

הוּא וְאַתָּה

HOTEL

**אקויפר החוף:
לנהל נכון**

**מادر נטופה:
למדוד את ההתאזרחות**

**אנט איזן טויז צוֹן:
תחנת כוח בנגב**

**חוף חיפה:
לבזוק את השינויים**

**שיקום מי תהום:
הציג מודל**

**משק המים:
סיכון ותחזית**

תערוכות • חדשות • מן העולם • מנשור ונקרוה

שלא יגמר החול והים

השפעה של הקמת נמל חיפה על השינויים המורפולוגיים בקוו החוף לאורך חוף מפרץ חיפה

דב צבאילי¹, אליעזר קיט², מיכאלה קליאו¹

כריית החול המסיבית שהתקיימה לאורך חוף ישראל במהלך שנות ה-60 ו-70, במיוחד לאחר הקמת נמל חיפה, השפיעה באופן ניכר על המורפולוגיה הימית של חוף הכרמל. תהליכי איסוף החול נמשכו במשך שנים רבות, וכתוצאה מכך, התרחשו שינויים משמעותיים בשפה החוף, במיוחד בערך כ-10 ק"מ מדרום לנמל חיפה. אחד השינויים העיקריים היה הרחבת קו החוף, שזכה לכינוי "ההרחבת הדרומית".

מבוא

ההרחבת הדרומית, הנפרש לאורך כ-10 ק"מ, הייתה תוצאה של עבודות איסוף חול שנערכו במהלך שנות ה-60 ו-70. עבודות אלו השפיעו בעיקר על קו החוף במערב הכרמל, מדרום לנמל חיפה, ובהם עבודות איסוף חול מימיים ימיים (ים התיכון) ומים מתוקים (ים מליח). עבודות אלו השפיעו בעיקר על קו החוף במערב הכרמל, מדרום לנמל חיפה, ובהם עבודות איסוף חול מימיים ימיים (ים התיכון) ומים מתוקים (ים מליח).

¹ המחלקה לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, הפקולטה למדעי החול, אוניברסיטת חיפה.

² המחלקה למכניקת זורמים ומעבר חום, הפקולטה להנדסה, אוניברסיטת תל-אביב.

(The Nile littoral cell) הצפון-מזרחי של התא החופי של הנילוס (Emery and Neve 1960; Goldsmith and Golik 1980; Inman and Jenkins 1984; Carmel et al. 1985; Perlin and Kit 1999). לפיכך, חקר המפרץ עשוי לעזור בהבנת התהליכים דלעיל שהתקיימו ברמה הרגионаלית במהלך העשורים האחרונים לאורך חוף ישראל, מרפיח בדרום ועד רاش-הכרמל בצפון. חוף מפרץ משטרעים לאורך כ-19 ק"מ ותחומים בדרום על-ידי רاش-כרמל, במזרח על-ידי עמק זבולון, ובצפון על-ידי רاش-כרמל, שני נהרות נשפכים אל המפרץ חיפה: הקישון בדרום והנעמן בצפון. בעת שיטפונות מסוימים הנהרים כמותם גדולות ותורמים חול קורוז. ניתן לחלק את חוף מפרץ חיפה לשני קטיעים שונים על-פי המבנה המורפולוגי שלהם: הקטע הראשון והקצר משתרע לאורך החוף הדרומי-מערבי והדרומי של המפרץ, מנמל חיפה ועד לצ'יץ' הימיים הצמוד ממזרח לשפך הקישון. קטע חוף זה מלאכותי ברובו וככלל מבנים ימיים רבים כגון: שובר גלים, מזחים וקירות-ים. הקטע השני והארוך נפרש לאורך החופים המזרחיים והצפוניים של המפרץ: מחוף קרת חים בדרום ועד לרגלי חומות העיר העתיקה של עכו בצפון. קטע חוף טבעי זה חולי, קשתי ורחב, בעל שיפוע מתון, היכול להעיד על יציבות דינמית זמנית של המבנה המורפולוגי של החוף. בקטע זה יש מספר מועט מאוד של מבנים ימיים קטנים.

נמל חיפה, שהוקם בשנים 1929–1932, בימי המנדט הבריטי, הוא המבנה הימי הגדול ביותר במפרץ חיפה. מיד לאחר הקמתו שוחרר הגלים הראשיים של הנמל, התפתחה לאורכו מכיוון צפון-מערב לדרום-מזרח, שרטון חול גדול (וידה Civil and Marine; 1997 Engineering 1960; Golik et al. 1999) הוא עקף בראש הגלים וחדר מזרחה אל נתיב הכניסה לנמל. לפיכך, היה צורך ביצוע חפירה לצורך סילוק השרטון. בשנת 1960 הגישה חברת "הנדסה ימית ואזרחית" דוח, הממליץ על פועלות החפירה הדורשות לפיתוח ואחיזת הנמל. על סמך המלצות הדוח נחפרה בשנים 1961–1962 כמות כוללת של כ-1.9 מיליון מ' חול



איור 1: אזור מפרץ חיפה (על רקע צילום של NASA, מס' ISS001-5982-ESC, מותאריך 28.12.2000).

נתוני שדה

מפות היסטוריות

לצורך חקירת השינויים המורפולוגיים שהחלו בחוף מפרץ חיפה בעקבות הקמת נמל חיפה, נבחנו מפות שונות של המפרץ מהשנים 1799–1998. על פי מקורות מידע אלה, קו החוף מהווה סמן מורפולוגי חשוב לוחיקת השינויים הטבעיים והלאeosטטיים שהחל לאורך חופי המפרץ בתקופה הנדונה. מארכיאונים בישראל ובאיורפה נאספו عشرות מפות יבשתיות (maps) וימיות (charts), שהוכנו במהלך התקופה דלעיל. ראוי להציג כי קיימים הבדלים רבים בין שני סוגי המפות, שמקורם במטריות השונות שלושמן הן נוצרו. לצורך המחקר, נבחרו המפות שהתבססו רק על מדידות מקוריות שנערכו בשטח המפרץ ולא על התקנה (compilation) של נתונים ישנים מקורות שונים. מתוך הממצאים נבחרו 11 המפות המתאימות למיפוי השינויים בקו החוף של מפרץ חיפה לשנים 1799–1998 (טבלה 1). כמו כן, על מנת להעיר את הדיווק של מיקום קו החוף הנראה במפות, נחקרו שיטות ואמצעי המדידה בהם השתמשו המודדים, המוגבלות שעמדו בפניהם והמטריות שלושמן נעשו המפות.

תצלומי אויר

על מנת להרחיב את בסיס הנתונים של קו החוף במפרץ חיפה בשנים 1945–1995 ולבסס כמותית את התוצאות שהתקבלו מניתוח המפות ההיסטוריות, נבחרו בנוסף שתי סדרות של תצלומי אויר, שבהם נראים חופי הكريوت והחופי הדרומי של עכו בתקופת הזמן הנדונה. תחום הכספי של תצלומי האויר במפרץ חיפה מצומצם יותר מתחום הכספי של המפות ההיסטוריות, לאחר מכן ווחרף מרכז המפרץ הנפרש לאורך של כ-4 ק"מ אינו זמין למחקר עקב מגבלות ביחסן. חקר השינויים במיקום קו המים משפק הקישון ועד צפון קריתים מסתמן על ניתוח חדש של המידע המקורי והמפורט שהופק בעבודתם של גוליק ועוד (Golik et al. 1999), ואילו חקר השינויים במיקום קו המים מחוף פרוטרום ועד לחותם עכו מסתמך על מיפוי חדש מתוך תצלומי אויר שהוכן בעבודת המחקה הנוכחיית.

מייפוי קו החוף מתוך המפות

ההיסטוריה

מייפוי קו החוף של מפרץ חיפה מתוך המפות ההיסטוריות נעשה בערבת תוכנת המיפוי הפטוגרמטרית "Microstation Descartes". בשלב הראשון נסקנו מפות הניר בפורמט A8 וב祖ולוציה של 300 dpi 400 המאפשרת להוות פרטיטים קטנים ביותר המוצגים במפות. לצורך השוואת כמותית בין קווי החוף "הובאו" המפות למשורר ייחוס גיאוגרפי אחיד (geo-reference) והוא היטל קסיני–סולדנר (Cassini–Soldner) Clark 1860 Modified המוכר בשם דאטום ישראל היישן. התיקון הגיאומטרי (geometric registration) של המפות והבאתן למשורר ייחוס גיאוגרפי

טבלה 1: מפות היסטוריות של מפרץ חיפה שנוחחו לצורך המחקר						
שם המפה	מספר המפה	תאריך ביצוע המיפוי	מקום המיפוי	מבחן המיפוי	תאריך הוצאה לאור	המידה
,Acre ,Nazareth le Jourdain	46 .F IIe	1799	Jacotin (1818)	L`expedition de l'Armee Francais	1:100,000	לאור
Bay of Acre	1585	1843 – Haifa	Biddlecombe and Dillon (1844)	U.K. Hydrographic Office	1:37,300	מקרוב
Bay of Acre	1585	1862	Mansell et al. (1863)	U.K. Hydrographic Office	1:45,400	הכרפתי
Levés en Galilée	–	1870	Mieulet and Derrien (1870)	המטה הכללי	1:100,000	הכרפתי
Nazareth	V	77–1871	Conder and Kitchener (1880)	Palestine Exploration Fund	1:63,360	
Acre	25–15	30–1929	Survey of Palestine (1933)	Survey of Palestine	1:20,000	
Haifa	25–14	,28–1927 and east of Kishon River 1932	Survey of Palestine (1932b)	Survey of Palestine	1:20,000	
Carmel	24–14	1927	Survey of Palestine (1932a)	Survey of Palestine	1:20,000	
Bay of Akka	1585	1930	Edgell et al. (1931)	U.K. Hydrographic Office	1:50,000	
עכו	25–15	1955 (תיקון פרטיטים חלק) (1958)	מחלקה המדידות ישראל (1959)	מחלקה המדידות ישראל	1:20,000	
חיפה–מזרחה	25–14	1956	מחלקה המדידות ישראל (a1958)	מחלקה המדידות ישראל	1:20,000	
חיפה–מערב	24–14	7–1956	מחלקה המדידות ישראל (a1958)	מחלקה המדידות ישראל	1:20,000	
מפה טופוגדרטטיבית	255–155	1966	מחלקה המדידות ישראל (b1968)	מחלקה המדידות ישראל	1:10,000	
מפה טופוגדרטטיבית	250–155	1966	מחלקה המדידות ישראל (1970)	מחלקה המדידות ישראל	1:10,000	
חיפה	I-3	1968	מחלקה המדידות ישראל (a1968)	מחלקה המדידות ישראל	1:50,000	
Haifa	1585	1998	(1998) Clarke	U.K. Hydrographic Office	1:20,000	

