוספת בכמות הגשמים נצפתה מהמאה הו' עד אמצע המאה הח' לסה"נ, אז הכמות עמדה על 600 מ"מ לערך.[1] עדות נוספת לתנודה אקלימית זו נמצאה בלימוד מפלסי ים המלח. המפלס ירד מ־395- מ' (גובה מוחלט) ל־404- מ' במהלך המאה הד' לסה"נ. המפלס עלה לכ־396- במאה הה' לסה"נ. במהלך המאה הח' לסה"נ ירד המפלס לכ־405- (Enzel et al. 2003; Bookman et al. 2004).

ייתכן כי אפשר לקשור תנודה זו לאפשרות של עלייה בניוד והרבדה איאולית של החול באזור, אם כי עדיין לא ברור מהו המנגנון הסביבתי שגרם לירידה ביציבות דיונות החול בתקופה זו. הכיסוי החולי באזור זה התאפשר ככל הנראה

עקב תנאי הטופוגרפיה המקומיים, הפתח של נחל שורק והמצוק הנמוך והלא רציף באזור (איורים 1, 2). עובי הכיסוי של דיונות החול הרחיק את האפשרות להגיע אל מפלס מי התהום, ונראה כי הבאר מהמאה הז׳ לסה״נ שנתגלתה באזור היא העדות האחרונה ליכולתם של התושבים הקדומים באזור להגיע למי התהום. סביר להניח, כי קיימות באזור בארות נוספות שכוסו (ניר ואלדר־ניר תשס״ה). כמו כן, אפשר שכלל התנאים הפיסיים והאקולוגיים של האזור השתנו בעקבות הכיסוי החולי, וכך חל שינוי בנוף של יבנה־ים בפרט ושל מישור פלשת בכלל.

הערה

[1] נתוני הגשם הללו נכונים לאזור מערת הנטיפים שורק שבהרי יהודה, ואילו באזור יבנה־ים כמויות הגשם נמוכות יותר. עם זאת, סביר להניח כי התנודות החדות המתוארות היו דומות בשני האזורים.

הפניות

איילון א׳ ודריי י׳ תשס״ה. מערכת השקיה ביזנטית ביבנה־ים. בתוך מ׳ פישר, עורך. **יבנה, יבנה־ים וסביבתן: מחקרים בארכיאולוגיה ובהיסטוריה של מישור חוף יהודה.** תל אביב. עמ׳ 229–252.

אלמגור ג׳ 2005. **חוף הים התיכון של ישראל** (דו״ח GSI/13/02). ירושלים.

גונן ע׳ 2000. **סקר השטחים הפתוחים: מפות נושאיות ב: אזור המרכז.** ירושלים.

דן י׳, פיין פ׳ ולביא ח׳ תשס״ז. **קרקעות ארץ־ישראל.** תל אביב.

השירות המטאורולוגי 1990. **משקעים (מ״מ): כמות שנתית ממוצעת (מפה 11).** ירושלים.

זילברמן ע׳, אילני ש׳, נצר־כהן ח׳ וקלבו ר׳ 2006. **מיפוי גיאומורפולוגי־ליתולוגי של רצועת החוף של ישראל** (דו״ח GSI/22/2006). ירושלים.

יקואל א׳ כרך זה. כלי החרס והאבן מיבנה־ים (צפון).

ניר י׳ 1989. **חופי הים התיכון של ישראל וצפון סיני — היבטים סדימנטולוגיים** (דו״ח GSI/39/88). ירושלים.

ניר י׳ ואלדר א׳ 1986. **מפלס מי תהום בבארות עתיקות כמציין למפלסי ים קדומים ולשינויים ניאו־טקטוניים באיזור החוף הים תיכוני של ישראל** (דו״ח GSI/34/86). ירושלים.

ניר י׳ ואלדד־ניר א׳ תשס״ה. בעיות אספקת המים באזור יבנה־ים וסביבתה. בתוך מ׳ פישר, עורך. **יבנה, יבנה־ים וסביבתן: מחקרים בארכיאולוגיה ובהיסטוריה של מישור חוף יהודה.** תל אביב. עמ׳ 223–228.

נצר מ׳ תשנ״ה. **שנויי אקלים בתקופת ההולוקון והשפעתם על עיצוב הנוף בגוש דן ועל התישבות האדם באזור זה.** עבודת דוקטור, אוניברסיטת בר אילן. רמת גן.

עד ע׳ ודגוט א׳ 2006. גן שורק (דרום). **חדשות ארכיאולוגיות—חפירות וסקרים בישראל** 118 (1.3.2006). http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.asp?id=323&mag_id=111 (תאריך גישה 18.7.2009).

עג׳מי מ׳ ועד ע׳ כרך זה. שטח חקלאי ובתי קברות מצפון ליבנה־ים בתקופות הברונזה התיכונה והמאוחרת, הפרסית, ההלניסטית, הרומית והביזנטית.

