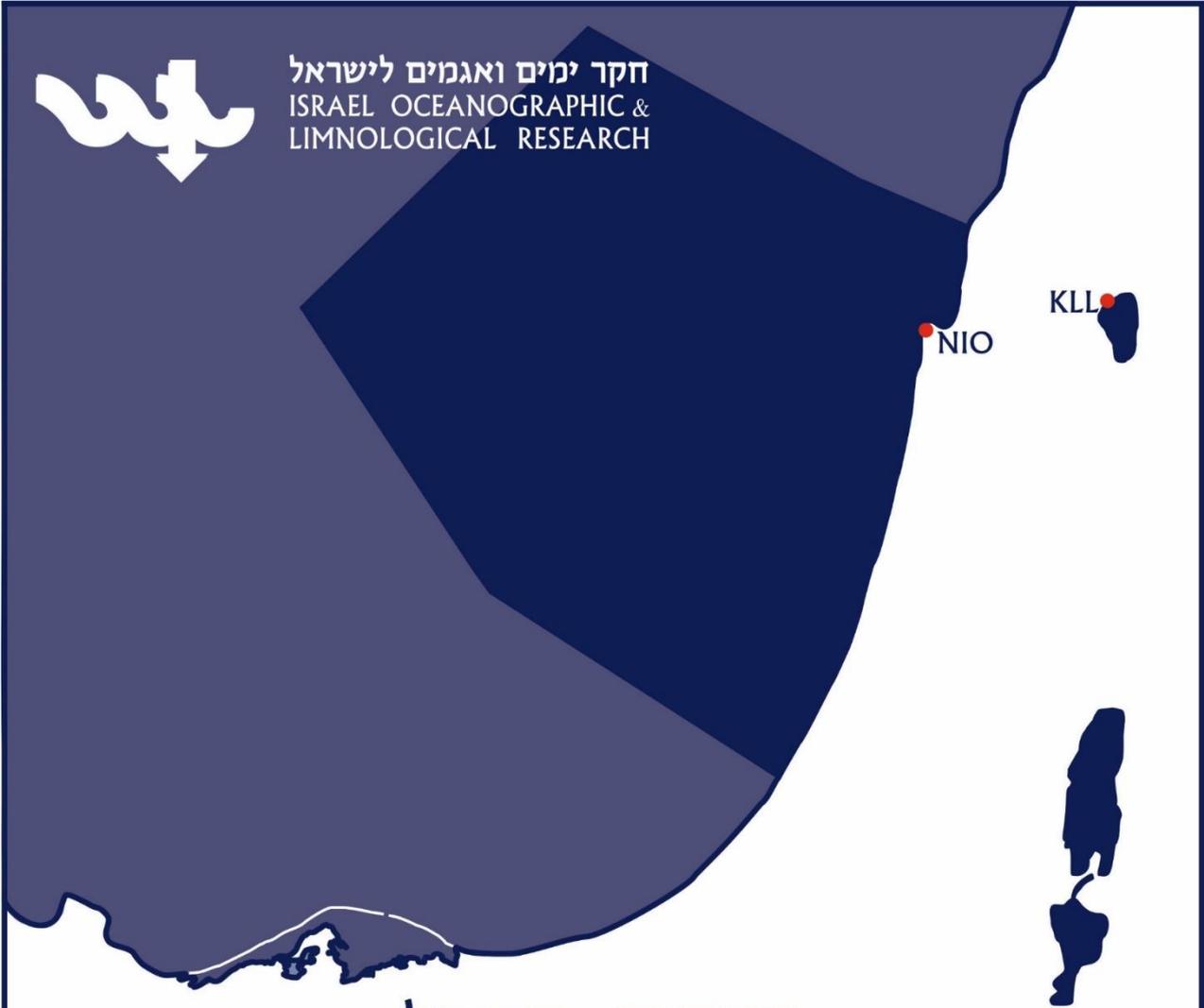




חקר ימים ואגמים לישראל  
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &  
LIMNOLOGICAL RESEARCH



## דו"חות חיא"ל IOLR REPORTS

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנים 2017 - 2023  
ניטור שלמות הקרקעית/סדימנטולוגיה

דו"ח חיא"ל H08/2024

גדעון טיבור, תימור כץ, מור כנרי ואסף גלעדי

מרץ 2024



NCM

ISRAEL OCEANOGRAPHIC & LIMNOLOGICAL RESEARCH LTD. (PBC)  
POB 9753 HAIFA 3109701, ISRAEL +972-4-8565200

WWW.OCEAN.ORG.IL  
INFO@OCEAN.ORG.IL

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ (חל"צ)  
ת"ד 9753 חיפה 3109701 04-8565200

## מקרא

4	1. תקציר
5	2. איסוף נתונים חדשים - מאי 2023
7	3. עיבוד נתונים
8	4. שינויים רב שנתיים באזורי העניין ולאורך החתכים עד עומק מים 100 מטר
45	5. מיפוי קצה מדף היבשת מאשדוד לראש כרמל בדגש על איתור אזורי גיאוזארד
53	6. דיון בתוצאות הסקר
67	7. תכנית מוצעת לניטור 2024
68	8. מקורות

## רשימת איורים

7	איור 1: מפת מיקום החתכים שנאספו במאי 2023 ומיקומי דיגום מחפר הקופסא
8	איור 2: שינויים בקרקעית באזורי עניין בחתך 2 (2023-2019)
10	איור 3: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 2 (2023-2019)
11	איור 4: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 2 (2023-2019)
12	איור 5: שינויים בקרקעית באזורי עניין בחתך 3 (2023-2017)
14	איור 6: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 3 (2023-2017)
15	איור 7: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 3 (2023-2017)
16	איור 8: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 4 (2022-2018)
18	איור 9: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 4 (2022-2018)
19	איור 10: שינויים בקרקעית באזור עניין בחתך 6 (2023-2019)
20	איור 11: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 6 (2023-2019)
22	איור 12: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 6 (2023-2019)
23	איור 13: שינויים בקרקעית באזור עניין בחתך 7 (2023-2019)
24	איור 14: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 7 (2023-2019)
26	איור 15: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 7 (2023-2020)
27	איור 16: שינויים בקרקעית באזור עניין בחתך 8 (2023-2017)
29	איור 17: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 8 (2023-2017)
31	איור 18: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 8 (2023-2017)
32	איור 19: שינויים בקרקעית באזורי עניין בחתך 9 (2023-2019)
34	איור 20: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 9 (2023-2019)
36	איור 21: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 9 (2023-2019)
37	איור 22: שינויים בקרקעית באזור עניין בחתך 11 (2023-2017)
38	איור 23: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 11 (2021-2017)
40	איור 24: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 11 (2023-2019)
41	איור 25: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 12 (2022-2018)
42	איור 26: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 12 (2022-2018)
43	איור 27: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 13 (2021-2017)
44	איור 28: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 13 (2021-2017)
45	איור 29: מיפוי קצה המדף בשנים 2022, 2023 ואזורי המיפוי בעבר
46	איור 30: שינויים בקרקעית באזור מדף היבשת של דרום ראש כרמל בין השנים 2023 ל-2016
47	איור 31: שינויים בקרקעית מדף היבשת באזור שמול דור בין השנים 2023 ל-2022
47	איור 32: שינויים בקרקעית מדף היבשת באזור שמול שדות ים בין השנים 2023 ל-2020
48	איור 33: שינויים בקרקעית מדף היבשת באזור שמול חדרה בין השנים 2023 ל-2022
49	איור 34: שינויים בקרקעית מדף היבשת באזור שמול הרצליה בין השנים 2019 ל-2022.
50	איור 35: דוגמא להעתקים בתת הקרקע בקצה מדף היבשת.
51	איור 36: דוגמא לגלישה בדרום מול פלמחים.
51	איור 37: דוגמא לגלישה בדרום מול פלמחים – ללא פענוח.
53	איור 38: חתך תת-הקרקע במדף היבשת בצפון בין T2 ל-T3.
54	איור 39: שינויי ממוצע בקצה מדף היבשת בחתכי מזרח-מערב
55	איור 40: מפת מיקומי איתור אזורי גיאוזארד במדף היבשת מסקרים 2022-2023
60	איור 41: יחסי חול, סילט וחרסית בתחנות בשני מועדי דיגום
61	איור 42: יחסי עומק הקרקעית למרחק מהחוף, יחסי גודל גרגר חציוני לעומק הקרקעית ולמרחק מהחוף ויחסי סידן לאלומיניום בסדימנט הרדוד ביחס למרחק מהחוף
62	איור 43: מפת מדף היבשת הישראלי, בים התיכון עם מיקום תחנות המדידה הסדימנטולוגיות בחתכים השונים

- 63 איור 44: אכיסוי מצע קשה בחתכים לאורך מדף היבשת. למעלה, החלקיות המקורבת של מצע קשה בחתכים (עומק קרקעית 10-90 מ'). למטה, טווחי העומקים בהם נצפה מצע קשה.
- 64 איור 45: יחסי Ca/Si, Si/Al, Ca/Al בסדימנט בקווי העומק בהם נעשו הדיגומים על פי מיקומם מדרום המדף לצפון.
- 66 איור 46: מפות אינטרפולציה של גודל גרגר חציוני, יחסי Ca/Si ו Si/Al, Ca/Al בשכבת הסדימנט העליונה על מדף היבשת הישראלי בים התיכון
- 67 איור 47: תכנית הניטור מאי 2024

#### רשימת טבלאות:

- 5 טבלה 1: סיכום איסוף נתוני המולטיבים וה-CHIRP לאורך החתכים
- 5 טבלה 2: סיכום נתוני דיגום הסדימנט בהפלגת במאי 2023
- 6 טבלה 3: סיכום מיפוי ודיגום קווי מזרח-מערב 2017-2023
- 53 טבלה 4: סיכום השינויים בעומק לקרקעית בחתכי מזרח מערב ובקצה מדף היבשת
- 57 טבלה 5: מועדי דיגומים חוזרים בחתכים השונים

## 1. תקציר

דו"ח זה מסכם את ההפלגה השביעית לניטור שינויים מורפולוגיים וסדימנטריים (הסעה, קצבי סדימנטציה ובליה) ובחינת ההשפעות של תשתיות ימיות על שלמות הקרקעית בקנה מידה רחב במדף היבשת לאורך החוף הישראלי. השנה ניתן דגש להשלים דיגום סדימנטים ומיפוי חוזר בהפרש של 4 עד 6 שנים של הקרקעית עד קצה המדף (עומק מים 100 מטר). ההפלגה בוצעה בין ה-29-31 במאי 2023 ע"ג אניית המחקר "בת גלים" וכללה מיפוי הקרקעית, תת-הקרקע ודיגום סדימנט בעומקים שונים מאזור דרום מפרץ חיפה בצפון ועד דרומית לפלמחים בדרום. שבעה חתכים ארוכים (עד עומק מים של 100 מטר) מופו, בשישה מהם נלקחו דיגומי סדימנט באמצעות מחפר קופסא בעומקי מים של 10, 20, 30, 40, 60 ו-90 מטר. תוצאות אנליזות המעבדה של גדלי גרגר הושו וכוילו לערכי עוצמת ההחזרה (Backscatter) של מערכת המולטיביים במטרה להמשיך ולבסס את הכלי המהיר והמדויק לקלסיפיקציה של סוגי תכסית קרקעית הים המתבססת על גדלי גרגר.

**המסקנות העיקריות מהדו"ח** שמסכמות את השוואות 10 חתכי מזרח-מערב מעומקי מים 10-100 מטר, ממפרץ חיפה בצפון ועד מרינה אשקלון בדרום, בין השנים 2017-2023 הם:

1. הממוצע (mean) של כול השינויים בעומקי הקרקעית לאורך עשרת קווי המיפוי לא הראו שינויים הגדולים מדיוק המיפוי האנכי ( $\pm 20$  סנטימטר).
2. שינויים של עד עשרות ס"מ התרחשו באזורי עניין שהוגדרו בסמוך לתשתיות ימיות, רכסי כורכר, ספינות טבועות ובקצה מדף היבשת שהוגדר בין עומקי מים של 70-100 מטר.
3. שינויים בקצה המדף הראו השקעה של סדימנטים בקווים הדרומים (11-13), אירוזיה בקווים הצפוניים (2-4), ושילוב של השניים ובקווים במרכז המדינה (5-9). תוצאות אלו מקצה המדף מוסברות בשינוי בכמות הסדימנטים המגיעה מהנילוס ומתבטאת בשינוי רוחב המדף ובמשטר וכיוון הזרמים לאורך קצה המדף היבשת.
4. לא התגלו שינויים בתת-הקרקע הרדוד (חדירות עד עומק  $\sim 40$  מטר) בטווח זמן של 3-6 שנים בחתכי מזרח-מערב עד קצה המדף. השינויים היחידים הם במיקום ובגודל "ענן" גז המיתן בסדימנט שיתכן ומושפע מטמפרטורת המים, סידוק ושינויים בלחץ ההידרוסטטי.

**המסקנות העיקריות מהדו"ח** שמסכמות את מיפוי קצה המדף בשנים 2022-2023 בדגש לתופעות גאוהזארד הם:

1. מרבית ההעתקים שמופו נמצאים באסוציאציה לשולי גלישות ומהווים את העתקי השוליים של הגלישות ואינם בעלי מקור טקטוני (אינם קשורים להעתקה טקטונית אלא למנגנון סדימנטרי).
2. שינויים בסדר גודל של עד 3-4 מטרים בערכי הסרה והשקעה של סדימנט מראים שקצה המדף הינו מקום דינאמי שהסדימנט בו עובר שינויים על בסיס שנתי. קצה המדף משחק תפקיד משמעותי בהובלת הסדימנט גם בכיוון מקביל חוף צפונה, וגם בכיוון ניצב לחוף מן המדף אל המדרון והאגן העמוק מערבה הסרה והשקעה על בסיס שנתי, וייתכן שאף עונתי.
3. מבני השביט נתונים לשינויים דינאמיים בהסעה והשקעה של הסדימנט שסביבם, וייתכן השפעה של שינויים אלה על חברת החי על הקרקעית ובתוכה. מהיותם בתי גידול ייחודיים כדאי להקצות משאבים לחקר ההשפעה של תנועת הסדימנט על בתי הגידול בסביבה זו של מבני השביט.
4. האינטראקציה בין מבני השביט ותחילת הקניונים בצפון אזור המחקר (חופי ישראל עד מפרץ חיפה) מרמזת שמבני השביט הם גורם חשוב בקביעת מיקום שבירת המדף ותחילת הנפילה אל המדרון, וייתכן שהם משמשים תשתית קשה לשמירת אזור השבירה של המעבר מהמדף למדרון במקום זה, לפחות בחלקו הצפוני של אזור המחקר.

**המסקנות העיקריות מהדו"ח** שמסכמות את דיגום הסדימנטים מהקרקעית בין השנים 2017-2023 הם:

1. גדלי הגרגר במדף היבשת מושפעים בעיקר מהמרחק מהחוף (קטנים עם המרחק) ולכן הצרות המדף והעלייה בתלילותו כלפי צפון גורמים לכך שעל פני אותם העומקים, הסדימנט נהיה גס יותר כלפי צפון,
2. התגססות החלק העליון של הסדימנט מאפיינת בעיקר את אזורי המעבר בין חול לסילט, ובהתאמה לנאמר בסעיף 1, מעט עמוק יותר בשני החתכים הצפוניים ( $\sim 60$  מ') מחתכים שמדרומם ( $\sim 60$  מ'). מגמה זו פחות ברורה ולעיתים איננה קיימת בעומקים גדולים יותר היכן שהקרקעית היא סילטית בעיקרה.
3. בעוד שהתמונה הכללית היא עקבית, ישנה באזור התחנות שונות מקומית רבה בהתפלגות גודל הגרגר ובעומק ההתגססות. מכיוון שדיוק במיקום הדגימות מוגבל, בהיעדר דיגום נרחב המאפשר ניתוח סטטיסטי מספק, שונות מרחבית זו אינה מאפשרת קביעה ברורה לגבי הדינמיקה במאפייני גדלי הגרגר על פני הזמן ומגמות בטווח הקצר.

4. ככלל, יחסי Ca/Al, Ca/Si המייצגים יחסי סדימנט ביוגני לסדימנט ליטוגני לאורך הקונטורים בעומקי קרקעית של 40, 60 ו 90 מ' עולים כלפי צפון. דבר זה יכול להיות מקושר לירידה במיהול של סדימנט אלוביאלי מצד אחד ועליה תואמת בשטחי המצעים הקשים, הקרבונטים בעיקרם כלפי צפון.
5. לאורך הקונטורים, בעומקי קרקעית של 40 ו 60 מ' נצפתה עליה כללית כלפי צפון ביחסי עליה כלפי צפון ביחסי Si/Al שלהערכתנו נובעת מיחסי קוורץ לאלומינוסיליקטים גבוהים יותר בצפון. דבר זה תואם את העלייה בפרקציה החולית בגלל העליה בשיפוע המדף בצפון (סעיף 1).

## 2. איסוף נתונים חדשים

איסוף הנתונים נעשה ע"ג אניית המחקר "בת גלים" בתאריכים 29-31 למאי 2023 וכלל דיגום ומיפוי חוזר (הפרש של 4 עד 6 שנים) של שבעה חתכים ארוכים (עד עומק מים של 100 מטר) בניצב לחוף. בשישה מהם נלקחו דיגומי סדימנט באמצעות גראב ומחפר קופסא מעומקי מים של 10, 20, 30, 40, 60 ו-90 מטר (איור 1 וטבלאות 1 ו-2)

טבלה 1: סיכום איסוף נתוני המולטיבים ותת-הקרקע (chirp) לאורך החתכים – מאי 2023

מספר חתך	תאריך	עומק מינימלי	עומק מקסימלי	זמן התחלה UTC	זמן סיום UTC	אזימוט חתך	מהירות הפלגה	תדר MB
קצה מדף היבשת	-29/05/2023 30/05/2023	-72	-259	18:52	1:47	196	6 Knot	300kHz
T11	30/05/2023	-10	-93	3:22	2:00	110	6 Knot	300kHz-400kHz
T9	30/05/2023	-9.6	-106	8:47	10:20	109	6 Knot	300kHz-400kHz
T8	30/05/2023	10.8	126	13:41	15:00	103	6 Knot	300kHz-400kHz
T7	30/05/2023	-10.6	-106.6	18:43	19:55	102	6 Knot	300kHz-400kHz
T6	30/05/2023	-10.2	-107	22:50	23:59	101	6 Knot	300kHz-400kHz
T3	31/05/2023	-7.7	-100	5:22	5:45	92	6 Knot	400kHz
T2	31/05/2023	-9.5	-136	9:21	11:00	91	6 Knot	300kHz-400kHz

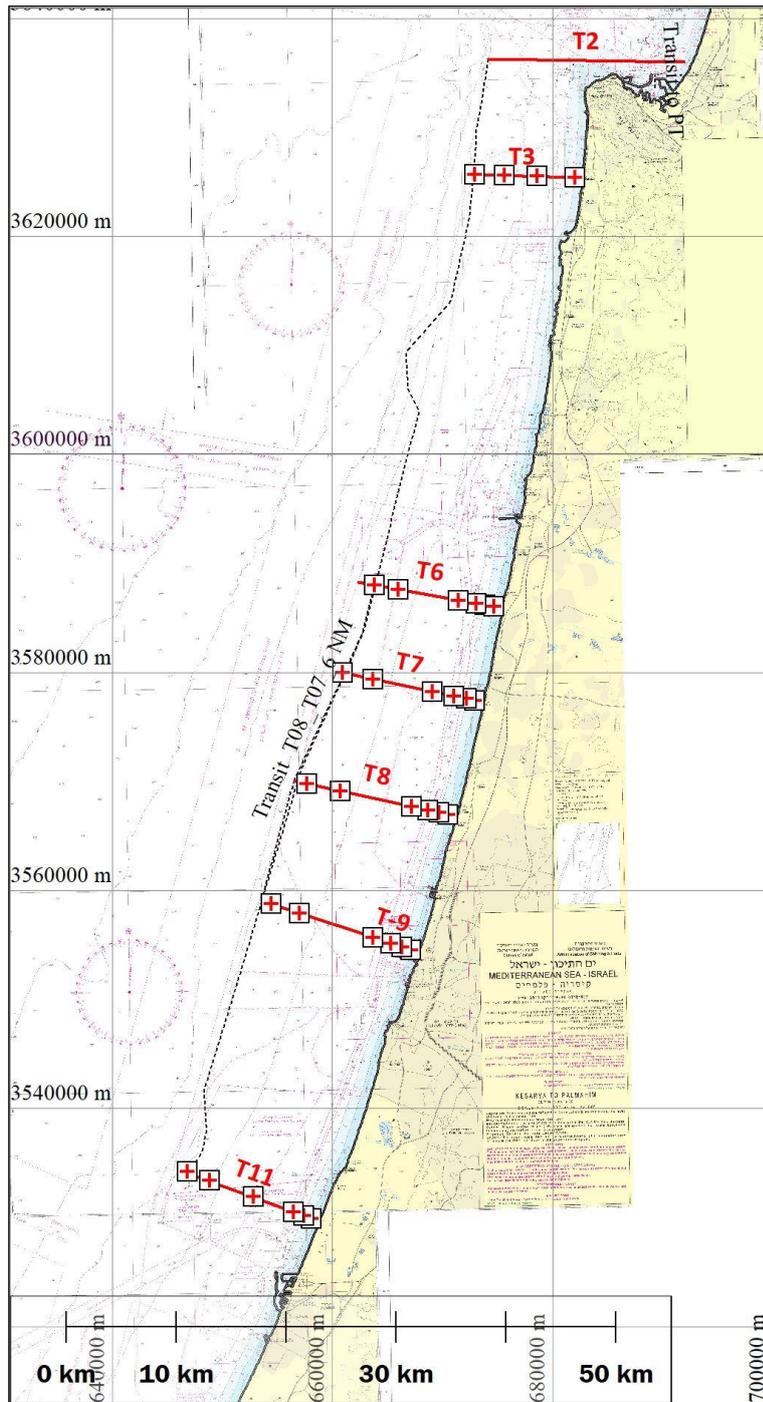
טבלה 2: סיכום נתוני דיגום סדימנט במהלך ההפלגה במאי 2023

Station Name	UTM E	UTM N	Previous Sampling	Seafloor Depth (m)	Distance off shore (m)
T11-29m	3529882	656225	2019	29	2,507
T11-20m	3530121	657453	"	20	1,446
T11-30m	3530866	656614	"	29	2,486
T11-40m	3531989	652599	"	40	6,663
T11-60m	3533489	648799	"	59	10,707
T11-90m	3534304	646785	"	89.6	12,895
T09-10m	3554553	667139	2021	9.6	768
T09-20m	3554828	666358	"	19.6	1587
T09-30 m	3555166	665320	"	29.6	2,690
T09-40 m	3555731	663653	"	40	4,463
T09-60 m	3557931	657117	"	60	11,376
T09-90 m	3558773	654502	"	91	14,123
T08-10 m	3566976	670461	2020	11	844
T08-20 m	3567140	669716	"	20	1,617

T08-30 m	3567375	668654	"	30	2,689
T08-40 m	3567681	667140	"	38.6	4,251
T08-60 m	3569098	660665	"	60	10,917
T08- 90 m	3569776	657628	"	92	13,994
T7 Grab 10 m	3577356	672874	2020	11	873
T7 Grab 20 m	3577594	672157	"	20	1,608
T7 Grab 30 m	3577826	671049	"	30	2,740
T7 Grab 40 m	3578242	669054	"	40	4,783
T7 Grab 60 m	3579402	663727	"	60	10,237
T7 Grab 90 m	3580010	660944	"	90	13,116
T06-10 m	3586026	674668	2019	10	782
T06-20 m	3586168	673895	"	19.6	1,575
T06-30 m	3586290	673090	"	29.3	2,386
T06-40 m	3586587	671467	"	40	4,040
T06-60 m	3587613	665997	"	60	9,606
T06-90 m	3587972	663892	"	83	11,794
T03-32 m- Calibration	3625501	679586	2017	32	3107
T03-40 m	3625499	678657	"	40	4060
T03-60 m	3625570	675576	"	60	7107
T03-90 m	3625590	672968	"	89	9760

טבלה 3: סיכום מיפוי ודיגום קווי מזרח-מערב 2017-2023

שם הקו	שם ישן (עד 2018)	מיקום	2017	2018	שנות מיפוי 2019	2020	2021	2022	2023	שנת דיגום I סדימנט	שנת דיגום II סדימנט	הפרש שנות דיגום
T-1		צ. מפרץ חיפה										
T-2		ד. מפרץ חיפה										
T-3	T-1	החותרים								2017	2023	6
T-4	T-2	נחשולים								2018	2022	4
T-5		שדות ים										
T-6	T-3	נחל אלכסנדר								2019	2023	4
T-7		נתניה								2020	2023	3
T-8	T-4	געש								2020	2023	3
T-9	T-5	נחל יהירקון								2021	2023	2
T-10		ד. בת ים										
T-11	T-6	דרומית לפלמחים								2019	2023	4
T-12	T-7	מרינה אשדוד								2018	2022	4
T-13	T-8	אשקלון								2017	2021	4
T-14		ד. שבי ציון										
T-15		תוואי ליויתן										
T-16		נמל חדרה										



איור 1: מפת מיקום של החתכים שנאספו במאי 2023 ומיקומי דיגום מחפר הקופסא ("+" אדום).

### 3. עיבוד נתונים

מיפוי קרקעית הים נעשה באמצעות מערכת מולטיבים מסוג EM2040 במוד עבודה של 400 KHz. הדיוק האנכי שמתקבל במערכת (עד 10 ס"מ) מושפע מעומק המים, מזווית הפתיחה במעלות (זווית הפתיחה מגיעות עד ל-60° ולכן הדיוקים הם מ-0.1% עד 0.15% מהעומק), מתיקוני גאות ושפל ומהשינוי בשוקע הספינה במהלך המיפוי. תיאור שלבי עיבוד נתוני המולטיבים, חתיבי תת-הקרקע ודגימות הקרקעית ניתנים בפירוט בדו"ח "חות חיא"ל של הניטור ב-2017 (H18-2018), וב-2019 (H60/2019).

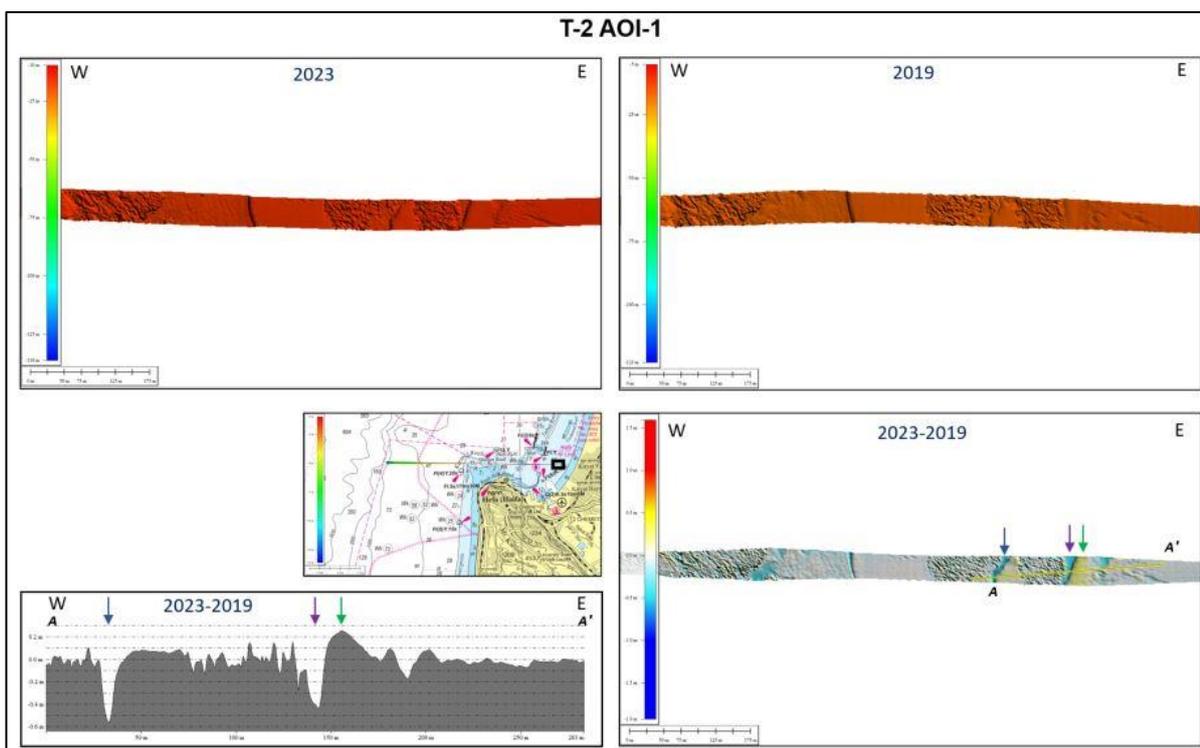
#### 4. שינויים רב שנתיים באזורי העניין ולאורך החתכים עד עומק מים 100 מטר

##### 4.1 חתך 2 (דרום מפרץ חיפה)

שינויים לאורך חתך 2 אזורי עניין 1 ו-2 (2023-2019)

חתך זה נעשה לראשונה בניטור של 2019 והוגדרו בו שני אזורי עניין: הראשון בחלקו המזרחי של החתך בעומקי מים של 20 מטר שחוצה את תעלת הכניסה לנמל חיפה שהועמקה במסגרת הרחבת נמל חיפה ואזור העניין השני שנמצא בעומק מים של 12.5 מטר מאופיין במעברים חדים של חול גס גרגר וסילט גס עד בינוני. השינויים הגדולים שהתרחשו באזורי עניין 1 ו-2 בין השנים 2023-2019 מוצגים באיור 2א ו2ב.

באיור 2א ניתן לראות בפרופיל ההפרשים אזור המסומן בחץ ירוק בו הצטברו סדימנטים בערכים של כ-25 ס"מ ובסמוך לו הסרה של סדימנטים לאורך תוואי התעלה בערכים של כ-40 ס"מ המסומנת בחץ סגול. ניתן לראות אזור נוסף של בו התרחשה הסרה סדימנטים בתעלה בחלק המערבי של הפרופיל ומסומנת בחץ כחול.

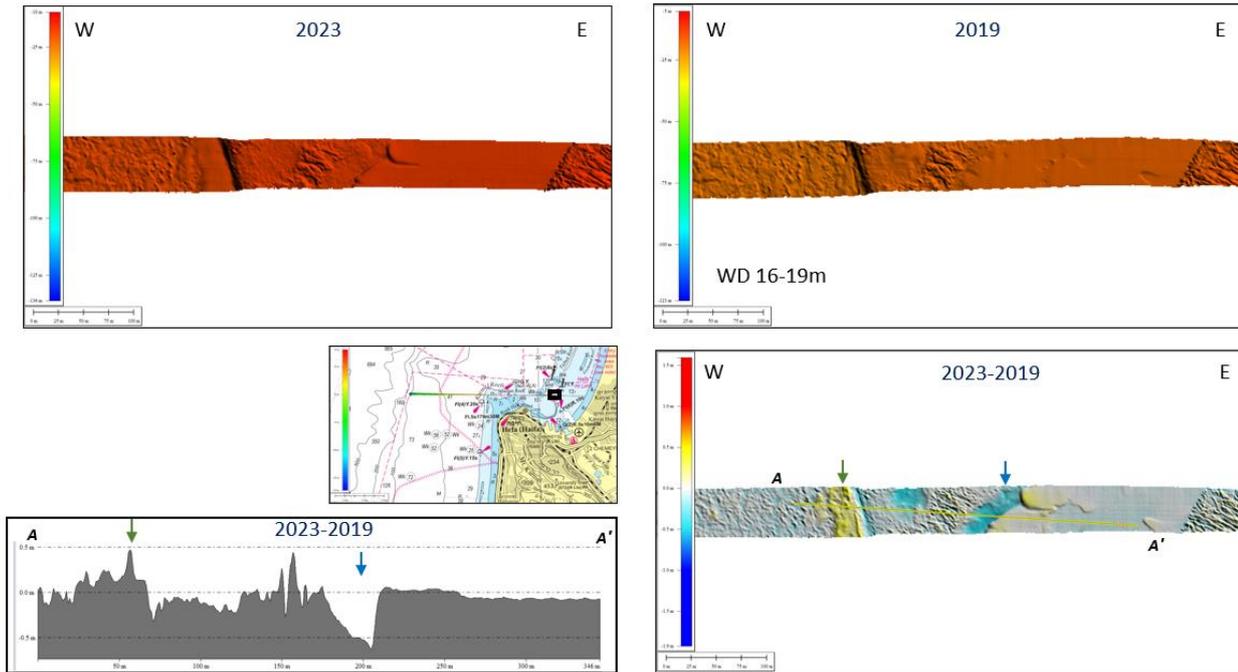


איור 2א: שינויים רב-שנתיים בחתך 2 אזור עניין 1 (2023-2019). מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2019 משמאל למעלה חתך מולטיביים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2019. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A' חצים בצבעים מציינים נקודות עניין בהתאמה לפרופיל הפרשים המוצג משמאל. מפת מיקום חתך 2 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-1.

באיור 2ב ניתן לראות בפרופיל ההפרשים אזור המסומן בחץ כחול ובו התרחשה הסרה של סדימנטים בערכים הגבוהים מ-50 ס"מ. בחלק המערבי של הפרופיל אזור המסומן בחץ ירוק ובו הצטברו סדימנטים בערכים הקרובים ל-50 ס"מ.