משלישה אזורים עיקריים: כ-966 אלף מ"ק לאור שובר הגלים ועוד כ-320 אלף מ"ק מזרחית לראש שובר הגלים (סה"כ 1.3 מיליון מ"ק מתוך שרטון החול) והיתרה כ-600 אלף מ"ק בחלקו הפנימי של נתיב הכנישה לנמל. כמות החול הנдолה, שנחפרה מתוך שרטון החול, שימשה להקמת הרציף המערבי של נמל חיפה.

מאז החפירה הגדולה בראשית שנות ה-60 ועד היום המשיכו להצטבר חולות נילוטיים לאור שובר הגלים הריאשי של הנמל. חישובים כמותיים עדכניים מראים, כי בשנים 1929–2004 הצטברה לאור שובר הגלים כמות של כ-4.976 מיליון מ"ק חול (איור 3), שהם כ-66 אלף מ"ק בממוצע לשנה לכל אורך התקופה (צבייאלי, 2005).



איור 2: התא הלייטורי של הנילוס (ברקע צלום מהלוון SEAWIFS, ספטמבר 1998, ארכיון NASA).

טבלה 2 א': תוצאות תהליך הסריקה, העיגון הנגואוטי וחישוב שגיאת המדידה למפות שנבחרו להשווות מקום קו החוף של מפרץ חיפה בשנים 1799–1930

Carmel 24-14	Haifa 25-14	Acre 25-15	Bay of 1585 Acre	Acre, ,Nazareth le Jourdain	שם ומספר המפה
1927	-1927 1928	-1929 1930	1862	1799	תאריך ביצוע המיפוי
300	300	300	400	400	רזולוציית סריקה (dpi)
4.20	4.25	3.90	3.50	3.50	Pixel size (m)
20	12	19	10	10	מספר נקודות הבדיקה
5.90	4.63	3.04	6.36	6.36	Standard Deviation X (m)
2.87	3.16	2.39	6.52	6.52	Standard Deviation Y (m)
4.54	3.82	2.74	7.11	7.11	Standard Deviation XY (m)
8.81	7.97	4.44	9.41	9.41	RMS error X (m)
4.93	4.99	4.29	11.01	11.01	RMS error Y (m)
10.10	9.41	6.17	14.48	14.48	RMS error XY (m)
6.35	7.89	4.62	11.37	11.37	שגיאות המדידה הספרטית (מ')

אחד, התבכע בשני שלבים. תחילת תוקנו על-פי קווארדינאות הרשות המפות מהמאה ה-20 בעלות הפרמטרים הגיאודטיים של רשות ישראל הישנה וdatooms ישראל הישן. לאחר מכן תוקנו גיאומטריות המפות מהמאה התשע עשרה, על-פי נקודות בקרה המשותפות להן ולמפות שתוקנו מהמאה העשרים.

נקודות הבקרה (העיגון) המשותפות שאוטרו היו (לדוגמה): גשרים/ מעברים על נחל הקישון ונחל הנעמן, צמחי דרכים באזורי העיר העתיקה של חיפה ועכו, מבנים ימיים באזור נמל עכו ולאורך חוף העיר העתיקה של חיפה ובנויים מורפולוגיים סלעיים סביב קו רاش-הכרמל.

המפות הספרתיות הגלמיות הועלו על גבי תוכנת המיפוי ותוקנו גיאומטרית בעזרת מודל טרנספורמציה קוונפורמי מסדר שני (translation) (second order) בשם "Similitude". מודל זה מבצע הזזה (rotation) בשני הצירים X ו- Y (למפה הגלמית), סיבוב (rotation) ושינוי קנה-מידה אחד (scaling) תוך התבسطות על שתי נקודות בקרה לפחות בעלות קואורדינטות ידועות. החלטתה להשתמש במודל Similitude, המוגבל יחסית בדרגות החופש שלו, הסתמכה על הנתונים הבאים: 1) השטח הפיזי המוצג במפות קטן יחסית; 2) השטח הרלוונטי להשוואת קווי החוף מתון, ובעל מרעעת גבהים קטנה מאוד; 3) המידע על הפרמטרים הגיאודטיים (היטל, DATAOM וקווארדינאות) של המפות מהמאה ה-19 מוגבל מאוד או חסר ושוונה מהmapsות החדשות יותר מהמאה ה-20, ולכן לא ניתן להתמיר אותם על-פי נסחאות מוכנות להתרומות היטלים וDATAOMים. כתוצאה מתהיליך התיקון הגיאומטרי עוגנו המפות הגלמיות במישור ייחוס גיאוגרפי אחד, בהתאם לפרמטרים הגיאודטיים של רשות ישראל הישנה. תוצאות התיקון הגיאומטרי מוצגות בטבלאות 2 א'-ב'.

בסיום תהליך התקון הגיאומטרי מופו, בעזרה תוכנת המיפוי הוקטוריית "Microstation Java", קוי החוף המוצגים במפות השונות ואוחדו בקובץ גրפי אחד. על-ידי "ישום Measure area" הקים תוכנת המיפוי נמדדנו בשיטה פלמינטורית השטחים הכלואים בין קויי החוף שנבחרו, וכן גבול מלאכותי ואחד לכל המפות שנקבע לצורך המדידה. לאחר מדידת הגדים של כל שטח בכל מפה, גודל השטח שהתקבל בכל מפה חולק באורך קו החוף של מפרץ חיפה, והתקבל מרחק השינוי הממוצע של מיקום קו החוף. פעולה זאת של חלוקת השטח באורך קו החוף ביצהעה אינטגרציה ו齊פה על כל שטח המדידה, וכן תוצאותה אמינה יותר מאשר מדידה של השינויים במיקום קו החוף על-ידי נקודות בזווית אורך החוף (צביאיeli 2000). על מנת להעריך את דיקוק המיפוי הספרי של קו החוף השונים, הוערכה שגיאה המדידה הספרטטיב המצטברת (טבלאות 2 א' ו-2 ב') המשפעת על ידי כל אחד משלבי המיפוי התורם אי-דיקוק אופקי מסוים למיקום קו החוף. השגיאה המצטברת המקסימלית היא סכום כל אי הדוקים עבור נקודה בזווית על קו המופיע וניזה לחישורה על-ידי הנומתקה:

$$E_{max} = \frac{1}{\sqrt{G}} (2R + 2D)$$

כמפורט:

R – שגיאה הנובעת מאיכות התקון הגיאומטרי. להערכת יתר כפiliar את XY-RMS המקסימלי שהתקבל. D – שגיאת הסימון הוקטורית של מיקום קו החוף הנובעת מאיכות המפה. להערכת יתר, כפiliar את אורך הפיקסל (Pixel size) שהתקבל במפה לאחר שעבירה תיקון גיאומטרי (חימי 1998).

G – מספר נקודות הבקרה שנבחרו לצורך עיגון המפה.

מייפוי קווי החוף מtower צלומי'

האויר

על מנת להשווות בצורה כמותית בין מקומות קווי החוף הנראים בתצלומי האויר השונים, בין מקומות קווי החוף הנראים במפות ההיסטוריות, הובאו תצלומי האויר למשור הייחוס הגיאוגרפי האחד של המפות. לביסוס גיאודטי של תצלומי האויר הגולמים נעשה שימוש בעשרות נקודות בקרה שזוהו במפה טופוגדרטית מס' 255-155 (בקנה-מידה 1:10,000) המכסה את צפון מפרץ חיפה (פרטים בטבלה 1). ההחלטה להתבסס על נקודות בקרה מתוך המפה לעיל במקומות נקבעות בקרה שימדדו בשיטה בעזרת מכשיר GPS גיאודטי, הסתמכה על העובדה שתהליך התמרה הדאוטום של נקודות Clark (WGS84) לדאות של רשות ישראל הישנה (1860 Modified Projective fourth order) וורם שגיאת מיקום של לפחות 5 מ'.

