



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ



משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי

שינויים מהירים בחופי ישראל בעקבות סכירת נהר הנילוס והשפעתם על מדף היבשת הים תיכוני הרדוד של ישראל

אהובה אלמוגי-לבין¹, ברק חרות², עמיר סנדלר¹ ופאינה גלמן¹

¹המכון הגיאולוגי

²חקר ימים ואגמים לישראל

דו"ח סופי

מוגש למשרד התשתיות הלאומיות

תוכן העניינים

1	תקציר
1	1. מבוא
4	2. שיטות וחומרים
4	2.1 הדיגום בים
5	2.2 שיטות
7	3. תוצאות ודיון
7	3.1 קצבי הצטברות הסדימנטים
8	3.2 המרכיב ה- $>63\mu\text{m}$ בסדימנט
9	3.3 תפרוסת גדלי גרגר
10	3.4 ריכוז הקרבונט (CaCO_3 %)
11	3.5 צבע הסדימנט
12	3.6 ריכוז הפחמן האורגני (OC)
12	3.7 הרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני ($\delta^{13}\text{Corg}$)
13	3.8 מינרלוגית החרסיות
15	3.9 הרכב כימי
18	3.10 צורוני זרחן
20	3.11 תזומן השינויים במאפייני הסדימנט בתחנה G, אשקלון
21	4. תודות
21	5. ביבליוגרפיה
24	PUBLICATION DOCUMENTATION PAGE

איורים

- איור 1. מפה המראה את מיקום הגלעינים שנכללו בדו"ח זה בין אשקלון בדרום לעכו בצפון.
- איור 2. השינויים בתכולת מקטע הסדימנט ה- $>63\mu\text{m}$ בשלושת גלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל מול גיל הסדימנט שתוארך באמצעות עופרת 210.
- איור 3. השינויים בתכולת מקטע הסדימנט ה- $>63\mu\text{m}$ בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 3ב. השינויים בתכולת מקטע החרסית והסילט, בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 3ג. השינויים בגודל החציון וה- $d(0.9)$ בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 4. השינויים בריכוז הקרבונט בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 5. השינויים במשתנה הצבע L^* בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 6. השינויים בריכוז הפחמן האורגני (OC wt%) בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 7. השוואה בין השינויים בריכוז הפחמן האורגני להרכבו האיזוטופי ($\delta^{13}\text{Corg}$) בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 8. השינויים בהרכב החרסיות בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 9. אחוז ה- SiO_2 , יחס Si/Al ויחס Ti/Al בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 10. השינויים בריכוז ה-Ba ויחס Ba/Al בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 11. תכולת כלל הזרחן בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 12. פרופילי עומק של מקטע צורוני הזרחן (% מכלל הזרחן) בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל.
- איור 13. תזומן השינויים במאפייני הסדימנט בגלעין G, מול אשקלון.

טבלאות

- טבלה 1. רשימת הגלעינים שנדגמו במהלך עבודה זו, מיקומם ואורכם.

תקציר

הירידה ההדרגתית בזרימת הנילוס לים התיכון החלה בתחילת המאה ה-20 לאחר בניית מספר סכרים במעלה הנהר והגיעה להפסקה כמעט מוחלטת לאחר הפעלת סכר אסואן הגבוה בשנת 1965. להפסקת זרימת הנילוס ובעיקר הפסקת הגעת מי השטפונות בקיץ, שנשאו עמם חומר דטריטי בתרחיף ונוטרינטיים, אמורה להיות השפעה בעיקר על הסדימנטציה של הרצועה הסילטית לאורך החוף הישראלי בעומקי מים שבין 30-50 מ'. לצורך תיעוד השינויים שהתרחשו במהלך 100-150 השנים האחרונות במדף היבשת הרדוד של ישראל נדגמו 10 גלעינים קצרים בין אשקלון בדרום לעכו בצפון. בנוסף לכך נלקחו מדגמים ב-2 גלעינים נוספים שהוצאו בעבר מאותם עומקי מים. בניסיון לעקוב אחר השינויים בזמן ובמרחב נבדקו התנודות בריכוזי מקטעי החול, הסילט והחרסית, % הקרבונט, % הפחמן האורגני והרכבו האיזוטופי, ריכוז הפוספט הכללי וצורוני הפוספט, ריכוז היסודות העיקריים ויסודות המשנה וכן הרכב החרסיות. בנוסף לכך נקבע קצב הצטברות הסדימנטים באמצעות עופרת ^{210}Pb . אחוז המקטע החולי ($>63\mu\text{m}$) ב-7 הגלעינים שמיצגים את השינוי בצורה הברורה ביותר, עולה בצורה מובהקת ב-10 הס"מ העליונים (בד"כ) מערכים של פחות מ-10% בחלק התחתון בדרום מדף היבשת ל-80% מכלל משקל הסדימנט בחלק העליון של הגלעינים בחלק הצפוני של מדף היבשת. ריכוז הקרבונט באותם הגלעינים עולה, בהתאם, מפחות מ-10% בחלק התחתון של הגלעינים בדרום מדף היבשת ל-20% בחלק העליון של הגלעינים בחלק המרכזי של מדף היבשת ולמעלה מ-80% מול עכו. אינדקס הצבע L^* המציין את דרגת בהירות הסדימנט בעל ערך נמוך יותר (=צבע כהה יותר) בדרום המדף ובעיקר בחלק התחתון של הגלעינים ועולה צפונה ובזמן לעבר ההווה. ריכוז הפחמן האורגני הגבוה ביותר נמצא בחלק התחתון של הגלעינים בדרום מדף היבשת ויורד לעבר ההווה וההרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני יורד מערכים ימיים טיפוסיים לערכים נמוכים יותר, דבר המציין ירידה ברורה ביצרנות המקומית באזור. בדיקת צורוני פוספט גם היא מעידה על ירידה ברורה בריכוז כלל הפוספט מדרום לצפון ובזמן, לעבר ההווה.

השינוי הברור בתכולת מרכיבים אלה בזמן ובמרחב מיוחסת להפסקת זרימת הנילוס לים התיכון ובעיקר להפסקת כניסתם של מי השטפונות בקיץ שהובילו לאזורנו סדימנט דק-גרגר בתרחיף. הפסקת זרימת הנילוס גורמת להפיכת הסדימנטים ברצועה הסילטית לחוליים ועשירים יותר בקרבונט, דלים יותר בפחמן אורגני ובעלי ריכוז נמוך יותר של פוספט ככל שמתרחקים מהמקור הנילוטי. לשינויים כאלה אמורה להיות השפעה ישירה על ההיזון החוזר בין הסדימנט לעמודת המים והיא מובילה להגברת האוליגוטרופיות במדף היבשת הרדוד של ישראל.

יחד עם מגמות ברורות אלו יש שני ממצאים שבשלב זה קשה להסבירם. הרכב החרסיות אינו משתנה בזמן וניתן לקבוע כי בנוסף למקור נילוטי הנשלט ע"י ריכוז גבוה של איליט-סמקטיט בעל תפיחתיות גבוהה יש גם מקור נוסף, כנראה אבק או מרכיב נחלי מקומי. ריכוז ה-Ba והיחס Ba/Al עולים לעבר ההווה במידה נכרת. במספר מקרים עליה זו מקבילה ובו-זמנית לעליה בריכוז הקרבונט. במקרים אחרים העליה גבוהה יותר משיעור העליה בריכוז הקרבונט ובשלב זה אין הסבר למגמה זו.

1. מבוא

מדף היבשת של דרום ומרכז ישראל מהווה חלק אינטגרלי של התא הליטורלי של הנילוס המשתרע על פני 700 ק"מ, מאלכסנדריה שבמערב דלתת הנילוס ועד לעכו בשולי מפרץ חיפה. מדף היבשת הישראלי הולך ונעשה צר ותלול יותר מדרום כלפי צפון, ככל שמתרחקים ממוצא הנילוס. מול עזה רוחבו 30 ק"מ, מול אשקלון 20 ק"מ ומול ראש הנקרה 5 ק"מ עם שיפועים הנעשים בהדרגה תלולים, עד 1.1° מול ראש הנקרה (Inman & Jenkins, 1984; Almagor, 2002). סדימנטים סיליסיקלסטים שמקורם בנילוס הצטברו בעובי רב על מדף היבשת הרדוד של ישראל מאז תחילת הפליוקן, והפכו אותו מפלטפורמה קרבונית במיוקן למדף יבשת המורכב בעיקר מסדרות של סדימנטים דלתאיים שמקורם בנילוס.

הסדימנטים, שמקורם בנילוס, מוסעים על ידי שתי מערכות זרמים: 1. זרם אורך חופי מושרה גלים (Longshore wave induced current) המוביל חולות בעיקר לאורך רצועת המשברים עד לעומק 5-6 מ' ולעתים נדירות עד לעומק של 10 מ'. רוחב זרם זה כ- 1 ק"מ מקו החוף (Zviely et al., 2007). 2. זרם אורך חופי מושרה רוחות (Longshore wind induced current) זורם בין עומק מים של 5-10 מ', קצה רצועת המשברים ועד לעומק של 40 מ'. מעבר לרצועה זו ועד לקצה המדף זרימת המים מוכתבת בעיקר ע"י משטר הרוחות המקומי והשפעה של רוחות לא מקומיות המנשבות במשך זמן רב על פני מרחקים גדולים. דגם זרימה זה מכתוב את תפוצת הסדימנטים במדף היבשת של ישראל בשלוש רצועות סדימנט אורכיות מקבילות חוף. הרצועה הפנימית הרדודה (עד עומק 30 מ') נתונה להשפעת בסיס גלי סערה. היא מורכבת בעיקר מגרגרי חול ממקור נילוטי וממיעוט של תוצרי בליה של סלעים מקומיים, כמויות קטנות של פרגמנטים ביוגניים, ומינרלים כבדים (Nir, 1984; Sivan & Almogi-Labin, 1999). רצועת הסדימנטים התיכונה, המשתרעת בטווח העומקים 30-50 מ', מורכבת בעיקר מסדימנטים סילטיים ממקור נילוטי עם כמויות משתנות של חרסית. רצועת הסדימנט החיצונית-מערבית משתרעת בעומקים העולים על 50 מ' ומורכבת בעיקר מסדימנט חרסיתי המכיל את מינרלי החרסית איליט-סמקטיט (60-80%), קאוליניט (20-40%) ואיליט (10%) (e.g. Emery & Neev, 1960; Sandler & Herut, 2000). תכולת הקרבונט הממוצעת גם היא משתנה לאורך חופי ישראל. באזור אשקלון תכולת הקרבונט בעומקי מים רדודים, בין 20-40 מ', נמוכה יחסית, כ- 10%. צפונה יותר מול בית ינאי, עולה תכולת הקרבונט לכ- 20% (Nir, 1984; Sivan & Almogi-Labin, 1999; Hyams et al., 2002; Hyams-Kaphzan et al., 2008).

בעבר, החל מתקופות בהם חיו המצרים הקדמונים באזור ועד לאחרונה, תקופה שבה נבנה סכר אסואן, הסדימנט הסילטי הדק שהובל ע"י הנילוס טיב את משטחי ההצפה של מצרים העילית והווה בסיס לחקלאות המשגשגת שהתקיימה באזור במשך אלפי שנים. קצב השקעת הסילט במשטחי ההצפה הגיע בתקופות אלו למספר ס"מ למאה שנים (El-Sayed & van Dijken, 1995). סכר אסואן הראשון (הנמוך) נבנה בשנת 1898 על הנילוס, דרומית לעיר אסואן, לצורך אגירת מים בתקופת השיטפונות ושחרורם מאוחר יותר בתקופות שפל ובשנות בצורת. לאור הגידול בצרכי האוכלוסייה במצרים, למים ולחשמל, וכדי לווסת את נזקי שיטפונות הקיץ הסתיימה בשנת 1964 בניית סכר אסואן הגבוה שבעקבותיו נוצר אגם נאצר, אחד ממאגרי המים הגדולים בעולם. לפני בניית סכר אסואן כ- 50% ממימי השיטפונות שממדיהם נעו בין 84×10^9 מ"ק מים בשנים 1959-1900 לבין 45×10^9 עד 55×10^9 מ"ק מים בשנים 1963-1959 הגיעו

לים התיכון בין אוגוסט לאוקטובר ונשאו עמם כמויות נכרות של סילט, חרסית ונוטריאנטים (Halim et al., 1995). כמות הסדימנט שהגיעה עד לשנת 1964 אל הים התיכון בתרחיף הוערכה בכ- 111×10^6 טון לשנה (Halim et al., 1995). ~10% בלבד מטעונת הסדימנטים היתה עשויה חול קוורץ והיתר סילט וחרסיות מטיפוס איליט-סמקטיט (Nir, 1984; Sandler & Herut, 2000). הבניה הנמשכת של שורה של סכרים שהחלה בסוף המאה ה-19 והגיעה לשיאה באמצע שנות ה-60 של המאה הקודמת עם בניית סכר אסואן הגבוה, צמצמה בצורה דרסטית את כמות המים המגיעה לים התיכון והפסיקה כנראה כמעט לחלוטין כניסה של סדימנטים דקים מהנילוס לים התיכון. סדימנטים אלה שהגיעו בסוספנסייה לדלתת הנילוס וליים התיכון מקורם בעיקר מהרי אתיופיה ורמותיה והיום הם מצטברים בעיקר באגם נאצר ובמאגרי מים נוספים ההולכים ונבנים לאחרונה לאורך מעלה הנילוס (Woodward et al., 2007). הירידה הדרסטית בהספקת הסדימנטים גורמת לנסיגה מהירה ומתמשכת של הדלתה המהווה כעת את המקור העיקרי של הסיליציקלסטים לאזורנו, בעיקר של החולות. הפסקת כניסת מימי הנילוס לים התיכון שינתה את המאזן ההידרולוגי והביולוגי באזור והיא תועדה במחקרים שונים. הירידה החדה בכניסת סדימנטים דקים לים התיכון לא תועדה עד כה כלל ויש לה משמעות רבה בעיקר בדפוס הסדימנטציה ברצועה הסדימנט הסילטית, הנמצאת מערבה לרצועת הסדימנט החולית, בעומקי מים שבין 30-50 מ' (Nir, 1984). הירידה החדה בכניסת סדימנטים דקים לאזורנו צפויה לגרום לשינוי כללי בדפוס הסדימנטציה באזור. גריעת סדימנט דק, בנפחים גדולים ולאורך זמן ממושך צפויה להשפיע על פרופיל החוף ושיפועו ומכאן על שורה של תהליכים שקשה אף לחזותם. כמו כן תיאורטית צפויה ירידה חדה בתכולת החומר האורגני בקרקעית או במילים אחרות "מדבור" הולך וגובר של קרקעית הים הרדודה בים שמלכתחילה נחשב לים אולטרה-אוליגוטרופי.