## T-2 AOI-2



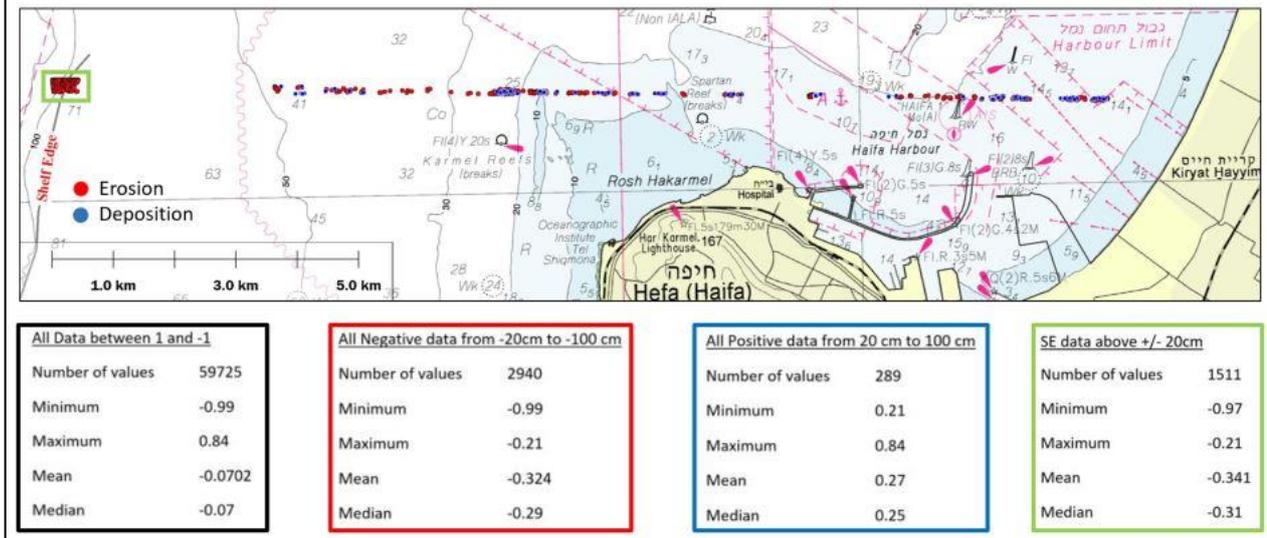
איור 2: שינויים רב-שנתיים בחתך 2 אזור עניין 2 (2023-2019). מימין למעלה חתך מוליטיים מ-2019 משמאל למעלה חתך מוליטיים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2019. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A' ל-A חצים בצבעים מציינים נקודות עניין בהתאמה לפרופיל הפרשים המוצג משמאל. מפת מיקום חתך 2 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-1.

### שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 2 (2023-2019)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2019 לאורך חתך 2 שחוצה את בור הכרייה מוצגים באיור 3. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2019 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (59,725 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 3 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (2940 נתונים) מייצגים אירזיה של 0.32 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת לאורך כל החתך (איור 3 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (289 נתונים) מייצגים השקעה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת לאורך כל החתך (איור 3 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (1511 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים ארזיה של 0.34 מטר בממוצע (mean) (איור 3 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

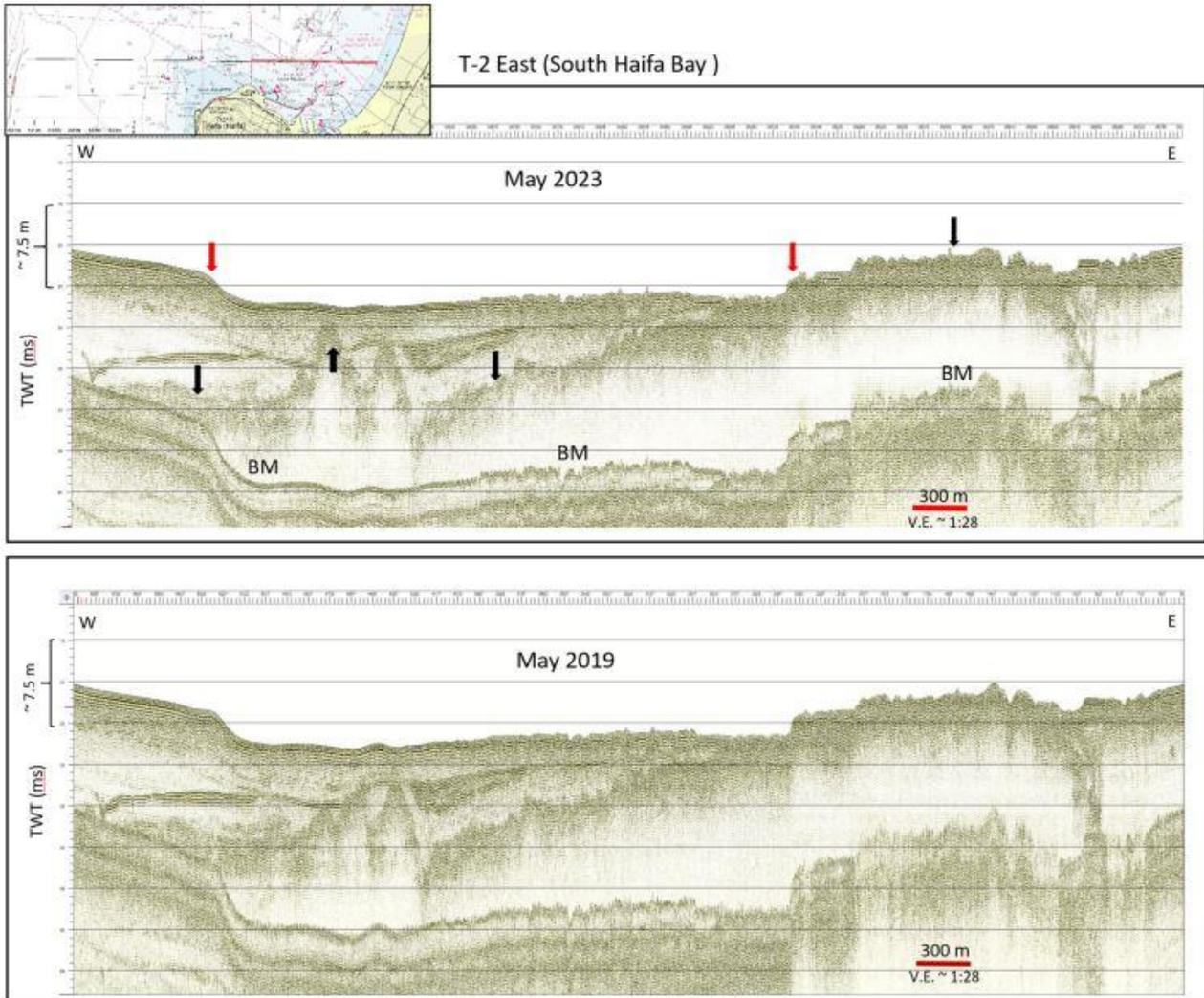
**T-2 2023-2019**  
changes greater than +/- 20 cm MB grid 5X5m



איור 3: שינויים בעומק לקרקעית (ארזויה/השקעה) לאורך חתך 2 (2023-2019). הסבר ניתן בטקסט.

### שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 2 (2023-2019)

באופן כללי השוואת החתכים הסייסמיים בין שנות המיפוי מאפשרת להבחין בשינויים במיקום ההחזרים של גז המתאן בסדימנט בעיקר באזורים בהם עומק המים גדול מ-40 מטר. בגלל הזמן הקצר במונחים גיאולוגיים בין המיפויים, לא ניתן להבחין בשינויים בתת הקרקע למעט במקרה בו יש פעילות סייסמית חזקה כגון רעידת אדמה ואז יתכנו שינויים בסמוך לשברים רדודים וצעירים או גלישות בקצה המדף. התדרים היחסית גבוהים של המערכת הסייסמית שהשתמשנו (CHIRP; 2-6 KHz) מאפשרים הדמיה ברזולוציה גבוהה של תת הקרקע אבל לא מתאפשרת חדירות מתחת לשכבת הכורכר. איור 4 מציג את החלק המזרחי של חתך 2 שחוצה את בור כריית החול וניתן לראות בצורה ברורה את שולי הבור (חץ אדום באיור 4) וכן את רכס הכורכר שחלקו גם בולט מעל הקרקעית (חץ שחור באיור 4).



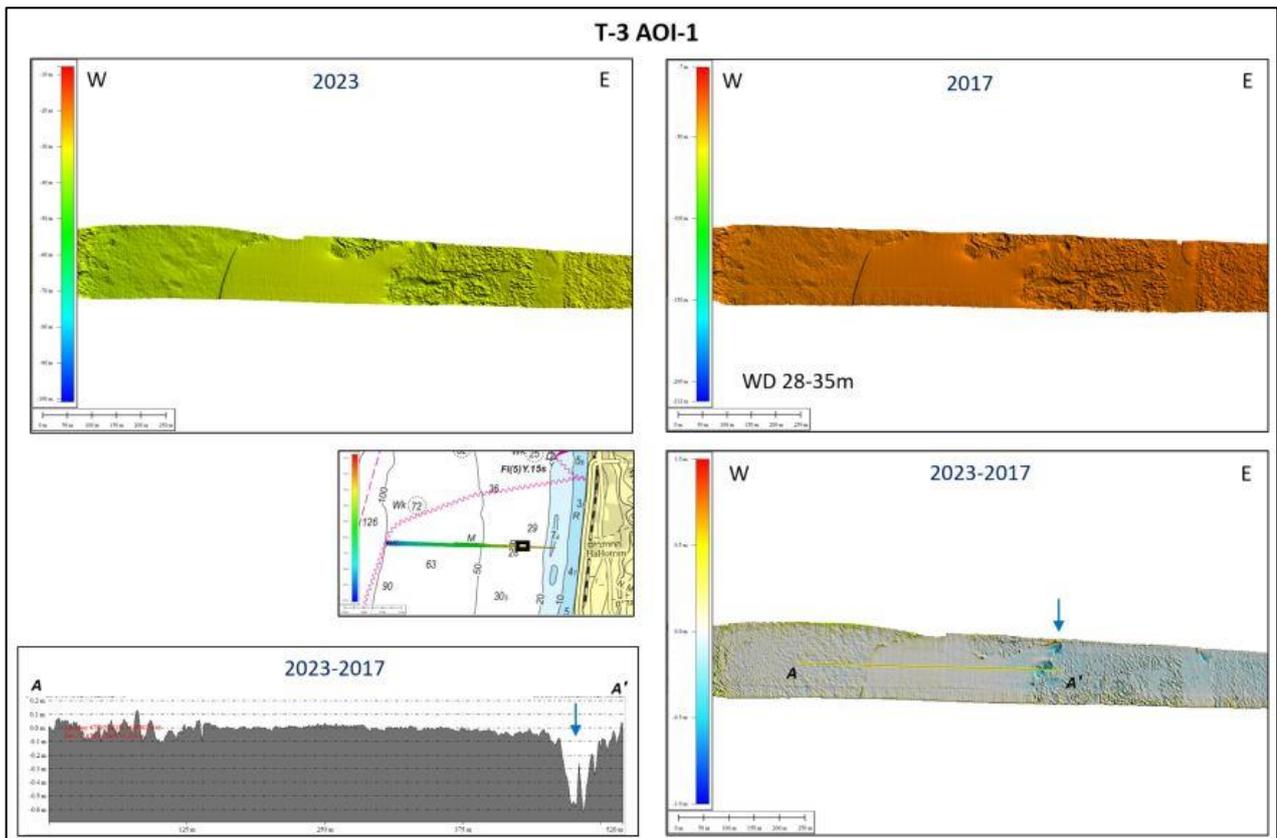
איור 4: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 2 בין השנים 2019 ל-2023. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ אדום - שולי בור הכרייה, חץ שחור – גג הכורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple).

#### 4.2 חתך 3 (החותרים)

שינויים לאורך חתך 3 אזורי עניין 1 ו-2 (2017-2023)

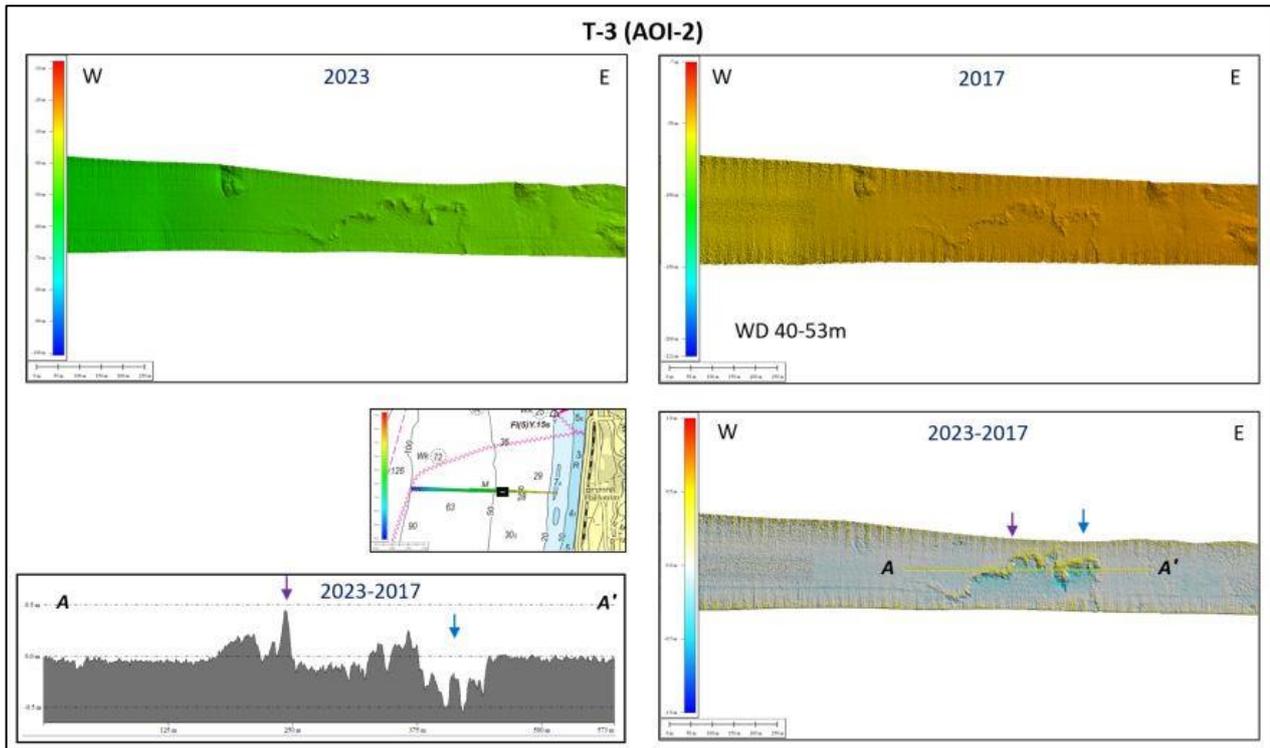
חתך זה נעשה לראשונה בניטור של 2017 וכלל גם דיגום סדימנטים ב-6 עומקים שבוצע ב-2017 (ראה דו"ח חיאל H18/2018). אזור העניין 1 (איור 5א) נמצא בעומק מים שבין 28-35 מטר והוא מאופיין במעבר חד של חול דק גרגר וחול גס ובחלקו המערבי בשני רכסי כורכר. השינויים הגדולים שהתרחשו באזורי עניין 1 ו-2 בין השנים 2019-2023 מוצגים באיור 5א ו-5ב.

באיור 5א במרכז קו המיפוי ניתן לראות אזור המאופיין בגודל גרגר דק ובקרקעית הומוגנית. האזור מוגבל ממזרח ומערב בקרקעית אי רגולרית המאופיינת בחול גס. לאורך פרופיל ההפרשים, באזור המסומן בחץ כחול, זוהו בורות עם הסרת סדימנטים בערכים של 60 ס"מ. הסרת הסדימנטים מתרחשת בגבול החד ממזרח בין האזורים בעלי גלי הגרגר השונים.



איור 5א: שינויים רב-שנתיים בחתך 3 אזור עניין 1 (2023-2017). מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2017 משמאל למעלה חתך מולטיביים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2017. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A' חץ כחול מציינ נקודת עניין בהתאמה לפרופיל הפרשים המוצג משמאל. מפת מיקום חתך 3 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מציינ את אזור העניין AOI-1.

איור 5ב (איור 5) נמצא בעומק מים שבין 40-53 בפרופיל הפרשים ניתן לראות תשתית המורכבת מחול גס, אשר בחלקה קבורה בסדימנט עדין יותר. באזורים המסומנים בחץ כחול ובחץ סגול זוהו בורות עם הסרת סדימנטים עד לעומק של 60 ס"מ. הסרת הסדימנטים מתרחשת בגבול החד בין אזורי גדלי הגרגר השונים.

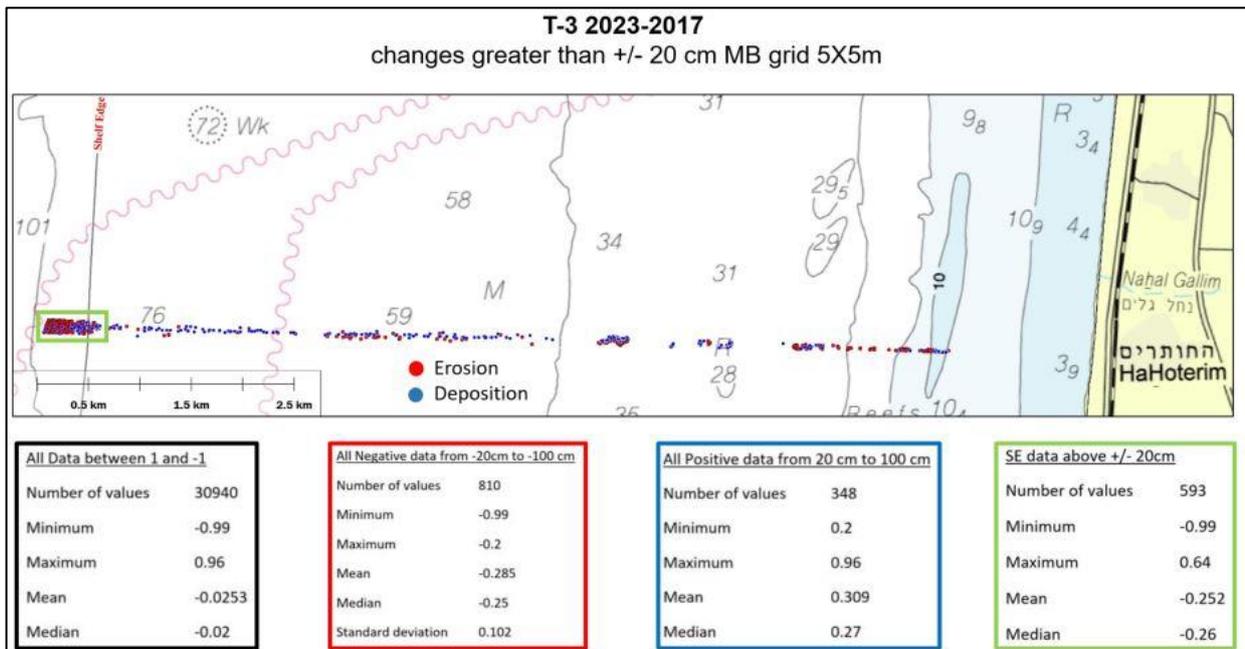


איור 5: שינויים רב-שנתיים בחתך 3 אזור עניין 2 (2023-2017). מימין למעלה חתך מוליטיבים מ-2017 משמאל למעלה חתך מוליטיבים מ-2023. מימין למטה מפת ההפרשים 2023-2017. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A' ל-A חץ כחול וחץ סגול בהתאמה לפרופיל הפרשים המוצג משמאל. מפת מיקום חתך 3 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-2.

#### שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 3 (2023-2017)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2017 לאורך חתך 3 מוצגים באיור 6. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2017 הם:

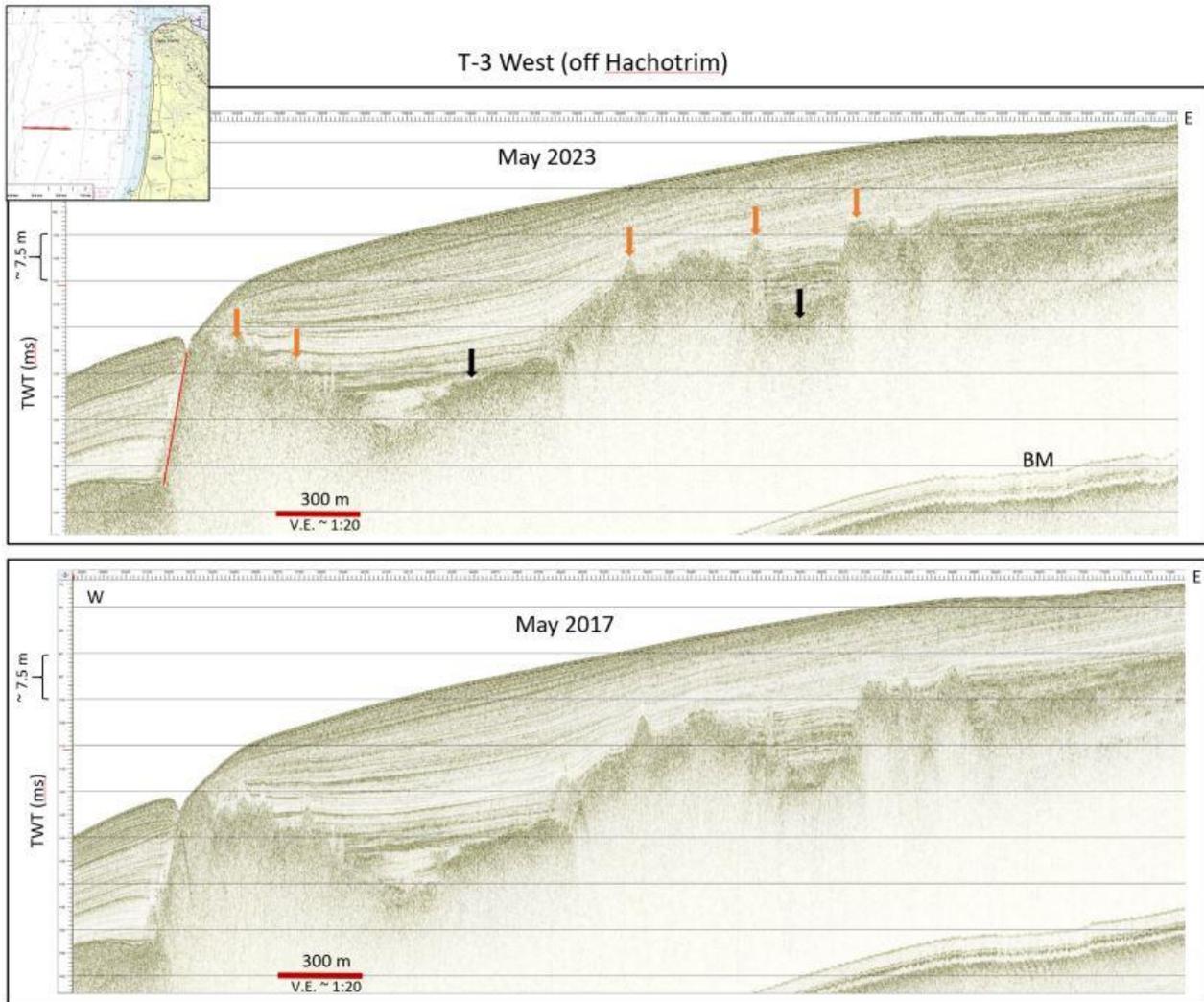
1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (30,940 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 6 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (810 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.32 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת לאורך כל החתך (איור 6 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (348 נתונים) מייצגים השקעה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת לאורך כל החתך (איור 6 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (593 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים ארוזיה של 0.25 מטר בממוצע (mean) (איור 6 והטבלה עם מסגרת ירוקה).



איור 6: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 3 (2023-2017). הסבר ניתן בטקסט.

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 3 (2023-2017)

איור 7 מציג את החלק המערבי של חתך 3 שחוצה את מדף היבשת. בחתך ניתן לראות בצורה ברורה את השבר (קו אדום באיור 7) בקצה מדף היבשת המסיט את שכבות הסדימנטים. כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור 7) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור 7). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2017 ל-2023.



איור 7: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 3 בין השנים 2017 ל-2023. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. קו אדום – שבר בקצה מדף היבשת, חץ שחור – גג הכורבר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן.

### 4.3 חתך 4 (נחשולים)

שינויים לאורך חתך 4 אזור עניין 1 (נחשולים 2018-2022)

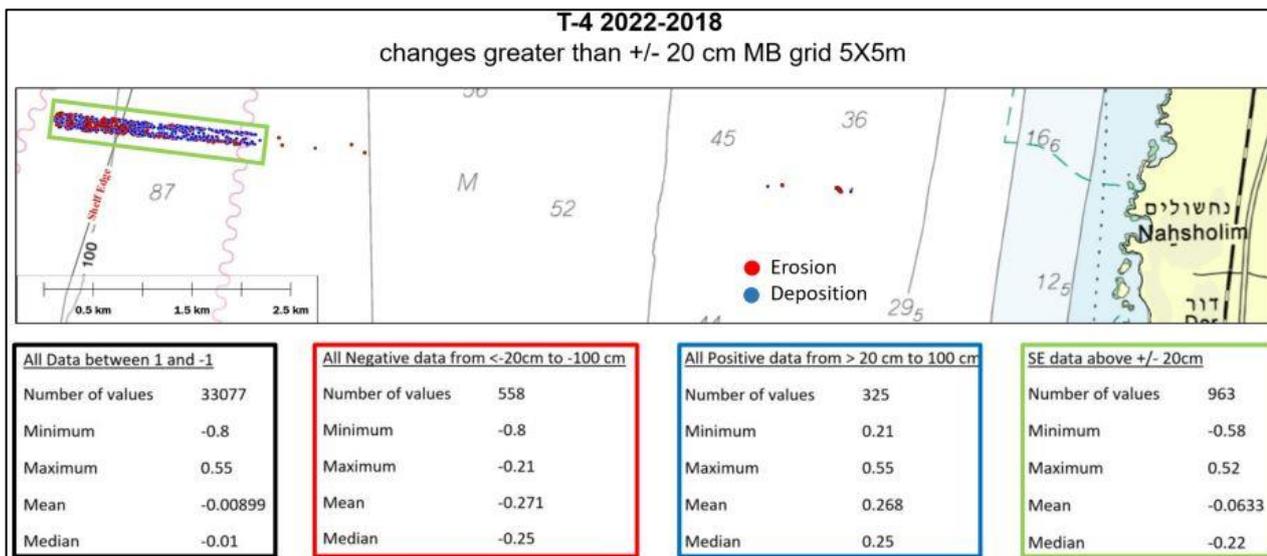
חתך זה נעשה לראשונה עד עומק 100 מטר בשנת 2018. אזור עניין 1 עובר מעל רכסי כורבר בעומקי מים של 35 עד 44 מטר. השוואת השינויים באזור עניין 1 מתוארת בדו"ח חיא"ל H05/2023.

שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 4 (2018-2022)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2022 ל-2018 לאורך חתך 4 מוצגים באיור 8. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2018-2022 הם:

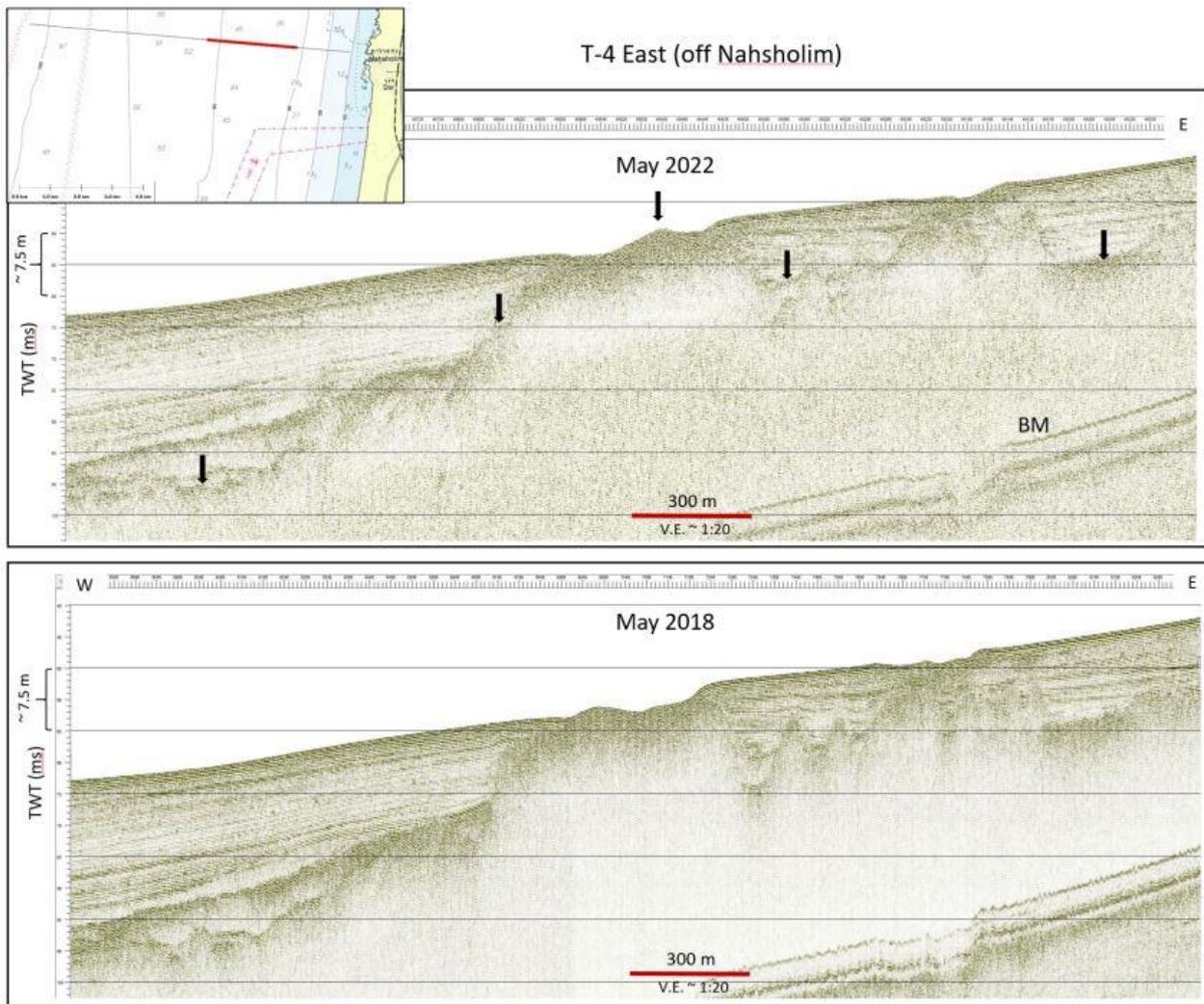
1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (33,077 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 8 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (558 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומק מים של 70 מטר (איור 8 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (325 נתונים) מייצגים השקעה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומק מים של 70 מטר (איור 8 והטבלה עם מסגרת כחולה).

5. כול הערכים הגדולים מ-  $\pm 0.2$  מטר (963 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים שלא היו שינויים בממוצע (mean) הגדולים מדיוק המיפוי (איור 8 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

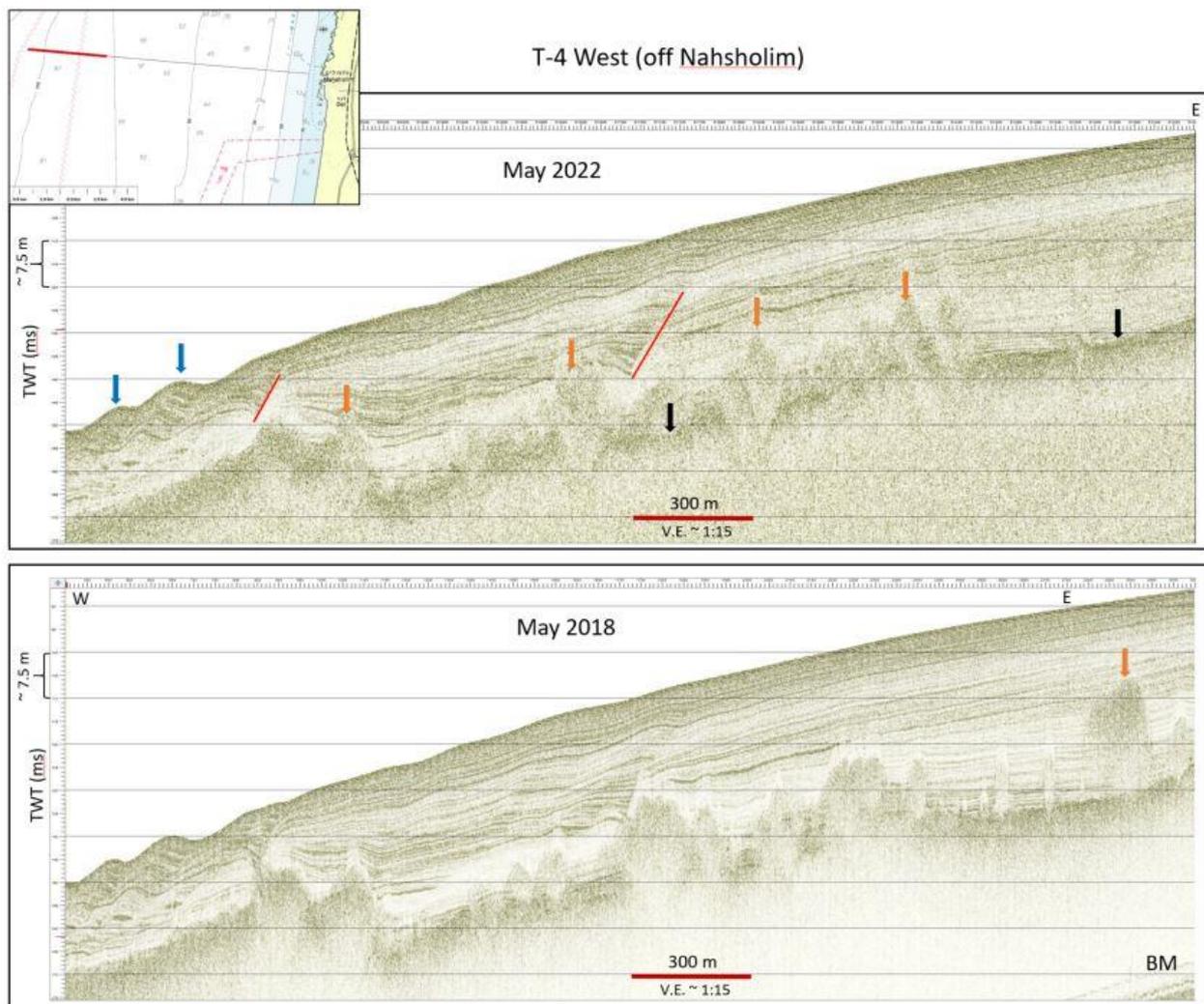


איור 8: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 4 (2022-2018). הסבר ניתן בטקסט.