תצלומי האויר הספרתיים הועלו על גבי תוכנת המיפוי הפטוגרמי, ותוכנו בעזרת מודל טרנספורמציה פולינומי מסדר רביעי (fourth order) בשם "Projective" שהוא בעל דרגות חופש רבות יותר מהמודל "Similitude". מודול זה מבצע "ישור Warping" של המפה הגלומית על פני משטח המוגדר על ידי מינימום ארבע נקודות בקרה בעלות קואורדינטות ידועות. המודול מאפשר הזזה בשני הצירים א-ז, סיבוב ושינוי לא-אחד בקנה-מידה של התצלום בציר א'יחסית' בציר ע'בנוסף הוא מנה גם אי-ኒיצבות בין שני הצירים האלה. תוצאות התקין היגיאומטרי מוצגות בטבלה 3. כתוצאה מתהילך התקין היגיאומטרי מושפעת ביטול רשות ישראל הישנה. המשך תהליך המיפוי ומדידת השינויים במיקום קווי החוף הדורמי של עכו דומה לתהליך המיפוי והמדידה המים בחוף הדורמי של עכו פי המפות ההיסטוריות. עם זאת, שגיאת קווי החוף על פי המפות ההיסטוריות. מושפעת בנוסח גם משגיאת המדידה הספרטתית המצטברת מושפעת בנוסח גם משגיאת הזיהוי (I) של מיקום קו המים, הנובעת מהקביעה הויזואלית הסובייקטיבית של המפה. לכן השגיאת המצטברת המקסימלית היא סכום כל אי-הדיוקים עבור נקודה בודדת על קו המים, ונינתן לחשבה על-ידי הנוסחה:

$$G = \sqrt{(2R + 2I + 2D)^2}$$

כאשר: I – שגיאת הזיהוי של מיקום קו המים. להערכת יתר, נכפיל בדומה לשגיאת הסימון הוקטוררי של מיקום קו המים, את גודל הפיקסל שהתקבל בתצלום האויר ה"מיושר" (לאחר שעבר תיקון גיאומטרי).

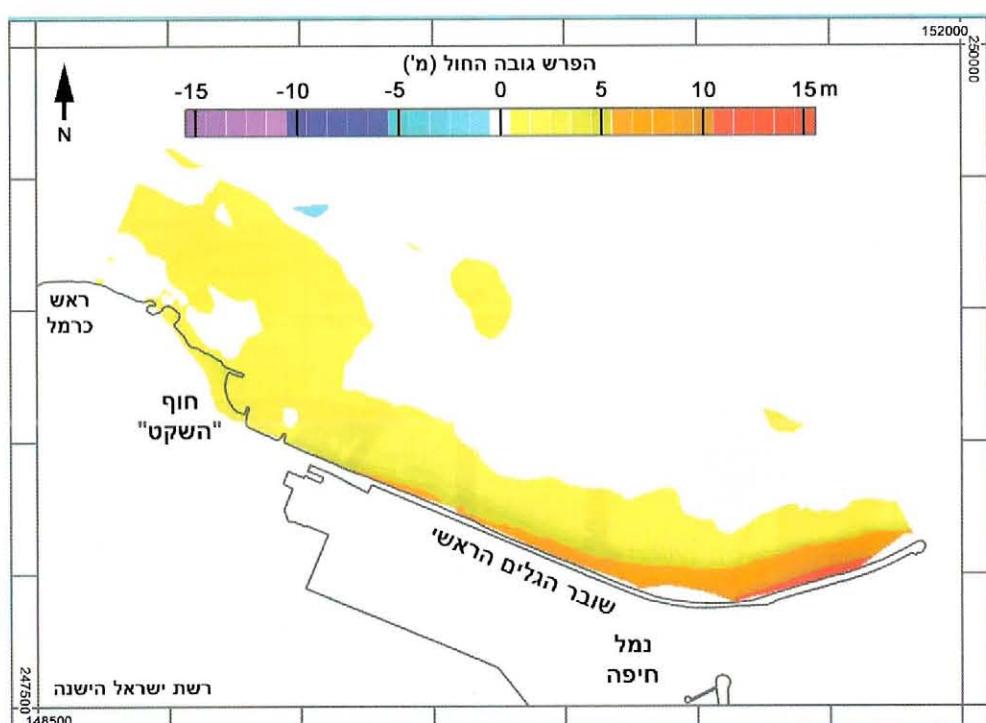
ממצאים

ממצאי המחקר מאפשרים לתאר את השינויים שהלכו במבנה המורפולוגי של חוף מפרץ חיפה במהלך השנים האחרונות, ולהציג נתונים כמותיים על השינויים במיקום קו החוף. מבחינה מורפולוגית ניתן לחלק את החוף של חיפה, כפי שהוא עד תחילת הקמת נמל חיפה בשנת 1929, לחמשה קטיעים: חוף חיפה, חוף הקישון, חוף הקריות, חוף מרכז המפרץ, וחוף עכו.

חוף חיפה

בתחילת המאה העשרים השתרע חוף חיפה לאורך כ-3.4 ק"מ בכיוון דרום-מזרח, מקצה ראס-כרמל (Ras el Krum) ועד

טבלה 2 ב': תוצאות תהליכי הסריקה, העיגון הגיאודטי והישוב שניתנת המדידה למפות שנבחרו להשוואה מקום קו החוף של מפרץ חיפה בשנים 1998-1955							
שם ומספר המפה	Haifa 1585	טופוגדרטית 255-155	טופוגדרטית 250-155	חיפה-מערב 24-14	חיפה-מזרח 25-14	עכו 25-15	
תאריך ביצוע המיפוי	1998	1966	1966	1957-1956	1956	1955	
רזולוציית סריקה (dpi)	400	300	300	300	300	300	
Pixel size (m)	2.92	2.10	2.10	4.15	4.15	4.25	
מספר נקודות בקרה	16	35	34	24	36	24	
Standard Deviation X (m)	2.65	1.57	2.12	4.54	3.45	2.43	
Standard Deviation Y (m)	1.70	1.31	1.65	4.46	3.80	3.50	
Standard Deviation XY (m)	2.55	1.71	2.08	5.00	3.57	3.80	
RMS error X (m)	4.66	3.26	3.71	6.96	6.39	4.64	
RMS error Y (m)	3.02	1.99	2.84	6.71	4.94	4.87	
RMS error XY (m)	5.55	3.82	4.67	9.67	8.80	6.73	
שיעור המדידה הסופרtiny המצטברת (מ')	4.23	2.00	2.32	5.64	4.32	4.48	



איור 3: מפת הפרש גובה החול לאורך שובר הגלים הראשי של נמל חיפה, בין השנים 1928-1998 (צבייאלי).

איור 2, אירז 72).

טבלה 3: תוצאות תהליכי הסריקה, העיגון הגיאודטי וחישוב שגיאת המדידה להצלומי האוויר שנבחרו לשוואות מיקום קו החוף הדרומי של עכו

04.11.95	16.05.80	29.06.74	15.01.66	09.56.??	26.11.45	תאריך צלום האוויר
10:22	14:26	13:10	13:02	12:42	לא ידוע	שעת צלום (hh:mm)
501	654/ מיל.	399/ נמ.	107/ נמ./ נמ.	11/ נמ./ נמ.	680 19.PS	מספר טיסה
3247	2604	9615	7446	8080	6158	מספר תמונה (frame)
1,840	2,260	2,350	3,110	2,470	3,000	גובה טיסה (מ')
600	600	600	600	600	600	רזולוציית סריקה (dpi)
1.27	1.36	1.40	1.33	2.13	2.26	Pixel size (m)
0.68	0.89	0.87	0.87	1.13	0.83	מספר נקודות הבדיקה
17	17	18	19	17	20	Standard Deviation (m) X
0.62	0.75	0.93	0.54	0.87	1.24	Standard Deviation (m) Y
0.75	0.87	1.12	0.79	0.78	1.49	Standard Deviation (m) XY
0.62	0.65	0.97	0.78	0.90	1.38	RMS error X (m)
1.68	1.37	1.75	1.30	1.76	2.04	RMS error Y (m)
1.17	1.57	1.74	1.91	1.22	2.72	RMS error XY (m)
2.50	2.08	2.47	2.31	2.14	3.40	שגיאת המדידה הספרטנית המצטברת (מ")



איור 4: חוף חיפה מתוכה מפה ינית של האדמירליות הבריטית מס' 1585 משנת 1863. עדכון פרטיהם חלקית עד שנת 1920, והעומקים בפתחם (Mansell et al. 1920 .ed ,1863 et al.)

למצוח "התורכי" שהיה מחוץ לחומות העיר העתיקה של חיפה (אייר 4). חוף חיפה היה צר, תלול וסלעי ברובו (Bedford and Mansell 1863; Mansell et al. 1863). בעורף הנמל השתרע מישור מישון עד למורדות המזרחיים של הכרמל. מפת הסקר הhidrographical הבריטי משנת 1930(a) (Edgell et al., 1930a), מראה, כי קרענות החוף של חיפה הייתה חולית וקו העומק 2 מ' עבר במרחק של 60–90 מ' לערך מקו החוף.

עדאמצע המאה ה-19 לא היו לאורך חוף חיפה מבנים ימיים, למעט שרידי המזח "הרומי" (Jacotin 1799; Biddlecombe 1841; Biddlecombe and Dillon 1844). בשנת 1859 הקימו הרוסים בקצה הדרומ-מזרחי של חיפה מזח אבן קצר באורך 30 מ', שניצב לכוון החוף ופנה אל צפון-מזרחה. כרמל (154'), מתאר בספריו את הבעה הסידמינוטולוגית שנוצרה עקב הקמת המזח, והפטרין ההנדסי שנמצא לה: "מזח אבן זה אשר הצלבות חולות חסמה במשך הזמן את הירידה אליהם ורוחבו של מ-53 מ'" על-ידי קונסטרוקציה של עמודים ולוחות ברזל, ... והוא מעין גשר עגינה שזרימת המים דרכו מנעה את החול מלzechטבר בשוליו". בשנת 1898 הוקם בקצה הרחוב הראשי של המושבה הגרמנית (הטמפלרית) בחיפה מזח נוסף, שאורכו היה 85 מ' ורוחבו 6 מ' (איורים 3–4). לא נמצא מידע שמלמד על בעיות סידמינוטולוגיות שיצר מזח זה בחופים שמסביבו.