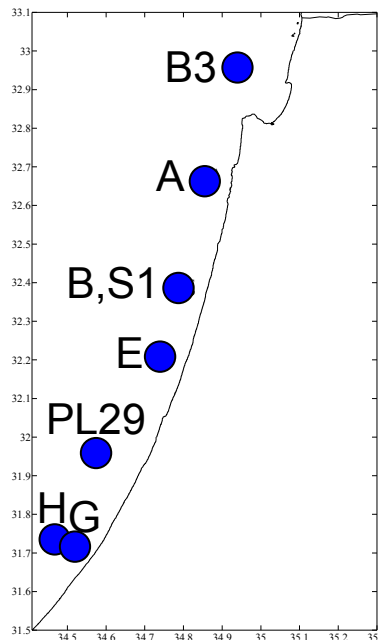
לאור ההנחה כי צפויים שינויים בדפוסי הצטברות הסדימנטים ברצועה הסדימנטים התיכונה "הסילטית" במדף היבשת הרדוד של ישראל בעומקי מים שבין 30-50 מ' יש צורך באפיון משטר הסדימנטציה ברצועה זו ב- 100-150 השנים האחרונות. לצורך כך נבדקו השינויים בגדלי הגרגר של הסדימנטים שהצטברו במהלך תקופה זו ברצועה הסילטית וכן נבדקו השינוי בהרכב הכימי והמינרלוגי (בעיקר של חרסיות) של הסדימנטים. כל זאת יחד עם תיארוך מדויק ברזולוציה גבוהה (בשיטת עופרת 210) מאפשר קביעת קצב השינויים במאפייני הסדימנט בזמן. לצורך בחינת ההיזון החוזר בין הסדימנט (קרקעית הים) לעמודת המים יש לבחון את השתנות ריכוז הפוספט וצורוניו וריכוז הפחמן האורגני והרכבו האיזוטופי בסדימנט.

המחקר כאמור עוסק באפיון השינויים במשטר הסדימנטציה ב-100~ השנים האחרונות בעומקי מים שבין 30-50 מ'. **תוצאותיו יהוו בסיס להבנה מתקדמת יותר וחדשנית של דפוס הסדימנטציה במדף היבשת הרדוד של ישראל בהווה.** הוא ישמש כבסיס בעתיד לכל נושא הקשור להקמת תשתיות בסביבה הימית. עד כה הושקעו משאבים רבים באפיון תנועת החולות במדף היבשת הרדוד ביותר והייתה התעלמות מוחלטת מהשינויים הדרסטיים שחלו לאחרונה וממשיכים להתרחש בעומקי מים שבין 30 ל-50 מ' בתחומי רצועת הסדימנט הסילטי. **הבנה טובה יותר של השינויים במשטר הסדימנטציה במדף היבשת הישראלי יאפשר ניצול מושכל יותר של הסביבה הימית על כל היבטיה.**

2. שיטות וחומרים

2.1 הדיגום בים

במהלך הפרויקט נבדקו 9 גלעינים קצרים שנדגמו במהלך שנת 2007 ע"י ספינת המחקר שקמונה. גלעינים אלה, שאורכם 15-30 ס"מ, נלקחו לאורך חתך צפון דרום בין עתלית לאשקלון בתחום התא הליטורלי של הנילוס (איור 1, טבלה 1). הגלעינים הוצאו מרצועת הסדימנט התיכונה – הסילטית בעומקי מים שבין 33 ל-50 מ'. הם נדגמו ב-5 אתרים שונים לאורך החוף: מול בית ינאי ומול אשקלון נלקחו 3 גלעינים בניצב לקו החוף בעומקי מים של 35, ~40 ו-50 מ' ו-3 הגלעינים הנותרים הוצאו מעומק מים של 40~ מ' מול עתלית, הרצליה ואשדוד. כל זאת כדי לקבל תמונה נרחבת, תלת-מימדית על השינויים במשטר הסדימנטציה באזור. בכל אחת מהתחנות הוצאו 2 גלעינים, האחד לאנליזה מיקרופליאונטולוגית והשני לכימיה וגרנולומטריה. הגלעינים נחתכו על סיפון השקמונה לכל אורכם לפרוסות סדימנט שעוביין 1 ס"מ. בנוסף לכך המדגמים לאנליזה המיקרופליאונטולוגית, נצבעו ב-10 הס"מ העליונים של כל גלעין ב-Rose Bengal לצורך הפרדה בין הפרטים החיים למתים. בסה"כ נדגמו 450 מדגמי סדימנט. בנוסף לכך בדקנו גם 2 גלעינים נוספים שנדגמו בשנים 2002-2004 באותם עומקי מים, במהלך פרויקט "אורית" לצורך קבלת תמונה מלאה על השתנותם של פרמטרים שונים במרחב. גלעינים אלה נלקחו מבית ינאי – S1, ופלמחים – PL29 ולאחרונה, במאי 2009, נדגם מול חופי עכו גלעין B3 במהלך הפלגת "בוסתן הגליל" (איור 1, טבלה 1). הגלעינים C, D, F, H ו-I לא נכללו בהמשך המחקר משום שלא נמצא בהם כל שינוי בתכולת המקטע החולי (Almogi-Labin et al., 2008).



איור 1. מפה המראה את מיקום הגלעינים שנכללים בדו"ח זה. חלקם נדגמו במהלך שנת 2007 לאורך חתך צפון-דרום מאשקלון ועד לעתלית (אלמוגי-לבין וחובריה, 2007, 2008), גלעינים S1 ו-PL29 נדגמו במהלך השנים 2003-2004 (Hyams, 2006) וגלעין B3 נדגם במהלך השנה האחרונה מזרחה לרכס בוסתן הגליל. כל הגלעינים נדגמו בעומקי מים שבין 33-40 מ'.

טבלה 1. רשימת הגלעינים (A-I) שנדגמו במהלך עבודה זו, מיקומם ואורכם וכן מיקום 2 גלעינים נוספים (S1, PL29 מפרויקט "אורית" וגלעין נוסף B3 שנדגם לאחרונה במסגרת הפלגת בוסתן הגליל (2009) שבהם השתמשנו להרחבת בסיס הנתונים. הגלעינים המסומנים באפור, חלקם מעומק מים של 50 מ' וחלקם רדודים יותר (מול אשדוד ומול אשקלון), לא הראו כל שינוי בגודל הגרגר ולכן לא נכללו בהמשך האנליזה.

Station	Location	Latitude (N)	Longitude (E)	Water depth (m)	Grain-size & Chemistry core length (cm)	Forams core length (cm)
A	Atlit	32°39.67N	34°53.08E	39.7	22	22
B	Bet Yanai	32°22.48N	34°48.28E	40	22	22
C	Bet Yanai	32°22.51N	34°49.17E	35	15.5	15
D	Bet Yanai	32°22.88N	34°46.08E	50	28	25
E	Herzeliyaa	32°12.20N	34°44.53E	40	26	26
F	Ashdod-south	31°57.49N	34°33.39E	41	27	25
G	Ashqelon	31°42.42N	34°30.84E	33	27	25
H	Ashqelon	31°43.31N	34°28.43E	38	30.5	30.5
I	Ashqelon	31°43.71N	34°27.01E	50	27	27
PL29	Palmahim	31°58.44N	34°40.60E	36	31	33.5
S1	Bet Yanai	32°22.52N	34°48.29'E	40	29	26.5
B3	East Bustan Hagalil Ridge	32°58.60N	35°00.93E	36.0	25.5	25

2.2 שיטות

1. ייבוש דוגמאות הסדימנט: כל דוגמאות הסדימנט שנלקחו יובשו ב - Freeze-drier. ב- 250 מדגמי הגלעינים שנלקחו לכימיה וגרנולומטריה נקבעה תכולת המים בסדימנט לפני הייבוש (Almogi-Labin et al., 2008). הייבוש ביופיליזר מבטיח שימור אופטימלי של מדגמי הסדימנט גם לטווח ארוך, ללא כל השפעה על מאפייני הסדימנט.

2. קביעת צבע הסדימנט: לצורך אפיון הסדימנטים בגלעינים ובעיקר לצורכי קורלציה ביניהם מדדנו, באמצעות מצלמה ייעודית 3 פרמטרי צבע של הסדימנט L^* , a^* , b^* (השווה ל- Chapman and Shackleton, 1998 בכל הגלעינים (טבלה 1) להוציא גלעינים G ו- H שנבדקו במהלך שנת המחקר הראשונה (Almogi-Labin et al., 2007). פרמטרי הצבע רגישים מאד לשינויי בתכולת הקרבונט (L^*) וצבע הסדימנט (a^* , b^*). הסקלה של פרמטר L^* (lightness=) מידת בהירות הסדימנט) היא בין 0 (שחור) ל- 100 (לבן), זו של a^* המודדת את אדמומיות הסדימנט היא בין +60 (אדום) ל- 60- (לירוק) וזו של b^* המודדת את מידת צהבהבות הסדימנט היא בין +60 [צהוב] ל- 60- [כחול]. פרמטרים אלה בדרך כלל יכולים לסייע לקורלציה בין גלעינים שנלקח בסמיכות זה לזה, ובעיקר פרמטר הצבע L^* .

3. שטיפת המדגמים לאנליזה מיקרופליאונטולוגית: 158 מדגמי סדימנט מגלעינים A-F ו-B3 נשטפו דרך נפה של $63\mu\text{m}$ לצורך האנליזה המיקרופליאונטולוגית. בשטיפה זו גם נקבע משקל כלל הפרקציה ה- $>63\mu\text{m}$ במדגם. האנליזה המיקרופליאונטולוגית נמצאת בעיצומה ועדיין לא הסתיימה.

4. אנליזה גרנולומטרית: בוצעה ב-7 גלעינים שנכללו באנליזה המפורטת של הסדימנטים (טבלה 1). התפלגות גודלי הגרגר נבדקה בתחום $0.02-2000\mu\text{m}$ במעבדה הסדימנטולוגית של המכון הגיאולוגי באמצעות מסטרסייזר מטיפוס Malvern MS-2000 laser diffraction. הטיפול הראשוני כלל המסת המלחים ולאחר מכן בדיקה במכשיר שכללה 3 חזרות על כל מדגם.

5. אנליזה כימית: א. ההרכב הכימי של הסדימנטים (יסודות עיקריים ויסודות משנה) נבדק בכל הגלעינים (טבלה 1). כל דוגמת סדימנט שנלקחה לבדיקת ריכוז היסודות העיקריים ויסודות המשנה הותכה עם LiBO_2 , לאחר מכן היא הומסה בחומצה חנקתית מהולה ולבסוף ריכוז היסודות נמדד במכשיר ה- ICP-AES.

ריכוז צורני הפוספט בשבעת הגלעינים נבדק במעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון, עפ"י הפרצדורה של Hieltjes and Lijklema (1980). האנליזה בוצעה בפרקציית הסדימנט הקטנה מ- $250\mu\text{m}$ וזוהו בה 4 צורוני פוספט שונים: 1. זרחן חופשי; 2. זרחן הקשור ל-Al ול-Fe; 3. זרחן הקשור לסידן; 4. זרחן אורגני. לצורך מדידת צורוני הפוספט השונים הסדימנט טופל תחילה ע"י $1\text{M-NH}_4\text{Cl}$, אחר כך ע"י 0.1N-NaOH , בהמשך 0.5M-HCl ולבסוף ב- 1M-NaOH . ריכוז כלל צורוני הפוספט מופיע כ-SUM-P או Total P.

6. אנליזה מינרלוגית - הכנת המקטע החרסיתי: המקטע הדק (קטן מ- $63\mu\text{m}$), שנותר במים מזוקקים לאחר סינון המקטע החולי לצורך אנליזה פליאונטולוגית, טופל בחומצה (0.5N-HCl) תוך בקרת pH עד להמסה מלאה של המינרלים הקרבונטים. החומר נשטף עד לקבלת תרחיף יציב וטופל באמבט על-קולי למשך כ-2 דקות. המקטע החרסיתי (קטן מ- $2\mu\text{m}$) הוסר על פי חוק סטוק. לתרחיף המקטע החרסיתי טופטפו טיפות אחדות של 2N-SrCl_2 על מנת להרוות את החרסיות התופחות בקטיון אחיד ולגרום לשקיעה של החומר. לאחר השקיעה נשפתו המים ונותר תרחיף מרוכז. התרחיף נשטף להרחקת עודף SrCl_2 , טופל באמבט על-קולי למשך כחצי דקה וטופטף באמצעות טפטפת באופן זהה על שתי זכוכיות נושא. ייבוש התרחיף על פני זכוכיות הנושא התבצע על פלטה מחוממת קלות כדי לזרוז את הייבוש. זכוכית נושא אחת הורצה פעמיים: לאחר הייבוש הראשוני ולאחר הרוויה באתילן גליקול. ההרוויה התבצעה בדסיקטור עם אתילן גליקול שהונח בתנור בטמפרטורה של 60°C . הדסיקטור נאטם לאחר כ-15 דקות חימום ונותר בתנור למשך לילה. זכוכית הנושא השנייה חוממה בתנור של 550°C למשך שעתיים.