פורת י׳ תשל״ה. גני קיסרי. **קדמוניות** 30–31: 90–93.

קפלן י׳ 1992. יבנה־ים. **האנציקלופדיה החדשה לחפירות ארכיאולוגיות בארץ ישראל** 2. ירושלים. עמ׳ 572–573.

ריטה מ׳ תשנ״ח. **סטרטיגרפיה של מצוק חוף השרון, סביבות השקעה ותיארוך בשיטת לומינסנציה** (דו״ח GSI/23/98). ירושלים.

Bar-Matthews M., Ayalon A. and Kaufman A. 1998. Middle to Late Holocene (6,500 Yr. Period) Paleoclimate in the Eastern Mediterranean Region from Stable Isotopic Composition of Speleothems from Soreq Cave, Israel. In A.S. Issar and N. Brown eds. *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*. Dordrecht. Pp. 203–214.

Bookman R., Enzel Y., Agnon A. and Stein M. 2004. Late Holocene Lake-Levels of the Dead Sea. *Bulletin of the Geological Society of America* 116:555–571.

Cohen-Seffer R., Greenbaum N., Sivan D., Jull T., Barmeir E., Croitoru S. and Inbar M. 2005. Late Pleistocene–Holocene Marsh Episodes along the Carmel Coast, Israel. *Quaternary International* 140–141:103–120.

Enzel Y., Bookman R., Sharon D., Gvirtzman H., Dayan U., Ziv B. and Stein M. 2003. Late Holocene Climates of the Near-East Deduced from Dead Sea-Level Variations and Modern Regional Winter Rainfall. *Quaternary Research* 60:263–273.

Faust A. and Ashkenazy Y. 2007. Excess in Precipitation as a Cause for Settlement Decline along the Israeli Coastal Plain during the Third Millennium BC. *Quaternary Research* 68/1: 37–44.

Faust A. and Ashkenazy Y. 2009. Settlement Fluctuations and Environmental Changes in Israel's Coastal Plain during the Early Bronze Age. *Levant* 41:19–39.

Gvirtzman G., Shachnai E., Bakler B. and Ilani S. 1984. Stratigraphy of the Kurkar Group (Quaternary) of the Coastal Plain of Israel. *Geological Survey of Israel, Current Research* 1983–1984:70–82.

Gvirtzman G., Netser M. and Katsav E. 1998. Last-Glacial Stage to Holocene Kurkar Ridges, Hamra Soils, and Dune Fields in the Coastal Belt of Central Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 47:29–46.

Gvirtzman G. and Wieder M. 2001. Climate of the Last 53,000 Years in the Eastern Mediterranean, Based on Soil-Sequence Stratigraphy in the Coastal Plain of Israel. *Quaternary Science Reviews* 20:1827–1849.

Gvirtzman G., Wieder M., Marder O., Khalaily H., Rabinovich R. and Ron H. 1999. Geological and Pedological Aspects of an Early-Paleolithic Site: Revadim, Central Coastal Plain, Israel. *Geoarchaeology* 14:101–126.

Horowitz A. 1979. *The Quaternary of Israel.* New York.

Huckleberry G. 2001. Archaeological Sediments in Dryland Alluvial Environments. In J.K. Stein and W.R. Farrand eds. *Sediments in Archaeological Context*. Salt Lake City. Pp. 67–92.

Kadosh D., Sivan D., Kutiel H. and Evron-Weinstein M. 2004. Late Quaternary Environmental Changes Based on Stratigraphy and Palynological Data Obtained from Dor, Carmel Coast, Israel. *Palynology* 28:143–157.

Klute, A. ed. 1986. *Methods of Soil Analysis* 1 (2nd ed.) (Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA). Madison, Wis.

Nir Y. 2008. The Wells of Ashkelon. In L.E. Stager, J.D. Schloen and D.M. Master eds. *Ashkelon* I: *Introduction and Overview (1985–2006); Final Reports of the Leon Levy Expedition to Ashkelon.* Winona Lake. Pp. 105–106.

Orland I.J., Bar-Matthews M., Kita N.T., Ayalon A., Matthews A. and Valley J.W. 2009. Climate Deterioration in the Eastern Mediterranean as Revealed by Ion Microprobe Analysis of a Speleothem that Grew from 2.2 to 0.9 ka in Soreq Cave, Israel. *Quaternary Research* 71:27–35.

Porat N., Wintle A.G. and Ritte M. 2004. Mode and Timing of Kurkar and Hamra Formation, Central Coastal Plain, Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 53:13–25.

Rowell D.L. 1994. *Soil Science Methods and Applications.* London.

Singer A. 2007. *The Soils of Israel*. Berlin.

Sivan D., Eliyahu D. and Raban A. 2004. Late Pleistocene to Holocene Wetlands Now Covered by Sand, along the Carmel Coast of Israel, and Their Relation to Human Settlement: An Example from the Coastal Site of Dor. *Journal of Coastal Research* 20:97–110.