בשנים 1907–1905 הקימו התורכים מחוץ לחומות העיר העתיקה של חיפה מזח חדש באורך של כ-400 מ', שנועד לתפעול מסילת הברזל החוג'אזית. המזח "התורכי" (אייר 4) פנה לצפון וצבר חול רב בשני אגפיו. בשנת ה-20 הרחיבו הבריטים את המזח "התורכי", על-ידי יבוש חלקיק של השטח בין בתים בעיר חיפה, וכן נחרפה רצועה צרה לאורכו הצד המזרחי של המזח עד לעומק מרבי של 3 מ'.

כיוון קו החוף של חיפה בתחילת המאה ה-20, המבנה המורפולוגי שלו וקובתו אל פתח מפרץ חיפה, מלבדים כי חוף זה היה נתון באופן טבעי למטר של ארגנטית גלים גבורה יחסית, בהשוואה לחופים אחרים במפרץ חיפה. השינויים המורפולוגיים שהתרחשו סביב מבנים ימיים קטנים, שהוקמו בחוף חיפה עד תחילת המאה העשירה, מעידים על הסעה ברור מצפון-מערב לדרום-מזרחה של החולות הנילוטיים לאורך קטע חוף זה. יתר על כן, העובדה כי חוף חיפה היה צר, אחרים במפץ חיפה מלמדת, כי קטע החוף היה אזור מעבר של חולות, שעקפו את ראש-הכרמל אל מפרץ חיפה, ולא אזור השקיעה הסופי שלהם. נתון נוספת מלמד, כי קרענות החוף של חיפה הייתה חולית ולא סלעית, ולכן נראה שחוּפה בחילה המאה ה-20 הייתה נתון בשינוי משקל דינמי מבחינה סידמינוטולוגית, ומשמעות הדבר שפופיל החוף שלו היה יציב והשתנה עונתית.

בסיום 1929 הוחל בהקמת נמל חיפה, ועד שנת 1932 נבנה שובר גלים ראשי באורך 2,210 מ', שכיוונו הכללי היה אל דרום-מזרחה, ושובר שני באורך 765 מ' (אייר 6). במתגרת העבודות להקמת הנמל נכרתה מאזור המעגן הפנימי ונתיב הכניסה לנמל כמות חול של כ-1.8 מיליון מ'ק, אשר שימשה למילוי והקמת המזחים וייבוש האזור הימי בעורף הנמל (אייר 46). בשנים 1980–1978 הוארך שובר הגלים הראשי ב-600 מ' על מנת להגן על רציף המכולות המזרחי החדש שנבנה לאורכו שובר הגלים המשני. רציף המזרחי נבנה בשני שלבים: בשלב הראשון (1980–1978) נבנה קטע באורך של 650 מ'. החול בכמות של 800 אלף מ'ק, שנדרש למילוי המבנה הימי, התקבל מחפירת העמקה שבוצעה באותה תקופה בנתיב

הקמת נמל חיפה בשנים 1929–1932 שינתה לחולוtin את מטרת קו החוף של חיפה, וכתוצאה לכך השתנה המשטר המורפולוגי הימי. הייתה קיימם בקטע חוף זה. הזרם האורך-חופי באזורי המושבה גלים, שנע לא הדרעה מצפון-מערב לדרום-מזרח עד הקמת הנמל, נחסם על ידי שובר הגלים הראשי של הנמל, וכתוצאה לכך החולות שהוסעו על ידי הזרם הזה נלכדו ושקעו לאורך השובר. יתר על כן, כיוון התפתחות של שרטון החול הגדול, שהצטבר תוך שנים ספורות לאורך שובר הגלים הראשי, מעיד על כיוון הסעה ברוח מצפון-מערב לדרום-מזרח של החולות לאורך חוף חיפה. קיימים ממצאים מפורטים לגבי כמויות החול שהצטברו לאורך השובר מאז הקמתו.

חוף הקישון

חוף הקישון השתרע בשנת 1928 לאורך כ-2.8 ק"מ, משורש המזה – "התורכי" ועד לשפך הקישון. כיוון קו החוף השנייה ממזרח דרום – מזרח לצפון-מזרח (איור 8). בשנת 1862 היה חוף הקישון צוללי, רוחבו כ-80 מ' וקו העומק 2 מ' עבר במרקח של כ-150 מ' במוצע מקו החוף. עד תחילת המאה העשרים היו בעורף החוף דויניות נמוכות בגובה של 8 רג'ל (כ-2.6 מ') עד 10 רג'ל (כ-3.3 מ'), שחצכו בין שפת הים והאזור הביצתי של אפיק הקישון, שהוא מכוסה ברובו בצמחיה. בקטע הסופי של אפיק הקישון זרם הנחל לאורך כ-900 מ' בכוון צפון-מערב, וכ-150 מ' לפני קו החוף התעלקל ח�名 לכיוון מזרח צפון-מזרח. מנוקודה זו זרם הנחל לאורך

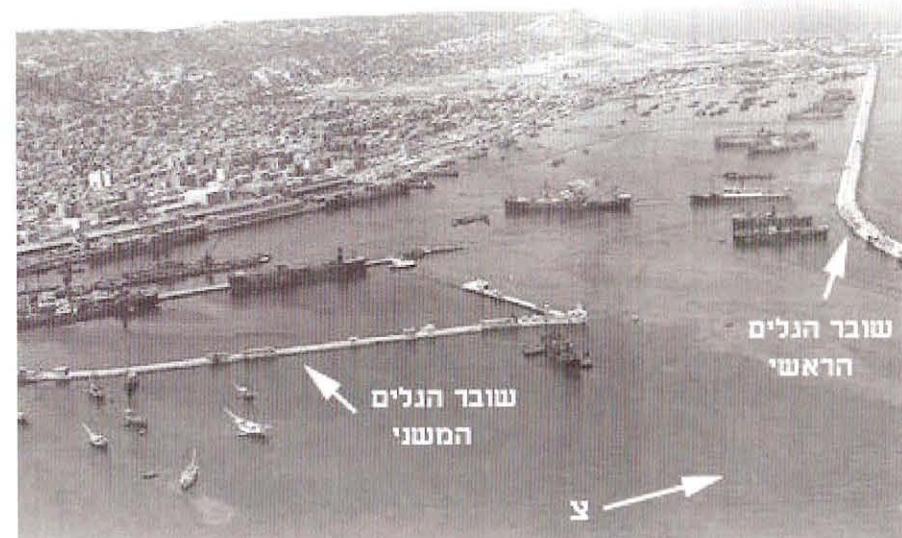
של קילומטר אחד במקביל לקו החוף ונשפך אל הים. כיוון חוף הקישון בתחילת המאה העשרים, המבנה המורפולוגי שלו ומיקומו באזורי המוגן ביותר מפני פעילות הגלים במפרץ חיפה, מלמדים כי בקטע חוף זה היו תנאים אידיאליים לשקיעה והרבדה של חולות נילוטיים, שחדרו אל מפרץ חיפה. חלק מהחולות שהוסעו אל החוף הזה נשבו פנימה אל עורף החוף והצטברו בצורת דיונוט, וחלק אחר המשיך צפונה לאורך החופים המזרחיים של המפרץ. צורת התוואי של אפיק הקישון ומוקם השפך שלו אל הים, מלמדים כי הדינומות שהתרחשו בעורף החוף חסמו את מוצאו הקישון הקדום אל הים, וכך הנחל פילס דרך חלופית ארוכה יותר במקביל לקו החוף ונשפך בגבונו הצפון-מערבי של קטע החוף הזה. מצוי המיפוי מראים, כי בשנים 1862–1928 נסוג חוף הקישון דרומה ב-20 מ' במאזן. עיקר הנסיגה נראית בקטע החוף המרוחק – 300–1,600 מ' לעיר, מזרח לתוך "התורכי". הצבורות החולות באזורי הסמוך לחוף "התורכי" והנסיגה בכוון החוף המרוחק ממנה מזרח, מעידים על כיוון הסעה הדומיננטי של החולות, ממערב למזרח בקטע חוף זה, ומלמדים על טווח ההשפעה המורפולוגית של מבנה ימי זה.

בשנת 1936 הוקמה ברכבת מי-הקיורו של תחנת הכוח של חיפה במרקח של כ-1.2 ק"מ מדרום-מערב לשפך הקישון (איור 9). אורך שובר הגלים הראשי של הבריכה 500 מ' ואורך השובר המשני 170 מ'.

בשנים 1952–1953, במסגרת עבודות הפיתוח של נמל הקישון, שונתה אפיק הזרימה של הנחל, ומיקום השפך הoston – 850 מ' לעיר, מדרום-מערב למיקום ההיסטורי של השפך ובצמוד לבריכת מי-הקיורו של תחנת הכוח של חיפה (איור 8). בנוסף נבנתה בגדה המזרחית של השפך דורבן בורך 550 מ', להסדרת נתיב הכניסה לנמל הקישון. לאחר הקמת הדורבן החלה להתפתח נסיגת בכוון החוף, מצפון-מזרח למבנה זה. מצוי המיפוי מראים, כי קטע



איור 5: צלום אוויר גרמני של חוף חיפה בשנת 1918 (קדר 1991, עמ' 210).



איור 6: נמל חיפה בשנת 1947, מבט מדרום-מזרח לצפון-מערב.