אנליטיקה: דיפרקטומטר Philips 3020/3710 עם מחולל קרינה מדגם PW 1830 ושפופרת נחושת שהופעלה במתח 40 kV וזרם של 30 mA . ההרצות התבצעו בקצב של $2^\circ\theta$ ל $1^\circ\theta$ לדקה בתחום $2-30^\circ\theta$ עבור הרצות ייבוש רגיל והרוויה באתילן גליקול ובתחום $2^\circ\theta$ ל $19-2^\circ\theta$ עבור הרצה לאחר חימום. הייבוש חצי כמותי של ההרכב המינרלוגי של המקטע החרסיתי וקביעת ערך האוכף התבצעו על פי Sandler & Herut (2000), למעט שינוי באופן העברת קו הבסיס. התוצאות מוצגות במרווחים של 5% ומסתכמות ל- $\pm 5\%$. בסה"כ בוצעה אנליזה מינרלוגית של חרסיות ב-55 מדגמים מ-6 גלעינים.

7. תיארוך הסדימנטים: שלושת הגלעינים, G, E, B (60 מדגמים) תוארכו באמצעות עופרת 210 בשיטת גלי גמא (γ). בנוסף לכך נקבעו במדגמים אלה ריכוז האיזוטופ המלאכותי ^{137}Cs והאיזוטופ הטבעי ^{40}K . לצורך מדידת ^{210}Pb המדגמים נאטמו בכלי פלסטיק ייעודיים למשך מינימום של 3 שבועות כדי שיגיעו לשווי משקל רדיואקטיבי בין ^{226}Ra ל- ^{222}Rn . המדגמים נמדדו לאחר מכן בגלאי Canberra Industries HPGe. לצורך קביעת ^{210}Pb activity excess הוחסר ערך ה- ^{210}Pb supported מכלל סיגנל ה- ^{210}Pb . קצב הצטברות הסדימנטים מבוטא ב- $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$.

3. תוצאות ודיון

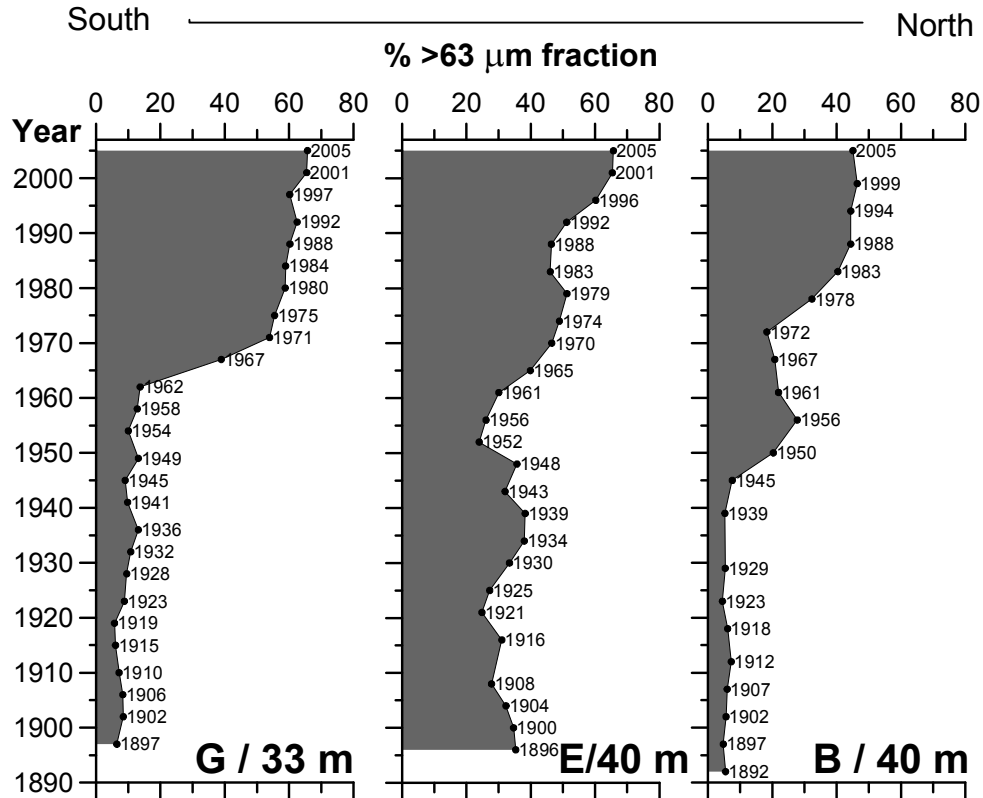
הקו שהנחה אותנו בשלב ההתחלתי של עבודה זו היה להתמקד רק באותם גלעינים קצרים (טבלה 1) שמראים סיגנל ברור של שינוי בגודל הגרגר לאורך הגלעין בהנחה ששינוי זה קשור להפסקת זרימת הנילוס לדרום-מזרח הים התיכון כתוצאה מהפעלת סכר אסואן הגבוה בשנת 1965. האנליזה הראשונית כללה הפרדת הסדימנט למקטע גס ודק מ $63\mu\text{m}$, קביעת ריכוז הקרבונט וכן קביעת פרמטרי צבע בכל אחד ממדגמי הסדימנט של כל הגלעינים שנדגמו (אלמוגי-לבין וחובריה, 2008). על סמך השינויים הבולטים בשלושת משתנים אלה ב-7 מתוך 11 הגלעינים הקצרים שנדגמו הוחלט להמשיך את המחקר בגלעינים G, PL29, E, B, S1, A ו-B3 המיצגים את מדף היבשת הרדוד בין אשקלון בדרום לעכו בצפון (טבלה 1). לצורך אפיון השינויים המהירים במשטר הסדימנטציה לאורך החוף הישראלי בדקנו שורה של משתנים שמטרתם לאפיין את מידת השינוי ומועדו בהרכב הסדימנט, בגודל הגרגר, בכימית הסדימנט ובהרכב החרסיות בשילוב עם תיארוך הסדימנטים ב-3 גלעינים באמצעות עופרת 210.

3.1 קצבי הצטברות הסדימנטים

שלב מרכזי בעבודה זו הוא קביעת קצב הצטברות הסדימנטים במדף היבשת הים תיכוני הרדוד של ישראל. האנליזה מבוססת על תיארוך באמצעות עופרת 210 בשיטת גלי גמא (γ) והיא אפשרה לקבוע את גיל הסדימנטים בשלושת הגלעינים שנבדקו G, E, B ו-B. קצבי הסדימנטציה הממוצעים (שבהם נלקח בחשבון ריכוז החרסיות) הם בין 2.3 ± 0.5 מ"מ/לשנה בגלעין G הדרומי ביותר מול אשקלון, 2.3 ± 0.3 מ"מ/לשנה בגלעין E מול הרצליה ל- 1.8 ± 0.3 מ"מ/לשנה בגלעין B הצפוני, מול בית ינאי. בנוסף לאנליזת עופרת 210 נבדק גם ריכוז האיזוטופ המלאכותי ^{137}Cs ככרונומטר בלתי תלוי ויש התאמה טובה בין שתי השיטות. הסדימנטים בבסיס הגלעינים גילם הוא 1895 ± 12 והם הצטברו ברציפות עד להווה, קרי שנת 2005, המייצגת את גג הגלעין.

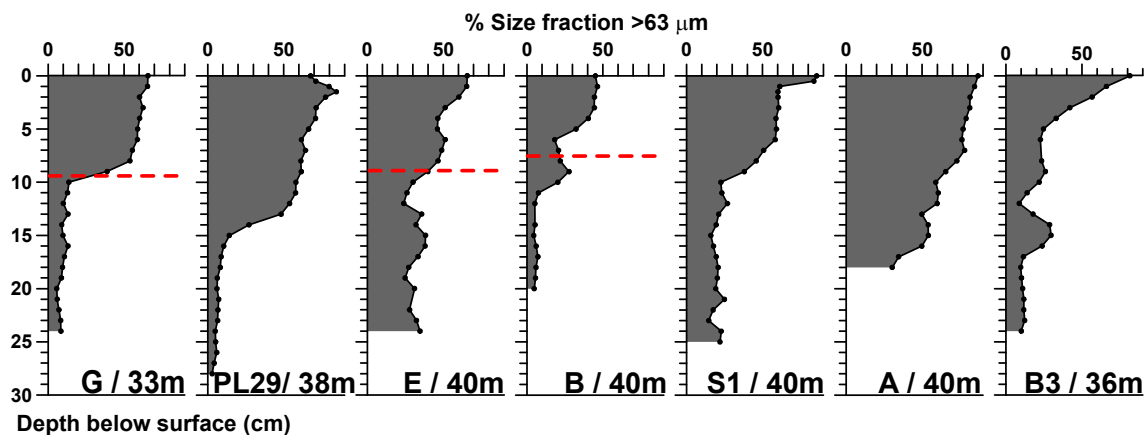
העליה החדה בריכוז המקטע החולי בגלעין G (איור 2) החלה לאחר שנת 1962 (או בצורה מדויקת יותר בין 1962 לשנת 1967). העליה החדה היתה מריכוז מקטע חולי של כ-10% ללמעלה מ-60%, תוך פחות מ-10 שנים. בגלעין B השינוי היה הדרגתי ומתון. גם כאן עיקר השינוי התרחש לאחר שנת 1961 ובו ריכוז מקטע זה עלה מ-25% בחלק הקדום יותר בגלעין ללמעלה מ-60% בהווה. בגלעין B ניתן לראות שני שלבים ברורים בעליה של מקטע סדימנט זה: לאחר שנת 1945 ריכוז המקטע החולי עלה מפחות מ-10% לכ-25% ובשלב שהתרחש לאחר שנת 1972 ריכוז מקטע זה עלה ובהווה הוא מגיע לכ-45%.

הנתונים יוצגו בהמשך בעיקר מול העומק בגלעין (ולא מול גיל) מפני שרק 3 מתוך 7 הגלעינים תוארכו. דבר זה יאפשר לבחון את השינויים במאפייני הסדימנט במרחב. באותם הגלעינים שבהם נקבע קצב הסדימנטציה, שנת 1965 שבה סכר אסואן הגבוה החל לפעול, סומנה.



איור 2. השינויים בתכולת מקטע הסדימנט ה- $>63\mu\text{m}$ בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G), (דרום), הרצליה (B, מרכז) ובית ינאי (B, צפון) מול גיל הסדימנט כפי שנקבע באנליזת עופרת 210.

3.2 המרכיב ה- $>63\mu\text{m}$ בסדימנט

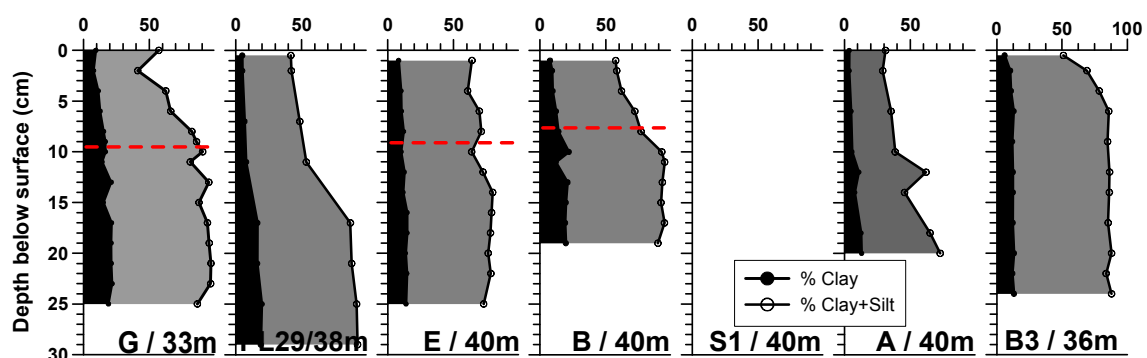


איור 3. השינויים בתכולת מקטע הסדימנט ה- $>63\mu\text{m}$ בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G), (דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באדום מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

תכולת המקטע החולי ($>63\mu\text{m}$, הפרדה רטובה, ראה שיטות לעיל), משתנה מאד לאורך הגלעינים שנבדקו (איור 3א). בחלק התחתון, ריכוז החול נמוך ואינו עולה על 10-20% מכלל הסדימנט בעוד שבחלק העליון של הגלעינים ריכוז החול מגיע ל 60-80% מכלל הסדימנט. בגלעינים G ו- PL29 העליה בתכולת המקטע החולי חדה והיא מתרחשת בעומק 10 ו- 15 ס"מ בהתאמה, השווה לשנת 1965 בגלעין G. בגלעין E העליה הדרגתית ומתונה יותר. עליה הדרגתית נמצאה גם בגלעינים הצפוניים B, S1, A ו- B3 והיא נמשכת עד להווה כשבחלק העליון ביותר % החול מגיע ל- 80% מכלל הסדימנט.