איור 9א מציג את החלק המזרחי (9א) של החתך בו מבצבץ רכס הכורכר בעומק מים של  $\sim 40$  ואת החלק המערבי של חתך (9ב) שחוצה את מדף היבשת. בחתך ניתן לראות שני השברים שאינם מגיעים לפני השטח (קו אדום באיור 9ב) באזור קצה מדף היבשת ומערבית להם מתחילה תופעת גלי סדימנט (sediment wave) המייצגת תנועה של סדימנט במורד המדרון לכיוון האגן העמוק (חץ כחול באיור 9ב). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור 9) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור 9ב). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2018 ל-2022.

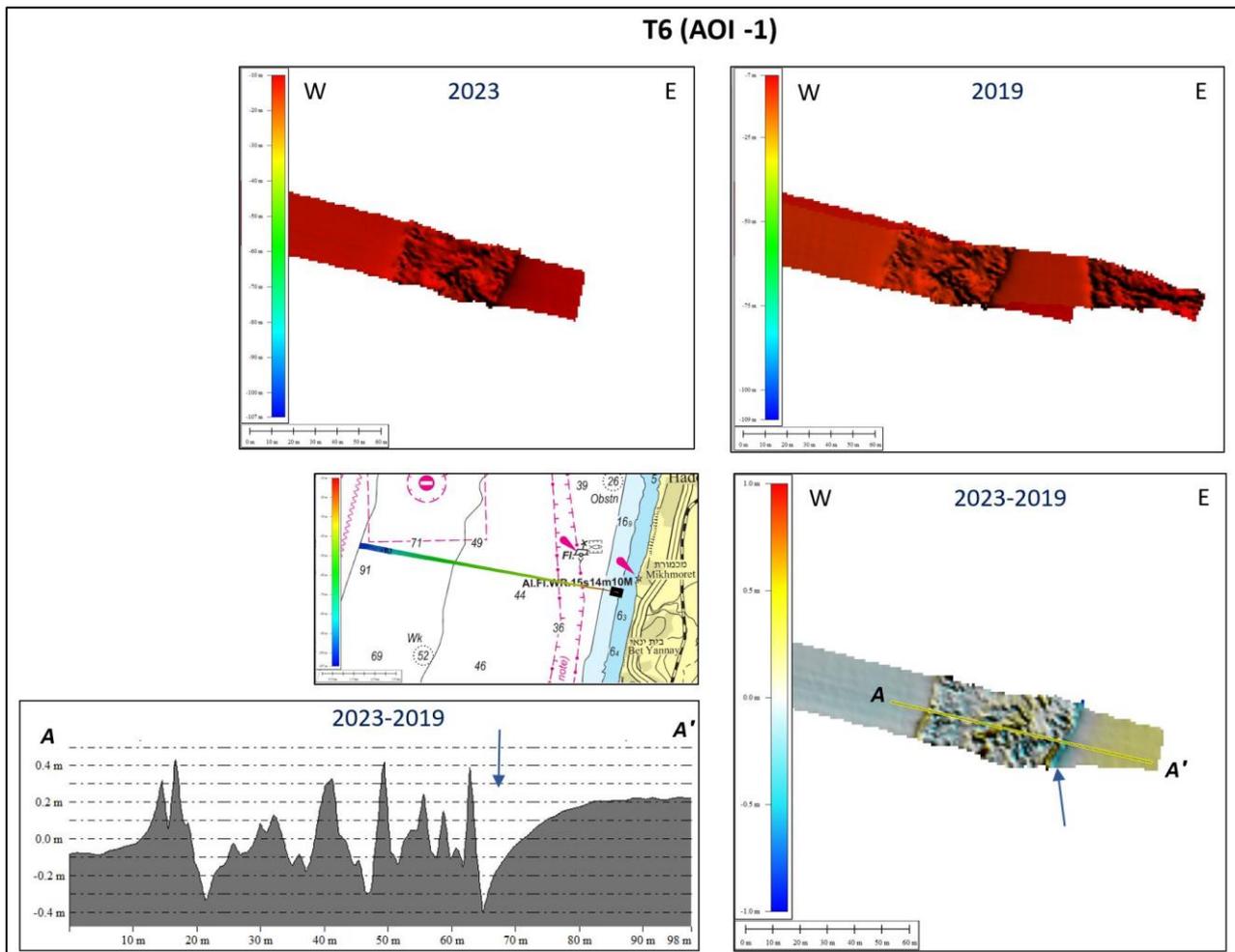


איור 4.4: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 4 בין השנים 2018 ל-2022. א) החלק המזרחי בעומקי מים 30-40 מטר (ב) החלק המערבי של החתך בקצה מדף היבשת. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. קו אדום – שבר באזור קצה מדף היבשת, חץ שחור – גג הכורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave מייצג תופעת הסעת סדימנט במורד המדרון לכיוון האגן העמוק.

#### 4.4 חתך 6 (מכמורת)

שינויים לאורך חתך 6 אזור עניין 1 (2023-2019)

חתך זה נעשה לראשונה עד קצה המדף במיפוי של 2019 וכלל גם דיגום סדימנטים ב-6 עומקים (דו"ח חיא"ל H60/2019). אזור העניין AOI-1 נמצא בעומק מים שבין 10-13 מטרים. בחלקו המזרחי של החתך בעומק מים של 10 מטרים זוהה רכס כוכר התחום בקרקעית חולית. בפרופיל הפרשים (איור 10) ניתן לראות אזור המסומן בחץ כחול בו התרחשה הסרה של סדימנטים בערכים של כ-40ס"מ באזור המעבר בין רכס הכורכר לקרקעית החולית.

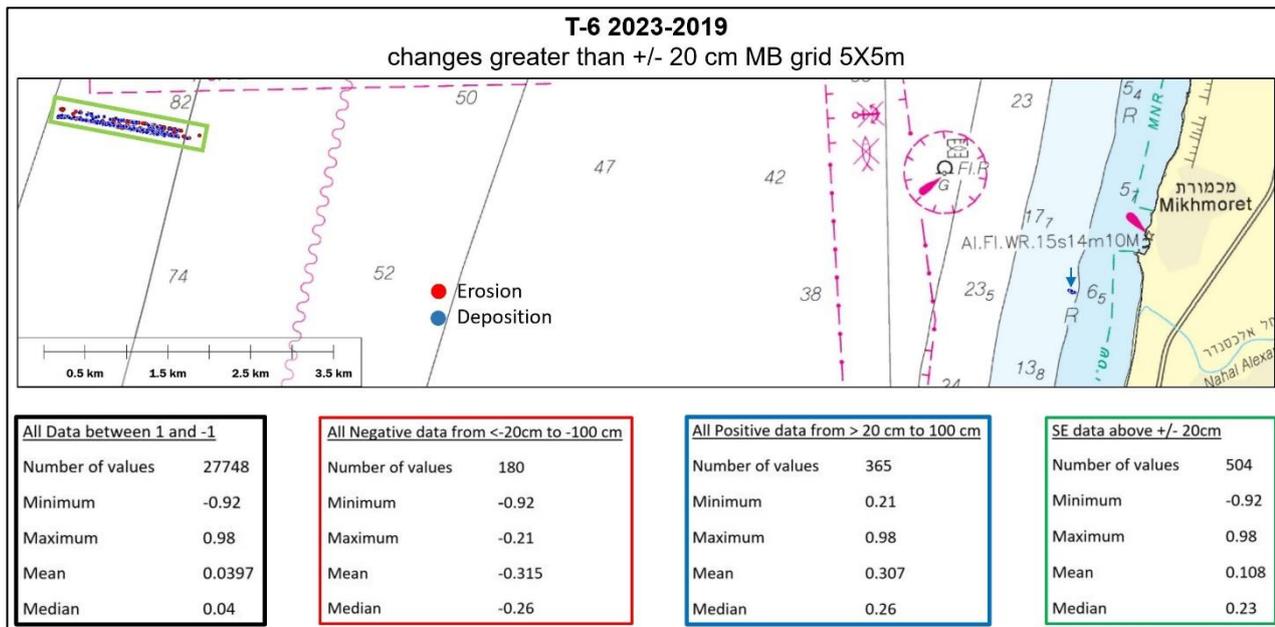


איור 10: שינויים בקרקעית באזור עניין 1 בחתך 6 (2023-2019), מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2019 משמאל למעלה חתך מולטיביים מ-2023. מימין למטה מפת ההפרשים 2023-2019. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A'-A, חץ כחול בהתאמה לפרופיל הפרשים המוצג משמאל. מפת מיקום חתך 6 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-1.

שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 6 (2023-2019)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2019 לאורך חתך 6 מוצגים באיור 11. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2019 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (27,748 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 11 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (180 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.31 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומק מים של 70 מטר (איור 11 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (365 נתונים) מייצגים השקעה של 0.31 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומק מים של 70 מטר (איור 11 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (504 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים שלא היו שינויים בממוצע (mean) הגדולים מדיוק המיפוי (איור 11 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

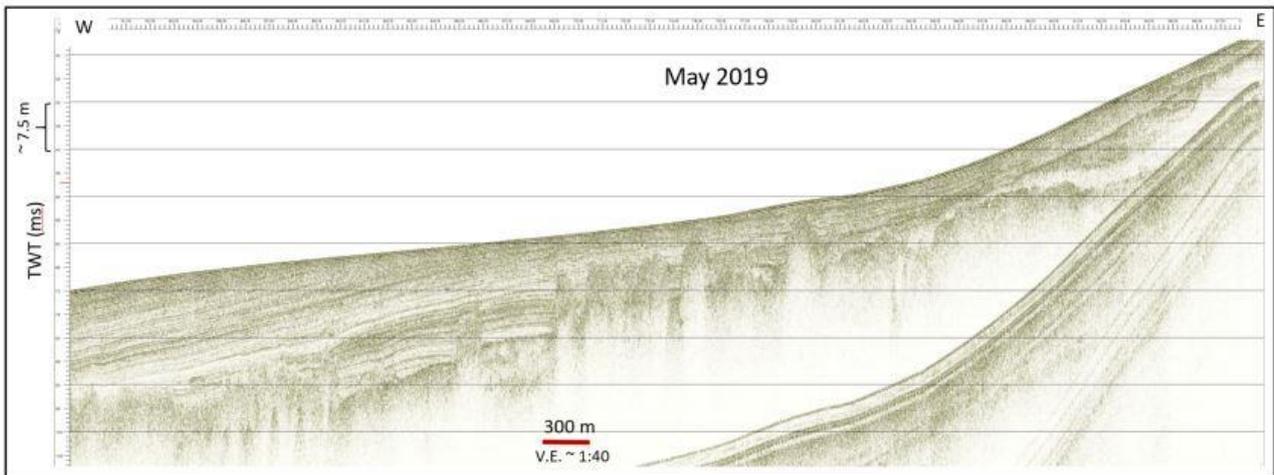
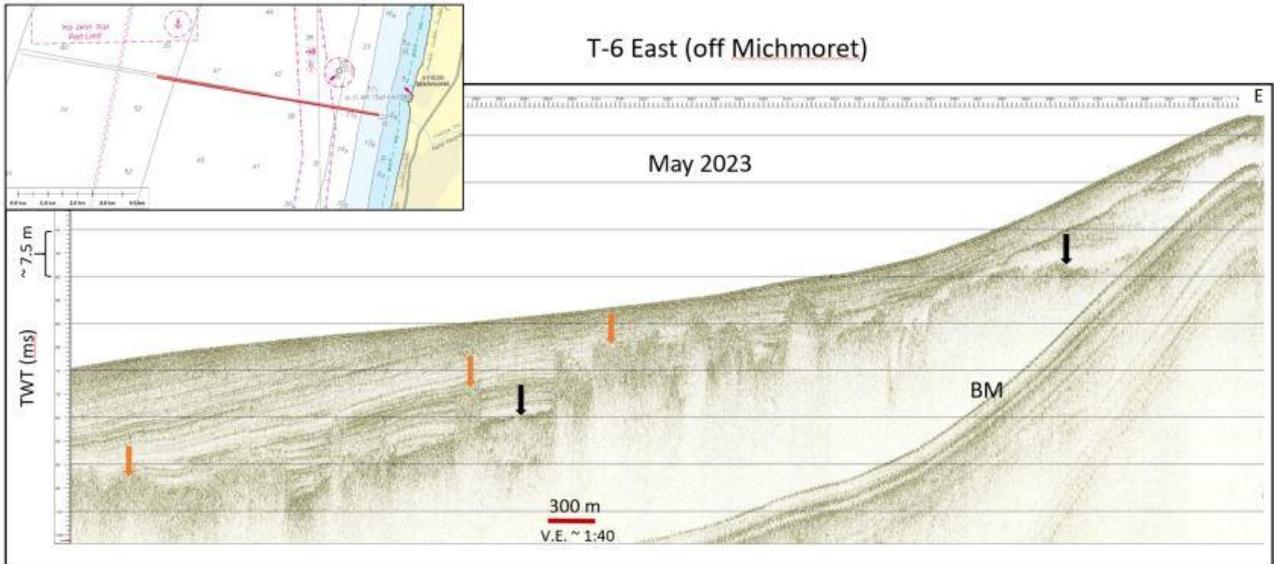


איור 11: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 6 (2023-2019). הסבר ניתן בטקסט.

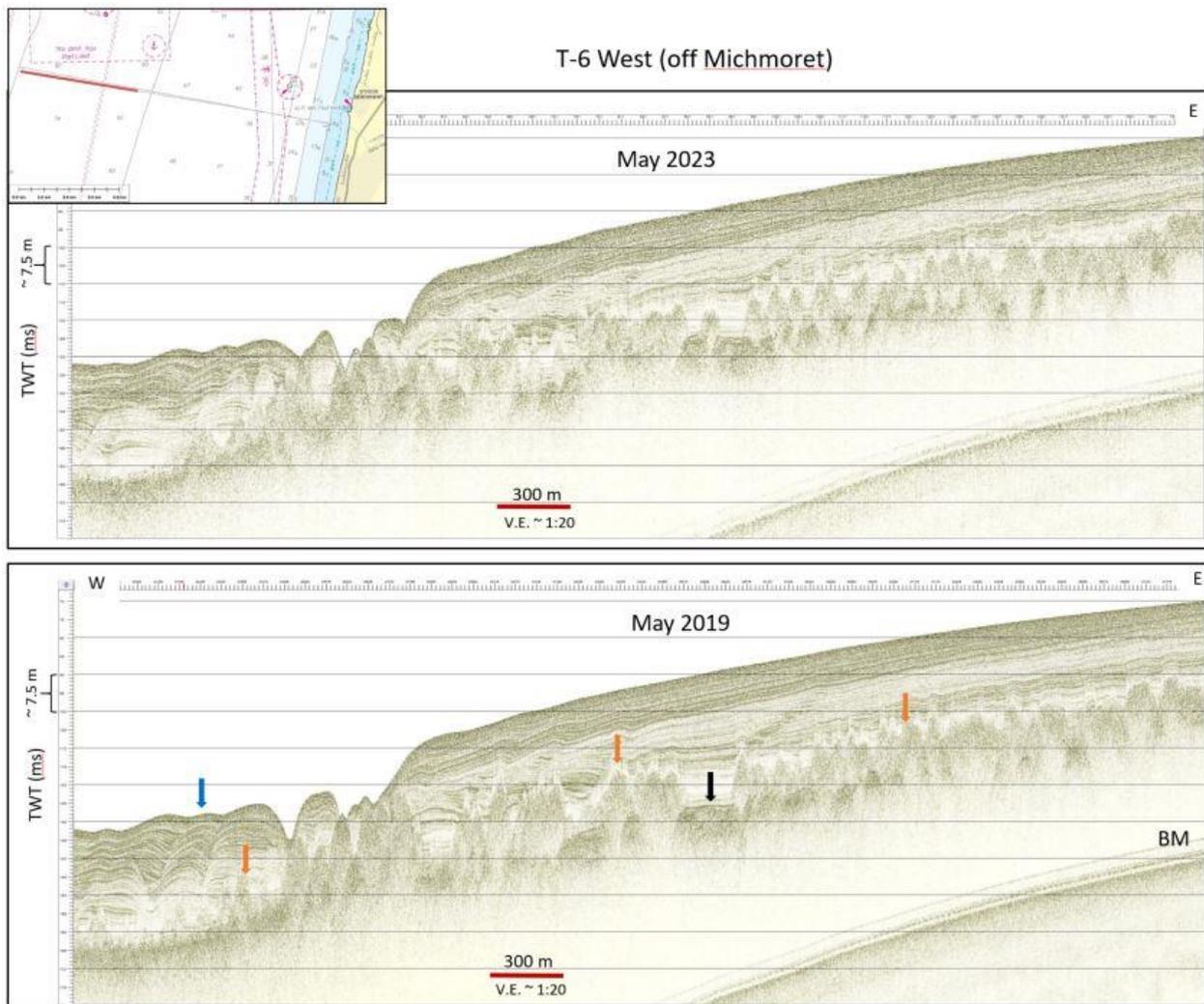
#### שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 6 (2023-2019)

איור 12 מציג את החלק המזרחי (12א) של החתך ואת החלק המערבי של חתך (12ב) שחוצה את מדף היבשת. בחתך ניתן לראות בצורה ברורה את קצה המדף ומערבית לו מתחילות גלישות ותופעת גלי סדימנט (sediment wave) (חץ כחול באיור 12ב). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור 12) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור 12). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2019 ל-2023. בחלק הנמצא מערבית לקצה המדף הקווים הסייסמים בשני המיפויים אינם חופפים ולכן ההתאמה ביניהם אינה ברורה.

# T-6 East (off Michmoret)



.N



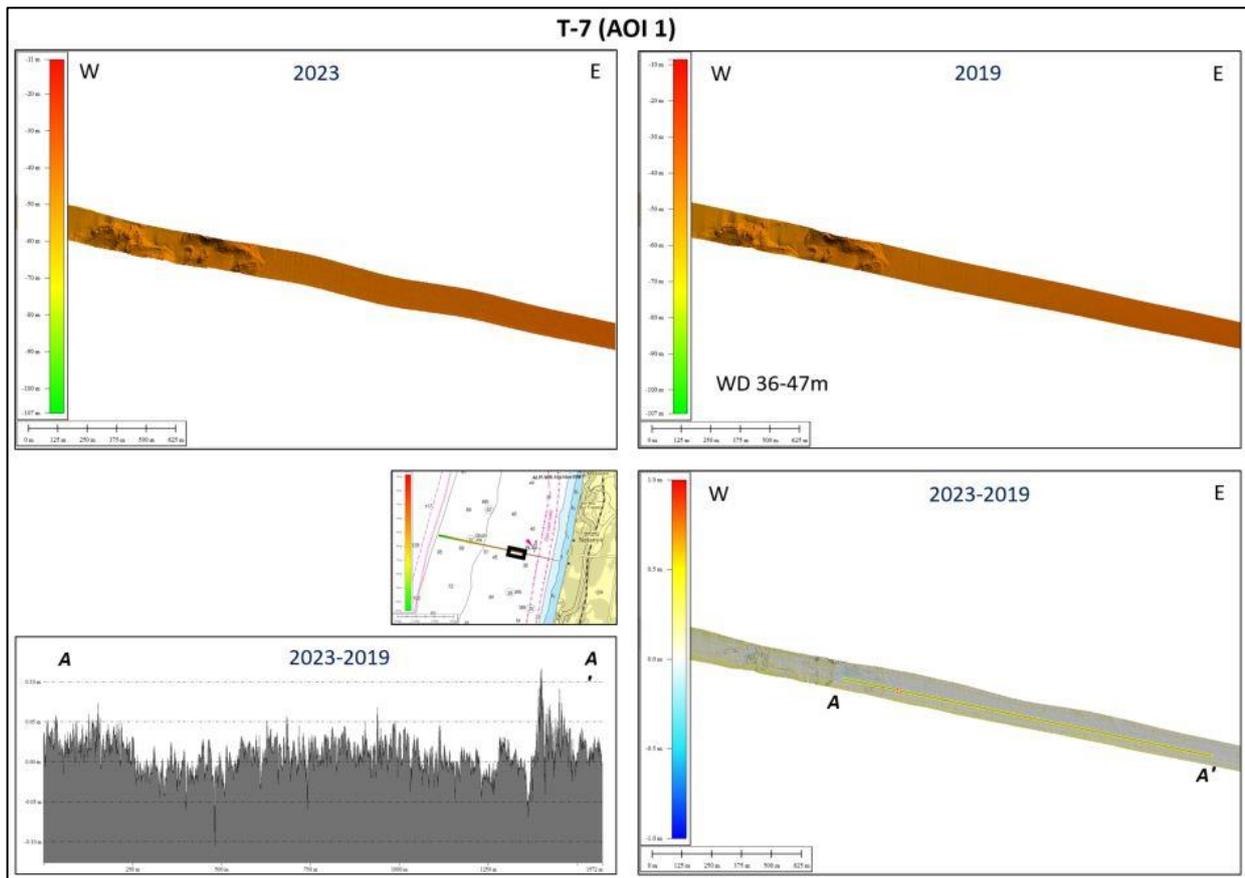
ב.

איור 12: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 6 בין השנים 2019 ל-2023. א) החלק המזרחי ו-ב) החלק המערבי של החתך. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ שחור – גג הכורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave מייצג תנועת סדימנט במורד המדרון. בחלק הנמצא מערבית לקצה המדף הקווים הסייסמיים בשני המיפויים אינם חופפים ולכן ההתאמה ביניהם אינה ברורה.

#### 4.5 חתך 7 (נתניה)

שינויים לאורך חתך 7 אזור עניין 1 (2023-2019)

חתך 7 שאורכו 13.4 ק"מ מתחיל מול נתניה מעומק מים של כ-10 מטר ומסתיים בעומק מים של 100 מטר מופה לראשונה בשנת 2019 (דו"ח חיא"ל H60/2019). אזור עניין 1 נמצא בעומק מים שבין 40-47 מטר והוא חוצה מספר רכסי כורכר בולטים שבניהם מושקע חול דק גרגר. השוואה של אזור העניין למיפוי ב-2019 (איור 13) לא הצביעה על שינויים משמעותיים שהם מעל לדיוק המיפוי, כפי שניתן לראות בפרופיל ההפרשים.

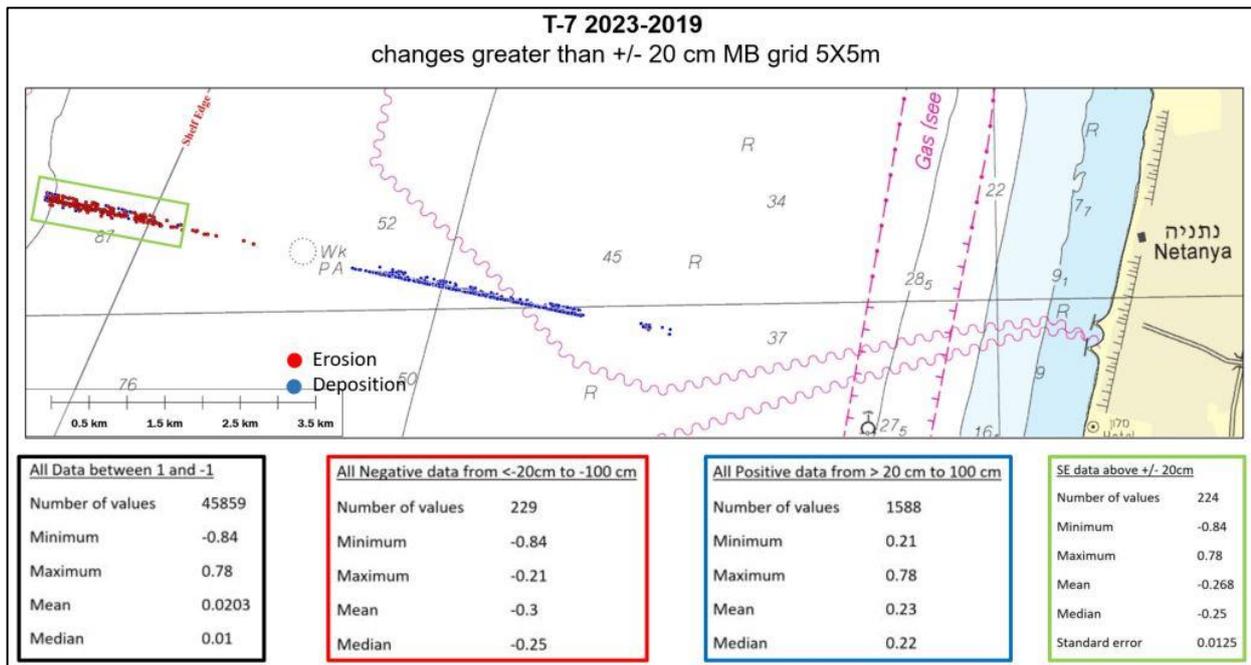


איור 13: שינויים בקרקעית באזור עניין בחתך 7 (2023-2019): מימין למעלה חתך מולטיבים מ-2019 משמאל למעלה חתך מולטיבים מ-2023. מימין למטה מפת ההפרשים 2023-2019. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A'-A. מפת מיקום חתך 7 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-1.

שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 7 (2023-2019)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2019 לאורך חתך 7 מוצגים באיור 14. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2019 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (45,859 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 14 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (229 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.3 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומק מים של 70 מטר (איור 14 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (1588 נתונים) מייצגים השקעה של 0.23 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר במרכז החתך מעומקי מים בין 45-50 מטר (איור 14 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (224 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים ארוזיה של 0.25 מטר בממוצע (mean) (איור 14 והטבלה עם מסגרת ירוקה).



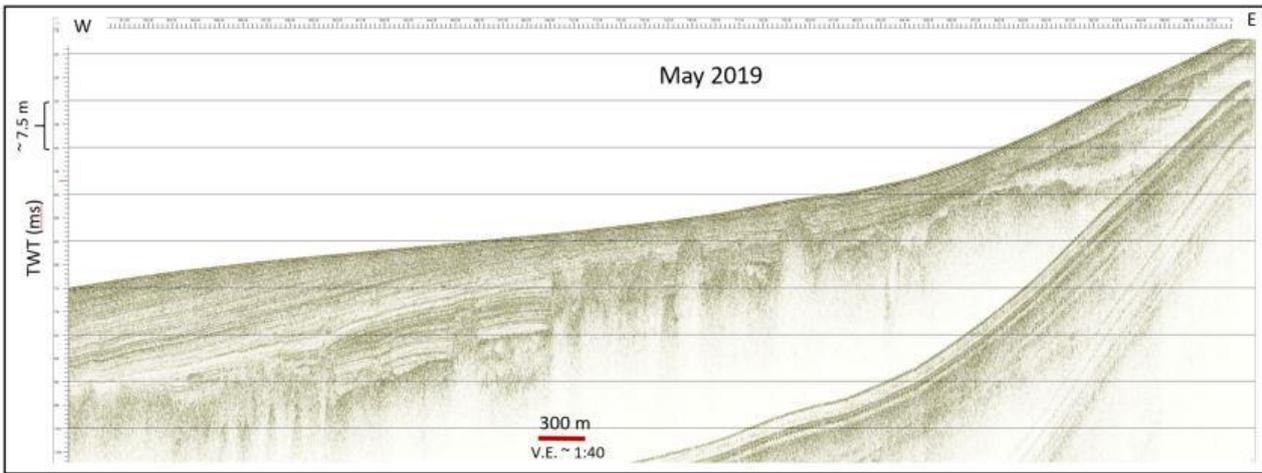
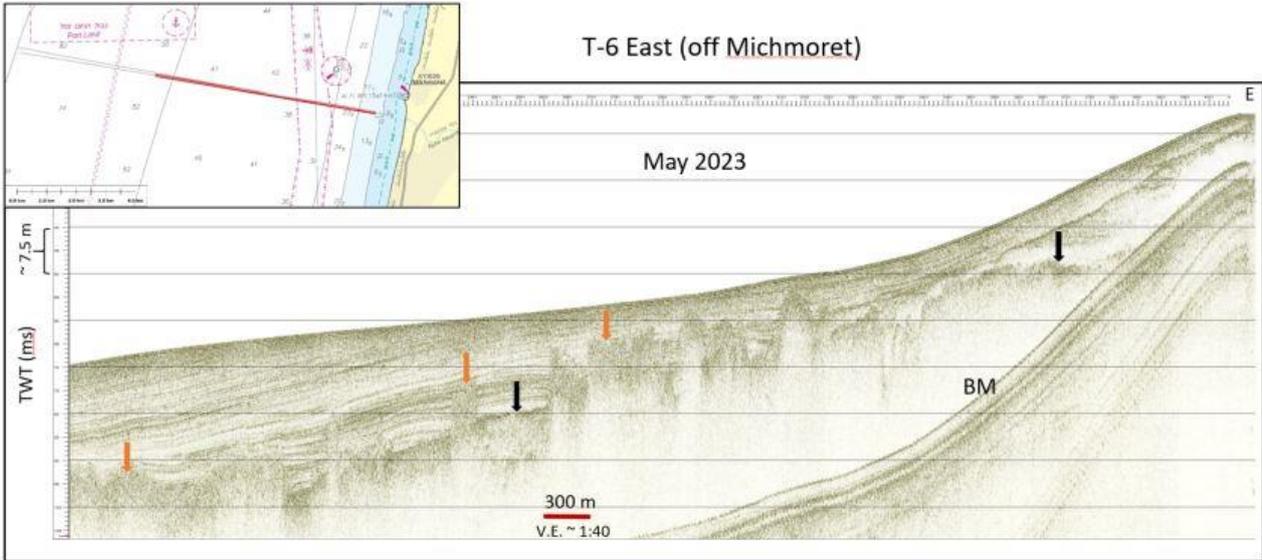
איור 14: שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 7 (2023-2019). הסבר ניתן בטקסט.

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 7 (2023-2020)

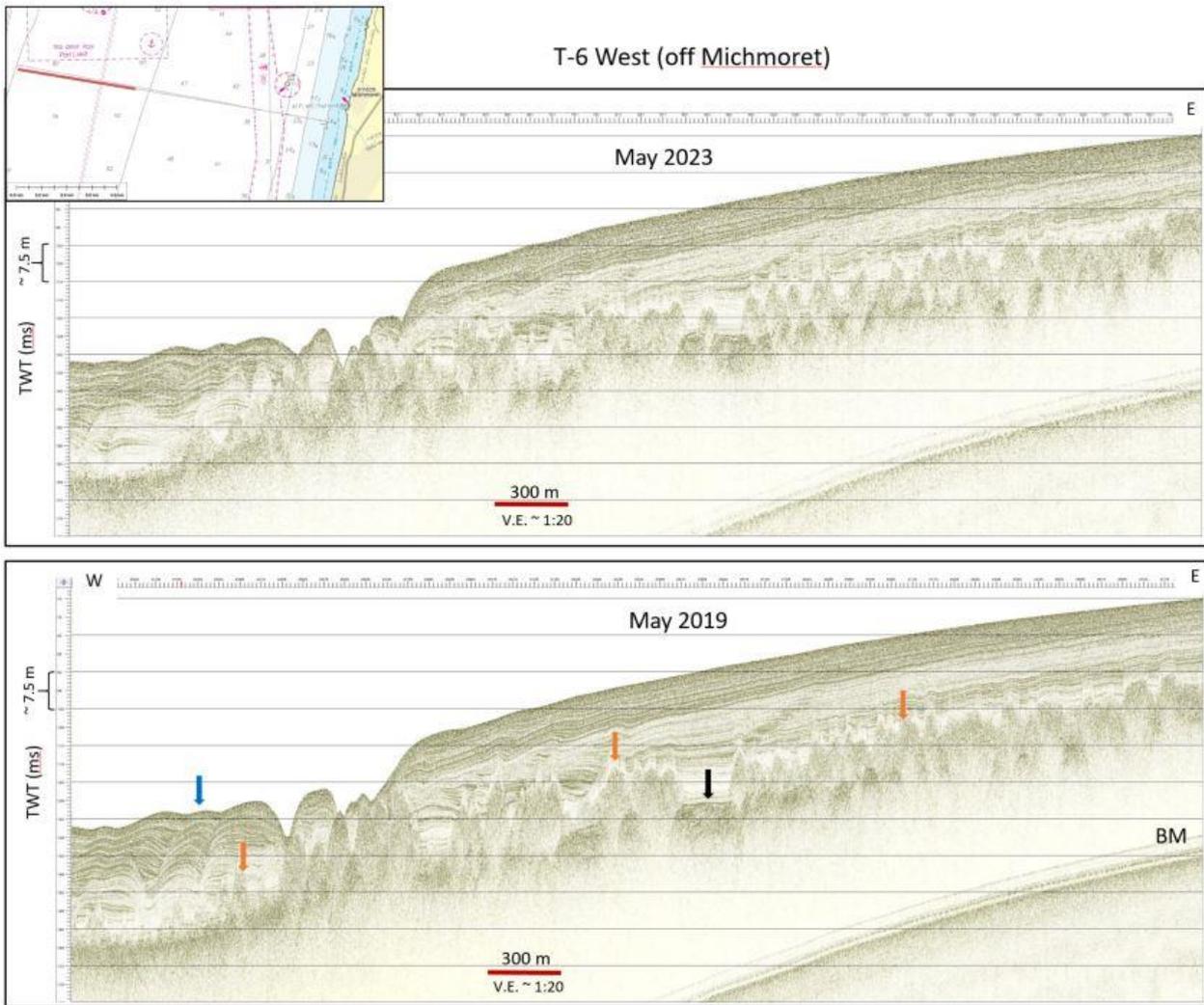
איור 15 מציג את החלק המזרחי (א15) של החתך העובר מעל רכס הכורכר בעומק מים של 40 מטר ואת החלק המערבי של חתך (א15) שחוצה את מדף היבשת. בחתך זה המעבר של קצה המדף הוא מדורג ומערבית לו מתחילה תופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור א15). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור א15) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור א15). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2020 ל-2023.