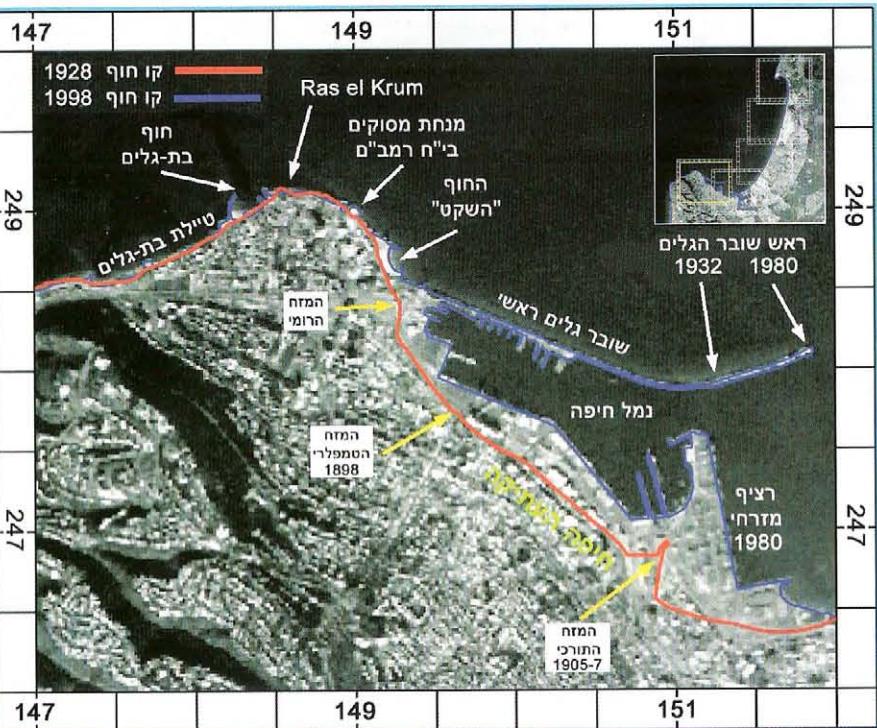
הכניתה לנמל ולאורך הרציף המזרחי. בשלב השני (1994–1995), נוסף לרציף קטע באורך של 300 מ', והחול בكمות של 400 אלף מ'ק, שנדרש למילוי המבנה הימי, התקבל ממחפירת העמקה נוספת שבוצעה בתווך הכניטה לנמל. קטע אחר מזרחי חיפה שעבר שניי בעשרות השנים האחרונות, הוא החוף הסלעי בין Ras el Krum לבין שובר הגלים הראשי של נמל חיפה. בקטע זה הוקמו מספר מבנים ימיים: קיר-ים סלעי המשתרע לאורך כ-400 מ', לראשונה ב-1956 נבנה קיר-ים נוסף במרקח המרוחק רבע"מ, בהמשך נבנה קיר-ים נוסף באורך כ-200 מ', המגן כיהם על אזור החניה המזרחית של בית החולות ובכך נמצא חוף "השקט". קיר-ים כיס מלוכותיה זה נוצר בין שתי דוברות ברזל שהושקעו בשני אגפיו וצבר עם השנים חול רב והתרחב בעשרות מטרים.

החוּף שבוֹ חלה הנסיגה השתרע לאורך של כ-2 ק"מ מהדורבן ועד לחוף חות מימי הנפט, הנמצא מזרום לחוף קריית חיים. על מנת לעצור את המשך נסיגת החוף שבעוּרף הנמל הוקם מסוף 1,100 כימיקלים של נמל חיפה. המוסף מהוּה קיר ים באורך של 1974 מ' (איור 8). הוא נבנה בשלושה שלבים: בשלב הראשון בשנת 1974 בצמוד לדורבן נבנה הקטע הראשוני באורך של 600 מ'; בשלב השני, בשנת 1977 נבנה הקטע השני באורך של 300 מ', בשלב השלישי, בשנת 1987 הושלם קוּי-הים-ב-200 מ' נוספים. הנסיגה, שהתרפחה בקטע החוף המשתרע עד כ-2 ק"מ מצפון-מזרח לדורבן, מעורב לפיזון-מזרח כיוון ההסעה הדומיננטית של החולות, מדרום-מערב על טווח ההשפעה הצפוי בקטע זהה. כמו כן יכולה הנסיגה ללמוד על טווח ההשפעה הצפוי של מבנה ימי החודר אל הים, אם וכאשׁר יוקם בעתיד באזורי זהה.

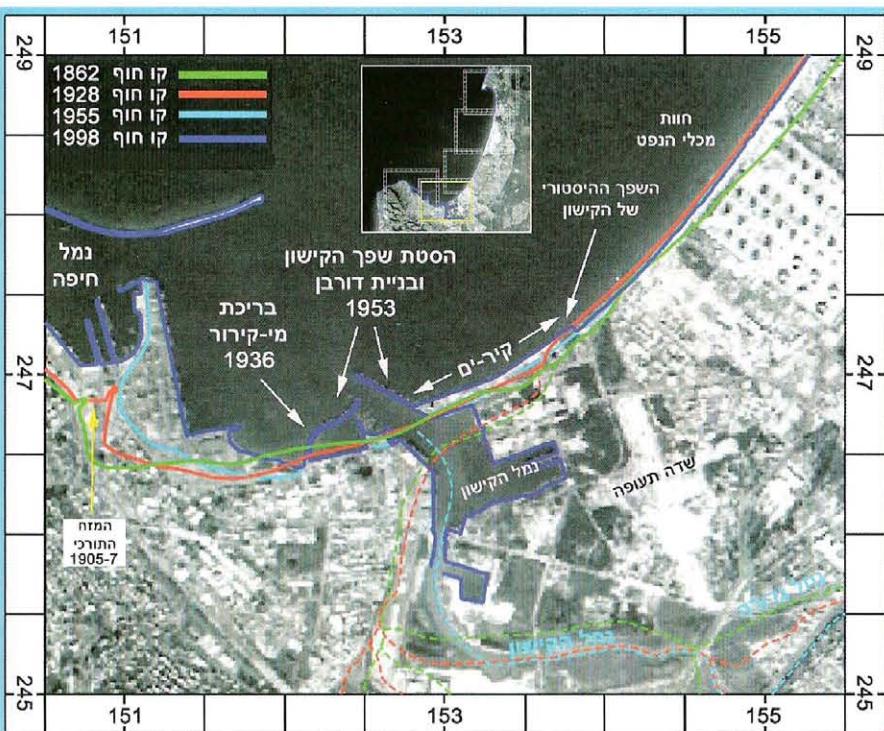
טבלה 4 : השינוי הממוצע במיקום קו החוף של הكريוּת, על

סמרק מפות היסטוריות מהשנים 1799-1998

שנת המפה	1928	1955	1968	1998
1862	162 מ'	145 מ'	155 מ'	
1928		15- מ'	7- מ'	
1955			-2 מ'	
1966				10 מ'



איור 7: השינויים במיקום קו החוף של חיפה, על סמרק מפות היסטוריות 1928-1998.



איור 8: השינויים במיקום קו החוף הקישוּן, על סמרק מפות היסטוריות מהשנים 1862-1998.

גבוהות. חלק אחר של החולות המשיך לנעו צפונה והורבד לאורך החופיים המזרחיים של המפרץ. מעת הקמת שובר הגלים הראשי של נמל חיפה, ניכדו ושקעו לאורכו החולות הנילוטיים שחדרו אל מפרץ חיפה. כתוצאה לכך נחסם מקור החול העיקרי שנבנה את החוף הكريוּת ומוגמת התארחות שאפיינה את החוף נעצרה. משלב זה ובמשך 70 השנים האחרונות, היה נתנו קו החוף הكريוּת בשיווי משקל דינמי מבחינה סדיינטולוגית, ופרופיל החוף שלו היה יציב והשתנה עונתית.

המישר עמ' 26

חוּף הكريוּת

חוּף הكريוּת משתרע לאורך כ-5.5 ק"מ מהשפך ההיסטורי של הקישוּן (בשנת 1928) ועד לגבולו הדרומי של חוף מרכז המפרץ. כיוון קו החוף משתנה במתינות מצפון-מזרח, לצפון-מערב, ומעט ללא השתנה מאז המאה התשעה עשרה. בשנת 1862 הייתה שפת הים חולית ורחבה, והדרך מחייבת לעכו עברה במרחך של מעל 100 מ' מקו החוף (Mansell et al. 1863). מזרחית לדרך החוף השתרעו דיונות גדולות, בגובה של 15 עד 35 רג'ל (11.5-5.0 מ' לערך) (Edgell et al., 1930b). קרקע החוף הייתה חולית, וקו העומק 2 מ' עבר במרחך של כ-150 מ' ממוצע (כ-2.5 מ' ממוצע התרחב החוף הكريוּת מערבה ב-162 מ' בערך) (לפני הקמת נמל חיפה לשנה 4, ואior 10). השינוי הנגד ביחס למיקום קו החוף (כ-290 מ') נמדד בצפון חוף קריית ים (כ-1.5 ק"מ מזרום לגדר של חוף מרכז המפרץ) (איור 10). לאחר הקמת נמל חיפה התייצב חוף הكريוּת, והשינויים שנמדדו בקו החוף במשך 70 השנים האחרונות היו קטנים מ-15 מ'. שינויים אלה הם בתחום שגיאת המדידה במקומות קו החוף של הكريוּת לאחר הקמת נמל חיפה. ממצאים דומים התקבלו בניתוח חדש שנעשה במחקר הנוכחי לקו החוף של הكريוּת, שמופיע מצלומי אויר מהשנים 1956-1995, על-ידי (Golik et al., 1999). הממצאים מראים, כי קטע החוף המשתרע לאורך 4.6 ק"מ, מחוץ מיכלי הנפט ועד לחוף מרכז המפרץ (איור 11), נסוג מזרחה ב-15 מ', בשנים 1956-1970 (כ-1 מ' ממוצע לשנה). בהמשך הזמן התהפקה המגמה והחוּף התרחב עד שנת 1995 ב-25 מ' (כ-1 מ' ממוצע לשנה) (איור 11). החוף החולי של הكريוּת היה מאמצע המאה התשע עשרה ועד הקמת נמל חיפה בмагמה ברורה של התרבותות. החולות הנילוטיים, שהושטו אל חוף הكريוּת בתקופה הנדונה, שקוּו באזורי השטף או נושאו מזרחה ויצרו דיונות