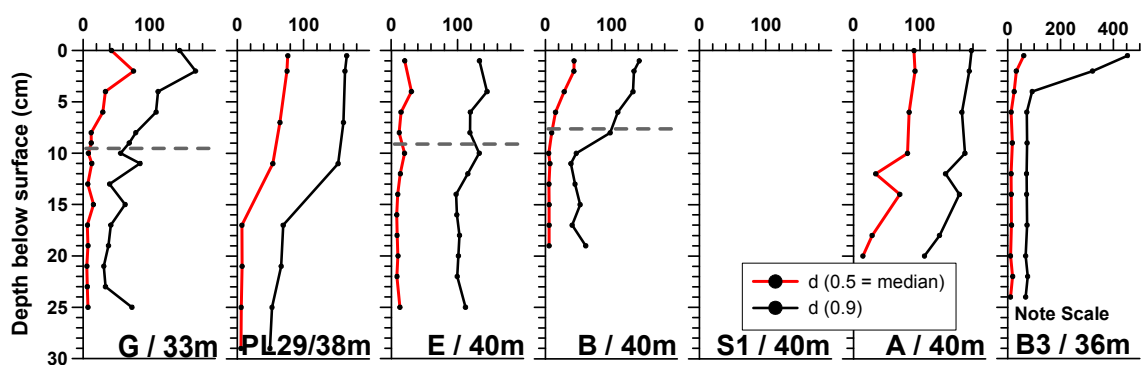
3.3 תפרוסת גדלי גרגר

הסדימנט ברצועת הסילט של מדף היבשת הים תיכוני של ישראל היה מורכב בעבר בעיקר מסדימנט דק-גרגר שהווה 70-90% מכלל הסדימנט בחלק התחתון של הגלעינים (איור 3ב) והיום עם הירידה בתכולת מרכיב זה הוא מהווה 30-50%. בסדימנטים אלה אחוז החרסית ($0-2\mu\text{m}$) בחלק התחתון של כל הגלעינים הוא 13% עד 20% והוא יורד בהדרגה לגג הגלעין לערך של 4-6% בגלעינים B3, A בצפון ו- 8% בשאר הגלעינים בחלק המרכזי והדרומי של מדף היבשת הים-תיכוני של ישראל (איור 3ב). אחוז הסילט ($2-63\mu\text{m}$) גבוה מאד בחלק התחתון של כל הגלעינים ומהווה כ- 75% מכלל הסדימנט. אחוז הסילט יורד בצורה חדה יותר בדרום המדף ל 40%~, בחלק המרכזי של המדף הירידה מתונה יותר, לכ- 50%~ ובגלעין A אחוז הסילט מהווה רק 27% מכלל הסדימנט.



איור 3ב. השינויים בתכולת מקטע החרסית ($0-2\mu\text{m}$, מילוי שחור) והסילט ($2-63\mu\text{m}$, מילוי אפור) בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באדום מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

ערך החציון ($d(0.5)$) עולה ומראה הגססה של הסדימנט בעיקר בחלק העליון של כל הגלעינים (איור 3ג). ברבים מהם ערך החציון בבסיס הגלעינים הוא $5-12\mu\text{m}$ ובחלק העליון הוא עולה ל $40-76\mu\text{m}$ (להוציא את גלעין E). המרכיב המהווה 90% $d(0.9)$ מספקטרום גודלי הגרגר בסדימנט ערכו $50-70\mu\text{m}$ בכל הגלעינים להוציא את גלעין E שם ערכו $112\mu\text{m}$. בגג הגלעינים ערך ה- $d(0.9)$ מגיע ל- $133-160\mu\text{m}$ ובגלעין B3, שבו יש עליה חדה בגודל הגרגר, ערכו מגיע ל $450\mu\text{m}$. עליה חדה זו אנומלית ביחס לכל שאר הגלעינים הנמצאים דרומה ל B3 והיא אנומלית גם ביחס לעליה המתונה יותר בגודל החציון בגלעין זה. בכל הגלעינים, להוציא את B3, העליה בגודל החציון מקבילה לעליה בערך ה- $d(0.9)$.



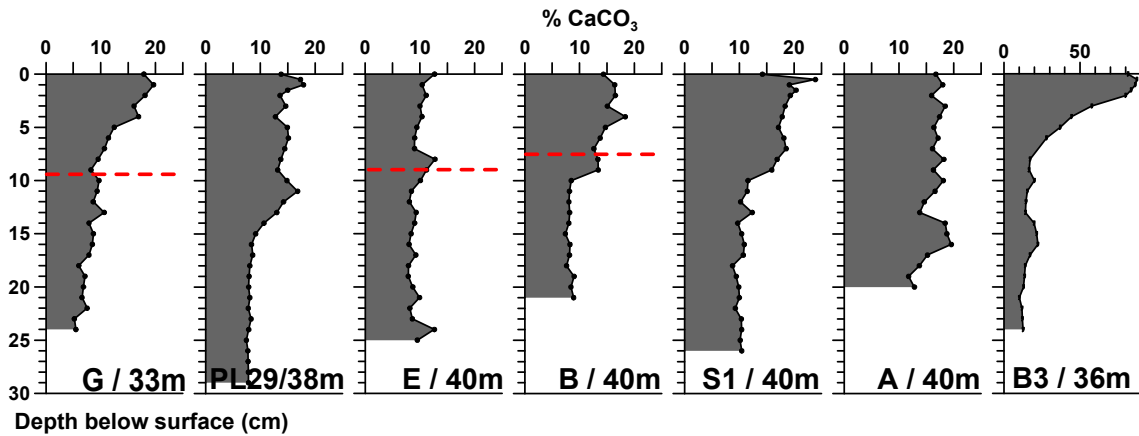
איור 3.3. השינויים בגודל החציון (μm , $d(0.5)$, median) וגודל הגרגר של החלק המהווה 90% מכלל הסדימנט (μm , $d(0.9)$) בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באפור מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול. סקלת ציר ה-X בכל הגלעינים היא 0-200 μm ובגלעין B3 היא 0-450 μm .

העליה הברורה בתכולת הסדימנט החולי בין החלק התחתון לעליון (איור 3א) והירידה בתכולת החרסית והסילט לעבר החלק העליון של כל הגלעינים (איור 3ב), יחד עם הגסטת הסדימנט כפי שמשקף בערך החציון וערך ה $d(0.9)$ (איור 3ג), מיוחסים להפסקת זרימת הנילוס לים התיכון ובעיקר הפסקת כניסת מי השטפונות בקיץ שנשארו לאזורנו סדימנט דק-גרגר בתרחיף. לסדימנט דק-גרגר שהצטבר בחלק התחתון של הגלעינים נתייחס בהמשך כאל הסדימנט הנילוטי, המייצג את המערכת הטבעית הבלתי מופרעת באזורנו בעוד שהסדימנט גם הגרגר שהצטבר בחלק העליון של הגלעין, יכונה בהמשך סדימנט פוסט-נילוטי, והוא תוצר הפעלת סכר אסואן הגבוה החל משנת 1965.

3.4 ריכוז הקרבונט (CaCO_3 %)

במקביל לעליה בתכולת המקטע החולי (איור 3א) ניתן לראות באותם הגלעינים עליה בריכוז הקרבונט (CaCO_3 wt%). בחלק התחתון של כל הגלעינים, להוציא את הגלעינים הצפוניים A ו-B3, ריכוז הקרבונט הוא 5-10% (איור 4) והוא עולה בהדרגה בגלעין G, ולעיתים בקפיצת מדרגה לערך גבוה יותר בחלק העליון של הגלעינים PL29, B, ו-S1, שם הוא מהווה כ-20% מכלל משקל הסדימנט. בחלק התחתון של גלעינים A ו-B3 ריכוז הקרבונט הוא כ-20% ובחלק העליון ביותר של גלעין B3 יש עליה חדה מאד בריכוז הקרבונט והוא מהווה למעלה מ-80% מכלל משקל הסדימנט.

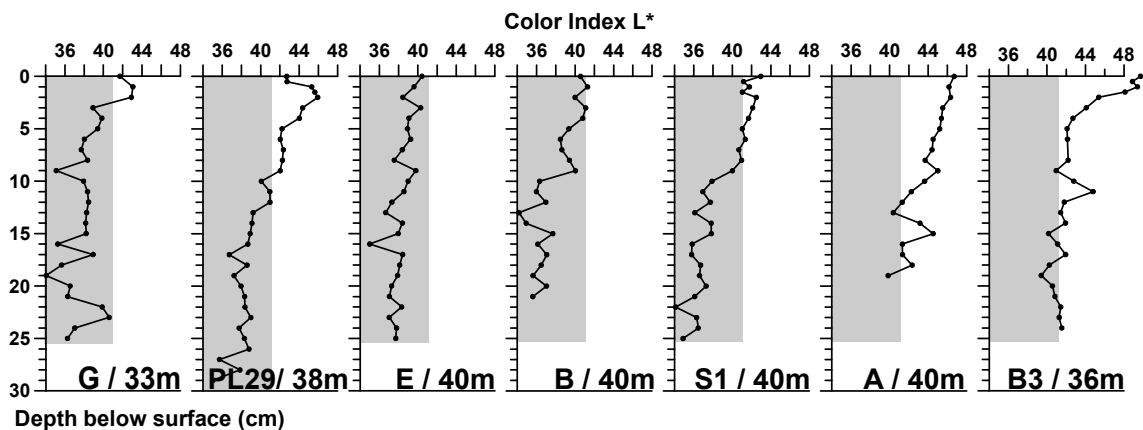
מגמה דומה של עליה בריכוז הקרבונט נמצאה אצל Tapiero (2002) שבדקה 2 גלעינים ארוכים שמיצגים רצף סדימנטרי שהצטבר במשך חלק ניכר של ההולוקן. בחלק העליון ביותר של 2 רצפים אלה נמצאה עליה בריכוז הקרבונט בדומה לעליה שנמצאה בגלעינים S1 ו-B. העליה באחוז הקרבונט קשורה כנראה בעיקר לירידה באספקת סדימנט דק-גרגר ממוצא נילוטי, שבעקבותיה יש ירידה במיהול הקרבונט ע"י המרכיב הסיליסיקלסטי הדק בסדימנט.



איור 4. השינויים בריכוז הקרבונט, CaCO_3 wt% בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). סקלת ציר ה X בגלעין B3 היא 0-80% ובשאר הגלעינים 0-25%. הקו המקווקו באדום מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

3.5 צבע הסדימנט

פרמטרי הצבע a^* , b^* , L^* משתנים במקביל לשינויים בתכולת המקטע החולי וערכיהם יורדים לעבר החלק העליון של הגלעינים (איור 5, אלמוגי-לבין וחובריה, 2008). פרמטר הצבע L^* (ערך 0=שחור ו-100=לבן) המציין את מידת בהירות הסדימנט משתנה לאורכם של הגלעינים וכן ביניהם. ערכי פרמטר זה נעים בין 34 ל-47. ערכים נמוכים, שמשמעותם צבע סדימנט כהה יותר, מאפיינים סדימנטים של החלק התחתון והאמצעי של כל הגלעינים במרכז ודרום מדף היבשת. רק שני הגלעינים הצפוניים A ו-B3 בהירים יותר לכל אורכם. הצבע הכהה יותר של הסדימנטים בגלעינים דרומה לעתלית אופייני לסדימנטים דקים ממוצא נילוטי שהצטברו בעיקר בתקופות ספרופל כשתכולת החומר האורגני בסדימנט גבוהה יחסית (Almogi-Labin et al., 2009). השוואת צבע הסדימנט בחלק העליון ביותר של הגלעינים מראה על קיום שינוי לטרלי ברור צפון-דרום עם סדימנט כהה יותר דרומה ל B (בית ינאי) לעומת סדימנט בהיר יותר בגלעינים A ו-B3 הצפוניים יותר. השינוי בצבע הסדימנט משקף את הירידה החדה בשטף הסדימנט הסליסיקלסטי הדק ממוצא נילוטי למדף היבשת הרדוד של ישראל יחד עם עליה בריכוז הקרבונט שמקורו בעיקר ביוגני.

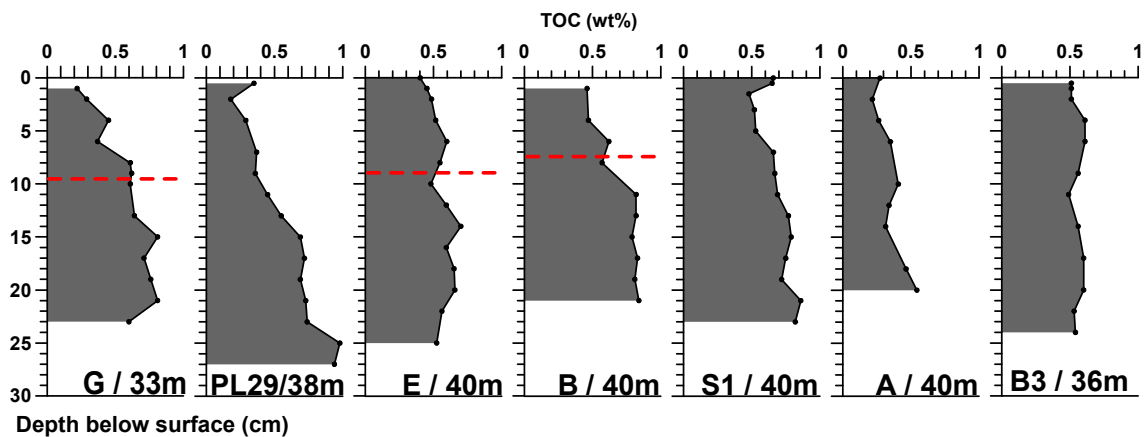


איור 5. השינויים במשתנה הצבע L^* בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל. הירידה בערך משתנה זה לעבר גג הגלעינים ומדרום לצפון מציינת מעבר לסדימנט בעל גוון בהיר יותר. השינוי בצבע קשור לירידה בשטף סדימנטים סליסיקלסטי ממוצא נילוטי לעבר ההווה וכן מדרום לצפון וכן לעליה הריכוז הקרבונט.

המלבן האפור מראה את משרעת ערכי משתנה זה בחלק התחתון של גלעין G הסמוך ביותר לנילוס, בתקופה בה הנילוס עדיין זרם לים התיכון.