T-6 East (off Michmoret)



K



ב.

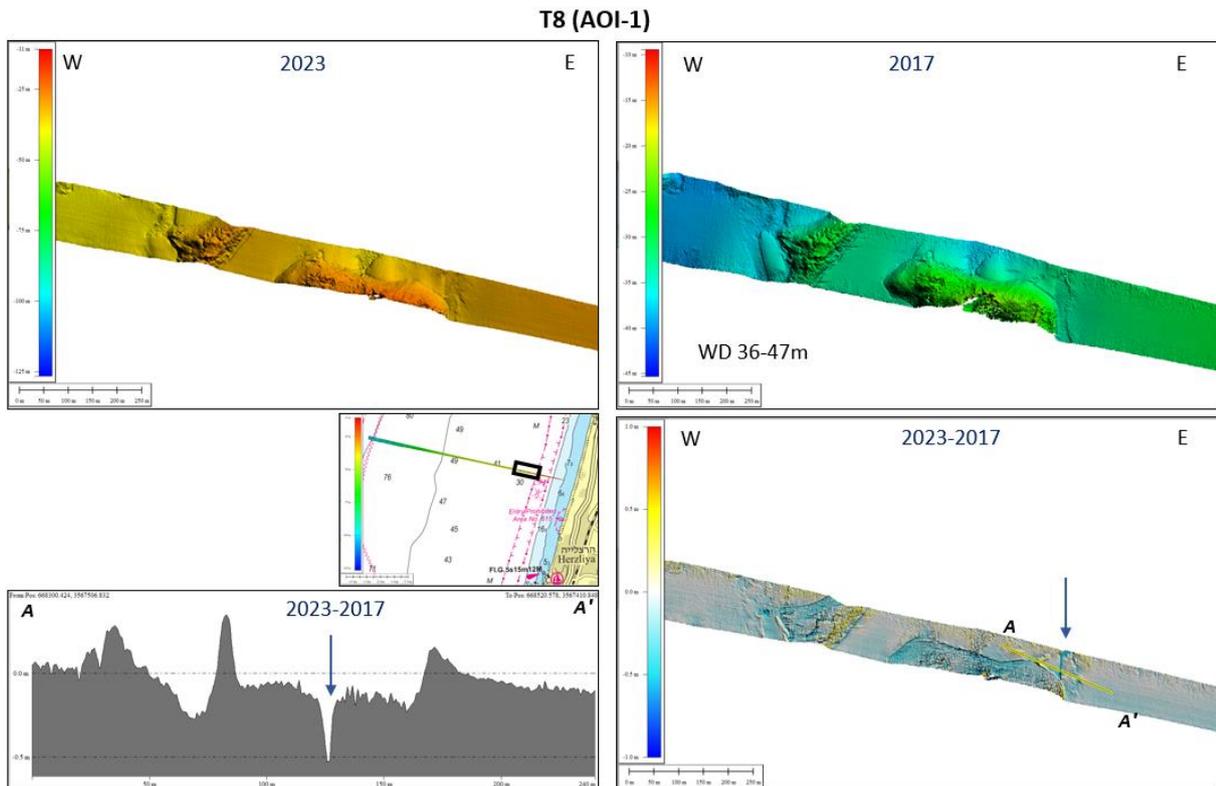
איור 15: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 7 בין השנים 2020 ל-2023. א) החלק המזרחי ו-ב) החלק המערבי של החתך. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ שחור – גג הכורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave הסעת סדימנט במדרון.

#### 4.5 חתך 8 (געש)

שינויים לאורך חתך 8 אזורי עניין 1 ו-2 (2023-2017)

חתך זה נעשה לראשונה בניטור של 2017 וכלל גם דיגום סדימנטים ב-6 עומקים שבוצע ב-2020. אזור עניין 1 נמצא בעומק מים שבין 30-38 אזור עניין 2 נמצא בעומק מים שבין 36-47 מטר, אזורי העניין חוצים מספר רכסי כורכר. אזורים אלו מאופיינים במעברים חדים של חול דק גרגר וחול גס בין רכסי הכורכר. השינויים הגדולים שהתרחשו באזורי עניין 1 ו-2 בין השנים 2023-2017 מוצגים באיור 16א.

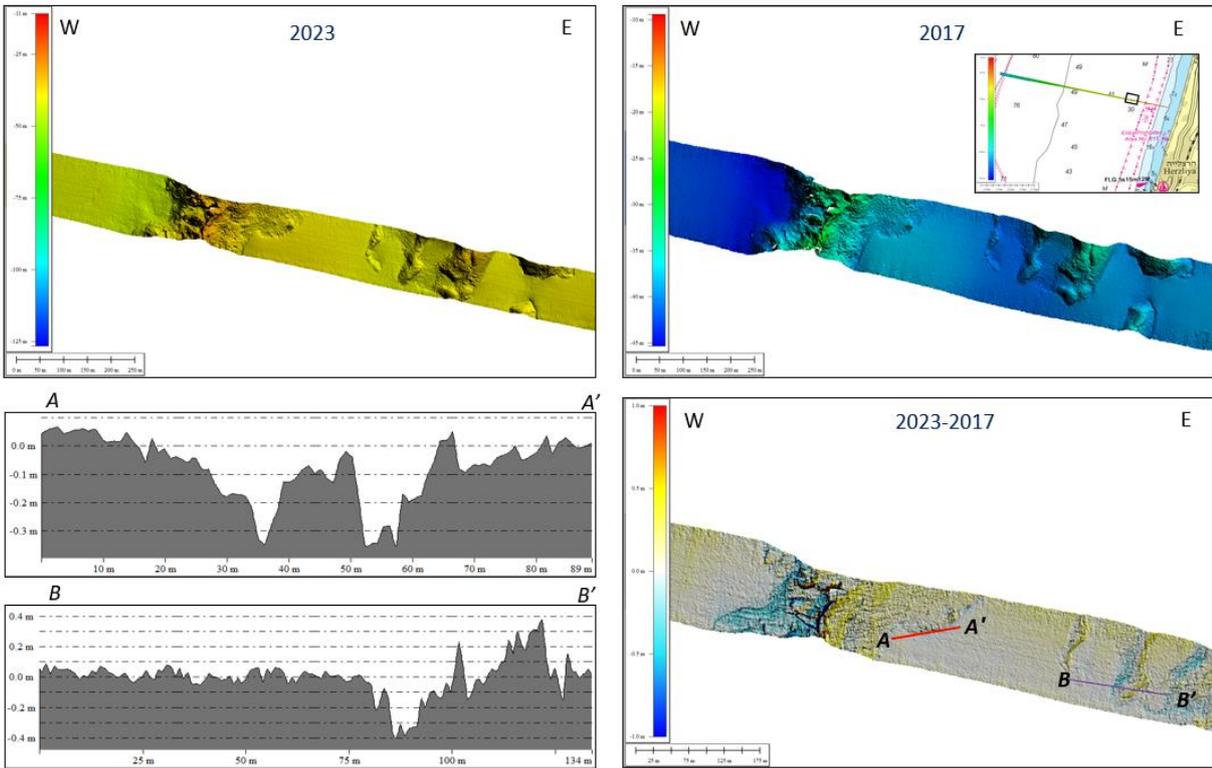
באיור 16א במרכז קו המיפוי ניתן לראות רכסי כורכר ובשוליהם מעברים בין חול עדין לחול גס. לאורך פרופיל הפרשים ניתן לראות תעלה בה התרחשה הסרת סדימנטים בערכים של 50 ס"מ. הסרת הסדימנטים התרחשה בשוליו המזרחיים של רכס הכורכר



איור 16א: שינויים בקרקעית באזור עניין 1 בחתך 8 (2023-2017). מימין למעלה חתך מולטיבים מ-2017 משמאל למעלה חתך מולטיבים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2017. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A', חץ כחול מיקום התעלה בהתאמה לפרופיל המוצג משמאל. במרכז מפת מיקום חתך 7 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-1.

באיור 16ב ניתן לראות רכסי כורכר ובשוליהם מעברים בין חול עדין לחול גס. לאורך פרופילי הפרשים ניתן לראות תעלות בהן התרחשה הסרת סדימנטים בערכים הנעים בין 35 ל-43 ס"מ. הסרת הסדימנטים מתרחשת באזורי המעבר בין תשתית קשה לסדימנט עדין יותר.

### T8 (AOI-2)

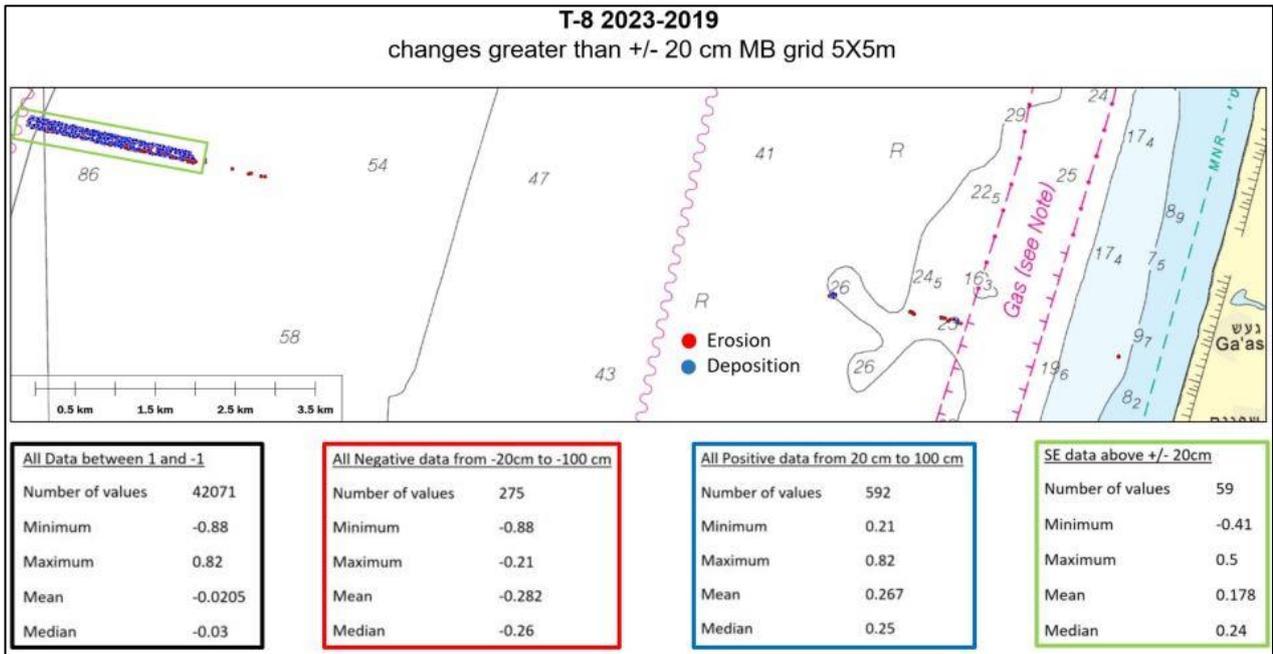


איור 16: שינויים בקרקעית באזור עניין 2 בחתך 8 (2017-2023), מימין למעלה חתך מולטיבים מ-2017 ומפת מיקום חתך 6 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית, פוליגון שחור ע"ג החתך מציינ את אזור העניין AOI-1. משמאל למעלה חתך מולטיבים מ-2023. מימין למטה מפת ההפרשים 2017-2023. קו אדום - פרופיל הפרשים בין A ל-A', קו סגול - פרופיל הפרשים בין B ל-B'.

### שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 8 (2017-2023)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארזיה של סדימנטים בין השנים 2017 ל-2023 לאורך חתך 8 מוצגים באיור 17. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2017-2023 הם:

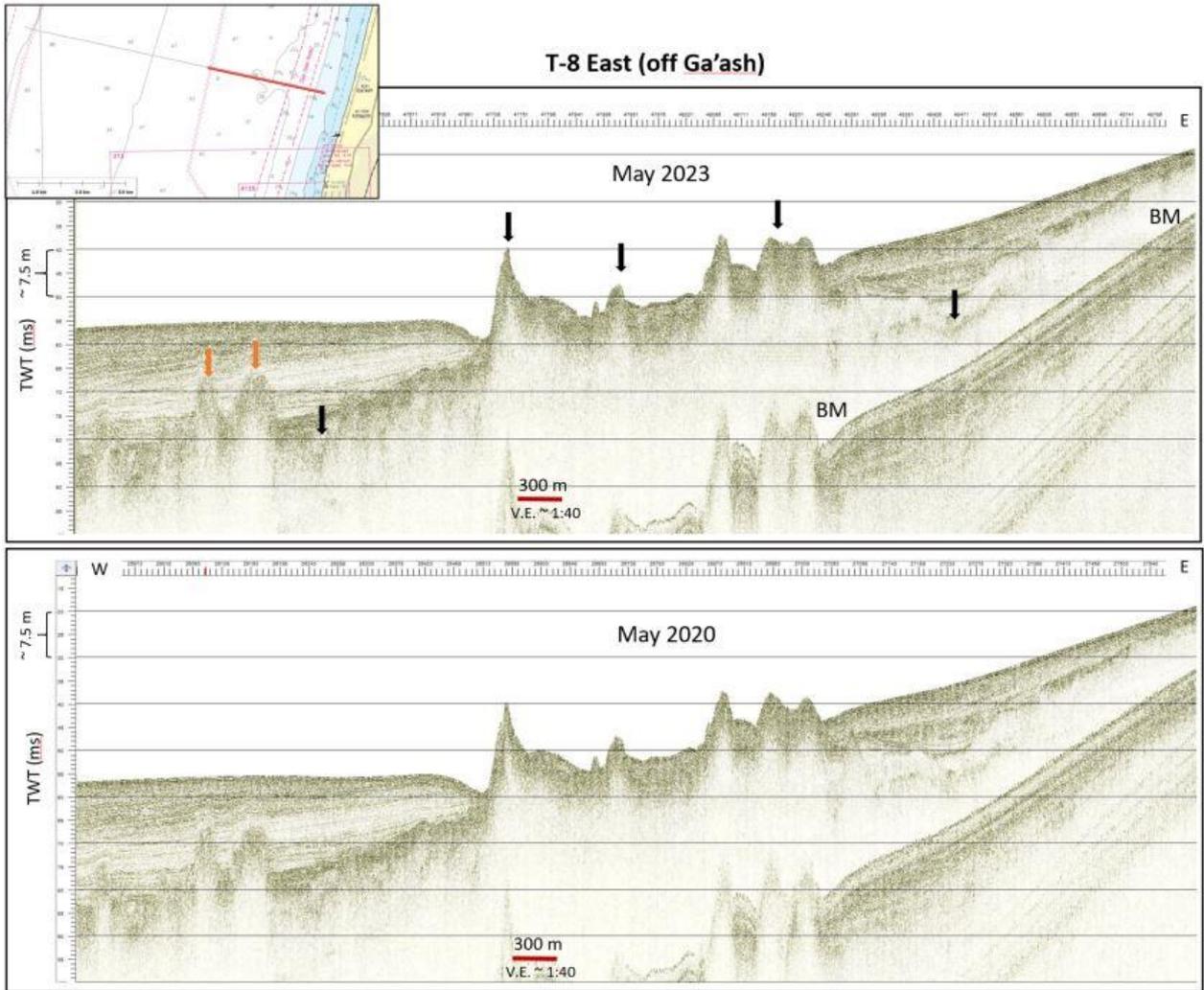
1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (42,071 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 17 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (275 נתונים) מייצגים איחזיה של 0.28 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך (איור 17 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (592 נתונים) מייצגים השקעה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומקי מים של 70 מטר (איור 17 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (59 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים השקעה של 0.18 מטר בממוצע (mean) (איור 17 והטבלה עם מסגרת ירוקה).



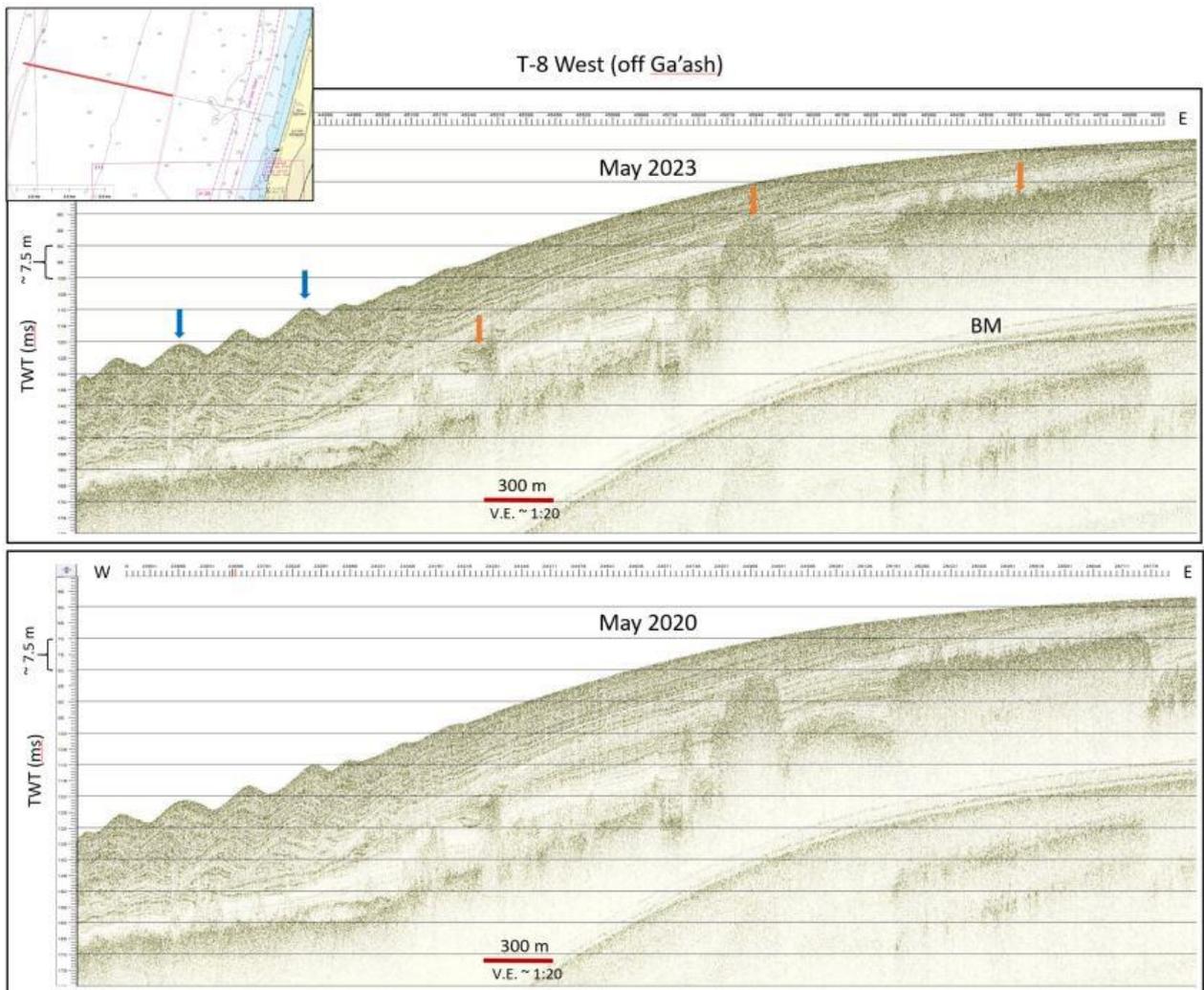
איור 17: שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 8 (2017-2023). הסבר ניתן בטקסט.

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 8 (2020-2023)

איור 18 מציג את החלק המזרחי (א18) של החתך העובר מעל רכס הכורכר בעומקי מים של 30-40 מטר ואת החלק המערבי של חתך (ב18) שחוצה את מדף היבשת. גם בחתך זה המעבר של קצה המדף הוא מדורג ומערבית לו מתחילה תופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור 18). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור 18) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור 18). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2020 ל-2023.



.N



ב.

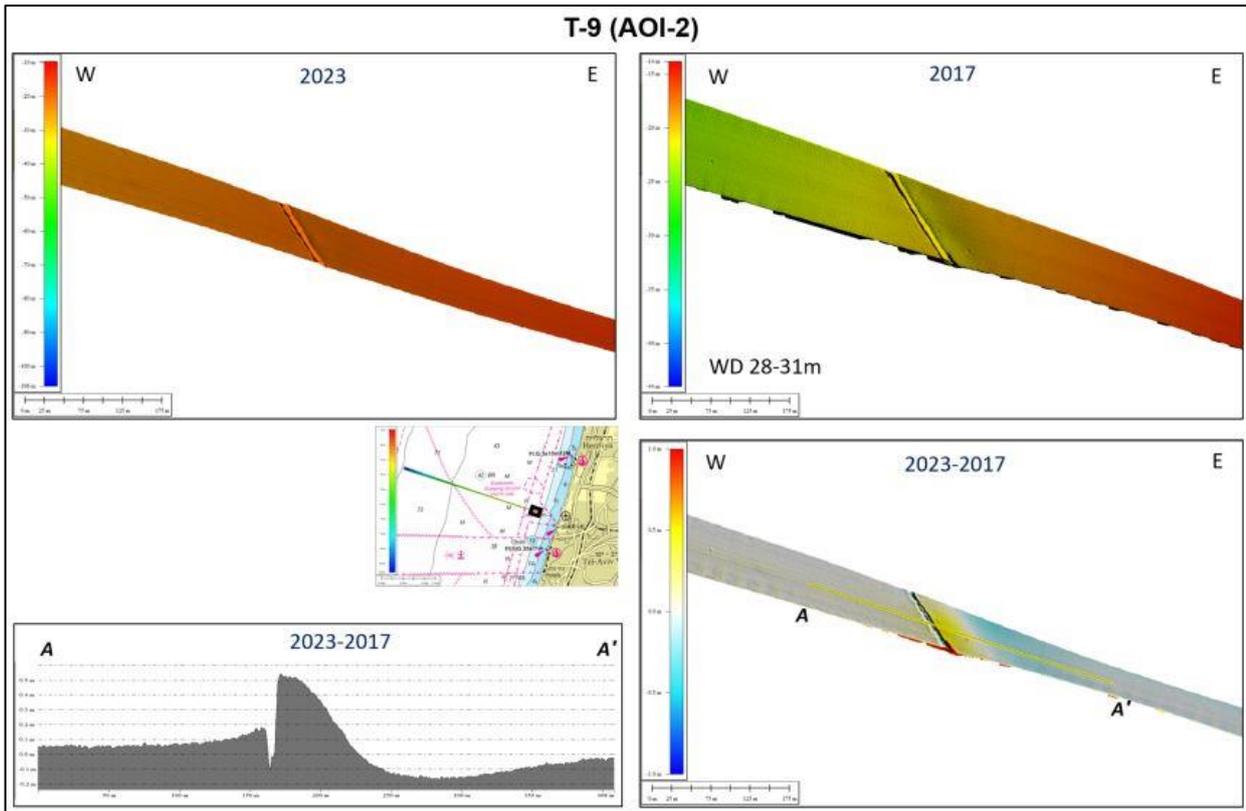
איור 18: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 8 בין השנים 2020 ל-2023. א) החלק המזרחי ו-ב) החלק המערבי של החתך. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ שחור – גג הבורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave הסעת סדימנט במדרון

#### 4.5 חתך 9 (נחל הירקון)

שינויים לאורך חתך 9 אזורי עניין 2 ו-3 (2023-2017, 2023-2019)

חתך זה נעשה לראשונה בניטור של 2017 והוגדרו בו שלושה אזורי עניין. אזור עניין 1 נמצא בעומק מים שבין 27-40 מטר, חוצה שלושה רכסי כורכר ומאופיין במעברים חדים של חול בוצי לחול דק גרגר. השוואה של אזור העניין בשנים 2017, 2018, 2019, 2020 ו-2021 לא הצביעה על שינויים משמעותיים בגבולות המעברים החדים של התכסית בגבול דיוק המיפוי. השינויים הגדולים שהתרחשו באזורי עניין 2 ו-3 מוצגים באיור 19 א ו-ב.

החתך המוצג באיור 19 א חוצה את תוואי צינור הגז מול שדה דב בעומקי מים של כ-20 מטר. השוואה בין השנים 2017-2023 מצביעה על הערמות סדימנטים ממזרח לתוואי הצינור בערכים של 53 ס"מ.

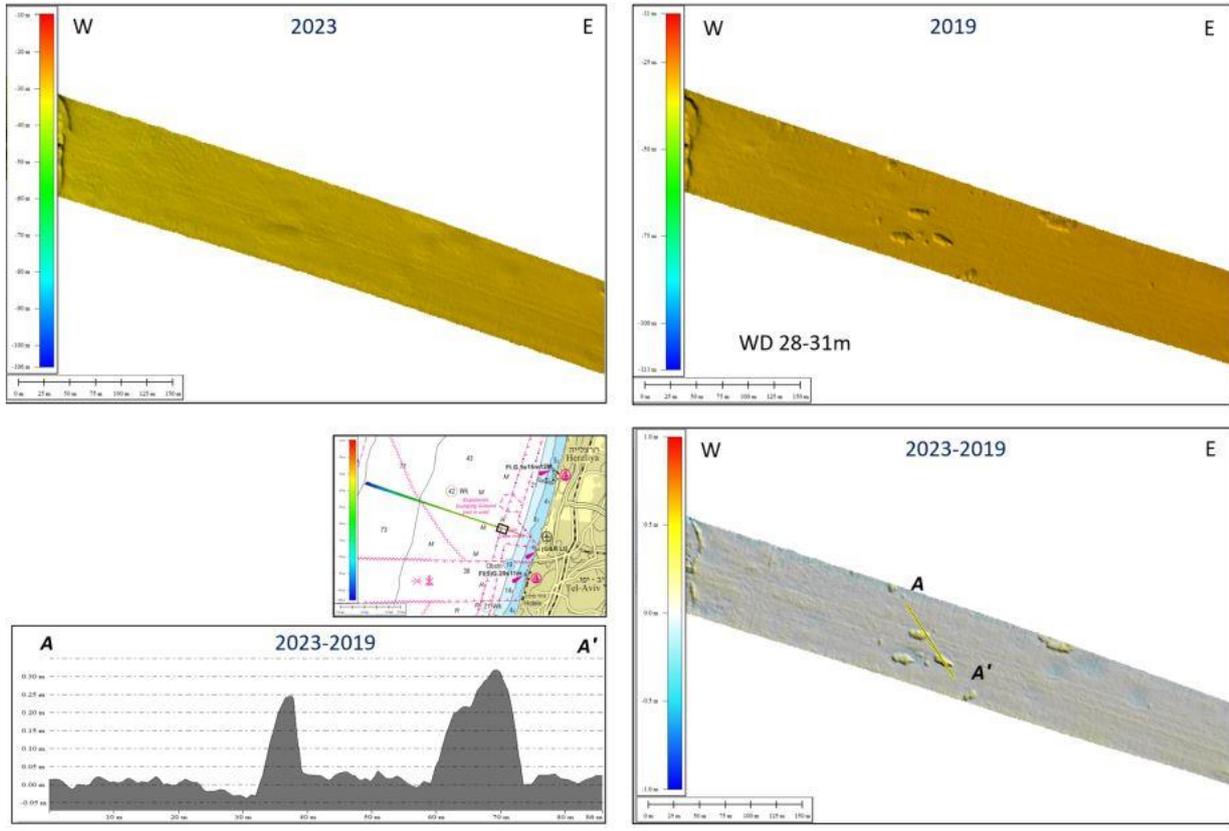


איור 19 א: שינויים בקרקעית באזור עניין 2 בחתך 9 (2023-2017). מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2017, משמאל למעלה חתך מולטיביים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2017, קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A'. מימין במרכז מפת מיקום חתך 6 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית, פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-1.

אזור עניין 3 חוצה את תוואי צינור הגז הקבור בעומק מים שבין 28-31 מטר. אזור זה מאופיין כאזור חולי שטוח שנמצאים בו מספר בורות ואזורים מורמים שהתגלו במיפוי מ-2019 (איור 19 ב). על-פי מפת הפרשים בין 2019 ל-2023 בורות עלו התמלאו בסדימנטים בערכים שבין 25-32 ס"מ.



T-9 (AOI-3)

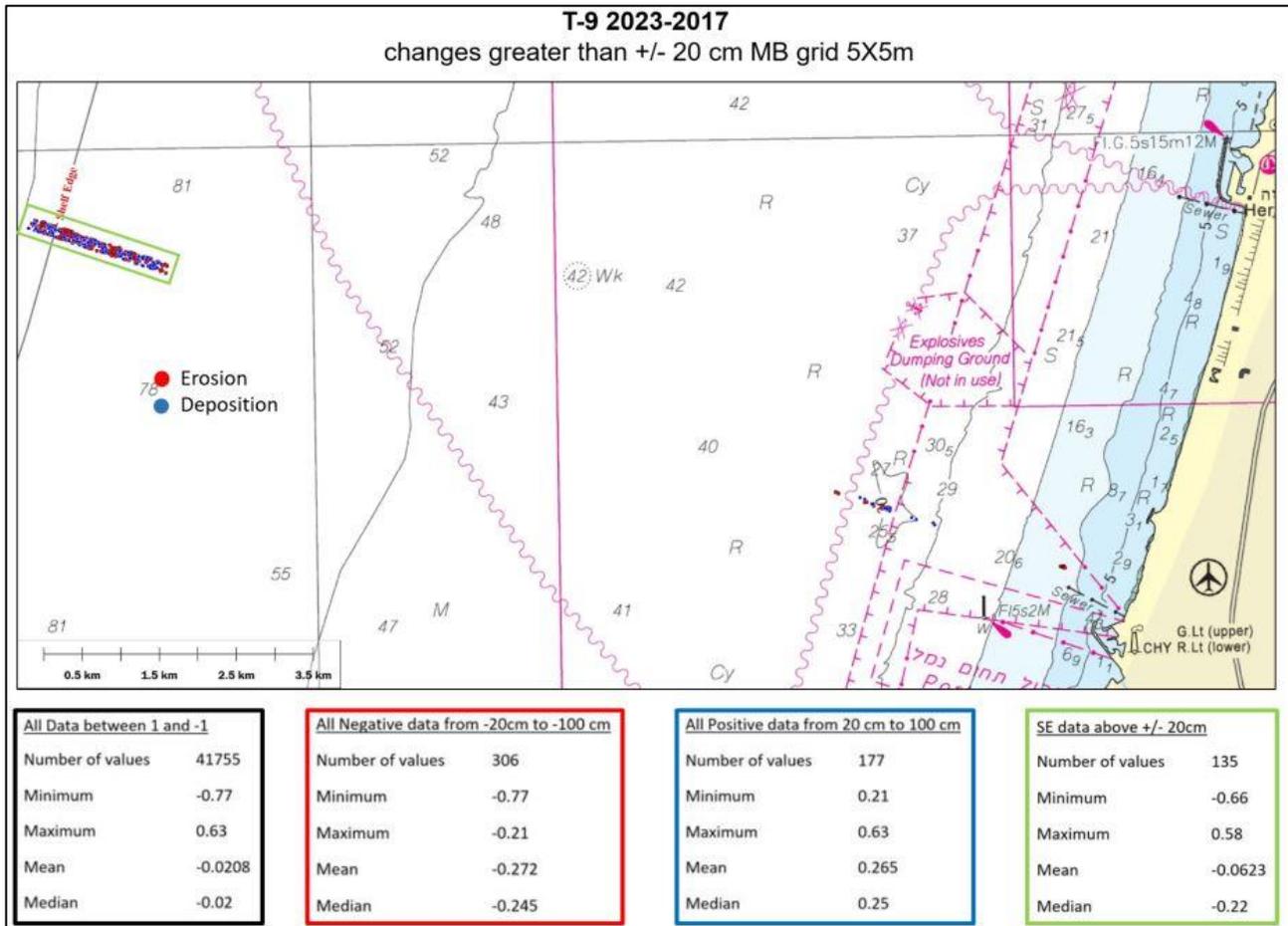


איור 19: שינויים בקרקעית (2023-2019) בחתך 9 אזור עניין 3 החוצה את תוואי צינור הגז הקבור. מימין למעלה חתך מולטיבים מ-2019 משמאל למעלה חתך מולטיבים מ-2023. מימין למטה מפת הפרשים 2023-2019. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A'. מימין במרכז מפת מיקום חתך 9 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית, פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-3.

שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 9 (2023-2017)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2017 לאורך חתך 9 מוצגים באיור 20. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2017 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (41,755 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 20 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (306 נתונים) מייצגים אירזיה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך (איור 20 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (177 נתונים) מייצגים השקעה של 0.27 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך (איור 20 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (135 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים השקעה של 0.06 מטר בממוצע (mean) (איור 20 והטבלה עם מסגרת ירוקה).



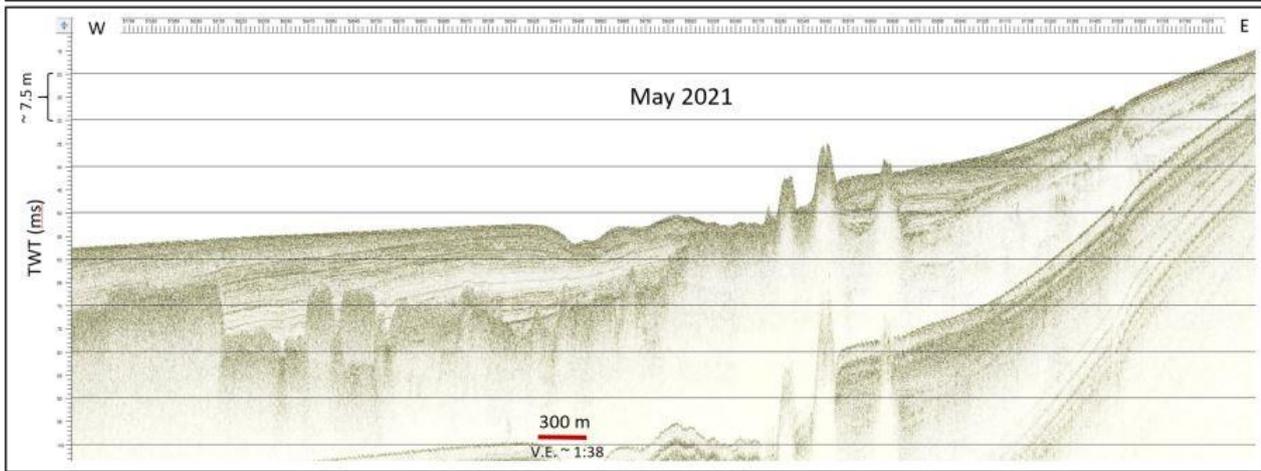
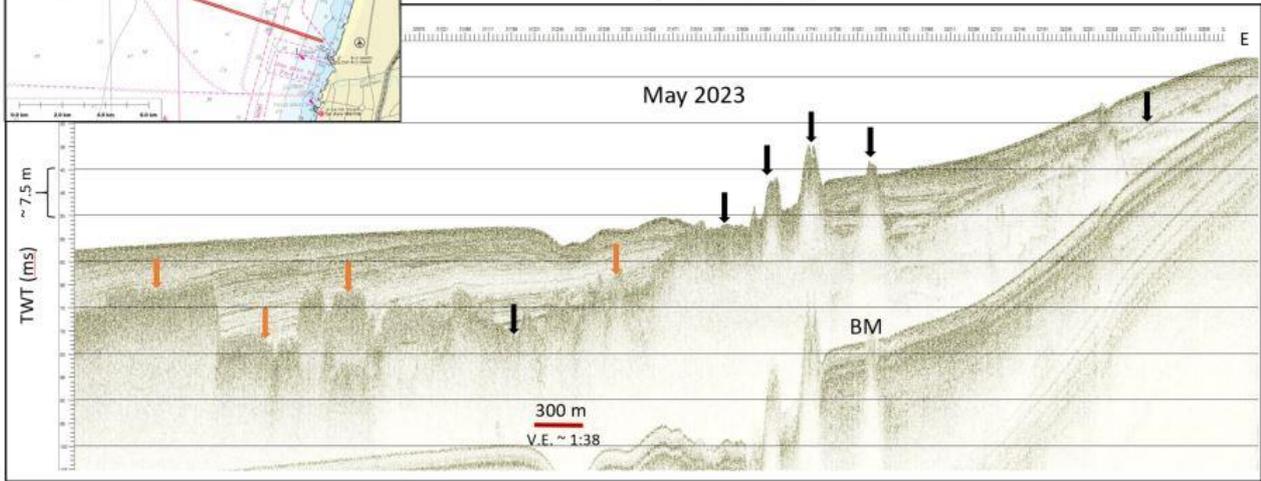
איור 20: שינויים בעומק לקרקעית (ארזוזה/השקעה) לאורך חתך 9 (2023-2017). הסבר התן בטקסט.

### שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 9 (2023-2021)

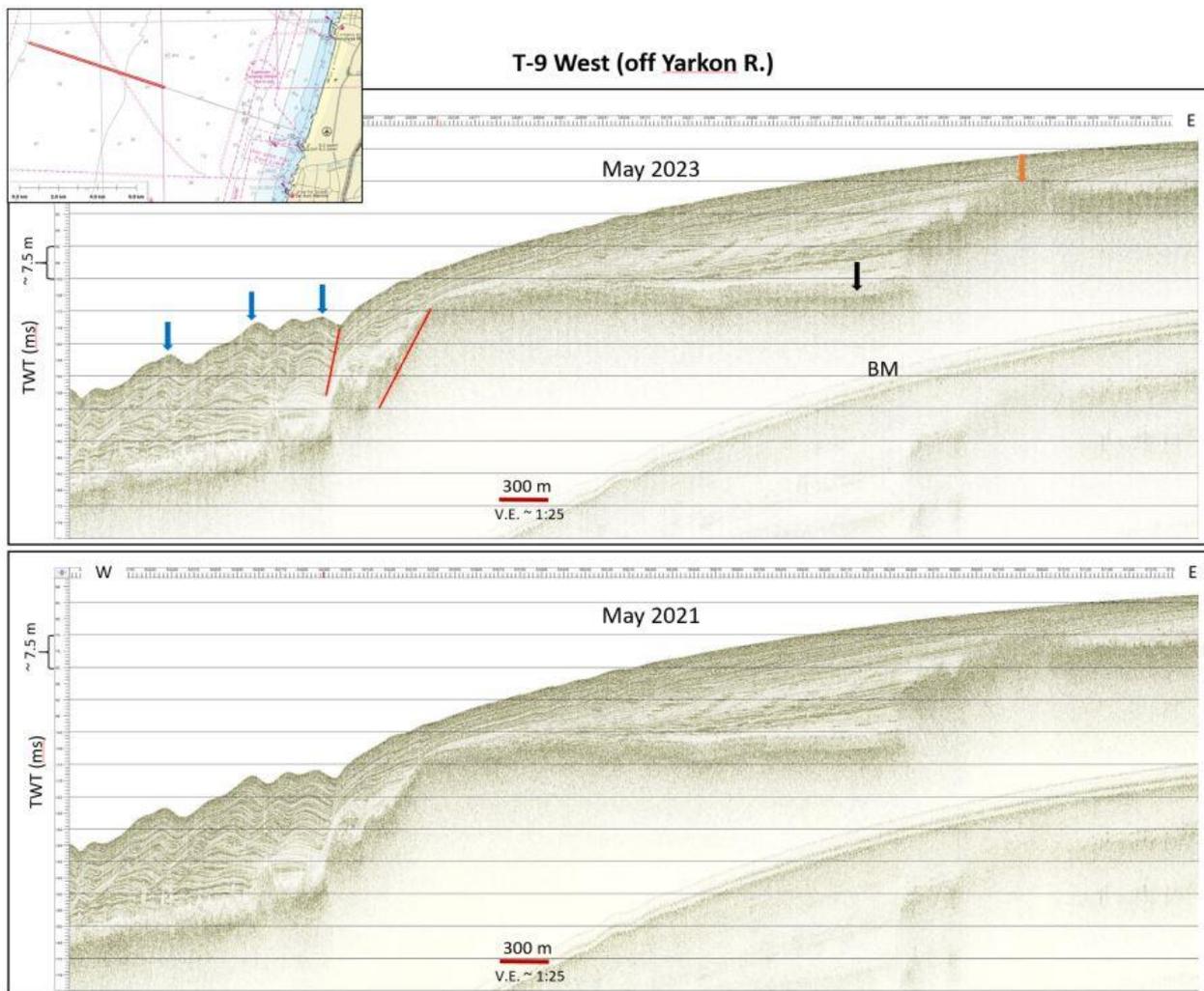
איור 21 מציג את החלק המזרחי (א21) של החתך העובר מעל רכס הכורכר בעומקי מים של 30-40 מטר ואת החלק המערבי של חתך (ב21) שחוצה את מדף היבשת. בחתך זה ניתן לראות את קצה המדף הקדום שבקצהו שבר (קו אדום באיור א21) ואת קצה המדף הנוכחי למערבית לו מתחילה תופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור א21). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור א21) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות מתת הקרקע (חץ כתום באיור א21). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2021 ל-2023.



T-9 East (off Yarkon R.)



.N



.ב.

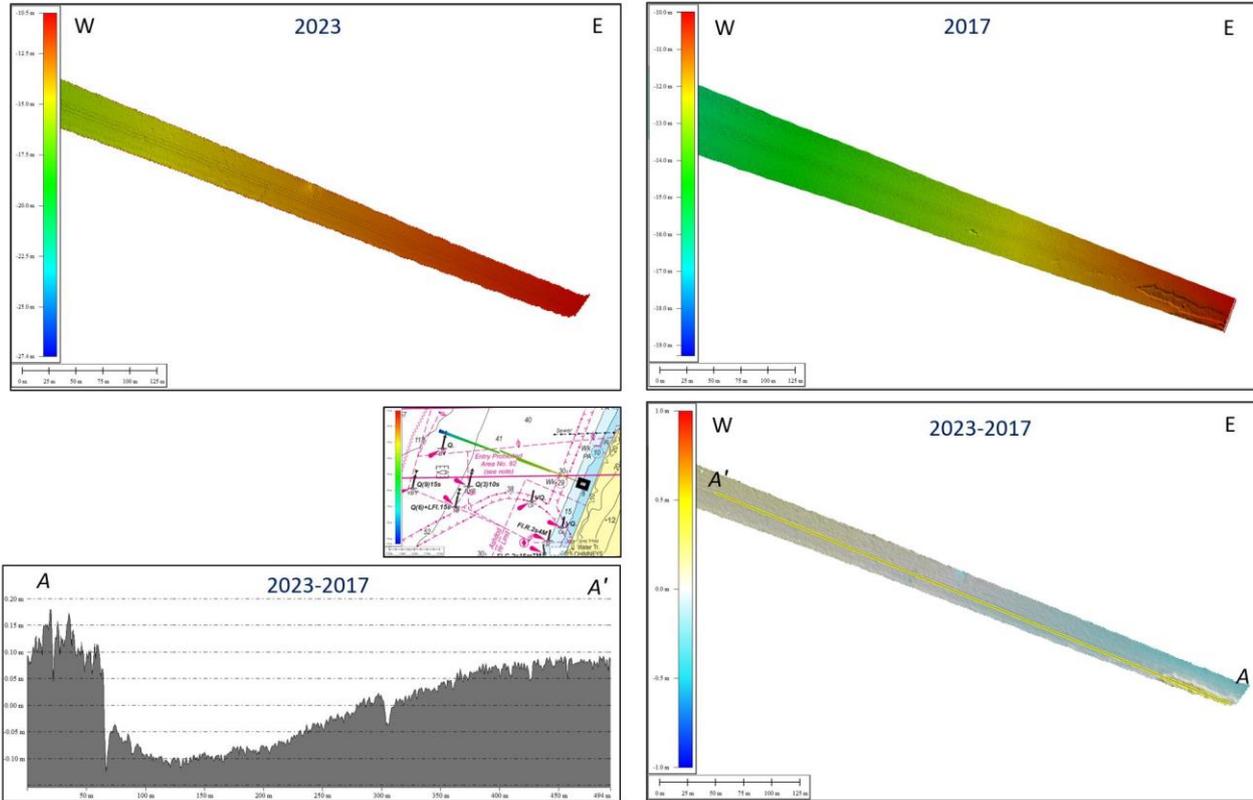
איור 21: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 9 בין השנים 2021 ל-2023. א) החלק המזרחי ו-ב) החלק המערבי של החתך עד קצה מדף היבשת. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. קו אדום – שבר באזור קצה מדף היבשת, חץ שחור – גג הבורכר, BM - הכפלת קרקעית הים ( Bottom Multiple), חץ בתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave מייצג הסעת סדימנט במדרון

#### 4.6 חתך 11 (אזור פלמחים)

שינויים לאורך חתך 11 אזור עניין 1 (2023-2017)

חתך זה נעשה לראשונה בניטור של 2017. אזור העניין AOI-1 (איור 22) נמצא בעומק מים שבין 9-13 מטרים בחלקו המזרחי בעומק מים של 10 מטרים רצועה ברוחב 10 מטרים ובאורך 80 מטרים, נמוכה מסביבתה ובעלת קרקעית גסה יותר. באיור 22 ניתן לראות בפרופיל ההפרשים שרצועה זו עברה מילוי במקביל לארוזיה בסביבתה.

T-11 (AOI-1)



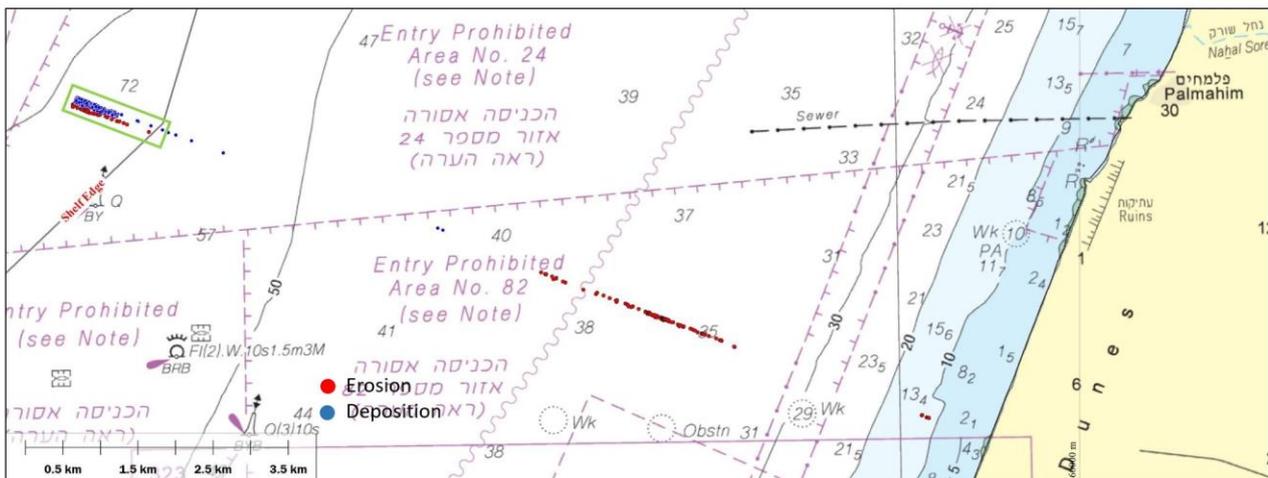
איור 22: מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2017 משמאל למעלה חתך מולטיביים מ-2023. מימין למטה מפת ההפרשים 2023-2017. קו צהוב - פרופיל הפרשים בין A ל-A'. מימין במרכז מפת מיקום חתך 11 והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית, פוליגון שחור ע"ג החתך מציין את אזור העניין AOI-1.

#### שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 11 (2023-2019)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2023 ל-2019 לאורך חתך 11 מוצגים באיור 23. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2023-2019 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (26,517 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 23 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (197 נתונים) מייצגים אירוזיה של 0.24 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המרכזי בעומקי מים 25-40 מטר והמערבי של החתך (איור 23 והטבלה עם מסגרת אדומה).
3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (276 נתונים) מייצגים השקעה של 0.28 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המערבי של החתך מעומקי מים של 70 מטר (איור 23 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (340 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים השקעה של 0.16 מטר בממוצע (mean) (איור 23 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

**T-11 2023-2019**  
changes greater than +/- 20 cm MB grid 5X5m



All Data between 1 and -1	
Number of values	26517
Minimum	-0.59
Maximum	0.65
Mean	-0.0395
Median	-0.04

All Negative data from -20cm to -100 cm	
Number of values	197
Minimum	-0.59
Maximum	-0.21
Mean	-0.239
Median	-0.22

All Positive data from 20 cm to 100 cm	
Number of values	276
Minimum	0.21
Maximum	0.65
Mean	0.277
Median	0.26

SE data above +/- 20cm	
Number of values	340
Minimum	-0.46
Maximum	0.59
Mean	0.161
Median	0.24

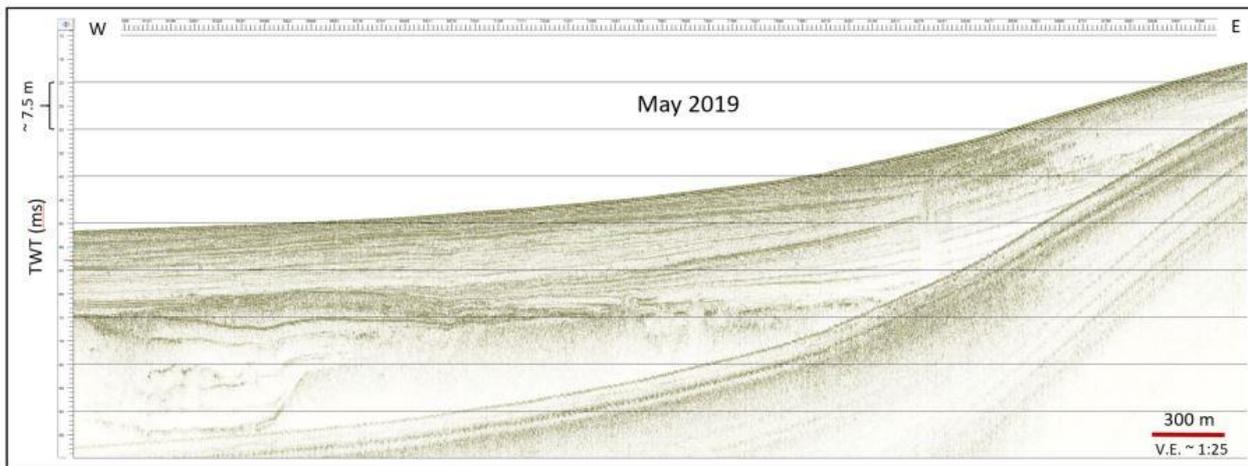
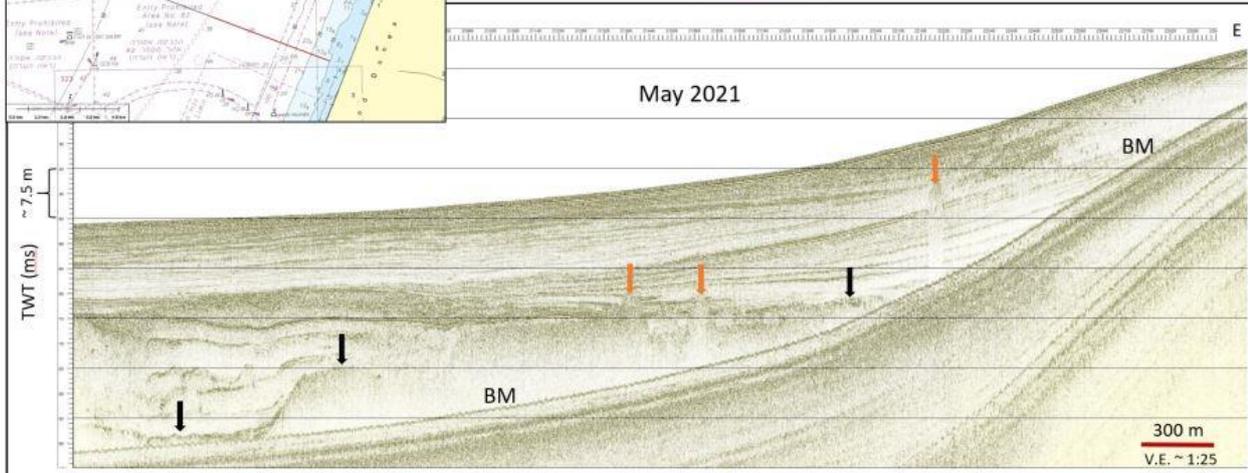
איור 23: שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 11 (2021-2017). הסבר ניתן בטקסט

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 11 (2021-2019)

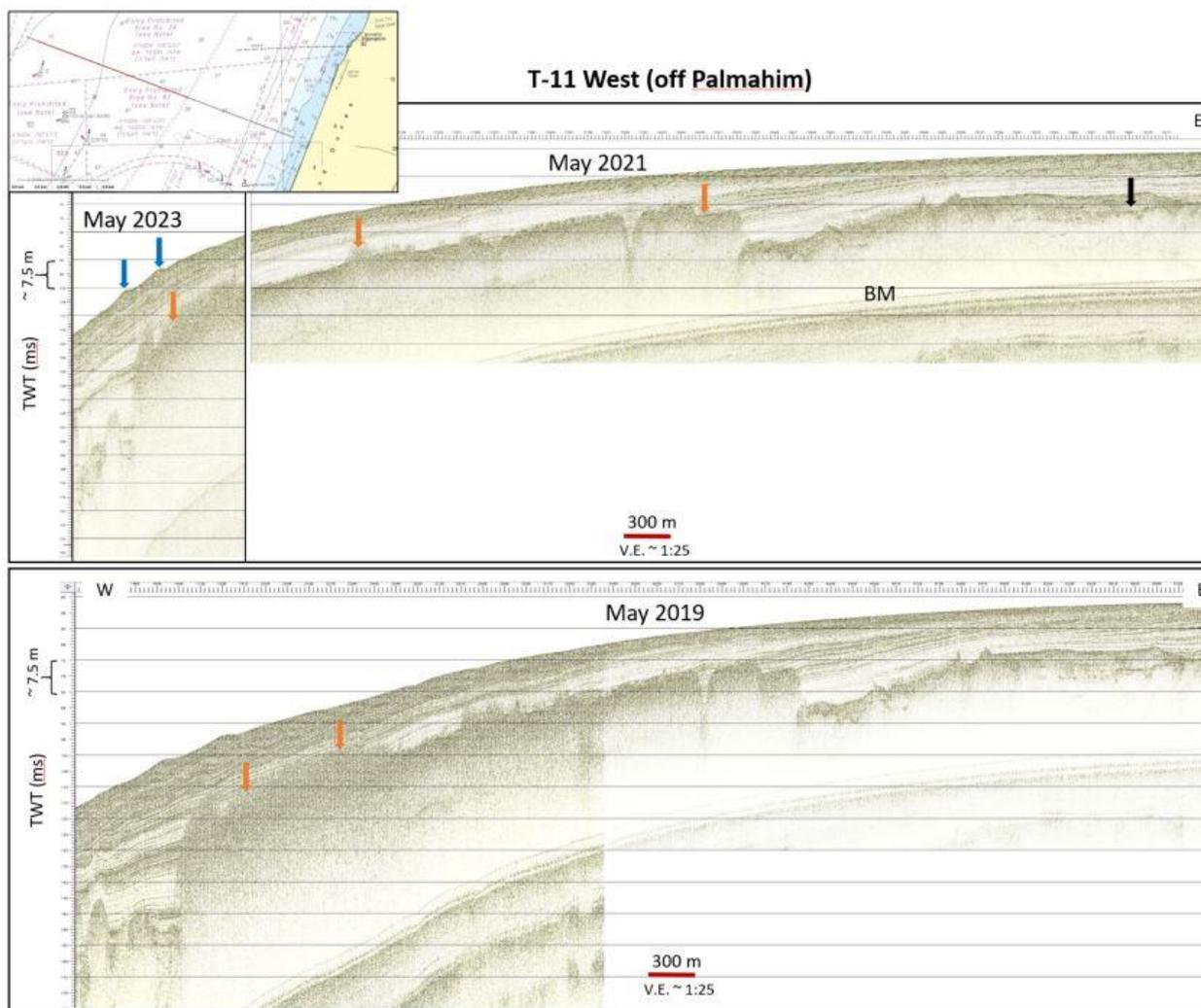
איור 24 מציג את החלק המזרחי של החתך (24א) ואת חלקו המערבי שחוצה את מדף היבשת (24ב). בחלק המזרחי ניתן לראות כנראה ערוץ קדום שקבור מתחת ל-40 מטר של סדימנטים. בגלל בעיות ניווט בחלק המערבי של החתך במיפוי של 2023 ההשוואה נעשתה בשילוב חתך מהמיפוי של 2021 וחלק מהמיפוי של 2023 (איור 24ב). המעבר של קצה המדף הוא מתון ובחלק המערבי ניתן להבחין בתחילת תופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור 24ב). כמו כן ניתן לראות בחתך את גג הכורכר (חץ שחור באיור 24א) ואת המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות בתת הקרקע (חץ כתום באיור 24). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2019 ל-2023.



**T-11 East (off Palmahim)**



.N



ב.

איור 24: שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 11 בין השנים 2019 ל-2021 + חלק מ-2023. א) החלק המזרחי ו-ב) החלק המערבי של החתך עד קצה מדף היבשת. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ שחור – גג הכורכר, BM - הכפלת קרקעית הים (Bottom Multiple), חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave – הסעת סדימנט במדרון תופעה מעניינת בחתך המזרחי היא כנראה תעלה קבורה בכ-40 מטר של סדימנטים

#### 4.7 חתך 12 (אזור אשדוד)

שינויים לאורך חתך 12 אזורי עניין 2 ו-3 (2018-2022)

חתך זה נעשה לראשונה עד עומק 100 מטר בשנת 2018. אזור עניין 1 עובר מעל רכסי כורכר בעומקי מים של 29 עד 33 מטר. השוואת השינויים באזור עניין 1 מתוארת בדו"ח חיא"ל H05/2023.

שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 12 (2018-2022)

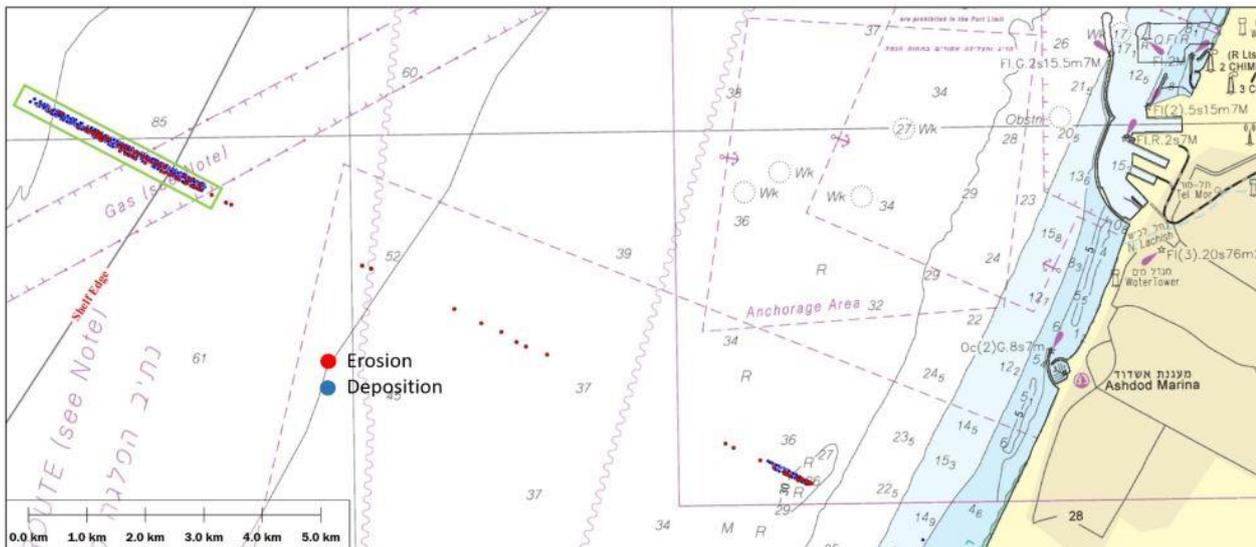
אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2018 ל-2022 לאורך חתך 12 מוצגים באיור 25. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2018-2022 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (60,111 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 25 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (117 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.28 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך (איור 25 והטבלה עם מסגרת אדומה).



3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (2922 נתונים) מייצגים השקעה של 0.25 מטר במוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך מעומקי מים של 70 מטר (איור 25 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (2461 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים השקעה של 0.23 מטר במוצע (mean) (איור 25 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

**T-12 2022-2018**  
changes greater than +/- 20 cm MB grid 5X5m



All Data between 1 and -1	
Number of values	60111
Minimum	-0.72
Maximum	0.95
Mean	0.0475
Median	0.03

All Negative data from -20cm to -100 cm	
Number of values	117
Minimum	-0.72
Maximum	-0.21
Mean	-0.281
Median	-0.24

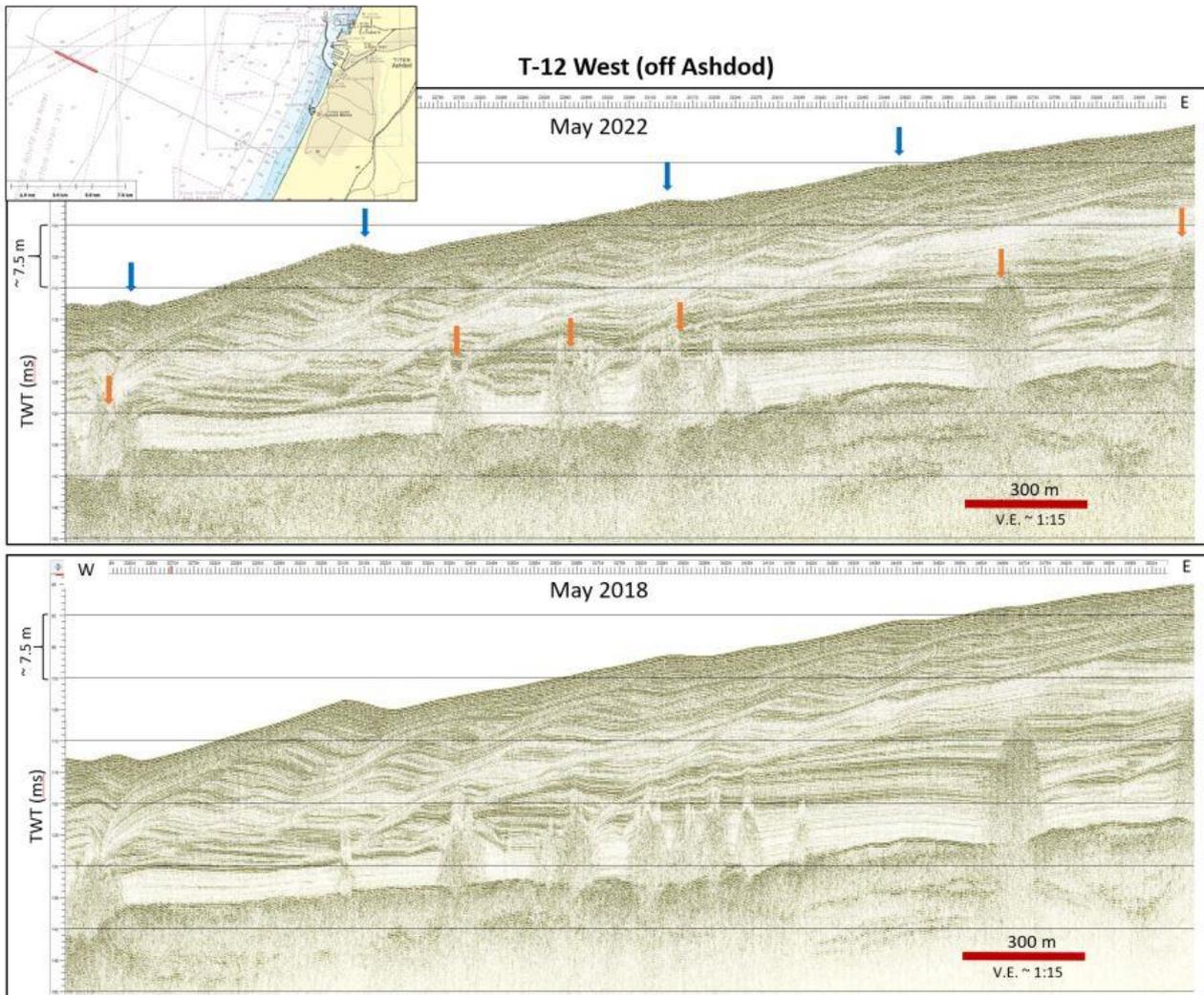
All Positive data from 20 cm to 100 cm	
Number of values	2922
Minimum	0.21
Maximum	0.95
Mean	0.252
Median	0.24

SE data above +/- 20cm	
Number of values	2461
Minimum	-0.62
Maximum	0.94
Mean	0.232
Median	0.25

איור 25: שינויים בעומק לקרקעית (ארזוזה/השקעה) לאורך חתך 12 (2022-2018). הסבר ניתן בטקסט.