מצאי המיפוי מראים, כי משנת 1799 ועד שנת 1928 (לפני הקמת נמל חיפה), חוף מרכז המפרץ התרחב מערבה בצורה שסועותית בעשור של 176 מ' ב ממוצע (כ-1 מ' ב ממוצע לשנה) (טבלה 5, ואior 12). השינוי הגדול ביותר שחל במקום קו חוף בתקופה הנדונה (כ- 255 מ'), נמדד כ-700 מ' מצפון לגדר הדורומית של החוף המרכזי המפרץ. קטע זה נמצא מבחינה גיאוגרפית במרכז החוף המזרחי של המפרץ. קטע זה נמדד מבחינה גיאוגרפית במרכז החוף המזרחי של המפרץ. לאחר הקמת נמל חיפה התיציב קו חוף מרכז המפרץ, ועד

שנת 1998 לא חלו שינויים משמעותיים במקום קו החוף. ממצאי המיפוי של חוף מרכז המפרץ משתרעים על תקופה זמן ארוכה של כ-200 שנה. לכן הם בעלי חשיבות רבה להבנת התהליכים המורפולוגיים שהתרחשו במפרץ חיפה בתיקופות ההיסטוריות. הממצאים מראים באופן מובהק, כי קו חוף זה התרחב מערבה, מהמאה התשע עשרה ועד הקמת נמל חיפה. הם מוכיחים שהתהליך הסדיינטולוגי הדומיננטי שהתקיים לאורך חופי המפרץ עד הקמת הנמל היה הרבדה של חולות והתרחבות של החופים. לאחר הקמת הנמל נוצר תהליך זה, וחוף מרכז המפרץ בדומה לחוף הكريوت, במשך 70 השנים האחרונות, היה נתון בשינוי משקל DINAMI מבחן סדיינטולוגית.



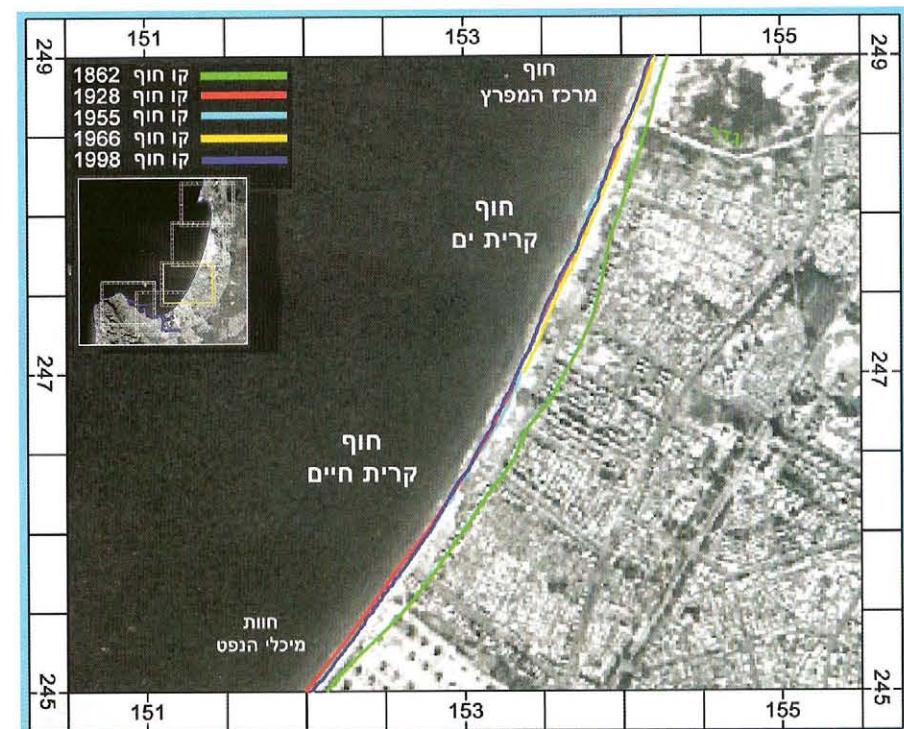
איור 9: חוף הקישון בשנת 1945 (תצלום אוויר מס' 14.P.S.680, טישה 6112, מתאריך 7.01.1945.).

טבלה 5 : השינוי הממוצע במקום קו חוף מרכז המפרץ, על סמך מפות היסטוריות מהשנים 1799-1998

שנת המפה	1862	1928	1955	1966	1998
1799	96 מ'	176 מ'	176 מ'	170 מ'	191 מ'
1862			80 מ'	74 מ'	95 מ'
1928			6 מ'	0 מ'	15 מ'
1955			15 מ'	6- מ'	21 מ'
1966					

החוף הדרומי של עכו

החופ הדרומי של עכו משתרע לאורך כ-3.6 ק"מ, מחוף פרוטרום ועד לחומת העיר העתיקה, וכיומו משתנה בצורה קשתית מצפון למערב צפון-מערב. במאה התשע עשרה היה החוף הדרומי של עכו חול, מותן ורחב, והוא העומק 2 מ' עבר מרחק של כ-150 מ' בממוצע מקו החוף (Bedford and Mansell 1863). באמצע המאה התשע עשרה היו באזורי החוף הדרומי של עכו ארבעה מבנים ימיים קטנים. את תיאור המבנים האלה ואת התפתחותן אזור הנמל העתיק של עכו ב-200 השנים האחרונות, מציגים צבאייל ואחרים (2003). בחלקו הדרומי של חוף עכו נשפך נחל הנעמן, המנקז את מערב הגיל התיכון. שטח אגן הניקוז של הנחל משתרע על-פני כ-325 קמ"ר, ובובילו העיקריים הם נחל האכוב חילוץ ואבליטים. מקורות הנעמן הם מעיינות אפק, הנובעים ברום של 4 מ' מעל פני הים, ליד תל-אפק. שם זורם הנחל בכוון צפון ועובר מזרחה לקיבוצים כפר מסריק ועין המפרץ. ליד עין המפרץ מתחבר הנעמן לנחל חילוץ, פונה מערבה ונשפך לים דרומיות לעכו. בעבר זרמו בנעמן מיים בכל השנה, מעיינות אפק המתויקים וכן מעיינות בקטנים ומולחמים יחסית, במודר הנחל ליד השפך. אזור הנעמן ועד כ-500 מ' מצפון-מערב לשפך הנחל, השתרע בעבראזור ביצתי רחוב ובהמשכו מישור חול (איור 13). משנת 1942 משמש הנעמן



איור 10: השינויים במקום קו חוף הكريוט, על סמך מפות היסטוריות מהשנים 1862-1998.

חוף מרכז המפרץ

חוף מרכז המפרץ משתרע לאורך כ-3.9 ק"מ, מחוף קרית ים ועד לחוף פרוטרום. כיוון קו החוף משתנה במתינות מצפון צפון-מזרח לצפון בקירות, וכמעט שלא השתנה מאז המאה ה-19, בדומה לחוף הكريוט. מבחינה מורפולוגית אין הבדל בין חוף הكريוט וחוף מרכז המפרץ, וגובה הדיונות שהשתרעו מזרחה דרך החוף ההיסטורי היה 20-30 רג'ל (10-16.5 מ' לערך) (Edgell et al., 1930b).

continuation services across the Mediterranean Sea. In front of the establishment of the colonies. In 1862 until the year 5,000 m² per year.

Map 11: The changes in the location of the coast of the Kereyot, at sea level, from 1956 to 1995. The map shows the coastline at different times, with a red line indicating the coastline in 1995. The map also includes a scale bar and a north arrow.

Map 12: The changes in the location of the center of the port, at sea level, from 1799 to 1998. The map shows the coastline and the port center at different times, with a red line indicating the coastline in 1998. The map also includes a scale bar and a north arrow.

Map 13: The map of Haifa, showing the coastline and the port area. The map includes a legend for the port areas, with numbers indicating the depth of the water. The map also includes a scale bar and a north arrow.

Table 6: The changes in the location of the coast at sea level, from 1799 to 1998. The table lists the years and the corresponding coastline locations.