3.6 ריכוז הפחמן האורגני (OC)

ריכוז הפחמן האורגני (Organic carbon – OC) יורד (איור 6) מריכוז של כ- 1 wt.% בחלק התחתון ל- 0.2-0.5 wt.% בחלק העליון ביותר של הגלעינים. בגלעין B3, הצפוני מבין כל הגלעינים שנבדקו לאורך חתך דרום-צפון זה, לא נמצא כל שינוי בריכוז הפחמן האורגני וריכוזו הוא 0.56 ± 0.4 wt%. ריכוז הפחמן האורגני הוא סמן רגיש לשינויים ביצרנות הראשונית בעמודת המים. הירידה בריכוז ה-OC נמצאה בכל הגלעינים להוציא את גלעין B3 הצפוני ביותר והיא לרוב מקדימה את תחילת העליה בתכולת המקטע החולי. ירידה בריכוז הפחמן האורגני מציינת כנראה זמן תגובה מהיר יותר של מערכת היצרנות הראשונית מאשר לאותם גורמים האחראיים מאוחר יותר לעליה בתכולת המקטע החולי. ריכוז הפחמן האורגני המצטבר בסדימנטים חוליים הוא בד"כ נמוך יותר בהשוואה לריכוזו בסדימנטים דקי גרגר כך שהירידה ב-OC משקפת קרוב לודאי שני תהליכים שאירעו במערכת זו בו-זמנית. הקטנת היקף זרימת הנילוס עקב בנית הסכרים המוקדמים לוותה כנראה כבר מתחילתה בירידה הולכת ונמשכת בשטף הנוטרינטים לים ובעקבותיה בירידה ביצרנות הראשונית (Halim et al., 1995). לאחר הפעלת סכר אסואן הגבוה פסקה כמעט לחלוטין הובלת סדימנטים נילויים לים התיכון והואץ תהליך "גיסוס" הסדימנטים שלוה בהמשך בירידה נמשכת בריכוז הפחמן האורגני בסדימנט עד לערכיו הנמוכים בהווה.

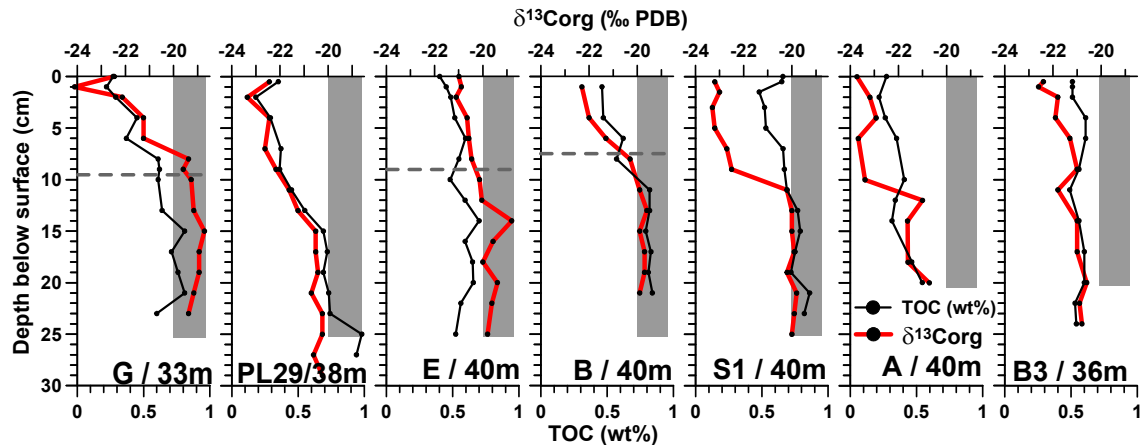


איור 6. השינויים בריכוז הפחמן האורגני (OC wt%) בגלעיני מדף היבשת הים-תיכוני הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באדום מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

3.7 הרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$)

הערך האיזוטופי של הפחמן האורגני בחלק התחתון של כל הגלעינים הוא בסביבות 19% עד 20% והוא יורד לעבר החלק העליון לערך של 23% עד 24% (איור 7). ערך של 19% עד 20% טיפוסי לפחמן אורגני ממוצא ימי (Fontugne & Calvert, 1992). הירידה בערך $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ מקבילה לרוב לירידה בריכוז הפחמן האורגני, להוציא את הגלעינים מאזור בית-ינאי (S1) וצפונה (A, B3). שם הירידה בהרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני דומה לזו שבגלעינים הדרומיים בעוד שהירידה בריכוז הפחמן האורגני מתונה יותר או לא קיימת כלל כמו במקרה של גלעין B3. הרכב איזוטופי של פחמן אורגני ממוצא ימי, כפי

שנמצא בחלק התחתון של כל הגלעינים, מקביל לתקופה שבה שיטפונות הנילוס העונתיים הגיעו לאזור והובילו נוטרינטיים שגרמו לפריחות פיטופלנקטון עונתיות (Halim et al., 1995) ובהמשך, להצטברות פחמן אורגני ממוצא ימי במדף היבשת הים תיכוני של ישראל. הירידה בהרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני בחלק העליון של הגלעינים מבטאת "מדבור" הולך וגובר של דר'-מז' הים התיכון בעקבות הירידה החדה ביצרנות הראשונית ועליה בתרומה היחסית של פחמן אורגני ממוצא יבשתי התורמת כנראה לירידה הכוללת בהרכב האיזוטופי של הפחמן האורגני בשיעור של 2-4% בחלק העליון של הגלעינים.



איור 7. השוואה בין השינויים בריכוז הפחמן האורגני (OC wt% / קו שחור) להרכבו האיזוטופי ($\delta^{13}\text{Corg}$ / קו אדום) בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באפור מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול. המלבן האפור מראה את משרעת ערכי $\delta^{13}\text{Corg}$ בחלק התחתון של גלעינים G, E, B ו-S1. ערכים אלה מציינים ערכים של חומר אורגני ממוצא ימי.

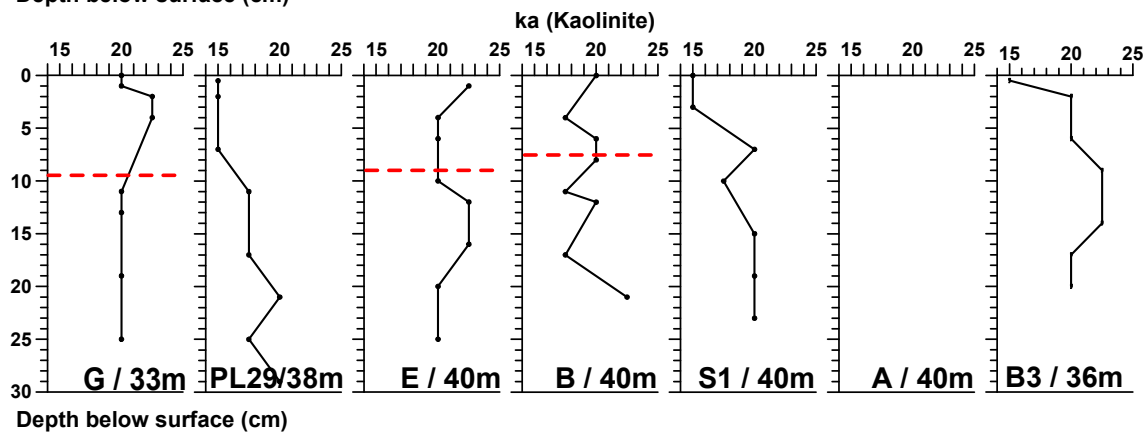
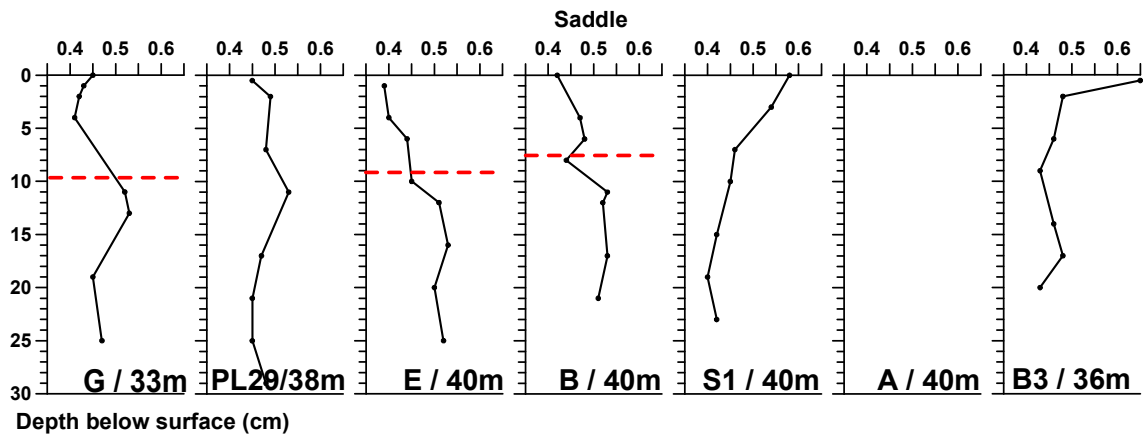
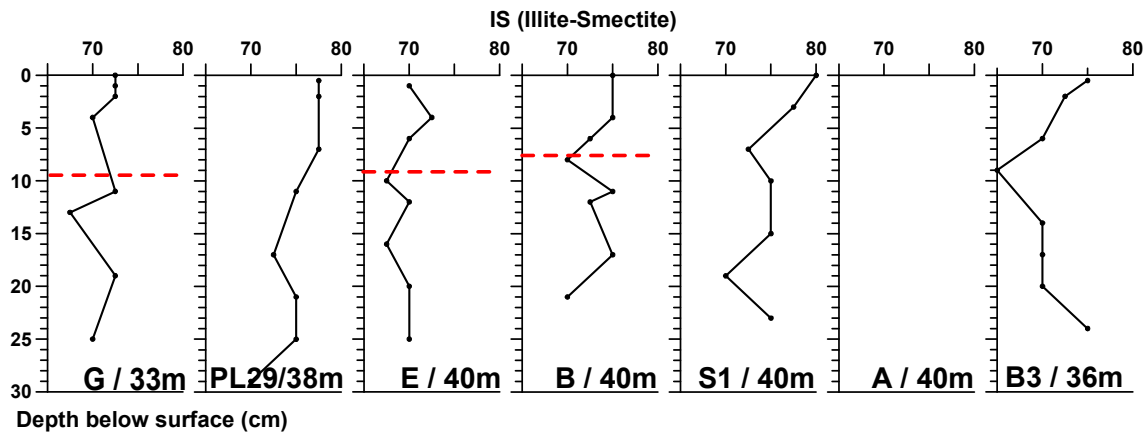
Fontugne and Calvert (1992) טענו בעבודה שבה בדקו את ההרכב האיזוטופי של פחמן אורגני בגלעין ארוך שנלקח ממדרון היבשת של דר'-מז' הים התיכון כי שפיעה מוגברת של מים מתוקים שמקורם מהנילוס, בתקופות של הצטברות ספרופלים בים התיכון, מלווה בירידה בהרכב האיזוטופי של פחמן אורגני. בנוסף לכך הם הסבירו כי ירידה במליחות מי הים כתוצאה משפיעה מוגברת של הנילוס מלווה בירידה בערך האיזוטופי של הפחמן האורגני. הממצאים בעבודה זו מראים על מגמה הפוכה. על פיה ניתן לקבוע כי בתקופה שבה הנילוס זרם לאזורנו, תקופה המיוצגת ע"י החלק התחתון של כל הגלעינים, ושבה מליחות מי הים היתה נמוכה מאשר היום (Hecht, 1956, 1992; Gertman and Hecht, 2002) הערך האיזוטופי של הפחמן האורגני היה גבוה ב- 2-4% מאשר בתקופה שבה זרימת הנילוס לאזורנו פסקה ומליחות מי הים עלתה במידה ניכרת.

3.8 מינרלוגית החרסיות

ההרכב המינרלוגי של המקטע החרסיתי נבדק בכל הגלעינים להוציא גלעין A (איור 8). בכל הגלעינים המינרל השליט הוא איליט-סמקטיט (IS) (65-80%) והשני לו קאוליניט (15-25%). איליט נוכח בכל המדגמים בתכולה נמוכה (10%~3%) ואילו כלורייט וקוורץ נוכחים בחלק מהמדגמים בתכולה זעירה. תפיחה בצד הנמוך של שיא הקאוליניט הראשי מעידה, ככל הנראה, על נוכחות מעטה של המינרל מעורב