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 12 (2022-2018)

איור 26 מציג את החלק המערבי של חתך 12 שחוצה את מדף היבשת. המעבר של קצה המדף הוא מתון ובחלק המערבי ניתן להבחין בתופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור 26). כמו כן ניתן לראות בחתך את המיסוך שגז המתאן יוצר על ההחזרות בתת הקרקע (חץ כתום באיור 26). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2018 ל-2022.



איור 26: שינויים בתת-הקרקע בחלק המערבי של חתך 12 בין השנים 2018 ל-2022. החתך הוא חתך זמן שבו כל 10ms בציר ה-Y מייצג עומק של ~7.5 מטר. יחידת האורך בחתך וההגזמה האנכית ניתנים בתחתית החתכים. חץ כתום - גג מיסוך גז המתאן, חץ כחול – sediment wave.

#### 4.8 חתך 13 (אזור אשקלון)

שינויים לאורך חתך 13 באזורי עניין 2 ו-3 (2017-2021). חתך זה נעשה לראשונה עד עומק 100 מטר בשנת 2017. אזור עניין 1 נמצא בעומקי מים של 29 עד 33 מטר והוא חוצה בחלקו המזרחי בור שנוצר מכילי שייט טבוע ובחלקו המערבי רכס כורכר. אזור עניין 2 נמצא מערבית לאזור 1 בעומקי מים של 32-33 מטר וחוצה רכסי כורכר אזור עניין 3 נמצא בעומק מים של 20 – 22 מטר באזור בו החתך חוצה צינור תדלוק לקצ"א. השינויים באזורי עניין בחתך 13 בין השנים מוצגים בדו"ח ניטור H13/2022.

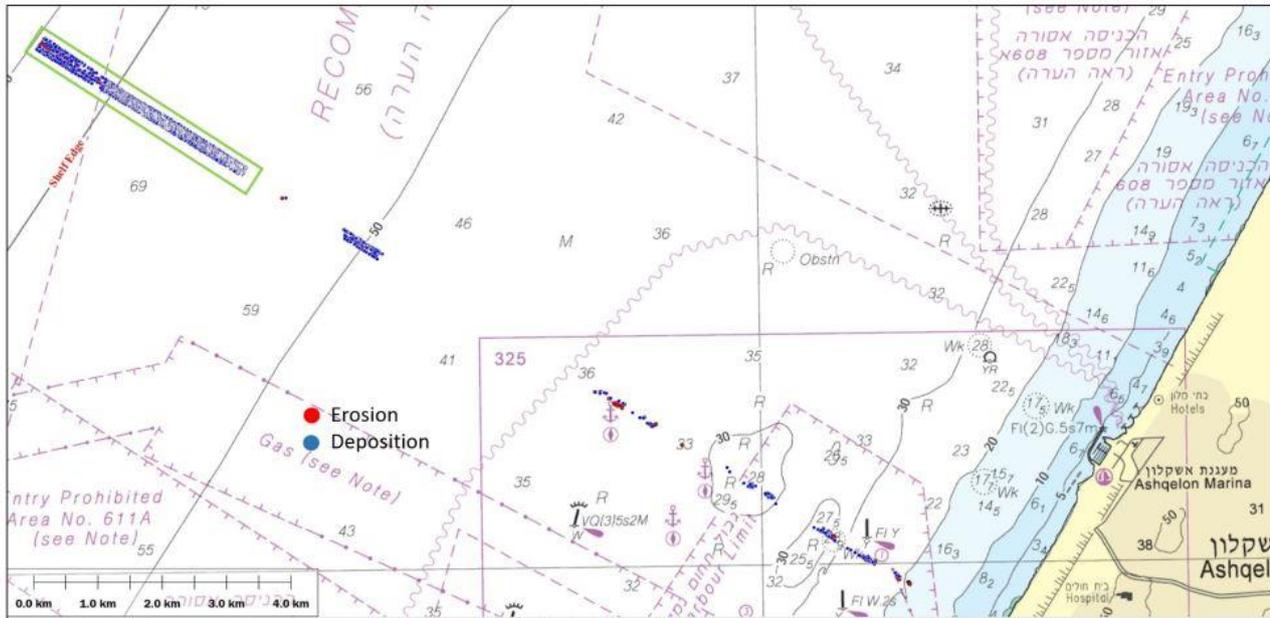
#### שינויים בעומק לקרקעית (ארוזיה/השקעה) לאורך חתך 13 (2017-2021)

אנליזה של השינויים בעומק לקרקעית המייצגים תהליכים של השקעה או ארוזיה של סדימנטים בין השנים 2021 ל-2017 לאורך חתך 13 מוצגים באיור 27. האנליזה נעשתה לאורך כל החתך עד עומק 100 מטר בגריד של 5 מטר, ללא התחשבות בנתוני הקצה (outer beams) ובהצגת שינויים הגדולים מ-20 +/- סנטימטר. תוצאות האנליזה של השינויים 2021-2017 הם:

1. כול הערכים בין 1 מטר ל-1 מטר (73,088 נתונים) שהתרחשו בקרקעית מצביע שלא היו שינויים בממוצע (mean) לאורך כל החתך הגדולים מדיוק המיפוי (איור 27 והטבלה עם מסגרת שחורה).
2. כול הערכים בין -0.2 מטר ל-1 מטר (339 נתונים) מייצגים ארוזיה של 0.29 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר בחלק המזרחי והמערבי של החתך (איור 27 והטבלה עם מסגרת אדומה).

3. כול הערכים בין 0.2 מטר ל-1 מטר (9580 נתונים) מייצגים השקעה של 0.24 מטר בממוצע (mean) שמתרחשת בעיקר במזרח החתך, בעומק מים של 50 מטר ובמערב החתך מעומק מים של כ-65 מטר (איור 27 והטבלה עם מסגרת כחולה).
4. כול הערכים הגדולים מ-0.2 +/- מטר (1,329 נתונים) מקצה מדף היבשת מייצגים השקעה של 0.16 מטר בממוצע (mean) (איור 27 והטבלה עם מסגרת ירוקה).

**T-13 2021-2017**  
changes greater than +/- 20 cm MB grid 5X5m



All Data between 1 and -1		All Negative data from -20cm to -100 cm		All Positive data from 20 cm to 100 cm		SE data above +/- 20cm	
Number of values	73088	Number of values	339	Number of values	9580	Number of values	1329
Minimum	-0.91	Minimum	-0.91	Minimum	0.21	Minimum	-0.55
Maximum	0.89	Maximum	-0.21	Maximum	0.89	Maximum	0.63
Mean	0.0941	Mean	-0.293	Mean	0.241	Mean	0.164
Median	0.09	Median	-0.26	Median	0.23	Median	0.23

איור 27: שינויים בעומק לקרקעית (ארזיה/השקעה) לאורך חתך 13 (2021-2017). הסבר ניתן בטקסט.

שינויים בתת-הקרקע לאורך חתך 13 (2021-2017)

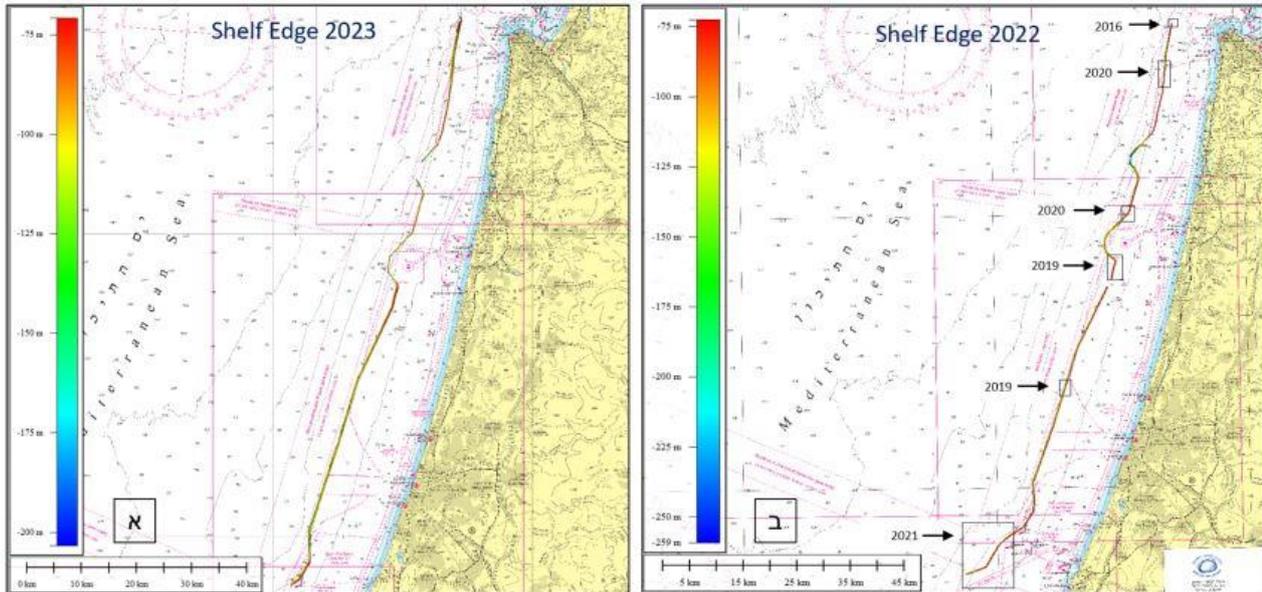
איור 28 מציג את החלק המערבי של חתך 13 שחוצה את מדף היבשת. המעבר של קצה המדף הוא יחסית מתון ובחלק המערבי ניתן להבחין בתופעת גלי סדימנט (sediment waves) המייצגת הסעת סדימנט במדרון (חץ כחול באיור 28). כמו כן ניתן לראות בחתך את המיסוך שגז המתאן יוצר על החזרות בתת הקרקע (חץ כתום באיור 28). בכמה אזורים לאורך החתך ניתן להבחין בשינויים במיקום המיסוך של גז המתאן בין 2017 ל-2021.



## 5. מיפוי קצה מדף היבשת מאשדוד לראש כרמל בדגש על איתור אזורי גיאואזארד

### 5.1 שינויים רב-שנתיים בקרקעית קצה המדף:

השוואות שינויים רב-שנתיים בקרקעית קצה המדף נעשתה יחסית לקו המיפוי בשנת 2023 (איור 29א), למיפוי בשנת 2022 (איור 29ב) וכן בשישה אתרים בהם ערכנו מיפוי מולטיביים קודם מהשנים 2016 עד 2021 שנעשה ע"ג הבת גלים.

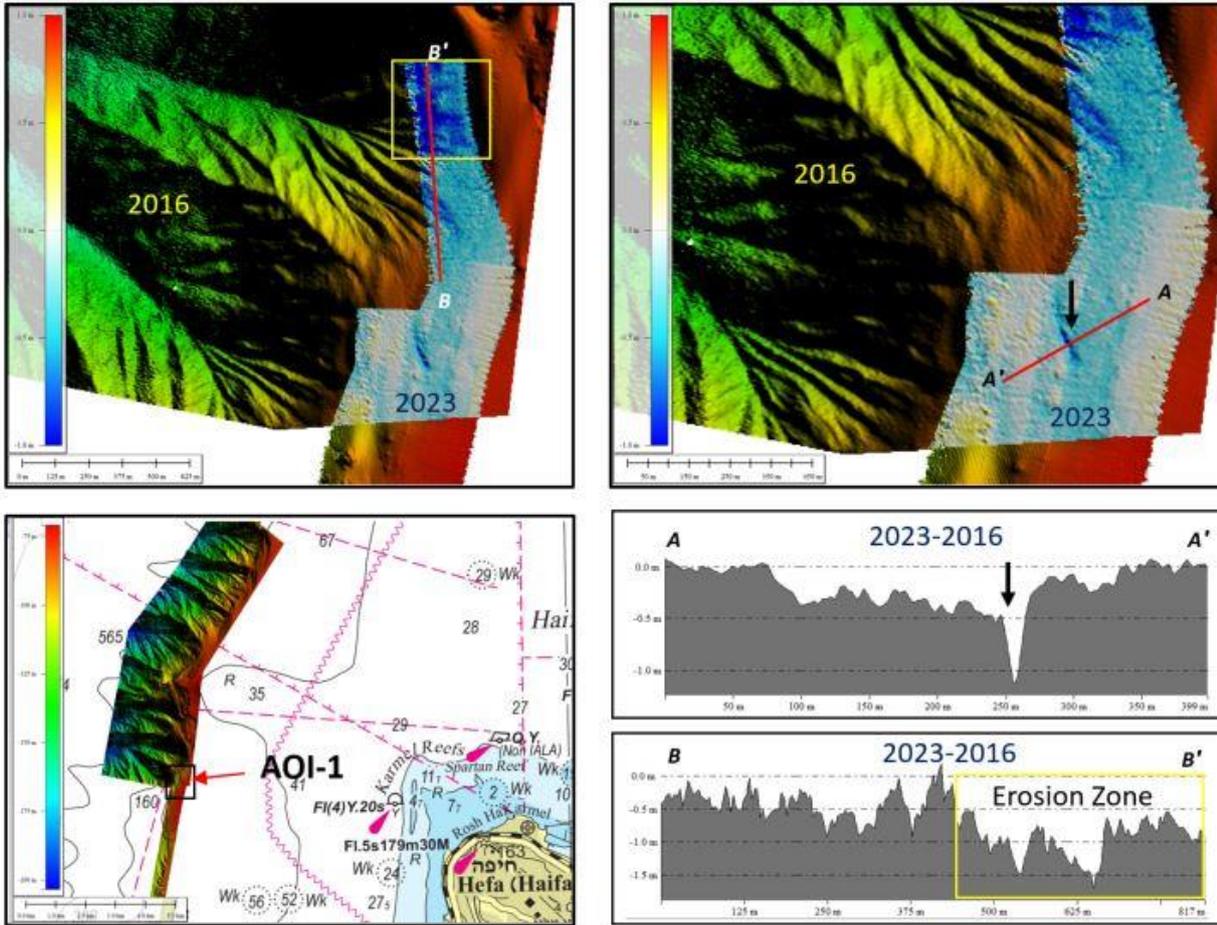


איור 29: מיפוי קצה המדף. א) בשנת 2023 ו-ב) בשנת 2022 ובששת האזורים (פוליגונים שחורים) שבהם יש חפיפה עם סקרים קודמים (שנת המיפוי הקודם כתובה מעל החץ השחור).

השינויים באזורים השונים מוצגים באיורים 30-34:

באיור 30 מוצגת השוואה של מיפוי קצה מדף יבשת שנעשה ב 2023 וסקר רקע בראש כרמל שנעשה ב-2016. אזור זה נמצא בעומקי מים 80-100 מטר ממקום בראשי קניונים דרומית לראש כרמל. ניתן לראות ע"פ מפת הפרשים שאזור ההשוואה בקניון הצפוני, בו החתך נכנס לתוואי הקניון עבר הסרת סדימנטים משמעותית יותר בערכים הנעים בין 0.5 ל-2.0 מטר. בקניון הדרומי בו החתך עובר בסמוך לראש הקניון ערכי ההסרה נמוכים יותר. תצפית זו תומכת בהשערה שהזרמים מקבילי החוף באזור גורמים להסעת סדימנט ברצועת העומקים של 90-120 מ'.

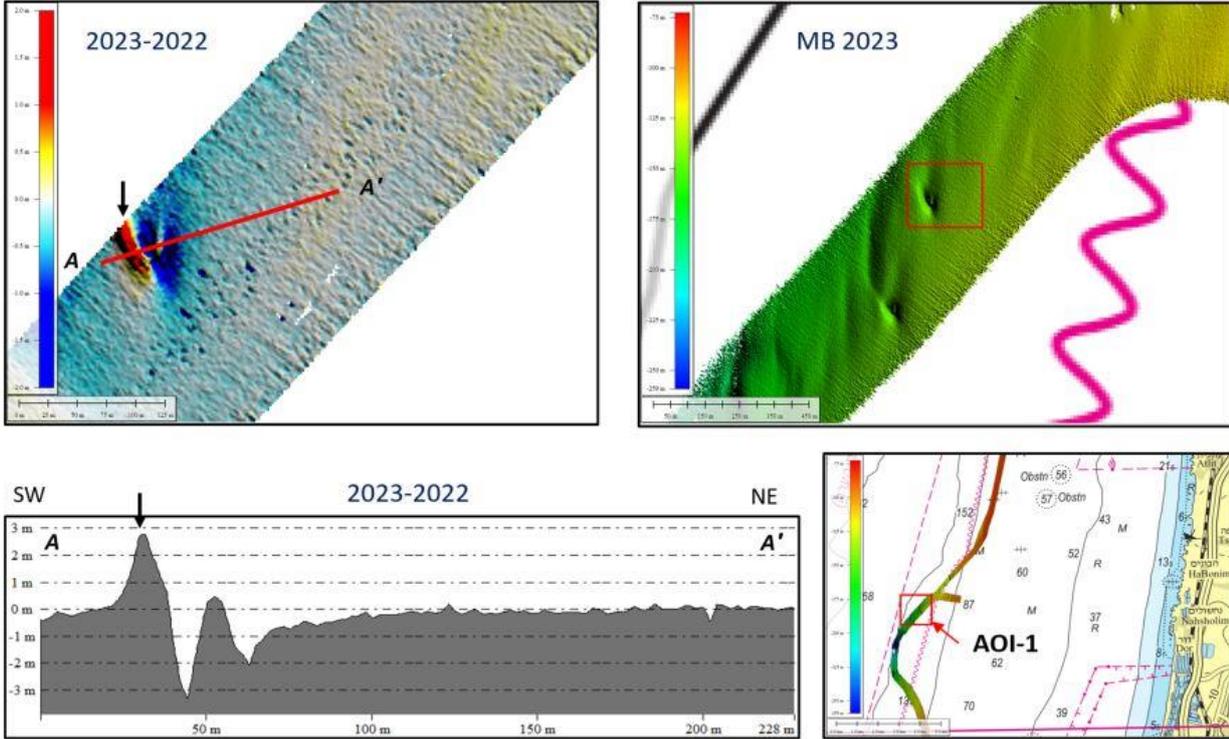
## Southern Rosh Carmel (AOI 1)



איור 30: שינויים בקרקעית בקצה מדף היבשת באזור דרום ראש כרמל בין השנים 2016 ל-2023. מימין למעלה מפת הפרשים בא מוצג פרופיל בין A ל-A' מזרחית לראש הקניון הדרומי. חץ שחור מצוין תעלה שעברה ארוזיה בהתאמה לפרופיל המוצג למטה. משמאל למעלה מפת הפרשים בא מוצג פרופיל B-B'. העובר דרך ראש הקניון הצפוני. פוליגון צהוב מצוין אזור שעבר ארוזיה בהתאמה לפרופיל המוצג למטה. מימין למטה מיקום מיפוי קצה מדף יבשת שנעשה ב-2023 וסקר רקע בראש כרמל שנעשה ב-2016 והעומקים שנמדדו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-1.

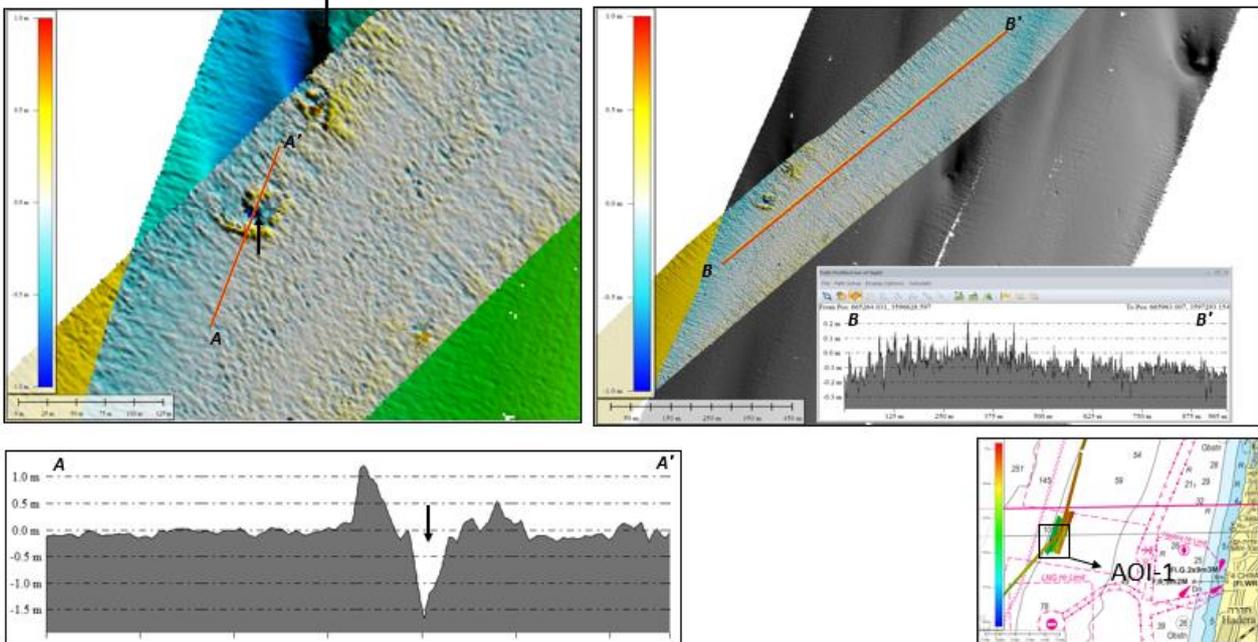
באיורים 30-33 מוצגת השוואה של מיפוי קצה מדף יבשת שנעשה בשנים 2022-2023 בקווי המיפוי קצה מדף היבשת נמצא בעומקי מים הנעים בין 90 ל-150 מטר. באזורים אלו זוהו בלטים מעוגלים של סלע המוקפים בסדימנט רך ונקראים 'מבני שביט' (Comet structures; Kanari and Giladi, 2023) בשל המורפולוגיה הנוצרת בסביבתם בדמות כוכב שביט זנבו, בהשפעת זרמי הקרקעית שכיוונם דומיננטי בכיוון מקביל-חוף מדרום לצפון ברצועת עומקים זו. עקב הדינמיקה של הזרימה סביב בלטי הסלע והסחיפה של הסדימנט בעקבותיה – נוצרות צלקות גריפה בכיוון הזרימה – כך שסדימנט מוסר מחלקו הדרומי של הבלט ומושקע בחלקו הצפוני במורד הזרם. בסמיכות למבני השביט נצפו השינויים המשמעותיים ביותר של הסרה והערמות סדימנטים בהשוואה לאזורים אחרים בקצה המדף. מפת שינויים מראה הערמות והסרה של סדימנטים לאורך מבני השביט הנעה בין 1-3 מטרים כאשר לרוב ההסרה מתרחשת בתעלה מסביב למבנה הבלט עצמו כתוצאה מהזרם המקיף אותו, וההשקעה בהמשך במורד הזרם. מבני השביט מהווים יעד למחקרים גם בשל עניין ביולוגי ואקולוגי מכיוון שהם מהווים מצע לבתי גידול מגוונים וייחודיים מאד בסביבת הים העמוקה יחסית של קצה המדף, ובכל מקום בו הם מאותרים הם מוגדרים כבית גידול רגיש שיש להגן עליו (כנרי ותום, 2022). שינויים תכופים בקנה מידה שנתי בסביבת בית הגידול הזה הינם בעלי חשיבות רבה למחקר הנערך על הרכב חברת החי במבנים הללו עקב השפעת ההסעה הפוטנציאלית על בעלי החיים שוכני הקרקעית, ומכאן מודגשת חשיבותה של תצפית זו.

### Offshore Dor (AOI 1)



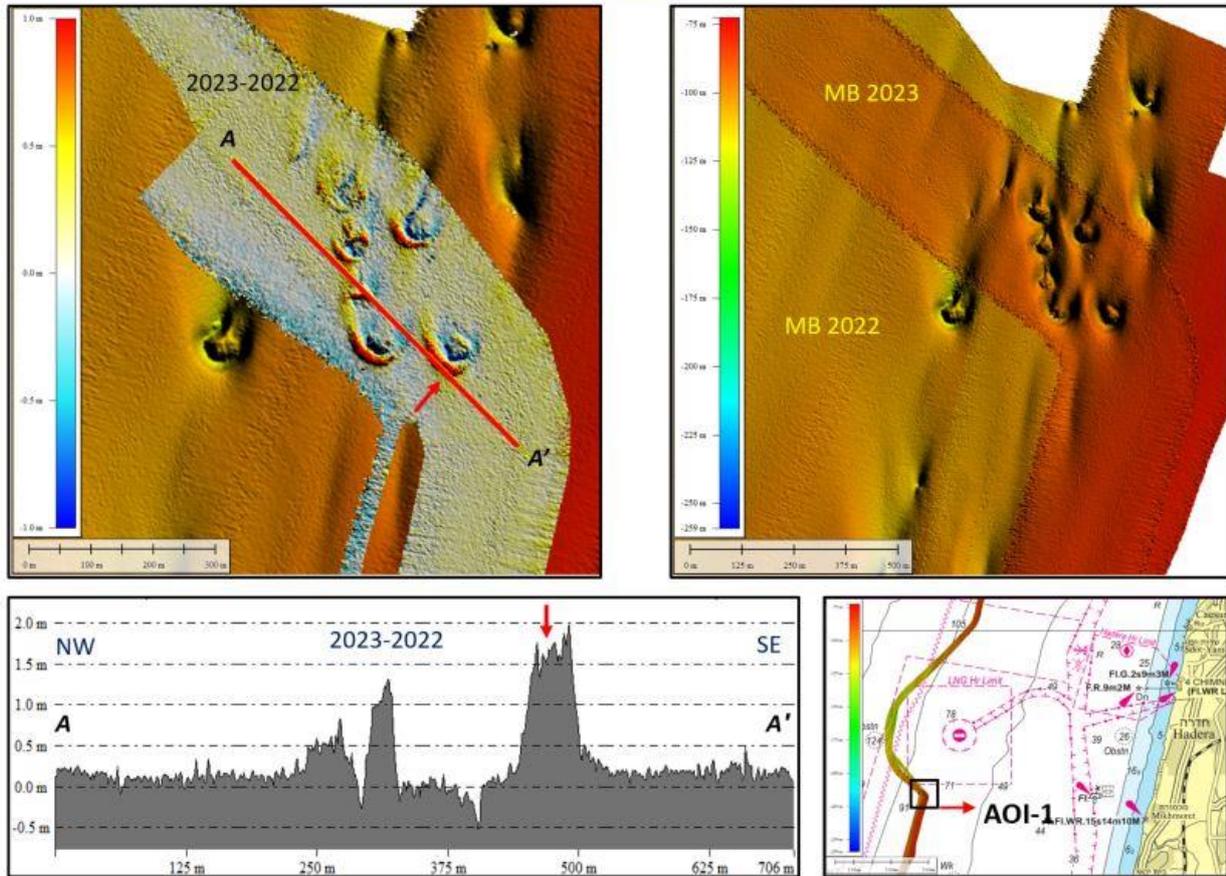
איור 31: שינויים בקרקעית מדף היבשת באזור מבנה השביט, אזור העניין AOI-1. שמול דור בין השנים 2022 ל-2023. מימין למעלה חתך מולטיביים מ-2023. משמאל למעלה מפת הפרשים 2023-2022. קו אדום - פרופיל הפרשים בין A ל-A'. חץ שחור מצוין הערמות סדימנטים בהתאמה לפרופיל המוצג משמאל למטה. מימין למטה מפת מיקום חתך קצה מדף היבשת והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-1.

### Offshore Sedot Yam (AOI 1)



איור 32: שינויים בקרקעית בקצה מדף היבשת באזור מבנה השביט, שמול שדות-ים בין השנים 2022 ל-2023. מימין למעלה מפת הפרשים 2023-2022, קו אדום - פרופיל הפרשים בין B ל-B'. משמאל למעלה מפת הפרשים 2023-2022 המתמקדת במבני השביט. קו אדום - פרופיל הפרשים בין A ל-A', חץ שחור מצוין הסרת סדימנטים בהתאמה לפרופיל המוצג משמאל למטה. מימין למטה מפת מיקום חתך קצה מדף היבשת והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין.

### Offshore Hadera (AOI 1)

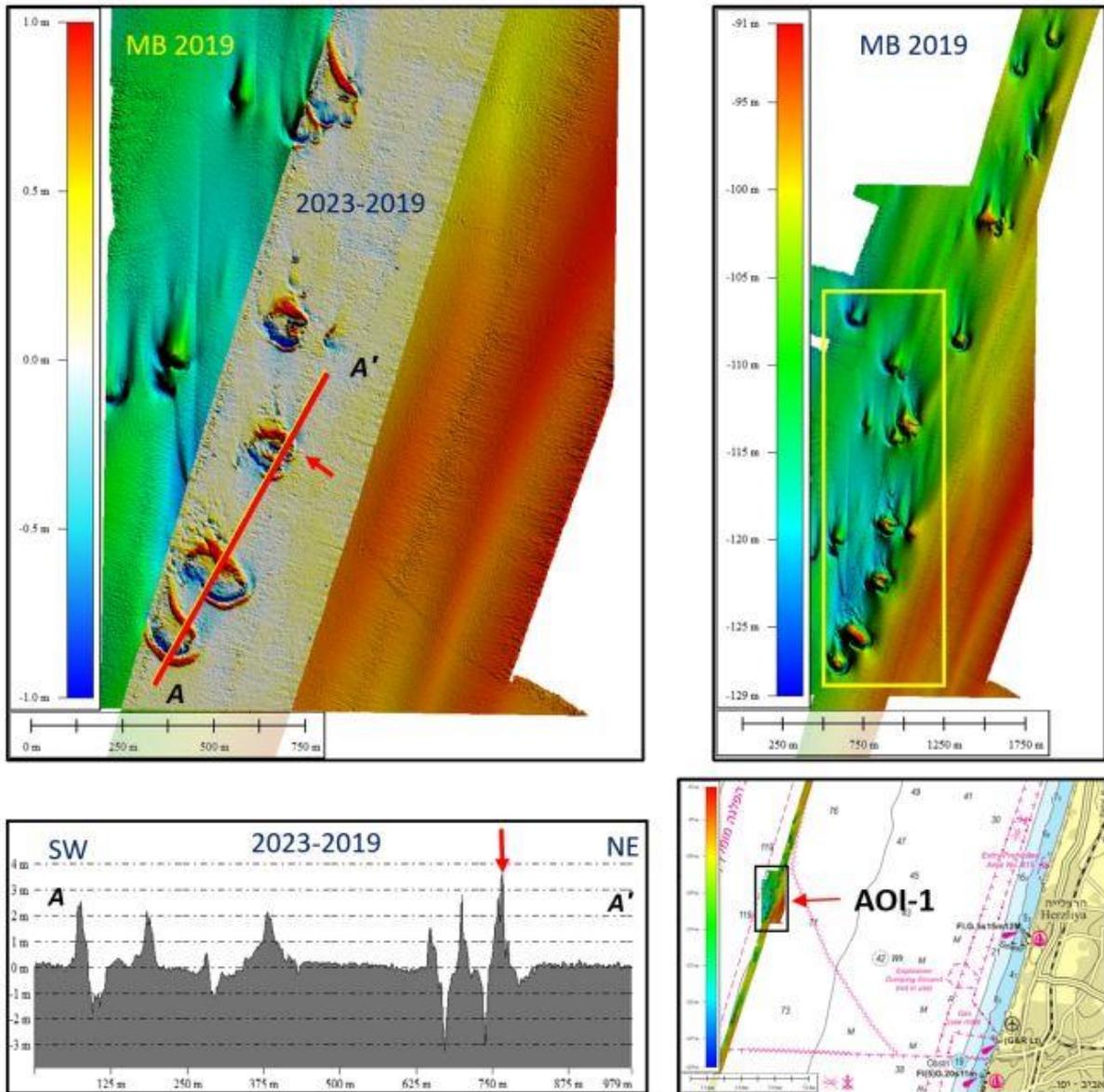


איור 33: שינויים בקרקעית בקצה מדף היבשת שמול חדרה בין השנים 2022 ל-2023. מימין למעלה מיפוי המוליטיבים שנערכו ב-2022 ו-2023. משמאל למעלה מפת הפרשים 2023-2022, קו אדום - פרופיל הפרשים בין A ל-A' חץ אדום מציינ היערמות סדימנטים בהתאמה לפרופיל המוצג משמאל למטה. מימין למטה מפת מיקום חתך קצה מדף היבשת והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מציינ את אזור העניין AOI-1.

באיור 34 מוצגת השוואה של מיפוי קצה מדף יבשת שנעשה בשנים 2019-2023 במיפוי המוצג באיור זה קצה מדף היבשת נמצא בעומקי מים הנעים בין 90 ל 120 מטר, באזור זה זוהה מקבץ של מבני שביט. אופן השתרעותם במרחב אינו אחיד, חלקם בודדים ומוקפים בסדימנט דק גרגר, וחלקם סמוכים זה לזה. מפת שינויים מראה הערמות והסרה של סדימנטים לאורך מבני השביט הנעה בין +3 מטרים. דפוס הערמות וההסרה אינו מוגבל לכיוון מסוים וקורה גם מצפון למבני השביט. דפוס של הסרת סדימנט בסמוך מבלט הסלע מדרום לו – בנקודת המגע בינו ובין הזרימה שעל הקרקעית, והשקעה של חומר מצפון לו במורד הזרם מאפיין את התופעה, אולם זו הפעם הראשונה בה אנו מקבלים מדד של זמן- בחלוף שנים בודדות בלבד נצפו שינויים של מטרים ספורים. תצפית זו היא מצטברת לאורך 4 שנים.