Tsoar H. 2000. Geomorphology and Paleogeography of Sand Dunes that have Formed the Kurkar Ridges in the Coastal Plain of Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 49:189–196.

YAVNE-YAM (NORTH): GEOMORPHOLOGY AND ENVIRONMENT

OREN ACKERMANN
(PP. 59–67)

The site of Yavne-Yam (North) is located on the coastal plain of Peleshet, on the border of the Rishon Le-Ẓiyyon and Yavne dunes (Fig. 1), approximately 200 m from the coastline (Fig. 2). The site is buried under sand dunes known as 'Aeolian Sand'. The three goals of this research were:

1) To characterize the sedimentary levels and soils of the site and its vicinity;
2) To locate the ancient surface level and document environmental conditions;
3) To identify the environmental changes that resulted from the covering of the site by the sand dunes.

In order to reach these goals two representative sections were examined (Sections E and W).

Section E

In this section, four sand units were identified (Tables 2, 3; Fig. 3). Units 1–3 contained 94% sand, and Unit 4 contained 87% sand. Units 1 and 2 (L131) date to the Late Roman period and Units 3 and 4 (L140), to the Early Roman period. It seems that this section contains occupation levels (especially in Units 2 and 4, which are darker) that were subjected to an accumulation of sand, apparently at a very slow rate, allowing for continued habitation of the site. At the bottom of the dune (Unit 1), Late Roman-period pottery was found, providing possible evidence for the covering of the site by sand dunes during the Byzantine period or shortly thereafter.

Section W

West of the site, a section was excavated in the upper sand dunes, through the clay layer beneath it to an upper layer of calcareous Aeolianite sandstone, known locally as *kurkar* (Tables 2 and 3; see Ajami and 'Ad, this volume: Plan 3). Unit 1 contained 94% sand. Unit 2 is a transitional unit of mixed sand and clay, where sand content decreases to 76%. Examination of the fraction size distribution of the sand in Units 1 and 2 (Table 4) indicates a well-sorted sandy composition, mostly medium-sized grains (0.177–0.600 mm); 77% in Unit 1 and 53% in Unit 2. This implies that the sand was transported by wind. Unit 3 (90–130 cm deep) contains a dark gray-brown clayey soil, and has a sandy clay texture. The sand content is 50% and the clay content is 32%. According to these features, and the location of this unit within the geological sequence, it could be identified as 'En Ha-Qore' Grumosol. In this layer, Middle Bronze Age tombs were revealed (see Ajami and 'Ad, this volume). Below this layer, the beginning of a sandy layer containing *kurkar* fragments was exposed.

An analysis of the organic content (Table 5) shows low values in Units 1 and 2 (0.1% and 0.2%, respectively). In Unit 3, however, there was a high value (0.5%). Values of organic matter usually descend from the surface downward; an increase in organic matter concentration in deeper levels, as identified here, may be evidence of an ancient surface. This supports the assumption that the Grumosol surface was an ancient surface for an extended period of time. A comparison of soil textures and sediments at the site (Fig. 4) clearly shows that the buried clay soil (Grumosol) is significantly different from the upper covering of the sand dunes.

Summary and Conclusions

The surface of the site was quite stable for a long period of time, lasting at least from the Late Bronze Age until the Late Roman period. During the Roman period, the site underwent cycles of sandy coverage as can be seen in Section E. This coverage was probably of a

low intensity, allowing for the site to continue to exist. It seems that during the Byzantine period, the site underwent a massive cycle of sandy coverage, leading to the termination of activity. Climate fluctuations may be one of the causes for this covering. It is possible that this oscillation could relate to an increase in the mobility and deposition of aeolian sand in the region. The sandy coverage was probably possible in this area due to the local topographical conditions, the Soreq stream, and the low non-contiguous cliff in this area (Figs. 1, 2).

The thick covering of the sand dunes made it difficult to reach the water table, and it seems that a seventh-century CE well that was discovered in the area is the latest evidence of the ability of the area's ancient inhabitant to reach groundwater. It seems, therefore, that the physical and environmental conditions of the Yavne-Yam (north) area, in particular, and the Peleshet coastal plain, in general, changed significantly.

CAPTIONS TO ILLUSTRATIONS

Fig. 1. Physical structure of the coastal plain.
Fig. 2. The site, looking west; note the low height and discontinuity of the cliff.
Fig. 3. Section E (depth is in centimeters).
Fig. 4. A comparison of the sediment fraction size distribution of the representative sections.
Table 1. General description of the geology of the western coastal plain.
Table 2. General description of the sediment units at the site.
Table 3. Fraction size distribution of grains smaller than 2 mm from representative sections.
Table 4. Fraction size distribution of sand grains in the upper part of the western section.
Table 5. Organic matter content (%) in the western section (W).