השכבות קאוליניט-סמקטיט בחלק מהמדגמים. מינרל זה נוצר בקרקעות שטופות, אך מקורו במדגמים הנוכחיים אינו ידוע. ערכי האוכף, המעידים על מידת התפיחתיות של האיליט-סמקטיט, הם 0.38-0.65. לשם השוואה, במדגמי הנילוס ערכי האוכף הם 0.2-0.29 (להוציא מדגם בודד שבו ערך האוכף הוא 0.44), תכולת האיליט/סמקטיט היא 80-85%, והקאוליניט 10-20% (סנדלר מידע אישי, Sandler & Herut, 2000). השוואת הרכב החרסיות בגלעיני מדף היבשת הים תיכוני הרדוד של ישראל לחמישה מדגמי הנילוס שנבדקו באותם תנאים לאחרונה, מראה שבמקטע החרסיתי של מדגמי הגלעין יש תערובת של הומר נילוטי עם סדימנט, שבו אחוז נמוך יותר של איליט-סמקטיט, התפיחתיות של האיליט-סמקטיט נמוכה יותר ואילו אחוז הקאוליניט דומה. הרכב כזה יש למקטע החרסיתי של אבק ושל סחף נחלים כפי שתואר ע"י Sandler & Herut (2000) שהציעו כי כ-50% מכלל החרסיות במדף היבשת הרדוד של ישראל מקורם בנחלי החוף. בעבודה שפורסמה לאחרונה ע"י Hamann et al. (2009) נמצא כי אחוז ה-IS מכלל מינרלי החרסית נע בין 66% ל-85% במאסף שנקבע כמיצג את הנילוס והוא דומה למדי לערכים שנמצאו בעבודה זו. בשלב זה קשה לקבוע מהי תרומת המקורות המקומיים להרכב החרסיות בגלעינים הימיים השונים משום שהשינויים בהרכב החרסיות הם קטנים ולא ניתן להבחין במגמות ברורות, במרחב, בחתך דרום-צפון, או בזמן. במילים אחרות לא נמצא כל הבדל בהרכב החרסיות בין התקופה הנילוטי שבה הנילוס זרם לאזורנו בהשוואה לתקופה הפוסט-נילוטי שבה פסקה זרימת הנילוס כמעט לחלוטין. בהקשר זה יש לציין כי בגלעינים מדרום ומרכז המדף, הערכים הדומים ביותר לערכי הנילוס נמצאו בעיקר בחלק העליון הפוסט-נילוטי של גלעינים PL29 ו-S1 עם ריכוז איליט-סמקטיט הגבוה ביותר וירידה קלה בערך האוכף בגלעין PL29 אך עם עליה בערך האוכף בגלעין S1. מגמה דומה של עליה בתכולת ה-IS נמצאה גם בגלעין B3, הצפוני מבין כל הגלעינים שנבדקו, אך בו כמו בגלעין S1 יש מגמה ברורה של עליה בערכי האוכף המגיעה לשיא של 0.64, בחלק העליון ביותר של גלעין B3. עליה זו מלווה גם בירידה בערכי הקאוליניט, לערכים נילוטיים טיפוסיים. לסיכום ניתן לומר כי קשה להצביע על מגמה ברורה של שינוי בהרכב החרסיות כתוצאה מסכירת הנילוס. בעבודה של Hamann et al. (2009) שבוצעה על סדימנטים ממדרון היבשת הים תיכוני של ישראל לא נראו שינויים בולטים בהרכב החרסיות במהלך ההולוקן וכן לא נמצאו הבדלים ברורים בין תקופות שבהם הנילוס שפע, בתחילת ההולוקן, לתקופה שבהן שפיעת הנילוס פחתה במידה נכרת, ההולוקן המאוחר. שינויים בולטים בהרכב החרסיות נמצאו בעיקר במעבר מתקופת הקרחון האחרון להולוקן כשאחוז הסמקטיט עלה בכ-10%, האיליט ירד ב-7% והקאוליניט והכלורייט כמעט ולא השתנו.

עפ"י המגמות הבלתי ברורות ולעיתים הסותרות שנמצאו בשינויים בהרכב החרסיות בזמן ובמקום בגלעיני מדף היבשת הרדוד של ישראל במסגרת עבודה זו נראה כי הרכב החרסיות "שקוף" בשלב זה לשינוי הדרסטי שחל במערכת הסדימנטרית במדף היבשת הים-תיכוני של ישראל וכנראה יחלוף זמן עד שיהיה לכך ביטוי בעתיד.



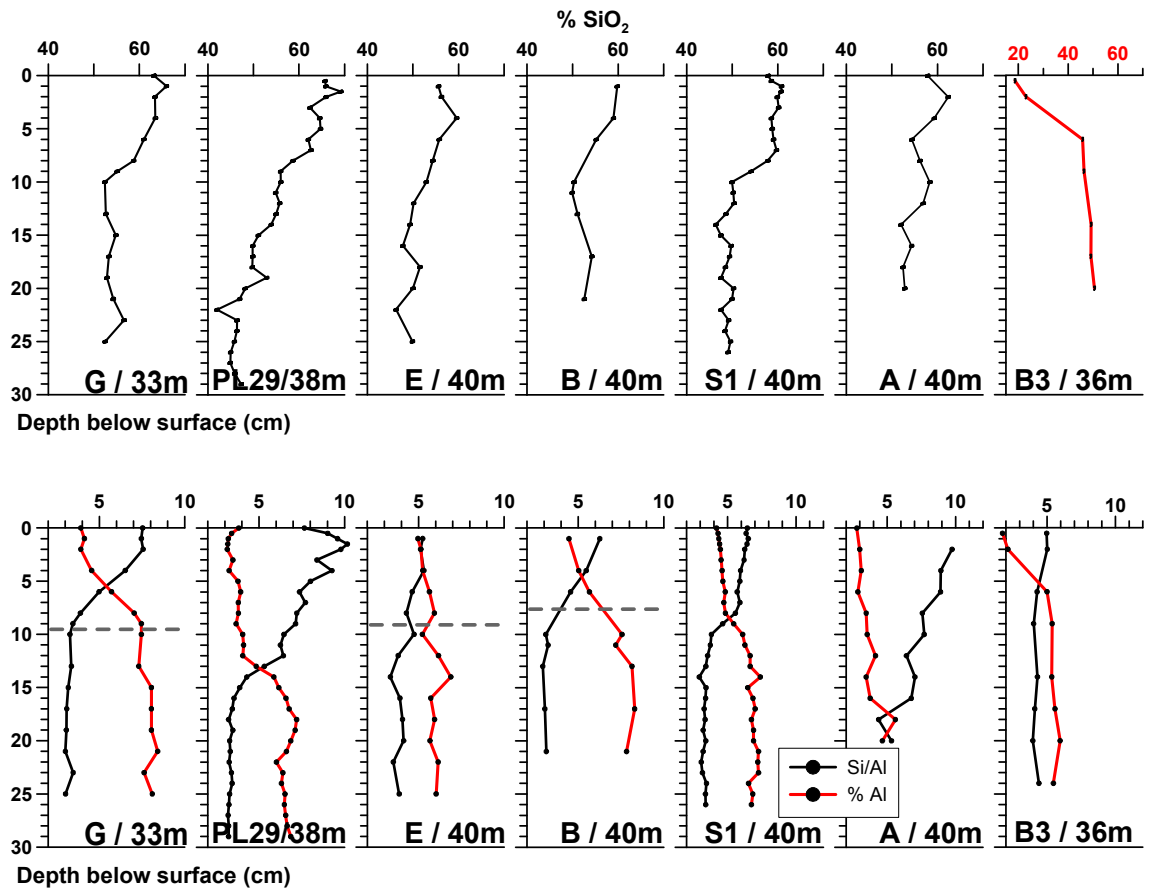
איור 8. שינויים בהרכב החרסיות: IS-Illite/Smectite; Saddle - מדד למידת התפיחתיות של האיליט-סמקטיט ו-ka-Kaolinite בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באדום מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

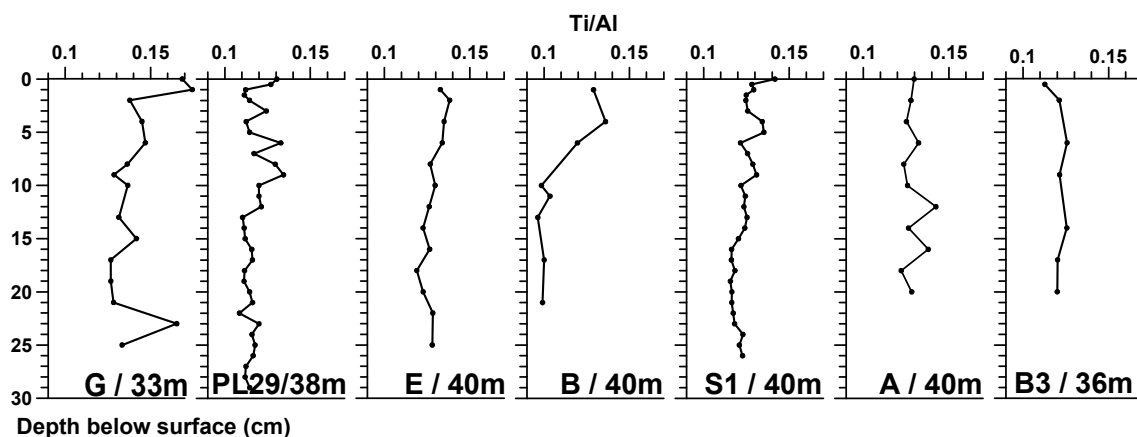
3.9 הרכב כימי

ריכוז הסליקה בגלעינים משתנה בין 50%~ בחלקם התחתון ל- 60% בחלקם העליון (איור 9) להוציא את גלעין B3 שבו ריכוז הסליקה הגבוה ביותר נמצא בחלק התחתון של הגלעין. נרמול הצורן לאלומיניום מראה מגמה ברורה יותר ובה ריכוז ה-Al הפוך ליחס Si/Al (איור 9). ריכוז ה-Al בחלק התחתון של כל הגלעינים קבוע למדי, כ- 8% בגלעינים G ו-B ו- 6% בשאר הגלעינים. החל מעומק של כ- 10 ס"מ הוא יורד בהדרגה לעבר גג הגלעינים לערך של פחות מ- 5% עם ירידה חדה במיוחד, לפחות מ- 2% בגלעין הצפוני ביותר B3. יחס Si/Al נע בין 3-4 בחלק התחתון של כל הגלעינים ועולה לערך מירבי של 10 בחלק העליון ביותר של גלעינים PL29 ו-A. בגלעינים אחרים העליה ביחס זה מתונה יותר. בגלעין B3 הצפוני

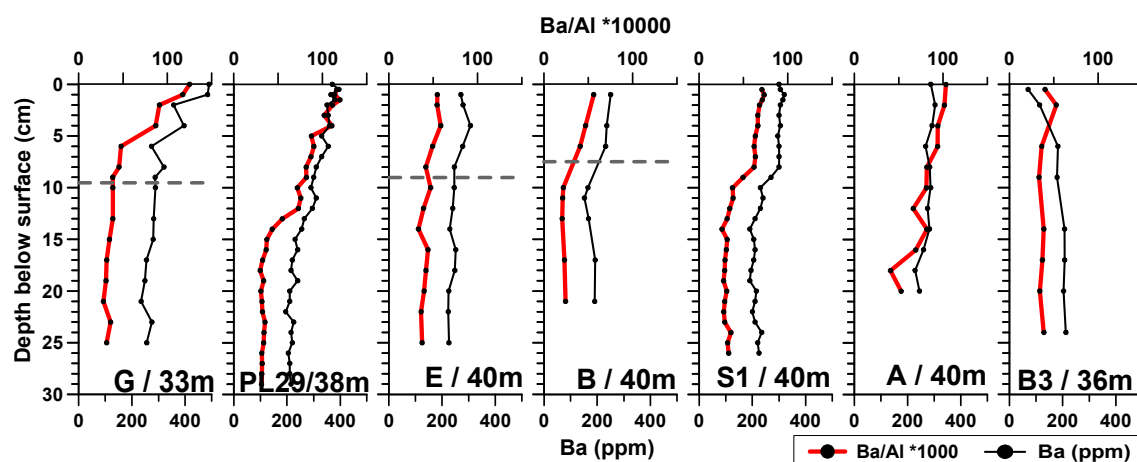
ביותר העליה ביחס זה מתונה והיא שונה מהירידה החדה בריכוז Al לעבר גג הגלעין. עיקר השינוי בחלק העליון של גלעין זה קשור לעליה החדה בריכוז הקרבונט מפחות מ- 20% בבסיס הגלעין ליותר מ- 80% בגג הגלעין (איור 4).

יחס Ti/Al קבוע למדי לאורך הגלעינים וערכו 0.1-0.14 בחלקם התחתון ובחלק העליון ביותר יחס זה עולה קלות בגלעינים G, B ו- S1. בעבר נצפו שינויים תכופים ביחסי היסודות Si/Al ו- Ti/Al ברצפים סדימנטרים שהצטברו במהלך הקוורטר בדרום מזרח הים התיכון בים העמוק. שינויים אלה יוחסו ע"י Calvert & Fontugne (2001) ו- Krom et al. (2002) לתנודות בשפיעת הנלוס. הם מצאו כי בתקופות שבהם הצטברו ספרופלים בקרקעית הים התיכון, תקופות המאופיינות בשפיעת נילוס גבוהה, יחס יסודות אלה היה נמוך והגיע ל- 2-2.5 ו- 0.06 בהתאמה. לעומת זאת, בתקופות שבהם שפיעת הנילוס פחתה בצורה משמעותית יחס זה עלה ל- 3 ו- 0.09 בהתאמה, עליה שיוחסה ע"י אותם חוקרים לגידול בתרומת האבק לאזורנו. Schilman et al. (2001) שעבדה על סדימנטים ממדרון היבשת של ישראל, מול פלמחים, מצאה כי יחס Ti/Al לפני כ- 3500 שנים היה ~0.1 והוא עלה קלות ב- 2000 השנים האחרונות. במדף היבשת הרדוד של ישראל הערך של יחס יסודות אלה גבוה יותר ומראה על מגמה דומה עם ערכים נמוכים בחלק התחתון של הגלעינים, תקופה שבה שטפונות הנלוס הגיעו לחופי ישראל וערך גבוה בחלק העליון של הגלעינים בתקופה שבה זרימת הנלוס לאזורנו פסקה.





איור 9. השינויים באחוז SiO_2 , Al, וביחס Ti/Al ו Si/Al בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באפור מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול. בעקומת ריכוז SiO_2 , סקלת ציר ה X היא 40-70% להוציא את גלעין B3 15-70%.