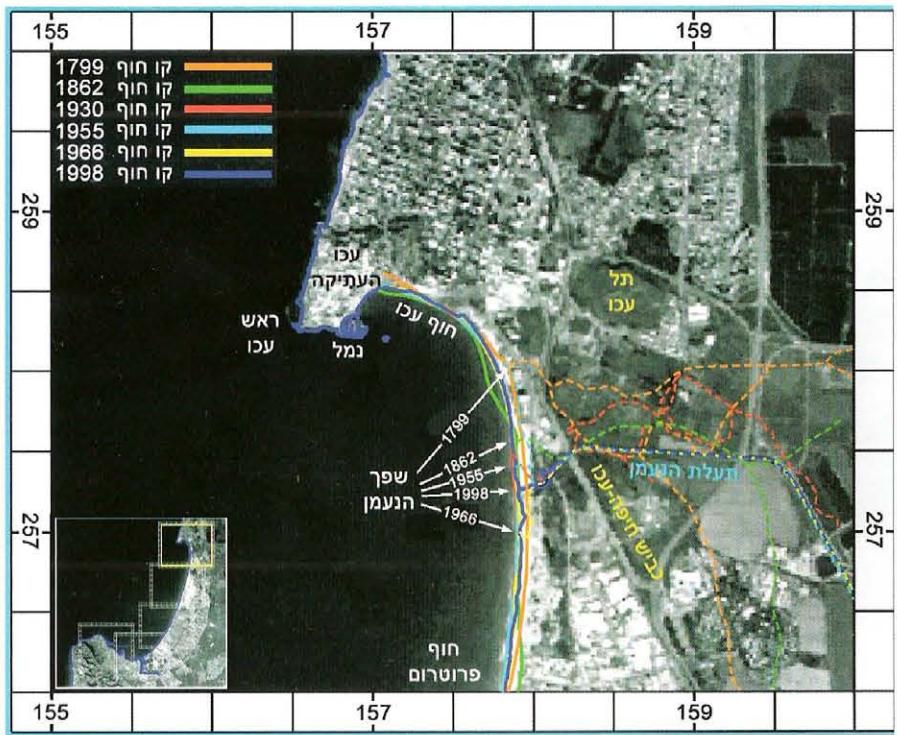
שנת המפה	1862	1928	1955	1966	1998
1799	27 מ'	54 מ'	43 מ'	40 מ'	
1862		27 מ'	19 מ'	13 מ'	
1928			0 מ'	6 מ'	15 מ'
1955				-12 מ'	15 מ'
1966					-3 מ'

Summary: The changes in the location of the coast at sea level, from 1799 to 1998. The changes show a general retreat of the coastline over time, with significant fluctuations. The coastline has moved back by up to 27 meters in some cases, and forward by up to 15 meters in others. The changes are most pronounced in the early 19th century and the late 19th century.

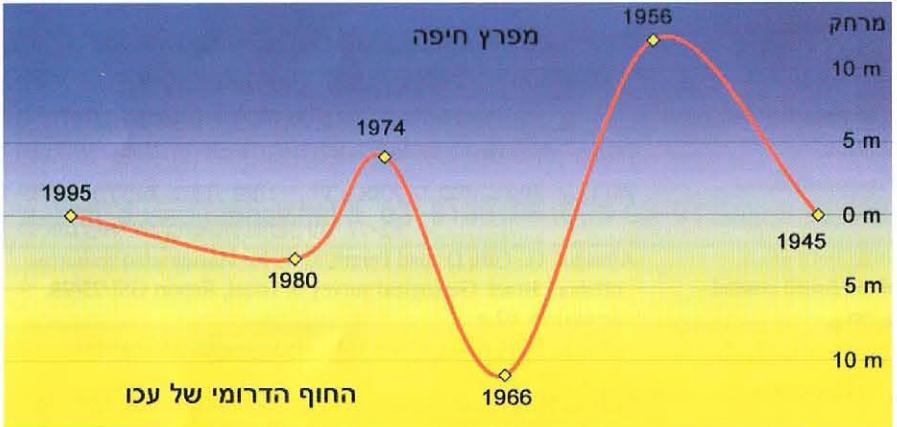
משנת 1862 ועד שנת 1928 התרחוב חוף עכו בעוד 27 מ' ב ממוצע (פחוט מ-0.5 מ' ב ממוצע לשנה), אולם כמו בתקופה הקודמת השינויים שנמדדו במקומות קו החוף לא היו אחידים ולעתים אף הופכים במקומות. לדוגמה: בקטע הדרומי של חוף פרוטרום, המשתרע עד כ-700 מ', מצפון לגבול חוף מרכז המפרץ, נמדדה התרחבות משמעותית של עד 100 מ', ולעומת זאת בקטע החוף הצמוד אליו מצפון, המשתרע לאורך כ-900 מ' והכולל את אזור שף הנעמן, לא חלו שינויים משמעותיים ברוחב החוף באותה תקופה.

הנסיגה הגדולה ביותר של חוף עכו בשנים 1862–1928 נמדדה בחוף "ארגן" (כ-80 מ'), והוא הפוכה במשמעותו לתקופה הקודמת. בהמשך הזמן משנהו 1928 ועד שנת 1998, התיציב החוף הדרומי של עכו ולא חלו בו שינויים משמעותיים במקומות קו החוף. מגמות דומות התקבלו גם מערי צוללות מימי אורי מהשנים 1945–1995, שנערכ במחקר הנוכחי. הממצאים מראים, כי קטיע החוף המשתרע לאורך 2.4 ק"מ, מדרום לשף הנעמן ועד עכו, התרחב ב-25 מ' ב ממוצע בשנים 1956–1945 (כ-1 מ' ב ממוצע לשנה). בהמשך משנת 1956 ועד 1963 השתנתה המגמה, והחוף נסוג ב-23 מ' ב ממוצע (כ-2 מ' ב ממוצע לשנה) (איור 15). בשנים 1963–1974 מתהפקת שוב המגמה, והחוף התרחב ב-15 מ' ב ממוצע (כ-2 מ' ב ממוצע לשנה). בהמשך עד 1995 התיציב החוף ולא חלו בו שינויים.

ממצאי המיפוי מראים, כי משנת 1799 ועד שנת 1928 (הקמת נמל חיפה) חלה התרחבות כללית של חוף עכו, בדומה למגמה שאפיינה את חוף הקריות וחוף מרכז המפרץ בתקופה הנדונה. עם זאת, שינויים שהלו ברוחב החוף של עכו לא היו אחידים לאורך החוף, וזאת בשונה משני החופים לעיל. ניתן להניח, כי חוסר האחדות בשינויים המורפולוגיים שהלו בתקופה הנדונה נבע בעיקר מ שינויי המורפולוגיים שהלו בתקופה הנדונה נבע בעיקר מ שינויי



איור 14: השינויים במקומות קו החוף הדרומי של עכו, על סמך מפות היסטוריות מהשנים 1862–1998.



איור 15: השינויים במקומות קו החוף הדרומי של עכו, על סמך צלומוי אוויר מהשנים 1945–1995.

שהתקיימה לאורכו חופי ישראל במשך מאות שנים והקמת המבנים הימיים הרבים לאורכו, שינו את המורפולוגיה של סביבת החוף הרגישה שהיתה קיימת בעבר. שניים מקומיים אלה באזורי הרזוז של החוף, גדולים ככל שיהיו, אינם מהווים אינדיקציה או משקפים את תהליכי הסעת החול ברמה הרגionale על מדר' הבישות הרזוז של ישראל, שלא השתנו במשך מאות העשורים, כפי שמתתקבל מניתוח ממצאי המחקה.

ביבליוגרפיה

- אלמגור, ג., 2002. חוף הים התיכון של ישראל. המכון הגיאולוגי, דוח CH/13/02/GSI, ירושלים, 250 עמ'.
- VIDAH, M., 1997. מרינה חיפה – תסקיר השפעה על הסביבה תוכניתית מתאר CH/1900. חוות דעת על היבטים ימיים/סידמנטולוגיים. פ.מ. 465/97, קרית הטכניון, חיפה, 50 עמ'.
- חיימוב, א., 1998. ניטור קו חוף הכרמל במאה השניות האחרונות בעזרת צלומוי אוויר וModelProperty היסטוריות. עבודת גמר לקבלת תואר מוסמך, המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת בר-אילן, 71 עמ'.
- מחלתת המדיהות – ישראל, 1958. ח'יפה-מערב. ג'ילון מפה – 24.

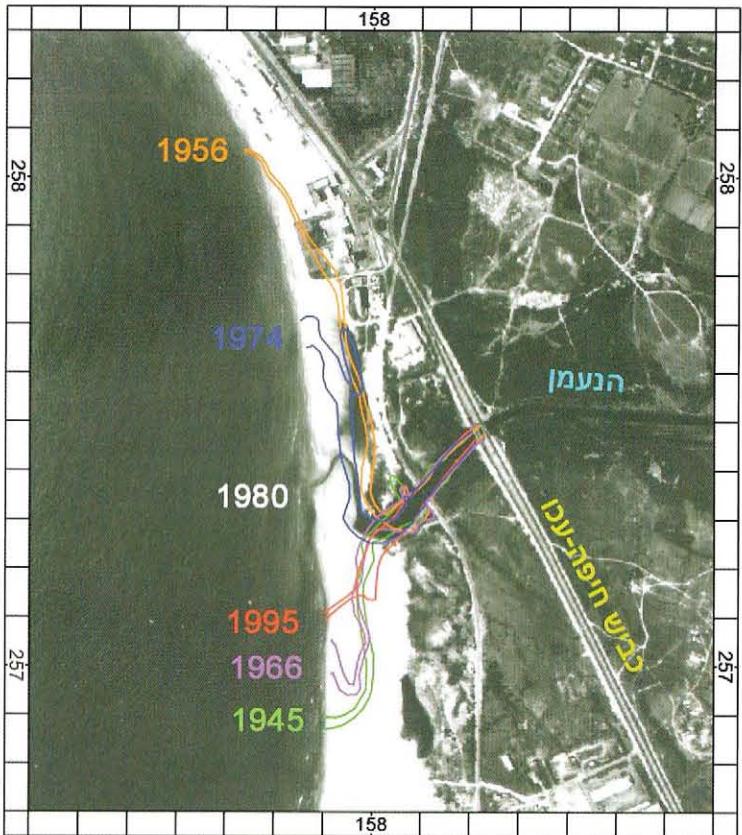
גורמים: (1) השתנות עונתית של מקומות שפק הנעמן לחוף החולי הזה; (2) הרבדה של חולות נילוטיים שהושטו אל החוף הזה, הנמצא בחלקו הצפוני של מפרץ חיפה ובסוף התא הליטורלי של הנילוט. מעבר לכך קשה להעריך מהי תרומתו היחסית של כל אחד מהגורמים שהוצעו לעיל, על השינויים שהלו ברוחב החוף של עכו בתקופה הנדונה. לאחר הקמת נמל חיפה נוצר כמעט כמעט תולין תהיליך אספקת החולות אל חוף עכו, בדומה לשאר חופי המפרץ, והשינויים הקטנים יחסית שהלו ברוחב החוף נגרמו בעיקר מ שינויים עונתיים במיקום שפק הנעמן. בשורות השניהם האחרונות השתנה מקום השפק על-פני קטעה חוף שאורכו מעל 1 ק'ם (אייר 16). למרות זאת, השינויים שהלו ברוחב החוף לא היו משמעותיים. ניתן להניח כי הסיבה לכך קשורה להסדרת אפיק הנעמן ויבוש ביצותיו, ששינו מחותית את משורר הזרימה הטבעי של הנחל וسفיקתו. כתוצאה לכך קינה יכולה לשנות את המורפולוגיה של החוף סביב אזור מוצאו אל הים.