## Offshore Herzelia Shavit structures (AOI 1)



איור 34: שינויים בקרקעית בקצה מדף היבשת שמול הרצליה בין השנים 2023 ל-2022. מימין למעלה מיפוי המולטיביים שנערך ב-2019. משמאל למעלה מפת הפרשים 2023-2019, קו אדום - פרופיל הפרשים בין A ל-A' חץ אדום מצוין היערמות סדימנטים בהתאמה לפרופיל המוצג משמאל למטה. מימין למטה מפת מיקום חתך קצה מדף היבשת והעומקים שנמדדו בו על רקע מפה ימית. פוליגון שחור ע"ג החתך מצוין את אזור העניין AOI-1.

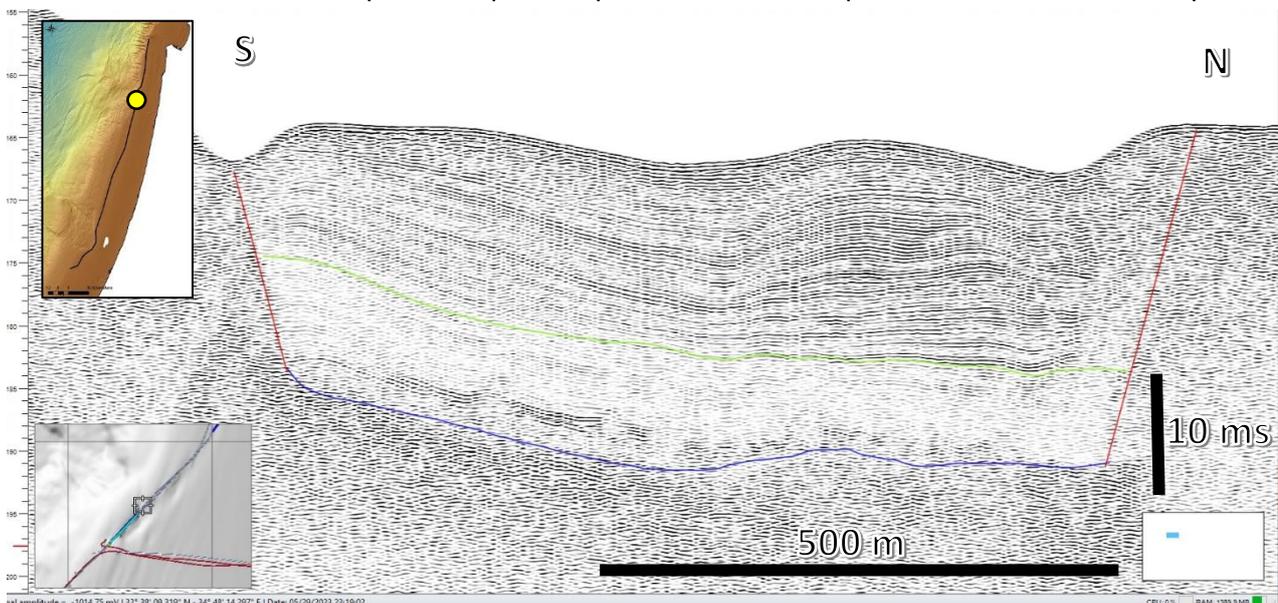
### 5.2 אזורי הגיאואזרד כפי שנראים בחתכי תת-הקרקע

חתכי תת-הקרקע (Chirp 3.5 KHz) בקצה מדף היבשת חושפים בעיקר שלושה סוגי מבנים: גלישות, העתקים וראשי-קניונים, המהווים סיכונים גיאולוגיים ועלולים לגרום לתנועות העתקה או תנועה של חומר של הקרקעית, ובכך מהווים סיכונים לתשתיות – דוגמת צינורות, כבלים וכיו"ב. דוגמאות לפיענוח של מבני העתקים (איור 35), גלישות קרקעית (איורים 36 ו-37) ומבני השבט וראשי קניונים (איור 38).

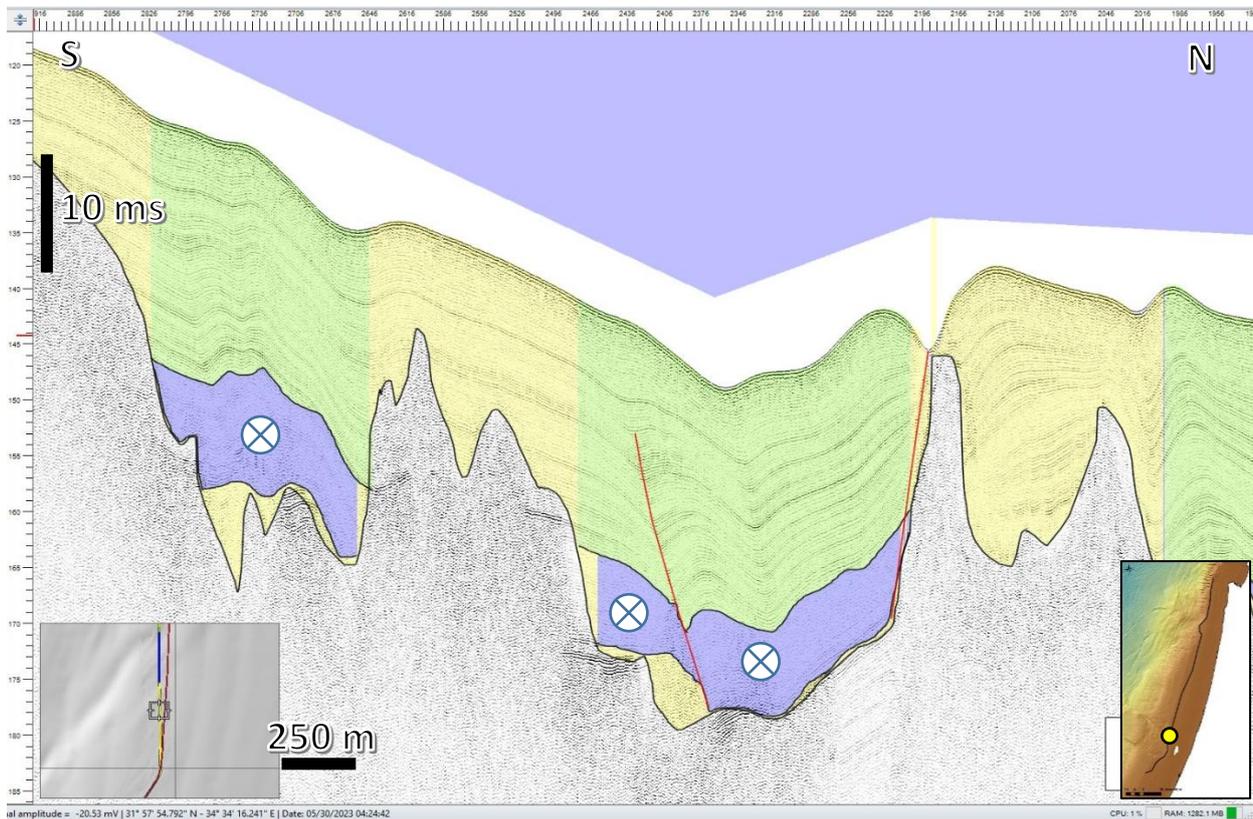
חלק מקווי הסקר הנוכחי (2023) בוצעו מעט ממערב לקווי הסקר הקודמים (2022-2023) כדי לצאת יותר החוצה לכיוון שבירת המדף אל המדרון. במקומות אלה ניכרים השינויים הבאים: העמקת ראשי הקניונים (איור 38) ככל שנעים מערבה. בהשוואה על קווי מפתן היבשת בצפון באזור קניון ראש כרמל (בין T2 ל-T3) בין חתך מ-2022 לחתך שבוצע כ-200 מטר מערבה ממנו ב-2023 נצפו שינויים שאנו מסיקים שקשורים בהימצאות מבני השבט (סלעי כורכר קשים) בשילוב עם שבירת המדרון והירידה לקניונים:

1. חתך מזרחי 2022 (איור 38א+ב; החתך מסומן בקו אדום במפה משמאל למטה) החתך עובר ממש מעל מבני השביט, וניכר כי סלעי הכורכר מרכיבים את רובו של החלק העליון בחתך. זהו סדימנט מלוכד (כורכרי קשה) בעומק 112-120 מילישניות (90-85 מ'). הסדימנט הרך, שמסמן את תחילתו של ראש הקניון (צבוע סגול באיור) מופיע נמוך מהם (מבני השביט מתנשאים מעליו) בכ-20-15 מילישניות (15-12 מ').

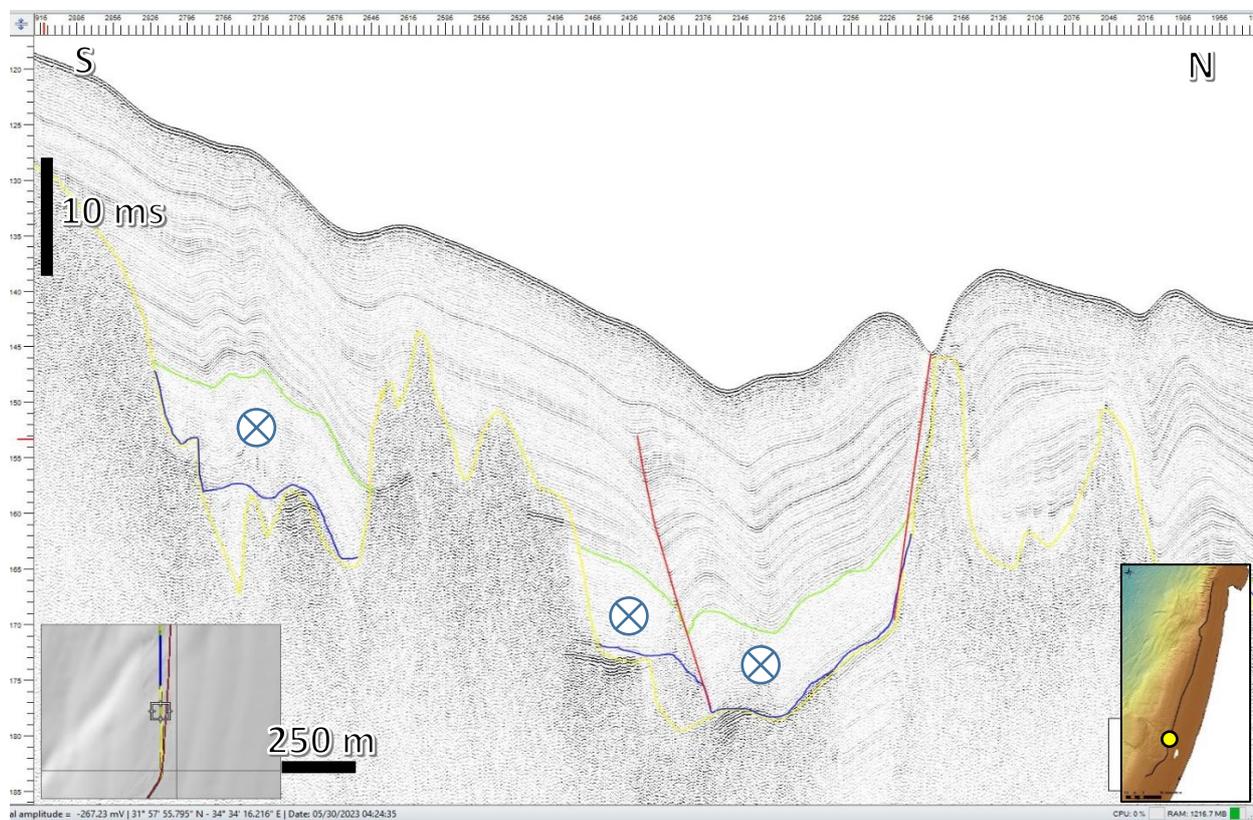
2. חתך מערבי 2023 (איור 38ג; החתך מסומן בקו כחול במפה משמאל למטה) החתך עובר ממערב לסלעים של מבני השביט וחוצה את צלקות הגריפה של הסדימנט הרך שמסביבם. מבני השביט מתמעטים בחתך (רק הפאזיס המערביים הנמוכים יותר של חלק מהם נראים בו) וברוב החלק העליון בחתך מופיע סדימנט רך שעוביו 20-15 מילישניות (15-12 מ'). בחלק מהמקומות הסדימנט מכיל את צלקות הגריפה של השביטים, שם ניכרת הסרה של חומר ועוביו יורד לכ-10 מילישניות (8-7 מ'). כל החתך המערבי נמוך בכ-20-15 מילישניות (15-12 מ') מחלקיו הגבוהים של החתך המזרחי; ניתן לראות את קו עומק 90 מ' (120 מילישניות) מסומן בתכלת בחתכים. אנו מסיקים שבחלק זה מעבר להסרת החומר והסעתו צפונה בצלקות הגריפה של מבני השביט, יתכן שנצפית גם הסעה של חומר במורד הקניון בכיוון ערב – זוהי הנקודה שבה מתרחשת שבירת המדף אל תחילתו של המדרון באזור הקניונים בצפון.



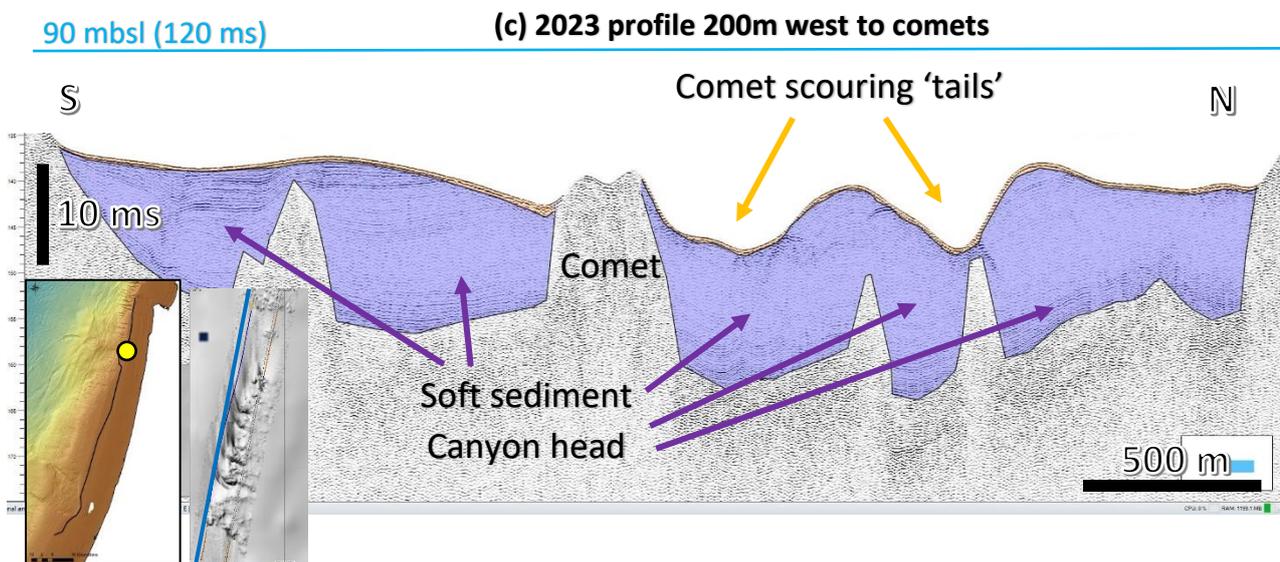
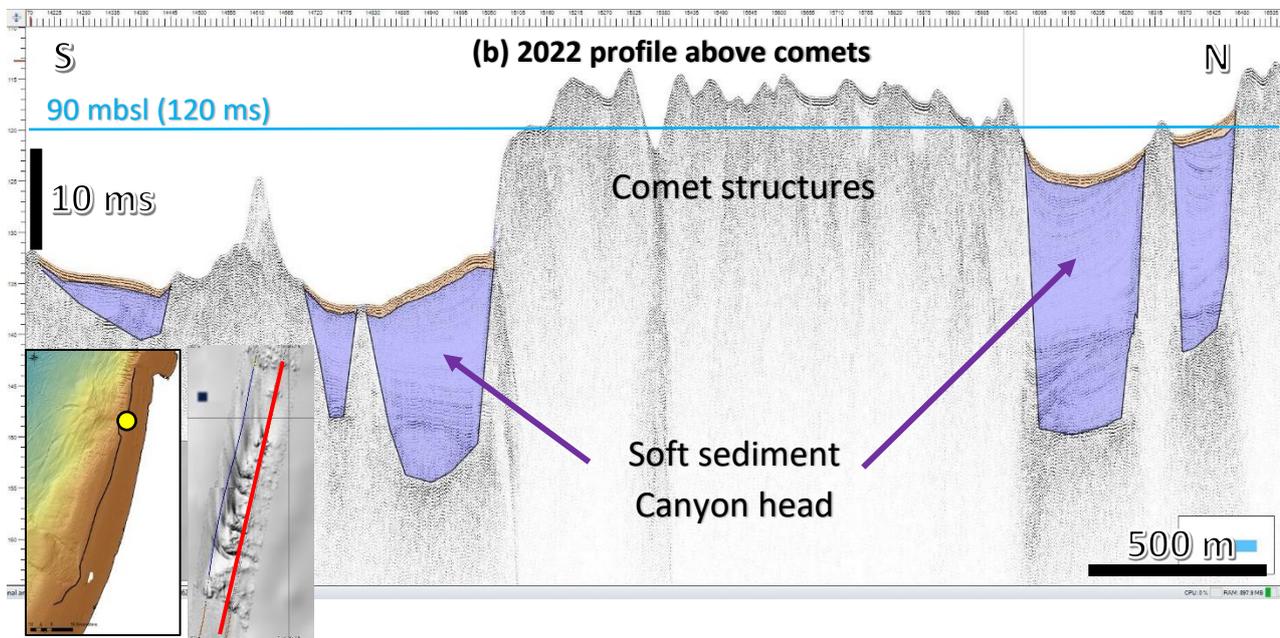
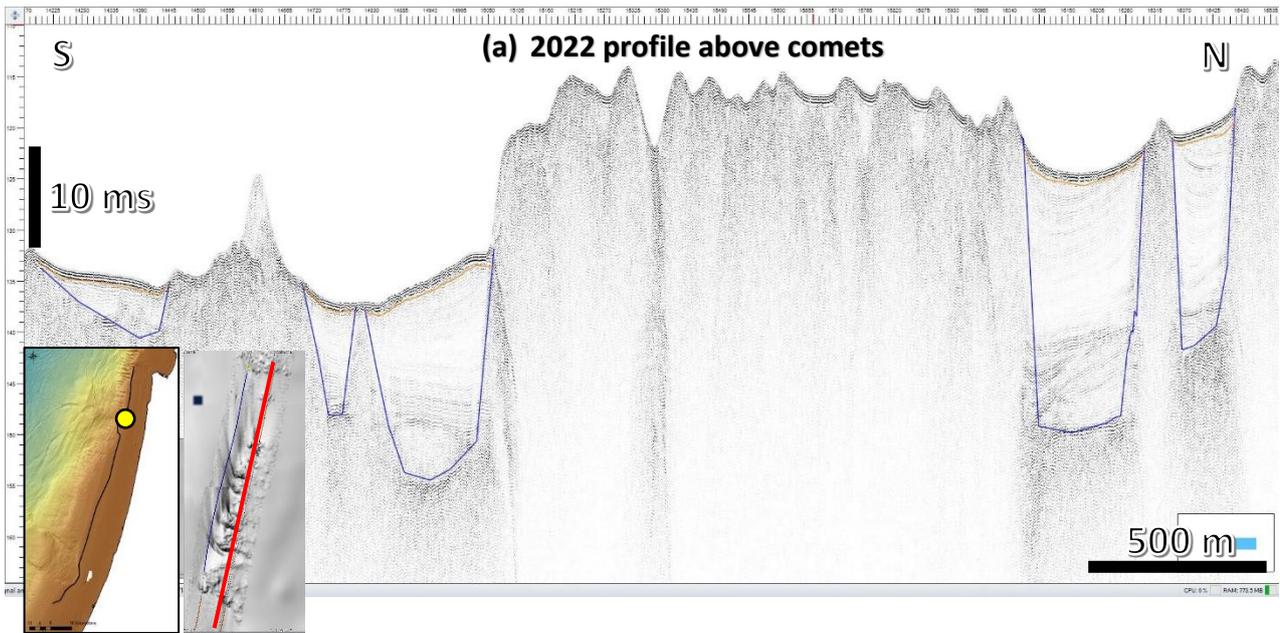
**איור 35:** דוגמא להעתקים בתת הקרקע בקצה מדף היבשת. העתקים אלה נראים כהעתקי שוליים של גלישה. עומק המים בחתך 120 מ'. מפת מיקום משמאל למעלה.



איור 36: דוגמא לגלישה בדרום מול פלמחים, ליד הצלקת המזרחית של גלישת פלמחים. היחידה הסגולה מפוענחת ביחידה שגלשה ויושבת באי התאמה מעל היחידה שמתחתיה ומעליה. מהחתרך נראה שהיחידה הירוקה שקעה לאחר מכן. עומק המים הוא כ-90 מ'. באדום מסומנים העתקים. הסימון על היחידה הסגולה מצוין תנועה בכיוון אל תוך הדף (בכיוון מערב). אין להתייחס לצבע היחידות הצהוב (ארטפקט של תוכנת הפענוח).



איור 37: החתרך לעיל ללא צביעת היחידות. באדום מסומנים העתקים, תחתית הגלישה מסומנת בכחול וחלקה העליון בירוק.



**איור 38:** חתך 2022 (מזרחי) וחתך 20223 (מערבי) במדף היבשת בצפון (בין T2-לT3). (a) חתך 2022 המזרחי יותר ללא צביעת היחידות המפוענחות. תחתית ראשי הקניונים מפוענחת בכחול וראש הקניונים בכתום. מבני השביט נמצאים במרכז החתך – סט של מבני כורכר קשים ואי-רגולרים המתנשאים מעל סביבתם. מיקום החתך מוצג במפה מצד שמאל למטה ובקו אדום מעל תמונת המולטיביים של מבני השביט. (b) חתך 2022 המזרחי יותר עם צביעת היחידות המפוענחות. הסדימנט הרך של ראשי הקניונים וקצה המדף צבוע בסגול וג הסדימנט של הקניונים בכתום. מבני השביט נמצאים במרכז החתך – סט של מבני כורכר קשים ואי-רגולרים המתנשאים מעל סביבתם. מיקום החתך מוצג במפה מצד שמאל למטה ובקו כחול מעל תמונת המולטיביים של מבני השביט.

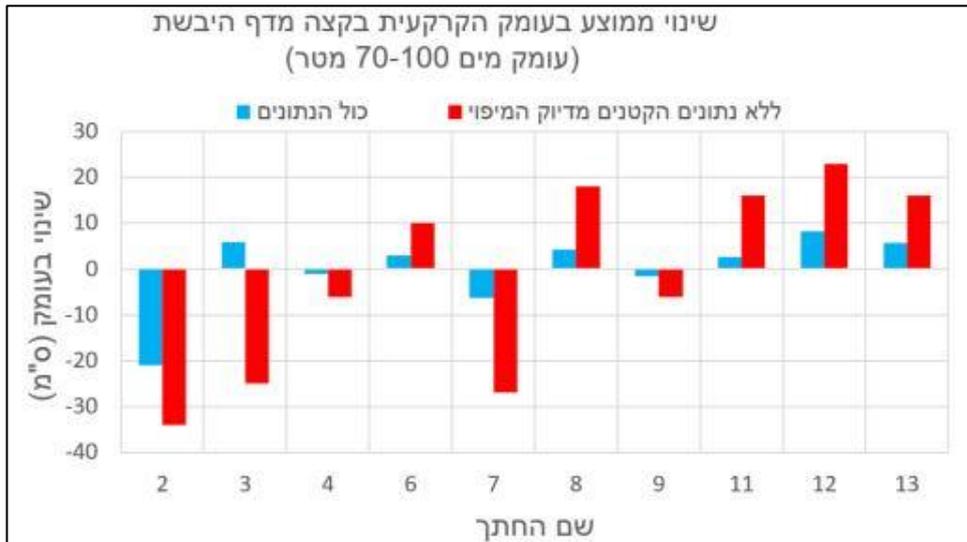
## 6. דיון בתוצאות הסקר

### 6.1 שינויים רב-שנתיים לאורך חתכי מזרח-מערב עד עומק מים 100 מטר

טבלה 4 ואיור 39 מסכמים את השינויים העיקריים שהתרחשו בעומק לקרקעית בעשרת החתכים שהגיעו עד קצה המדף. ערך השינוי הממוצע של כול אחד מהחתכים הוא קטן מדיוק המיפוי (20 +/- ס"מ). השינויים בין שנות ההשוואה התרחשו בעיקר באזורי העניין שהוגדרו בסמוך לתשתיות ימיות, רכסי כורכר, ספינות טבועות ובקצה מדף היבשת שהוגדר בין עומקי מים של 70-100 מטר. השינויים הממוצעים בעומק לקרקעית בקצה המדף (עומק מים 70-100 מטר) מראים בדר"כ מגמה דומה בחישוב שלקח בחשבון את כול נתוני המיפוי ובוזה שהשתמש רק בנתונים הגדולים מדיוק המיפוי (20 +/- ס"מ). ההבדלים בין שני החישובים הם בגודל הערך הממוצע של ארוזיה או השקעה (טבלה 4 ואיור 39). כפי שניתן לראות הקווים הדרומים (11-13) מציגים השקעה של סדימנטים, הקווים הצפוניים (2-4) ארוזיה והקווים במרכז המדינה (5-9) מציגים אירוזיה והשקעה. מעניין הוא האזור מול נתניה שמראה בצורה ברורה אירוזיה חזקה בקצה המדף. תוצאות אלו בקצה המדף מוסברות בשינוי כמות הסדימנטים המגיע מהנילוס ומתבטאת בשינוי רוחב המדף ובמשטר וכיוון הזרמים לאורך קצה מדף היבשת.

טבלה 4: סיכום השינויים בעומק לקרקעית בחתכי מזרח מערב ובקצה מדף היבשת

שם חתך	מיקום	שנות ההשוואה	שינויים באזורי עניין	שינוי ממוצע של כול החתך (כול הערכים)	שינוי ממוצע בקצה המדף בס"מ (כל הנתונים)	שינוי ממוצע בקצה המדף בס"מ (רק נתונים < דיוק המיפוי)
2	דרום מפרץ חיפה	2023-2019	יש	קטן מדיוק המיפוי	-21	-34
3	חותרים	2023-2017	יש	קטן מדיוק המיפוי	6	-25
4	נחשולים	2022-2018	יש	קטן מדיוק המיפוי	-1	-6
6	מכמורת	2023-2019	יש	קטן מדיוק המיפוי	3	10
7	נתניה	2023-2019	אין	קטן מדיוק המיפוי	-6	-27
8	געש	2023-2019	יש	קטן מדיוק המיפוי	4	18
9	שפך הירקון	2023-2017	יש	קטן מדיוק המיפוי	-2	-6
11	פלמחים	2023-2019	אין	קטן מדיוק המיפוי	3	16
12	מרינה אשדוד	2022-2018	יש	קטן מדיוק המיפוי	8	23
13	מרינה אשקלון	2021-2017	יש	קטן מדיוק המיפוי	6	16



איור 39: שינוי ממוצע בקצה מדף היבשת בחתכי מזרח-מערב. ערכים בכחול כוללים את כול הנתונים, ערכים באדום לא כוללים ערכים הקטנים מדיוק המיפוי (20 +/- ס"מ). ערכים חיוביים מציגים השקעה (deposition) וערכים שליליים מייצגים אירוזיה (erosion). שנות השוואה בכל חתך מופיעים בטבלה 5.

השוואת שינויים בתת-הקרקע של חתכי מזרח-מערב עד קצה המדף נעשתה בטווח שנים קטן (3-6 שנים) יחסית לזמן בהם מתרחשים תהליכים סדימנטרים וגיאולוגיים (מאות עד אלפי שנים), ולכן זה לא מפתיע שלא התגלו שינויים בתת-הקרקע הרדוד (חדירות עד עומק ~ 40 מטר). השינויים היחידים שהתגלו הם במיקום ובגודלו של "ענן" גז המיתן בסדימנט שכנראה נודד בגלל שינויי מטמפרטורת המים, סידוק ושינויים בלחץ ההידרוסטטי.

## 6.2 ממצאי קצה מדף היבשת בדגש לתופעות גאואהזארד

העתקים: מרבית ההעתקים שמופו נמצאים באסוציאציה לשולי גלישות ומהווים את העתקי השוליים של הגלישות ואינם בעלי מקור טקטוני (אינם קשורים להעתקה טקטונית אלא למנגנון סדימנטרי).

מבני שבט: בסמיכות למבני השביט נצפו השינויים המשמעותיים ביותר של הסרה והערמות סדימנטים בהשוואה לאזורים אחרים בקצה המדף. מפת שינויים מראה הערמות והסרה של סדימנטים לאורך מבני השביט הנעה בין 1-3 מטרים כאשר לרוב ההסרה מתרחשת בתעלה מסביב למבנה הבלט עצמו כתוצאה מהזרם המקיף אותו, וההשקעה בהמשך במורד הזרם. מפת השינויים מראה הערמות והסרה של סדימנטים לאורך מבני השביט הנעה בין +3 מטרים. דפוס הערמות וההסרה אינו מוגבל לכיוון מסוים וקורה גם מצפון למבני השביט (איורים 30-33). דפוס של הסרת סדימנט בסמוך ממש לבלט הסלע מדרום לו – בנקודת המגע בינו ובין הזרימה שעל הקרקעית, והשקעה של חומר מצפון לו במורד הזרם מאפיין את התופעה, אולם זו הפעם הראשונה בה אנו מקבלים מדד של זמן – בחלוף שנים בודדות בלבד נצפו שינויים של מטרים ספורים. תצפית זו היא מצטברת לאורך 4 שנים. כדי לבחון האם תצפית זו היא תוצאה של תהליך רציף של מספר שנים או של שנה בודדת, עונה, או אפילו אירוע הסעה בודד למשל בזמן סערת חורף), יש צורך בזמני חזרה קצרים יותר.

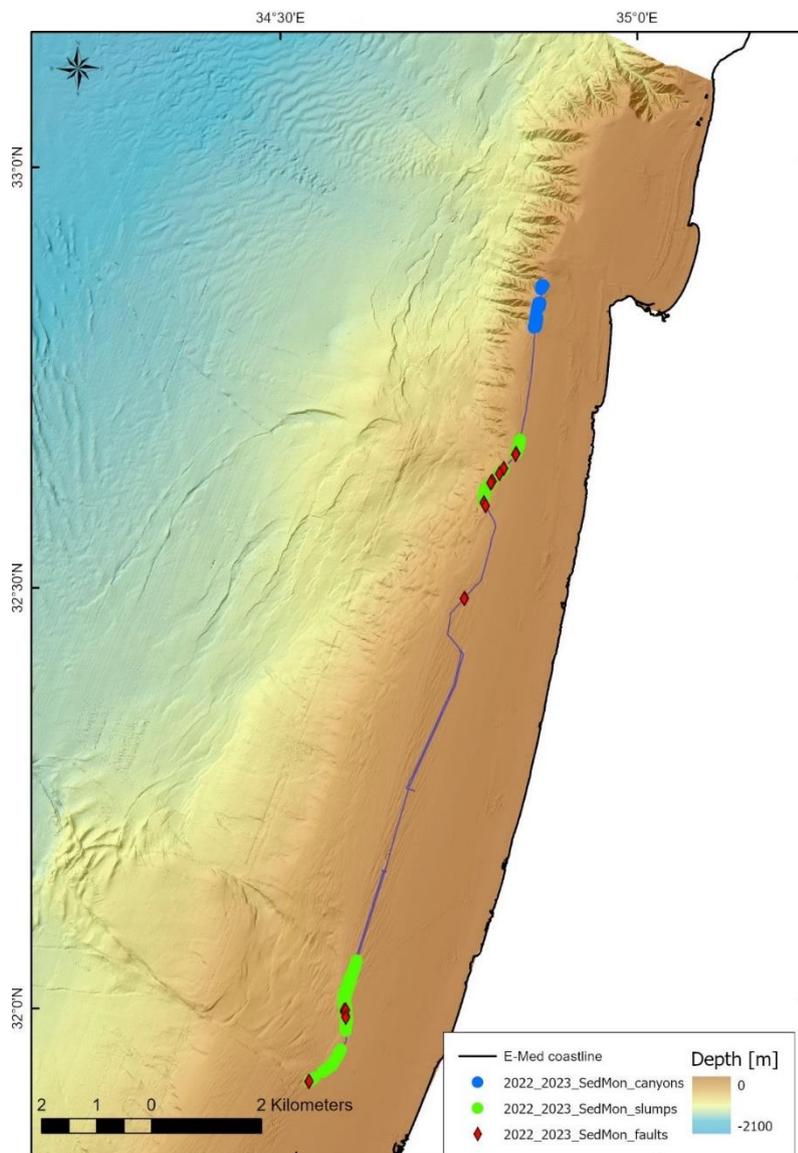
מבני השביט מהווים יעד למחקרים גם בשל עניין ביולוגי ואקולוגי מכיוון שהם מהווים מצע לבתי גידול מגוונים וייחודיים מאד בסביבת הים העמוקה יחסית של קצה המדף, ובכל מקום בו הם מאותרים הם מוגדרים כבית גידול רגיש שיש להגן עליו (כנרי ותום, 2022). שינויים תכופים בקנה מידה שנתי בסביבת בית הגידול הזה הינם בעלי חשיבות רבה למחקר הנערך על הרכב חברת החי במבנים הללו עקב השפעת ההסעה הפוטנציאלית על בעלי החיים שוכני הקרקעית, ומכאן מודגשת חשיבותה של תצפית זו.