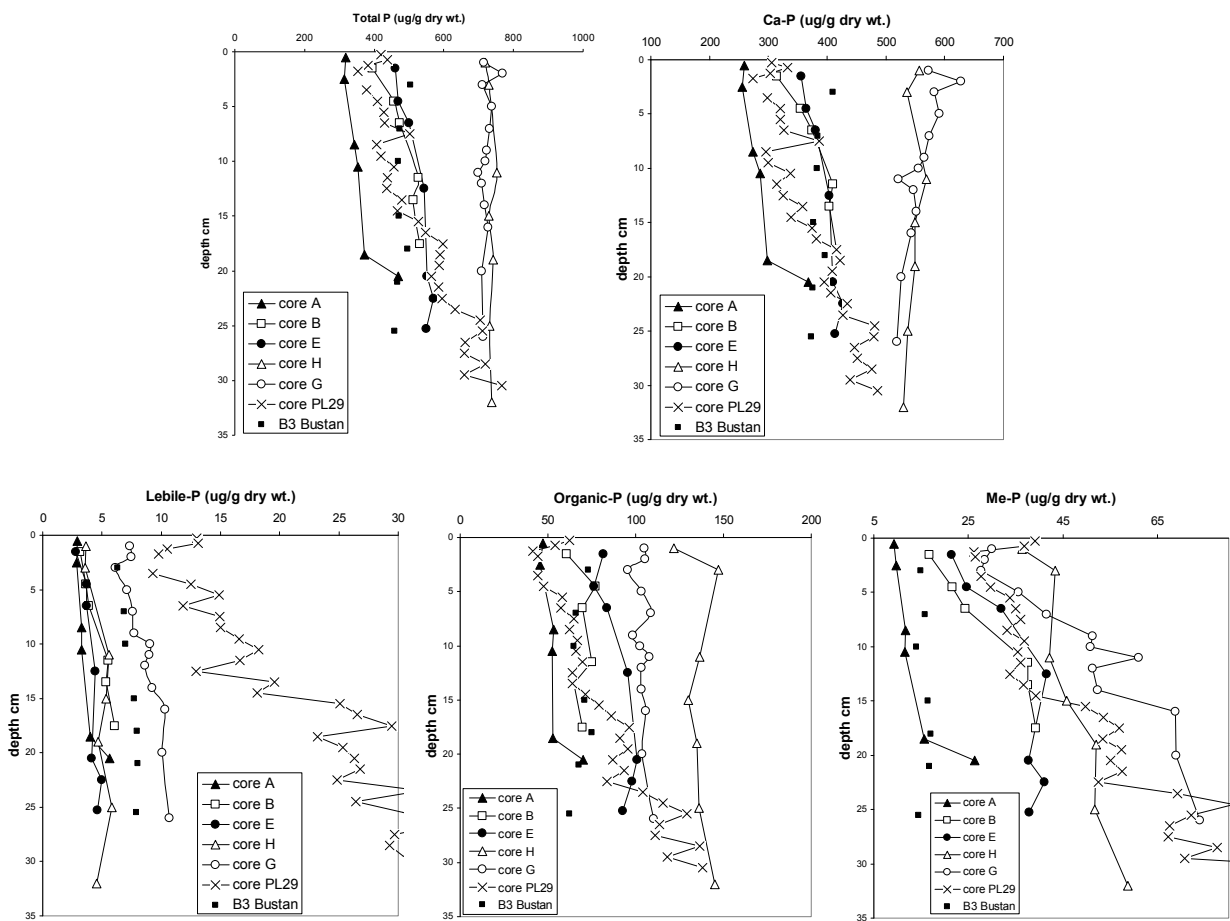
איור 10. השינויים בריכוז ה Ba וביחס Ba/Al בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G, דרום) לעכו (B3, צפון). הקו המקווקו באפור מציין את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול.

ריכוז ה- Ba והיחס Ba/Al (*1000) נמוכים יחסית בחלק התחתון של הגלעינים וערכם כ 200 ppm ו- 20-40, בהתאמה. הערכים עולים בצורה מתונה לעבר החלק העליון בגלעינים E, B ו- A ובצורה הרבה יותר חדה בגלעינים G, PL29 ו- S1 שם הם מגיעים לערך מרבי של 500 ppm ויחס של 125 (איור 10). בגלעין B3 המגמה הפוכה ובחלק העליון ביותר של הגלעין יש ירידת מה בריכוז ה- Ba ויחס Ba/Al כמעט ולא משתנה. Calvert & Fontugne (2001) ציינו כי בתקופות שבהם הצטברו ספרופלים בים התיכון, תקופות שלה יוחסה עליה בפוריות עמודת המים, יחס Ba/Al (*1000) היה גבוה והגיע עד ל- 100-150. העליה ביחס Ba/Al בחלק העליון של מרבית הגלעינים חלה בו זמנית לעליה באחוז המקטע החולי, בריכוז הקרבונט ובערך האיזוטופי של הפחמן האורגני בסדימנט וירידה בריכוז הפחמן האורגני. המגמה ההפוכה בין העלייה בריכוז ה- Ba בכל הגלעינים, מהחלק התחתון לעליון, בו זמנית לירידה בריכוז הפחמן האורגני ובהרכבו האיזוטופי מעידה על חוסר קשר בין משתנה זה לשינויים בפוריות עמודת המים. ההתאמה בין מגמת העליה בריכוז ה Ba לעליה בריכוז הקרבונט מעידה על קשר ישיר בין השניים אם כי לא בכל

הגלעינים שעור העלייה זהה. שיעור עלייה זהה של פי 3.2 ו-1.6 ביחס Ba/Al וריכוז הקרבונט, בין החלק התחתון לעליון, נמצא בגלעינים G ו-E בהתאמה. בגלעינים A, B, S1 ו-PL29 העלייה ביחס Ba/Al גבוהה מהעלייה באחוז הקרבונט פי 2-1.5 בעוד שבגלעין B3 המגמה הפוכה ושם העלייה בריכוז הקרבונט גבוהה פי 5 מהעלייה ביחס Ba/Al. בשלב זה קשה לדעת אלו גורמים נוספים להוציא את ריכוז הקרבונט אחרים למגמה זו.

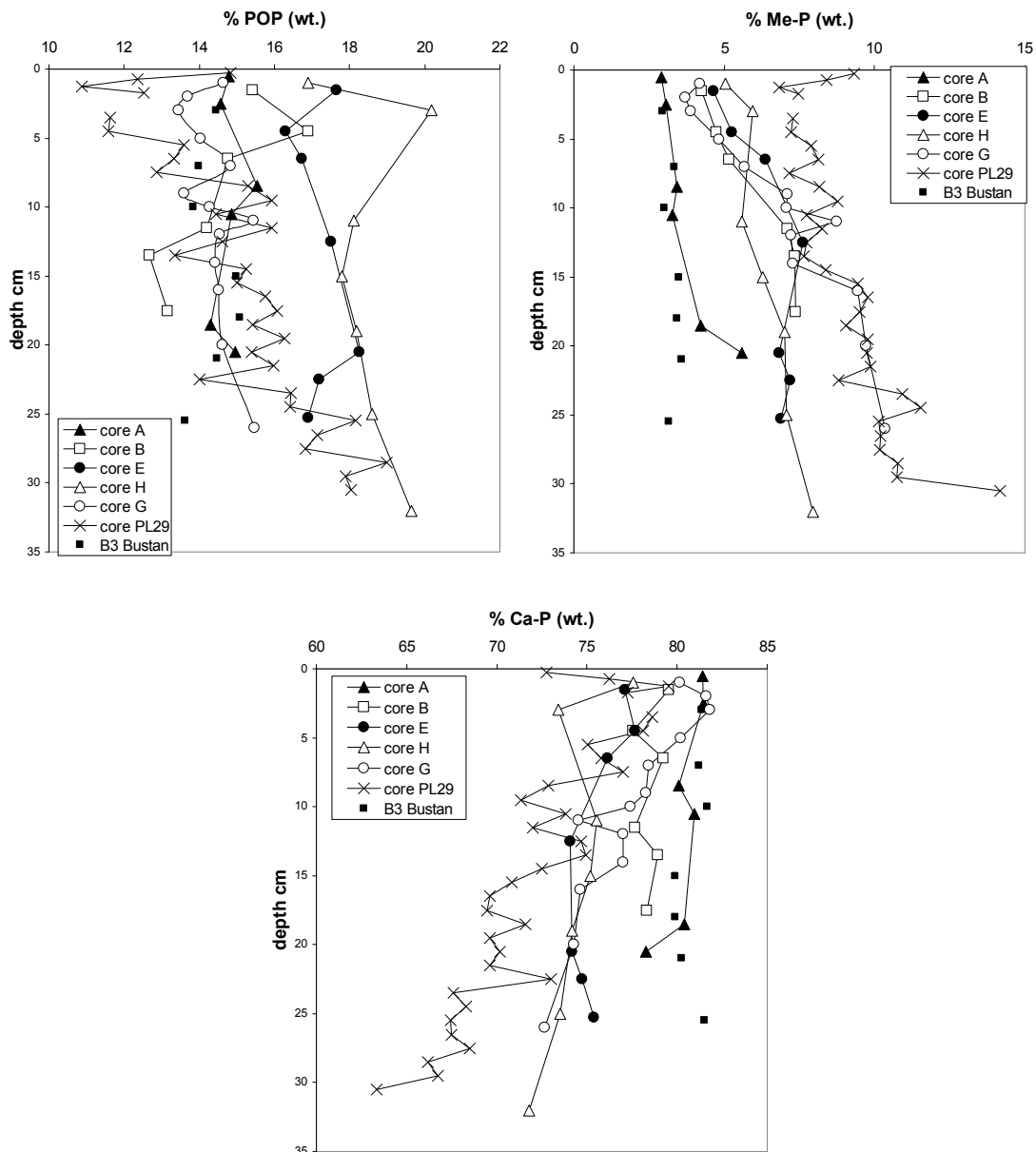
3.10 צורוני זרחן

תחום ערכים רחב יחסית של ריכוז כלל הזרחן נמצא בשכבת הסדימנט העליונה של הגלעינים שנבדקו עם ירידה מזרם לצפון (איור 11). בעוד שמול אשקלון (גלעינים G, H) ריכוז כלל הזרחן היה בסביבות 300-750 $\mu\text{gP/g dry sediment}$ באזורים הצפוניים הוא פחת לכמחצית, ל-300 $\mu\text{gP/g dry sediment}$. מרבית הזרחן בסדימנטים אלה קשור לפאזות נושאות Ca המהוות בשכבות העליונות 72% עד 82% מכלל הזרחן בסדימנטים (איור 11). גם תכולת הזרחן האורגני ובמיוחד הזרחן שקשור לפאזות הברזליות מראים מגמת הפחתה לכיוון צפון. ההבדלים בתכולת הזרחן הקשור לפאזות הברזליות הם הגדולים ביותר, שינויים של פי 3-4 בין צפון לדרום. הזרחן החליף מראה שינויים ברורים בין הגלעינים ללא מגמה מרחבית ברורה.



איור 11. תכולת כלל הזרחן בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G ו-H, 33 ו-38 מ' בהתאמה) לבין עכו (B3, צפון).

בעוד שבגלעינים מול אשקלון (H, G) ומול בוסתן הגליל (B3) לא נראה כל שינוי בפרופיל העומק של תכולת כלל הזרחן, בפלמחים יש ירידה מובהקת לעבר החלק העליון של הגלעין שהצטבר בתקופה הפוסט-נילוטית. ההבדלים בתכולת כלל הזרחן מצטמצמים מעט בחלק התחתון של הגלעינים. מול הרצליה (E), בית ינאי (B) ועתלית (A) נצפית ירידה זעומה לעבר חלקם העליון של הגלעינים. פרופילי העומק של הזרחן הקשור בפאזה הברזלית מראים מגמת הפחתה ברורה לעבר החלק העליון של הגלעין שהצטבר בתקופה הפוסט-נילוטית (איור 11). מגמה זו מתאימה לשינויים הדרסטיים בגודל הגרגר ולהפחתת המקטע הסילטי-חרסיתי בתקופה זו.

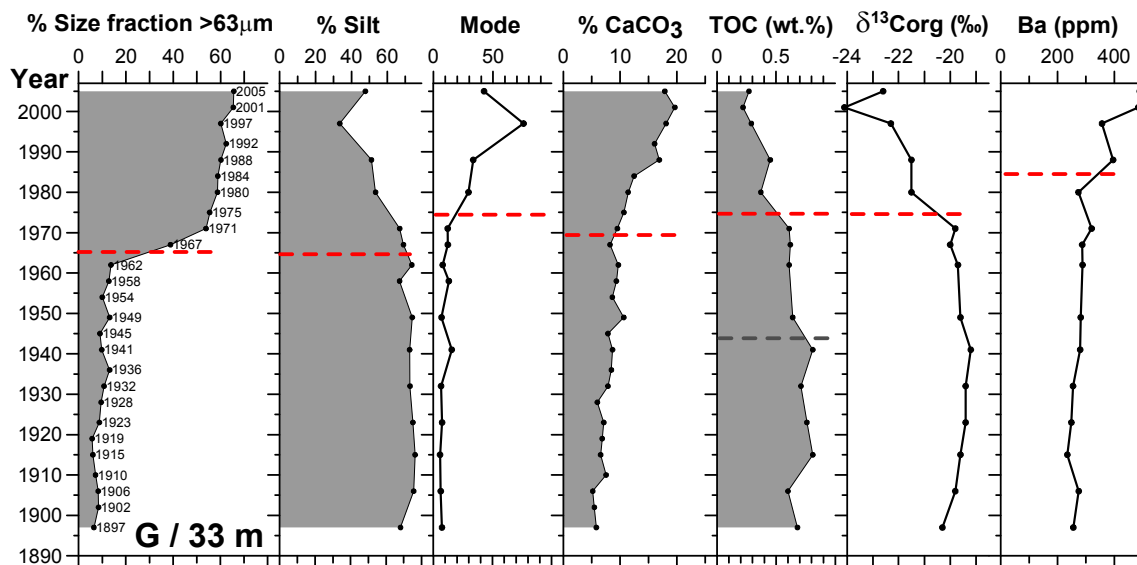


איור 12. פרופילי עומק של המקטע של צורוני הזרחן (% מכלל הזרחן) בגלעיני מדף היבשת הרדוד בין אשקלון (G ו-H, 33 ו-38 מ' בהתאמה) לבין עכו (B3, צפון).