מסקנות המחק

נמל חיפה, הנמצא בפינה הדרומית-מערבית של מפרץ חיפה, הוקם בשנים 1929–1932. מאז שוקם שובו הוגלים הראשיים של הנמל הצבورو לאורכו כ-4.976 מיליון מ'ק חול, שהם כ-66 אלף מ'ק במוצע לשנה לכל אורך התקופה (צבייאלי, 2005). מקוםשוב הוגלים בצד לאזרור ראש-הכרמל וגודלו הפיזי הפכו את המבנה הימי הזה למלאכותית גודלה, שתפסה את החולות שהושטו אל מפרץ חיפה באזורי המושרה גלים. ראוי לציין כי החולות אלה הושטו בעזרת הזרמים האורכו החופיים (longshore currents) מאזור חוף הכרמל הצפוני דרך ראש-הכרמל, והם חדרו מזרחה אל מפרץ חיפה.

הממצאים הסידמנטולוגיים והמורפולוגיים לאורוך הוגלים הראשיים של נמל חיפה מוכחים, כי במאה ה-20 לא השתנו תהליכי ההסעה של החולות לאורכו חוף ישראל.นอกจาก לא ניתן להסביר את כמותי החולות, שהצטברו לאורכו שובר הגלים במשך 75 השנים האחרונות. חזוק למסקנה זו מתקבל ממצאי הניתוח המורפולוגי של השינויים בקו החוף של מפרץ חיפה במאה ה-20. הממצאים מראים באופן מובהק כי עד הקמת נמל חיפה התרבות מערבה החולות של מפרץ חיפה, אולם מהרגע ששוחרר הוגלים הראשיים הוקם נבלמה מגמות ההתרבותות, והשינויים המורפולוגיים שנצפו בחופים היו קטינים מאוד ומקורם בהשפעות עונתיות.

בפרסומים רבים נעשו קישור בין המצב של חוף ישראל לנוכח הבניה המלאכותית לאורכו (לדוגמה: נמלים, מריינות, שובר גלים מנוקטים, וקירות-ים) וכരיתת החול המסייעת שהתקיימה בו במאה העשרים לבין תהליכי ההסעה הרגונליים של החולות לאורכו חוף התא הליטורלי של הנילוט (nidir 1989, 1976; אלמגור 1998 ;Golik ;2002 ;Almagor et al. 1999). קישור זה צר ב踏ודעה הציורית גישה כאוונית, הרואה שינוי מהותי לשילוח באפייני ההסעה של החולות לאורכו חוף ישראל במשך 20–20, שותצחו ניכרת בהرس החופים ופגעה קשה בסובב הטבעי שלהם. על מנת להעמיד דברים על דיווקם וביעור ליחסיהם את הפרופורציה הנכונה, ראוי להציג כי השינויים המורפולוגיים שהתרחשו במהלך – 20–20 לארוך חוף ישראל, הם מקומיים ונגמרו בעיקר עקב הקמת מבנים ימיים. ההשפעה של הקמת מבנים אלה על התהליכי הסידמנטולוגיים, המורפולוגיים והמורפוגניים המתבצעים ברמה הרגונלית לכל אורכו התא הליטורלי של הנילוט, אין קיימים או שהוא כמעט זניה. עם זאת, אין ספק כי כרית החול המשיכת



איור 16: השינויים
במיקום שף הנעם
בשנים 1945–1995
על רקע תצלום אוורי
משנת 1980

- Emery, K.O., and Neev, D., 1960. Mediterranean beaches of Israel. Israel Geol. Survey Bulletin, 26, pp. 1–24, Jerusalem.
- Goldsmith, V., and Golik, A., 1980. Sediment transport model of the southeastern Mediterranean coast. Marine Geology, 37, pp. 147–155.
- Golik, A., and Rosen, D.S., 1999. Management of the Israeli coastal sand resources. IOLR, Report H28/1999, Haifa, 70 p.
- Golik, A., Shoshany, M., Golan, A., and Haimi, O., 1999. Sediment Dynamics in Haifa Bay. IOLR Report H17/99, HPEIA Report 27, Haifa, 24p.
- Inman, D.L., and Jenkins, S.A., 1984. The Nile littoral cell and man's impact on the coastal zone of the southeastern Mediterranean. Scripps institution of oceanography, Ref. Series, 84–31, 43 p.
- Jacotin, P., 1818. Carte topographique de l'Égypte. In: Jomard E.F. (ed.), Description de l'Égypte, Paris 1818; idem, Carte topographique de l'Égypte et de plusieurs parties des pays limitrophes levée pendant l'expédition de l'Armee Français, Paris.
- Mansell, A.L., Hull, T.A., and Christian, F.B., 1863. Bay of Acre. Chart 1585. 1:45,400, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Perlin, A., and Kit, E., 1999. Longshore sediment transport on Mediterranean coast of Israel. Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, Vol. 125, No. 2, pp 80–87.
- Survey of Palestine, 1932a. Carmel. 1:20,000 Series Topocadastral, Sheet 14–24.
- Survey of Palestine, 1932b. Haifa. 1:20,000 Series Topocadastral, Sheet 14–25.
- Survey of Palestine, 1933. Acre. 1:20,000 Series Topocadastral, Sheet 15–25. ■

- מחולקת המדידות – ישראל, 88195. חיפה–מזרחה. גילון מפה 1:20,000, תל-אביב.
- מחולקת המדידות – ישראל, 1959. עכו. גילון מפה 1:20,000, תל-אביב.
- מחולקת המדידות – ישראל, 1968. חיפה. גילון מפה 1:50,000, תל-אביב.
- מחולקת המדידות – ישראל, 1968. מפה טופוגרפית. גילון מפה 1:10,000, תל-אביב.
- מחולקת המדידות – ישראל, 1970. מפה טופוגרפית. גילון מפה 1:10,000, תל-אביב.
- ני, י., 1976. חופי הים התיכון של ישראל וצפון סיני – היבטים סידימנטולוגיים. המxon הגיאולוגי, דוח 130, GS1/39/88, ירושלים, 130 עム'.
- ני, י., 1989. חופי הים התיכון של ישראל וצפון סיני – היבטים סידימנטולוגיים. המxon הגיאולוגי, דוח 130, GS1/39/88, ירושלים, 130 עם'.
- קדח, ב.ג., 1991. מבט ועד מבט על ארץ-ישראל. משרד הביטחון החזאה לאור, גבעתיים, עמ' 210.
- צביאל, ד., 2000. השפעת הקמת המרינה בהרצליה על רוחב החופים בסביבתה. עבודת גמר לקבלה לתואר מוסמך, החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה, 101 עם'.
- צביאל, ד., 2005. תהליכי סידימנטולוגיים במפרץ חיפה והקשרם לצא ולתולול של הנמל. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", הפקולטה למדעי החברה, החוג לאיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה.
- צביאל, ד., גיליל, א., ורוזן, ב., 2003. נמל עכו ומボאותיו, במפות ימיות מודרניות. בתוך: מעוז, י. (ע'), אופקים בגיאוגרפיה, 56, החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה, עמ' 62–77.
- Almagor, G., Gill, D., and Perath, I., 1998. Marine sand resources offshore Israel. Geological survey of Israel, Report GS1/25/98, Jerusalem, 62 p.
- Aylen, J., 1839. Kaifa. Chart 1242, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Bedford F.D.G., and Mansell, A.L., 1863. Acre or Akka, 1:18,200. Haifa or Khaifa, 1:22,800. Chart 1242. Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Biddlecombe, G., 1841. Acre. Chart 1242, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Biddlecombe, G., and Dillon, C.H., 1844. Bay of Acre. Chart 1585, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Carmel, Z., Imman, D., and Golik, A., 1985. Directional wave measurements at Haifa, Israel, and sediment transport along the Nile littoral cell. Coastal Engineering, 9, pp 21–36.
- Civil and Marine Engineering Co., 1960. Report on marine survey in the vicinity of Haifa harbour. Prepared for the port of Haifa authority, Ministry of transport, state of Israel, 31 p.
- Clarke, J.P., 1998. Hefa (Haifa). chart 1585, 1:20,400, The United Kingdom Hydrographic Office, Taunton, England.
- Edgell J.A., and the Officers of H.M Surveying ship Endeavour, 1930a. Bay of Akka. Chart E3261 (fair sheet). 1:24,980, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Edgell J.A., and the Officers of H.M Surveying ship Endeavour, 1930b. Haifa. Chart E3262 (fair sheet). 1:12,480, Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Edgell J.A., and the Officers of H.M Surveying ship Endeavour, 1931. Chart 1585. Include three plans: Bay of Akka 1:25,000; Haifa 1:12,500; Akka anchorage 1:25,000, Hydrographic Office of the Admiralty, London.