השינויים לאורך הגלעין של הרכב צורוני הזרחן (% הצורון מכלל הזרחן) מוצגים באיור 12. כללית, בכל הגלעינים, פרט לצפוניים ביותר, קיימת מגמת ירידה של התכולה היחסית של זרחן הקשור לפאזות ברזליות ומגמת הגברה של התכולה היחסית של זרחן הקשור לפאזות הסידניות כלפי חלקו העליון של הגלעין. מגמה זו תואמת את השינויים בהרכב הסדימנטים בתקופה הפוסט נילוטית. ההבדלים בתכולה היחסית של זרחן בפאזה הסידנית גדולים יותר בחלק התחתון של הגלעינים מאשר בחלקם העליון. נראה שבתקופה הפוסט נילוטית הצטמצם ההבדל. לעומת זאת התכולה היחסית של זרחן אורגני מראה מגמה הפוכה, ערכים דומים בחלק התחתון של הגלעינים והבדלים גדולים יותר בחלקם העליון. בעוד שהשינויים בתרומה היחסית של זרחן בפאזה הסידנית קשורים למרחק מהדרום או ככל הנראה למידת ההשפעה של המערכת הנילוטית, לא נמצאה מגמה ברורה ביחס לזרחן האורגני. נראה שהתכולה היחסית של הזרחן האורגני מוכתבת על ידי תהליכים ביוגיאוכימיים מקומיים.

3.11 תזמון השינויים במאפייני הסדימנט בתחנה G, אשקלון

הביטוי הראשון והבולט ביותר לתחילת השינוי במאפייני הסדימנט בתחנה G הסמוכה לאשקלון, התחנה הקרובה ביותר לדלתת הנילוס בתחומי ישראל, הוא העלייה החדה בתכולת המקטע החולי והירידה ב% הסילט. שינויים אלה אירעו בו זמנית לתחילת הפעלת סכר אסואן הגבוה בשנת 1965 והם מציינים תגובה מהירה של המערכת הסדימנטרית המקומית להפסקת זרימת הנילוס ובמיוחד להגעת שטפונות הקיץ לחופי ישראל.



איור 13. השוואה במועד תחילת השינוי ב% המקטע $>63\mu\text{m}$, % סילט, החציון, % הקרבונט, % הפחמן האורגני והרכבו האיזוטופי וריכוז ה Ba בגלעין G, מול אשקלון. הקו המקווקו באדום מציינ את שנת 1965, השנה שבה החל סכר אסואן הגבוה לפעול. הקו המקווקו באפור מציינ את תחילת השינוי ב % הפחמן האורגני.

בהמשך יש עליה מתונה והדרגתית בריכוז הקרבונט בעיקר לירידה במיהול הסדימנט ע"י המרכיב הסיליסיקלסטי הנילוטי הדק ועליה גדולה יותר בריכוז הקרבונט, כ-20 שנים לאחר תחילת הפעלת סכר אסואן הגבוה. ההגססה בסדימנט, המתבטאת בעליה בערך החציון, מתחילה זמן קצר לאחר תחילת

העליה בריכוז הקרבונט והיא משקפת את הירידה בתרומת המרכיב הסליסיקלסטי הדק לאזור. הירידה בריכוז הפחמן האורגני והרכבו האיזוטופי היא בו זמנית להגסטת הסדימנט והיא מציינת איחור קל בתגובת המערכת האקולוגית לירידה בהיקף היצרנות הראשונית של עמודת המים, כתוצאה מירידה בשטף הנוטרינטים לאזור עם הפסקת זרימת הנילוס. ירידה קלה, בשיעור של 0.2 wt% פחמן אורגני החלה עוד לפני הפעלת סכר אסואן הגבוה והיא מציינת קרוב לודאי את תגובת מערכת היצרנות הראשונית, הרגישה, לשלבים מוקדמים יותר של סכירת הנילוס שהחלו בתחילת המאה הקודמת. ריכוז ה Ba היה יציב וקבוע עד לאמצע שנות ה-80, והוא החל לעלות כ-20 שנים לאחר הפעלת סכר אסואן הגבוה, בו זמנית כנראה לעליה המשמעותית ב- % הקרבונט באזור זה.

4. תודות

ברצוננו להודות לצוות ספינת המחקר שקמונה שסייעו בהוצאת הגלעינים. תודות מיוחדות לטכנאי המכון הגיאולוגי מיכאל קיטין שעזר בדיגום על סיפון השקמונה ומאוחר יותר הכין את המדגמים לאנליזות השונות ולמתנדב המכון אריק וולפובסקי על עזרתו בהכנת המדגמים ובאנליזת הקרבונט. תודות לדר' שרה ארליך, נטליה טפליאקוב, דר' אולגה יפה ודר' אירנה סגל, כולן מהאגף לגיאוכימיה, שבצעו את האנליזות השונות של כימית הסדימנט. תודות גם לדר' עמי נשרי ולאדית ליבוביץ ממעבדת הכנרת על אנליזת צורוני הפוספט. תודות לקרן Margaret Kendrick Blodgett שתמכה בהפלגת בוסתן הגליל, הפלגה רב-תחומית ורב מוסדית שבמסגרתה נדגם גלעין B3. המחקר ממומן ע"י מענק מחקר של המנהל למדעי האדמה, משרד התשתיות.

5. ביבליוגרפיה

- Almagor, G., 2002. The Mediterranean coast of Israel. Geological Survey of Israel Report, GSI/13/02, 250 pp.
- Almogi-Labin, A., Herut, B., Sandler, A. and Bar-Matthews, M., 2007. Rapid changes along the Israeli Mediterranean coast following the damming of the Nile and their influence on the Israeli inner shelf (In Hebrew). Geological Survey of Israel Technical Report, TR-GSI/16/2007; Israel Oceanographic and Limnological Research Report, H64/2007, 20 pp.
- Almogi-Labin, A., Herut, B., Sandler, A. and Bar-Matthews, M., 2008. Rapid changes along the Israeli Mediterranean coast following the damming of the Nile and their influence on the Israeli inner shelf (In Hebrew). Geological Survey of Israel Technical Report, TR-GSI/16/2007; Israel Oceanographic and Limnological Research Report, H74/2008, 21 pp.
- Almogi-Labin, A., Bar-Matthews, M., Shriki, D., Kolosovsky, E., Paterne, M., Schilman, B., Ayalon, A., Aizenshtat, Z., and Matthews, A., 2009. Climatic variability during the last ~90 ka of the southern and northern Levantine basin as

- evident from marine records and speleothems. *Quaternary Science Reviews*, 28: 2882–2896.
- Calvert, S.E. and Fontugne, M.R., 2001. On the late Pleistocene-Holocene sapropel record of climatic and oceanographic variability in the eastern Mediterranean, *Paleoceanography*, 16, 78–94.
- Chapman, M. R. and Shackleton, N.J., 1998. What level of resolution is attainable in a deep-sea core? Results of a spectrophotometer study. *Paleoceanography*, 13: 311-315.
- El-Sayed, S. and van Dijken, G.L., 1995. The southeastern Mediterranean ecosystem revisited: Thirty years after the construction of the Aswan High Dam. *Quarterdeck* 3.1. <http://oceanography.tamu.edu/Quarterdeck/QD3.1/Elsayed/elsayed.html>
- Emery, K.O., and Neev, D., 1960, Mediterranean beaches of Israel. *Geological Survey of Israel Bulletin*, 26: 1-24.
- Fontugne, M. R., and Calvert, S. E., 1992. Late Pleistocene variability of the carbon isotopic composition of organic matter in the Eastern Mediterranean: Monitor of changes in carbon sources and atmospheric CO₂ concentrations. *Paleoceanography*, 7: 1-20.
- Gertman, I. and Hecht, A. 2002. Annual and long-term changes in the salinity and the temperature of the waters of the South-eastern Levantin Basin. *CIESM workshop series no' 16. Monaco*, pp 77-80.
- Halim, Y., Morcos, S.A., Rizkalla, A. and El-Sayed, M.K., 1995. The impact of the Nile and the Suez Canal on the living marine resources of the Egyptian Mediterranean waters (1958–1986). In: *Effects of riverine inputs on coastal ecosystems and fisheries resources*, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, FAO Fisheries Technical Paper 349.
- Hamann, Y., Ehrmann, W., Schmiedl, G. and Kuhnt, T., 2009. Modern and Late Quaternary clay mineral distribution in the area of the SE Mediterranean Sea. *Quaternary Research* 71: 453-464.
- Hecht, A., 1964. On the turbulent diffusion of the water of the Nile floods in the Mediterranean Sea. *Bull. Sea Fish. Res. Stn., Israel* 36, 24 pp.
- Hecht, A., 1992. Abrupt changes in the characteristics of Atlantic and Levantine intermediate waters in the southeastern Levantine basin. *Oceanologica Acta*, 15:25-42.
- Hieltjes, A.H.M. and Lijklema, L., 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *Journal of Environmental Quality*, 9: 405-407.
- Hyams, O., 2006. Eutrophication affecting benthic foraminifera on the oligotrophic eastern Mediterranean shallow shelf. Ph.D. dissertation, Ben-Gurion University of the Negev, 157 pp.

- Hyams, O., Almogi-Labin, A. and Benjamini, C., 2002. Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*, 51:169-179.
- Hyams-Kaphzan, O., Almogi-Labin, A., Sivan, D. and Benjamini, C., 2008. Benthic foraminifera assemblage change along the southeastern Mediterranean inner shelf due to fall-off of Nile-derived siliciclastics. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie Abhandlungen*, 248: 315-344.
- 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 Reference Series* 331: 1-43.
- Krom, M.D., Stanley, J.D., Cliff, R.A. and Woodward, J.C., 2002. Nile River sediment fluctuations over the past 7000 yr and their key role in sapropel development. *Geology*, 30: 71-74.
- Nir, Y., 1984, Recent sediments of the Israel Mediterranean Continental Shelf and Slope. Department of Marine Geology, Goteborg University, Sweden, 149 pp. [Ph.D. Dissertation]
- Sandler, A. and Herut, B., 2000. Composition of clays along the continental shelf off Israel: Contribution of the Nile versus local sources. *Marine Geology*, 167: 339-354.
- Schilman, B., Bar-Matthews, M., Almogi-Labin, A. and Luz, B., 2001. Global climate instability reflected by Eastern Mediterranean marine records during the late Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 176: 157-176.
- Sivan, D. and Almogi-Labin, A., 1999. Environmental/ecological characterization of sediments and microfauna of the inner shelf offshore, Israel. *Geological Survey Report*, ES/32/99, 41 pp.
- Tapiero, I., 2002. High-resolution paleoecologic and paleoclimatic changes of the Holocene, based on benthic foraminifera and sediments from the Mediterranean inner shelf, Israel. Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel, 130 pp., [M.Sc. Thesis].
- Woodward, J.C., Macklin, M.G., Krom, M.D., and Williams, M.A.J., 2007. The Nile: Evolution, Quaternary river environments and material fluxes. In: *Larger Rivers: Geomorphology and management*, (A. Gupta, Ed.), John Wiley & Sons, 261-292.
- Zviely, D., Kit, E. and Klein, M., 2007. Longshore sand transport estimates along the Mediterranean coast of Israel in the Holocene. *Marine Geology*, 238: 61-73.

PUBLICATION DOCUMENTATION PAGE

1. Publication No. ES- 30- 2009	2.	3. Recipient Accession No.
4. Title and Subtitle: Rapid changes along the Israeli Mediterranean coast following the damming of the Nile and their influence on the Israeli inner shelf	5. Publication Date December, 2009	
	6. Performing Organiz. Code	
7. Author (s) Almogi-Labin A., Herut, B., Sandler A. and Gelman, F.	8. Performing Organiz. Rep. No.: GSI report GSI/36/2009; IOLR report H75/2009	
9. Performing Organization Name and Address: a. Geological Survey of Israel. b. IOLR	10. Project/ Task / Work Unit No.	
	11. Contract No. : 28-17-006	
12. Sponsoring Organization (s) Name and Address (a) The Ministry Of National Infrastructures P.O.B. Box 13106, 91130 Jerusalem	13. Type of report and period covered 1st year final report	
	14. Sponsoring Organiz. Code	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract: A series of dams that were built on the Nile and especially the high Aswan dam caused a sharp decline in its discharge to the Mediterranean. The Nile floods, that arrived in the past by the end of each summer contributed fine-grain sediments and nutrients to the Israeli silt belt that lies between 30 and 50 m water depth. In order to characterize the drastic change in the hydrological regime of the River Nile that has far reaching environmental implications for the Israeli coast, 7 short cores, taken between Ashqelon and Akko from 33 to 41 m water depth were studied. Concomitant with the decline in Nile discharge in the mid-60 th the sediment gradually became coarser mainly because of the sharp reduction in fine sediment flux and this is well reflected in the increase in %SiO ₂ and Si/Al ratio. The CaCO ₃ content increased while the TOC content and its isotope composition decreased significantly in the post-Aswan period indicating a major reduction in primary productivity. The colour index L* became lighter with time and towards the northern part of the shelf indicating a fallout in fine sediment supply of Nilotic origin. Clay mineralogy has hardly changed with time and laterally indicating a long delay in the response of these parameters to the damming of the Nile. The increase in Ba concentration and Ba/Al towards the topmost parts of the cores follow generally the increase in the carbonate content.		
17. Keywords: eastern Mediterranean, Nile River, Aswan Dam, Fluvial sedimentation, anthropogenic disturbance, rapid changes		
18. Availability Statement	19. Security Class (This Report)	20. Security Class (This Page)
	21. No. of Pages – 24 page	22. Price



Israel Oceanographic and
Limnological Research



The Ministry of National Infrastructures
Geological Survey of Israel

Rapid changes along the Israeli Mediterranean coast following the damming of the Nile and their influence on the Israeli inner shelf

**Ahuva Almogi-Labin¹, Barak Herut², Amir Sandler¹
and Faina Gelman¹**

¹Geological Survey of Israel

²Israel Oceanographic & Limnological Research

Final Report

Submitted to Ministry of National Infrastructure,
Earth Science Administration