קניונים: אזור זה נמצא בעומקי מים 80-100 מטר ממקום בראשי קניונים דרומית לראש כרמל. ניתן לראות ע"פ מפת ההפרשים שאזור השוואה בקניון הצפוני, בו החתך נכנס לתוואי הקניון עבר הסרת סדימנטים משמעותית יותר בערכים הנעים בין 0.5 ל-2.0 מטר. בקניון הדרומי בו החתך עובר בסמוך לראש הקניון ערכי ההסרה נמוכים יותר. תצפית זו תומכת

בהשערה שהזרמים מקבילי החוף באזור גורמים להסעת סדימנט ברצועת העומקים של 90-120 מ'. ערכי ההסרה בראש הקניון מעידים כפי הנראה על הסעה של סדימנט גם לכיוון מורד הקניון – כלומר בניצב לחוף. ההנחות האלה מובילות להסיק שקצה המדף משחק תפקיד משמעותי בהובלת הסדימנט גם בכיוון מקביל חוף צפונה, וגם בכיוון ניצב לחוף מן המדף אל המדרון והאגן העמוק מערבה.

האינטראקציה בין ראשי הקניונים ומבני השביט: בצפון אזור המחקר נוכחותם של מבני השביט ניכרת באופן דומיננטי בתת-הקרקע של קצה המדף ומייד לאחריו מתרחשת הירידה אל הקניונים (איור 38). במקום זה נראה כי הקצה המדף גבוה יותר באזור שיאי מבני השביט ויתכן שהוא נשמר כך עקב הימצאותם כתשתית קשה שמחזיקה את המדף, והיכן שהם נעלמים מערבה הסדימנט מוסע אל המדרון והגובה פוחת משמעותית (לכדי 12-15 מטר במרחק של 200 מ' מערבה). השינויים האלה קשורים כנראה גם בכך שקצה המדף היה גובה פני הים בשיא הגלציאל ומהווה את מצוקי החוף שלו, אך יתכן שהימצאות מבני השביט היא שמחזיקה את גובהו ומהווה גורם משמעותי בקביעת מיקומו של קצה המדף ותחילת הנפילה אל המדרון כיום.

מיקומי האיתורים של אזורי הגיאוזרד שפוענחו מהסייסמיקה מוצגים במפה באיור 41.



**איור 40:** מפת מיקומי איתור אזורי גיאוזרד במדף היבשת מסקרים 2022-2023: קניונים (כחול), גלישות (ירוק) והעתקים (אדום).

בהפלגה בתאריכים 29-31 למאי 2023 נלקחו דוגמאות סדימנט מחתכים T3, T6, T7, T8, T9, T11 בתחנות הדיגום הקבועות (טבלה 2). בחתכים אלו נעשתה מדידה גם באחת מההפלגות הקודמות (טבלה 5). תחנות חוליות, הסמוכות יותר לחוף נדגמו בדוגם גרב ממנו נלקחו שני הסנטימטרים העליונים בסדימנט. בתחנות העמוקות יותר נלקחו גלעינים באמצעות BOX CORER. לא נלקחו דוגמאות היכן שהקרקעית הייתה סלעית.

באיור 41: מוצגת השוואה ביחסי חול (63-2000 מיקרון), סילט (4-63 מיקרון) וחרסית (>4 מיקרון) בגלעיני סדימנט שנדגמו בשני מועדים בתחנות השונות בעמקי מים של 40, 60 ו-90 מ' לאורך כל שנות הדיגום. כמו כן, בפאנל העליון משמאל מוצגות כמויות הגשם שירדו במהלך חודש, חודשיים ושלושה חודשים לפני מועד הדיגום. כבעבר, מודגמת ירידה בפרקציה החולית כלפי הים הפתוח ובעמקי הביניים, 40 ו-60 מ' נצפתה שכבה עליונה (20-5 ס"מ) עם גודל גרגר גס יותר מבשכבה שמתחתיה, תופעה שיוחסה לעצירת ההסעה של חומר דק מהנילוס (Herut et al., 2023; Kalman et al., 2022). על פי רוב, היה דמיון רב בהתפלגויות גודל הגרגר בתחנות בין הזמנים השונים. עם זאת, שינויים מסוימים כן נצפו בין השנים אך אלו לא היו עקביים ולא נצפתה מגמה ברורה בזמן או כתלות במועדי הגשמים. בשל הסחיפה והרוחות המשפיעים על הספינה, מיקום הדיגומים החוזרים מרוחק בין כמה מטרים לכמה עשרות מטרים ממיקום נקודת הדיגום בשנים הקודמות. אנו מסיקים מכך שהבדלים בהתפלגות גודל הגרגר בין השנים השונות מושפעים יותר משונות מרחבית (גם במרחקים קצרים יחסית) משינויים עייתיים. בשל כך, ברזולוציה ובכמות הדגימות שנלקחו במסגרת זו לא מתאפשרת בחינה של מגמות שינוי בהתפלגות גודל הגרגר על פני תקופת המחקר (4-2 שנים). עם זאת, המדידות שנעשו ב-2023 מצטרפות למדידות הקודמות ומשפרות את הבנתנו לגבי התהליכים הסדימנטולוגיים במרחב מדף היבשת הישראלי.

מרחבית נבדקו במהלך הניטור מתחילתו ערכי התפלגות גודל גרגר, יחסי  $Ca/Si$  ו- $Ca/Al$  כאומדן (proxy) מסוים ליחסי החומר הביוגני ( $CaCO_3$  משלדי אורגניזמים ימיים) והחומר הליטוגני (בעיקר קוורץ ואלומינוסיליקטים) ויחסי  $Si/Al$  כאומדן ליחסי החול הקוורצי לסדימנט דק גרגר העשיר במינרלים חרסיתיים (Goldsmith et al., 2001; Sandler and Herut, 2000) בחלק העליון (0-2 ס"מ) של הקרקעית.

תפרוסת גדל הגרגר החציוני על מדף היבשת בכלל המדידות (2017-2023) מכל התחנות שבחתכים השונים מוצגת באיור 42. גודל הגרגר מוצג ביחס לעומק הקרקעית וביחס למרחק נקודות הדיגום מהחוף. כמו כן מוצג באיור היחס בין עמקן למרחקן מהחוף של נקודות הדיגום לאורך החתכים השונים. כצפוי גדלי הגרגר קטנים עם העומק אך הגורם המשפיע העיקרי על תפרוסת הוא המרחק מהחוף. מסקנה זו נובעת מההתאמה (עבור רגרסיה אקספוננציאלית) הגבוהה יותר בין גדל הגרגר החציוני למרחק מהחוף ( $R^2=0.85$ ) מאשר לעומק הקרקעית ( $R^2=0.72$ ). ממצא זה ממחיש את חשיבות מרחק ההסעה של חומר דק גרגר שהורחף (או שנכנס כרחופת מנחלים) על תפרוסת גדלי הגרגר על המדף. ככלל, ובהתעלם מהשפעתם של רכסי מצע קשה והשיירים הביוגניים שבסביבתם ניתן לומר שהמעבר מגודל גרגר חציוני חולי לסיילי, ( $63 \mu m$ ) מתרחש כ-8000 מ' מקו החוף, בעמקי מים שבין 65 מ' בחתכים הצפוניים, היכן שמדף היבשת צר, לעומק מים של כ-40 מ' בחתכים הדרומיים (איור 42) היכן שהמדף רחב יותר (איור 43).

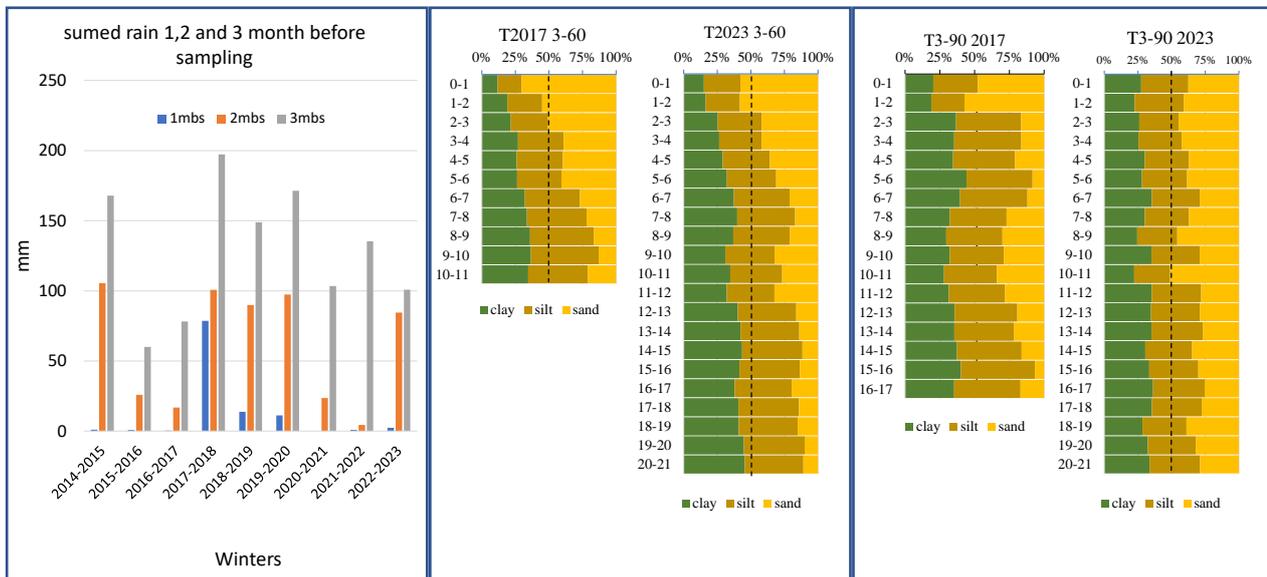
ככלל, לאורך קוים שווי עומק (איזובתים) בעומקי קרקעית של 40, 60 ו-90 מ', יחסי  $Ca/Al$ ,  $Ca/Si$  המייצגים יחסי סדימנט ביוגני לסדימנט ליטוגני (יבשתי), עולים כלפי צפון (איור 44). דבר זה יכול להיות מקושר לירידה בכמות ובהישארות סדימנט אלוביאלי המגיע מנהרות ונחלים (מהנילוס והלאה) כלפי צפון ולכן ירידה במיהול החול הליטוגני והביוגני הגס יותר. עליה ביחסי יסודות אלו יכולה גם להיות מושפעת גם מעליה מסוימת כלפי צפון בשטחי המצע הקרבונטי הקשה, שעליו גדלים אורגניזמים משקיעי שלד רבים כמקור לחלקיקים קרבונטיים (איור 46). על בסיס

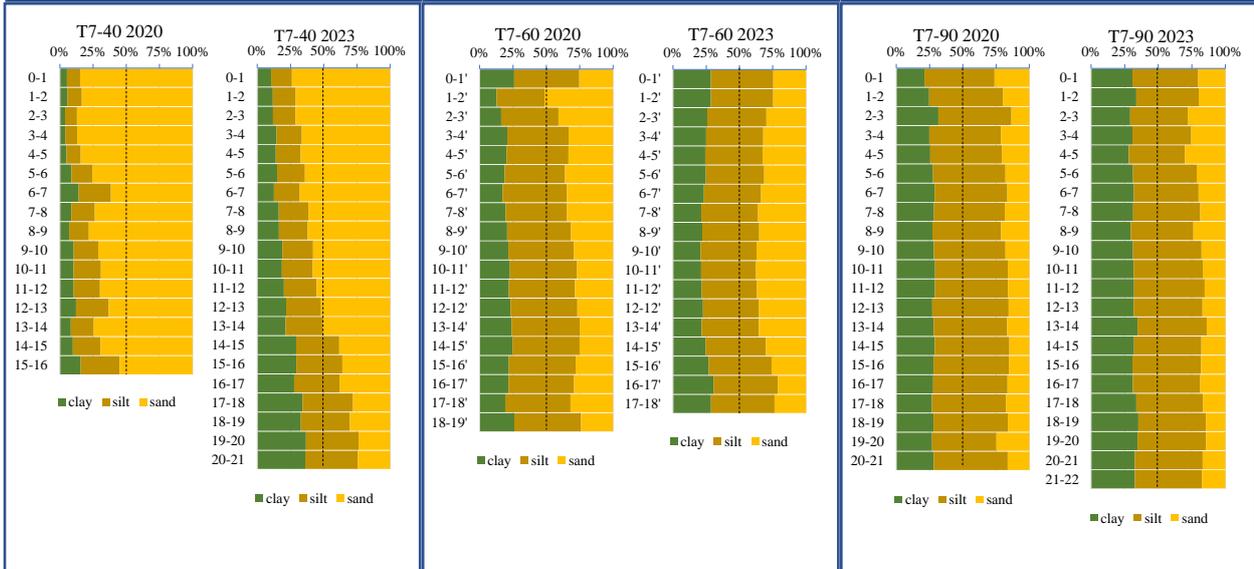
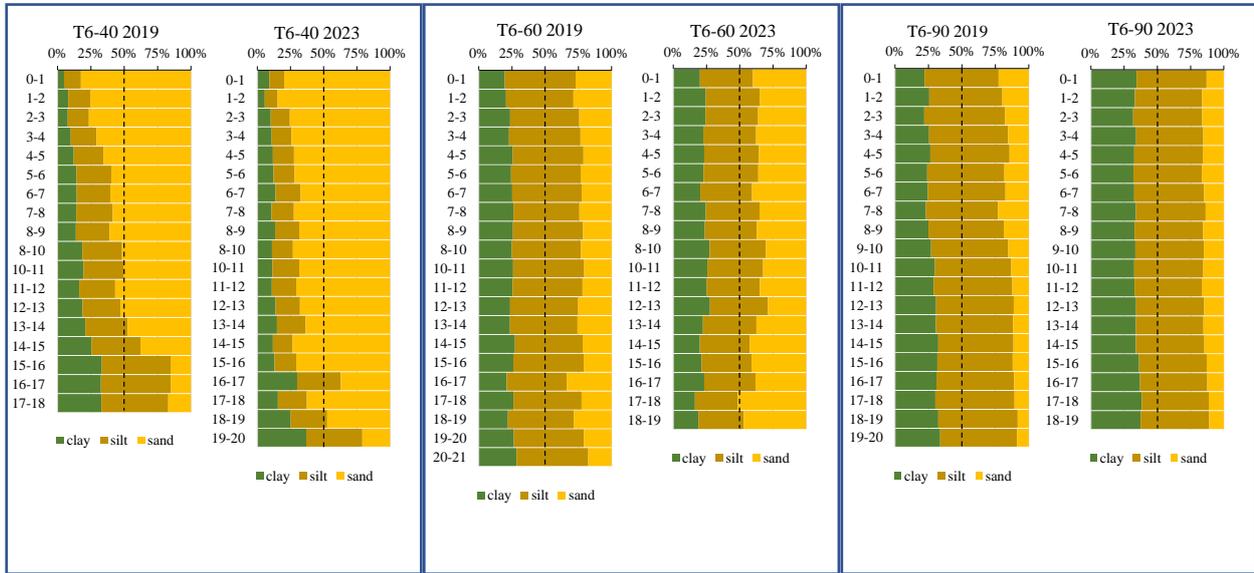
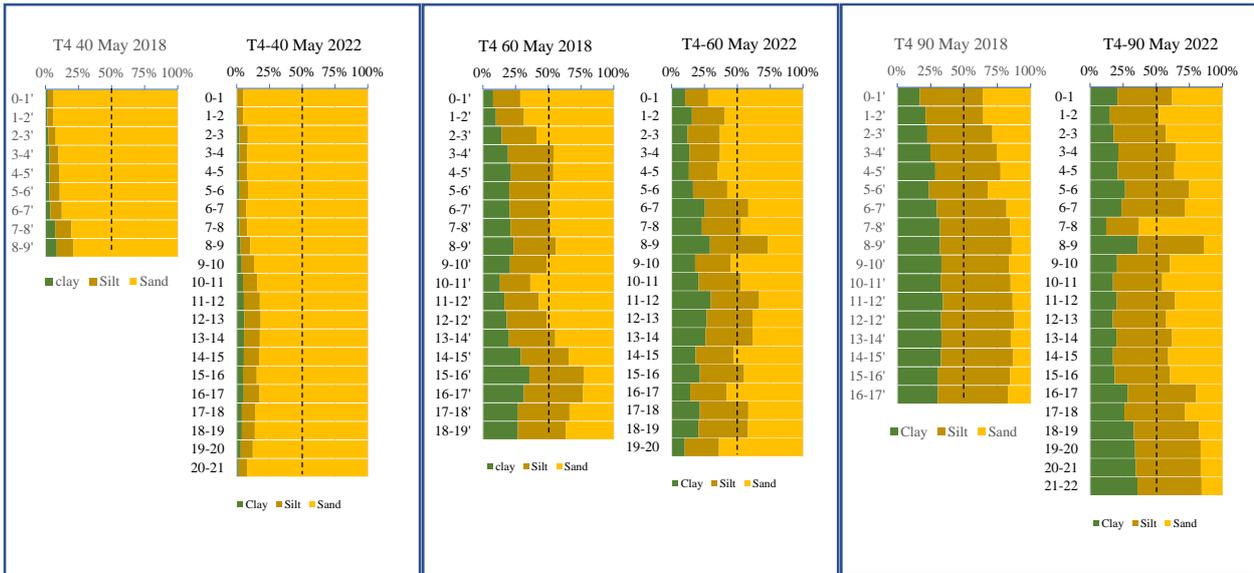


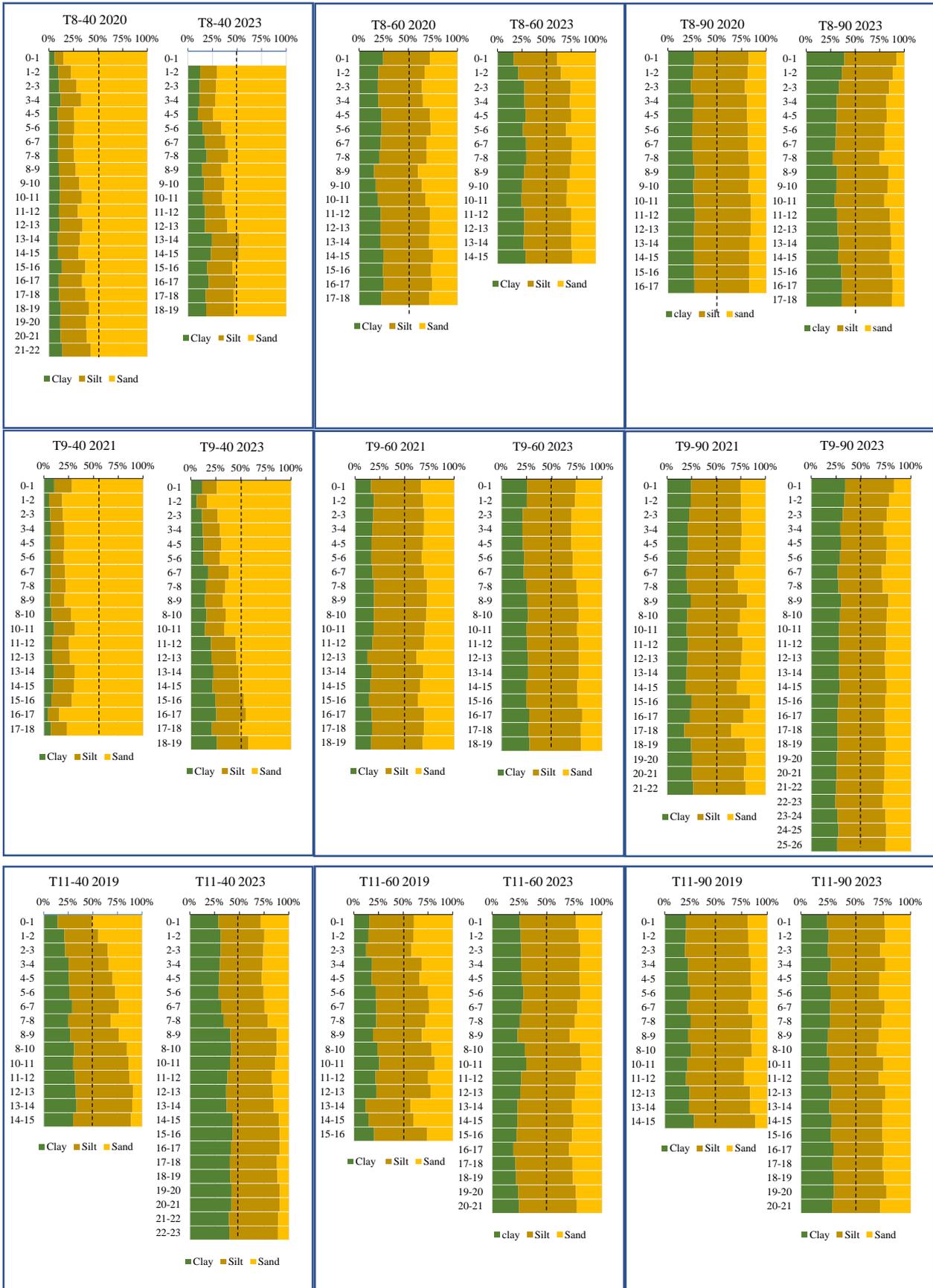
ממצאי כל האנליזות, באיור 45 מוצגות מפות אינטרפולציה של יחסי היסודות וגדלי הגרגר על מדף היבשת הישראלי. בהסתייגות המתחייבות לגבי טעויות מובנות בחישובי האינטרפולציה, המרחק הגדול בין החתכים והיעדר גבולות והשפעות של רכסי המצע הקשה התת מימי, מפות אלו מציגות לנו תפרוסת מרחבית של הנתונים שנאספו בהסתרה של אזורים בהם האמון באינטרפולציה קטן יותר בגלל החוסר במדידות מחתכים T5 ו T10.

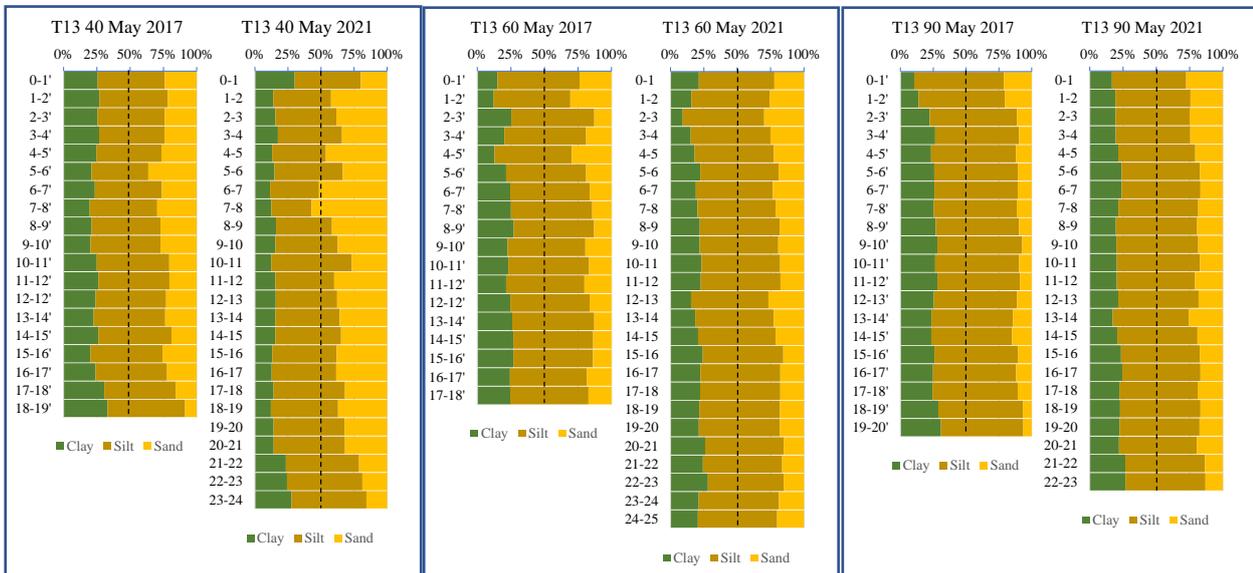
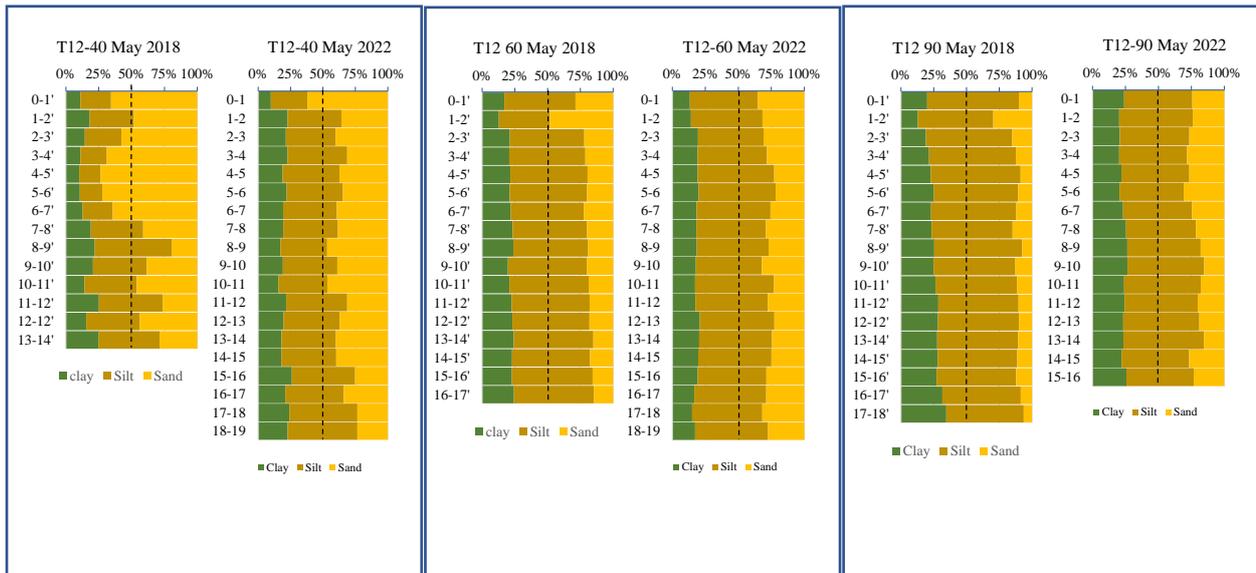
**טבלה 5: מועדי דיגום בחתכים השונים**

חתך	דיגום ראשון	דיגום שיני	שנים בין דיגומים
T-3	May 2017	May 2023	6
T-4	May 2018	May 2022	4
T-6	May 2019	May 2023	4
T-7	May 2020	May 2023	3
T-8	May 2020	May 2023	3
T-9	May 2021	May 2023	2
T-11	May 2019	May 2023	4
T-12	May 2018	May 2022	4
T-13	May 2017	May 2021	4

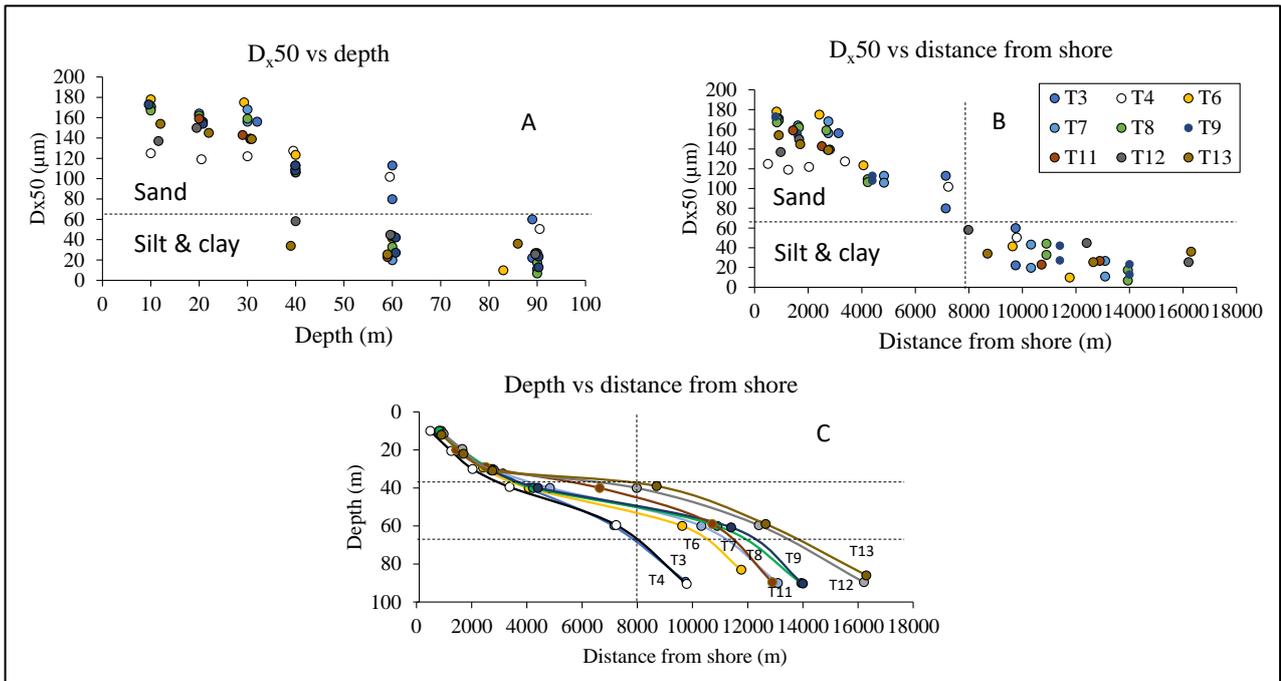




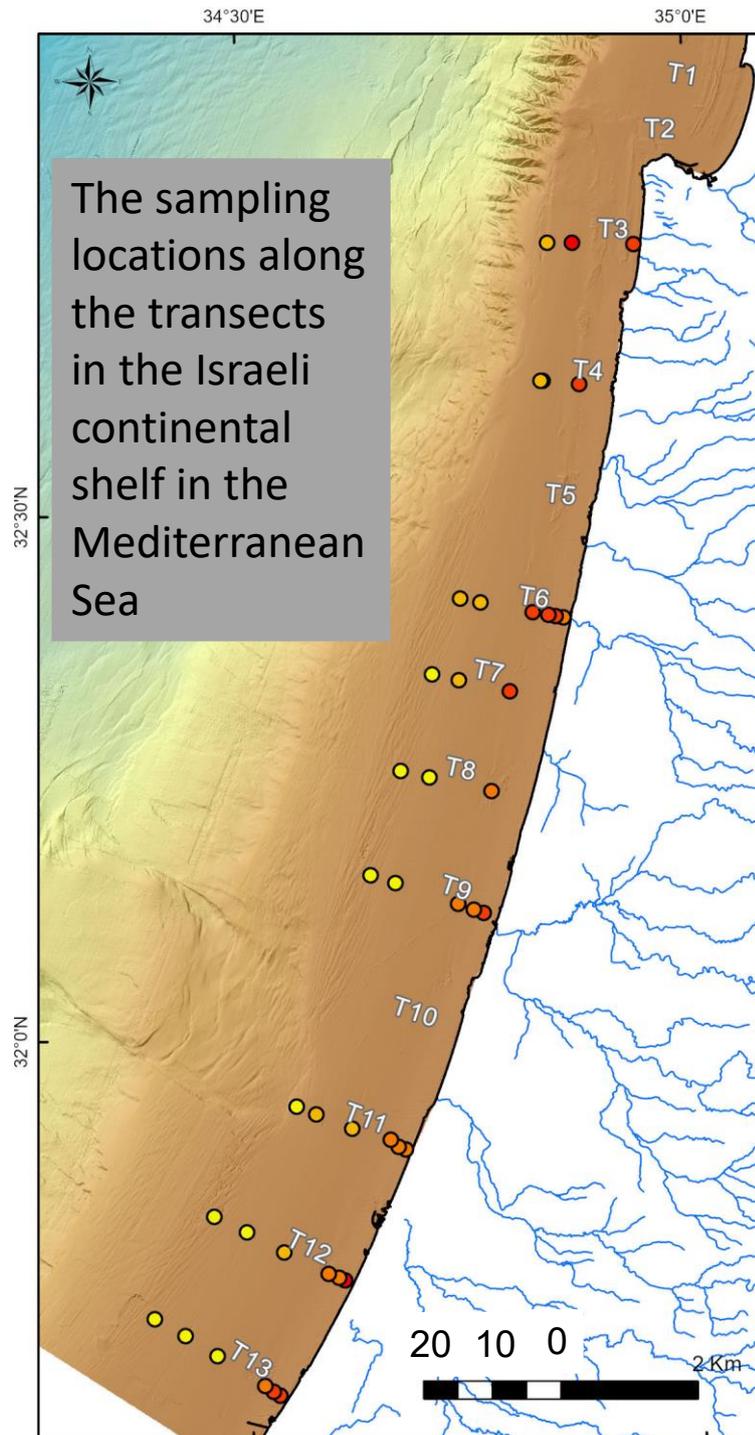




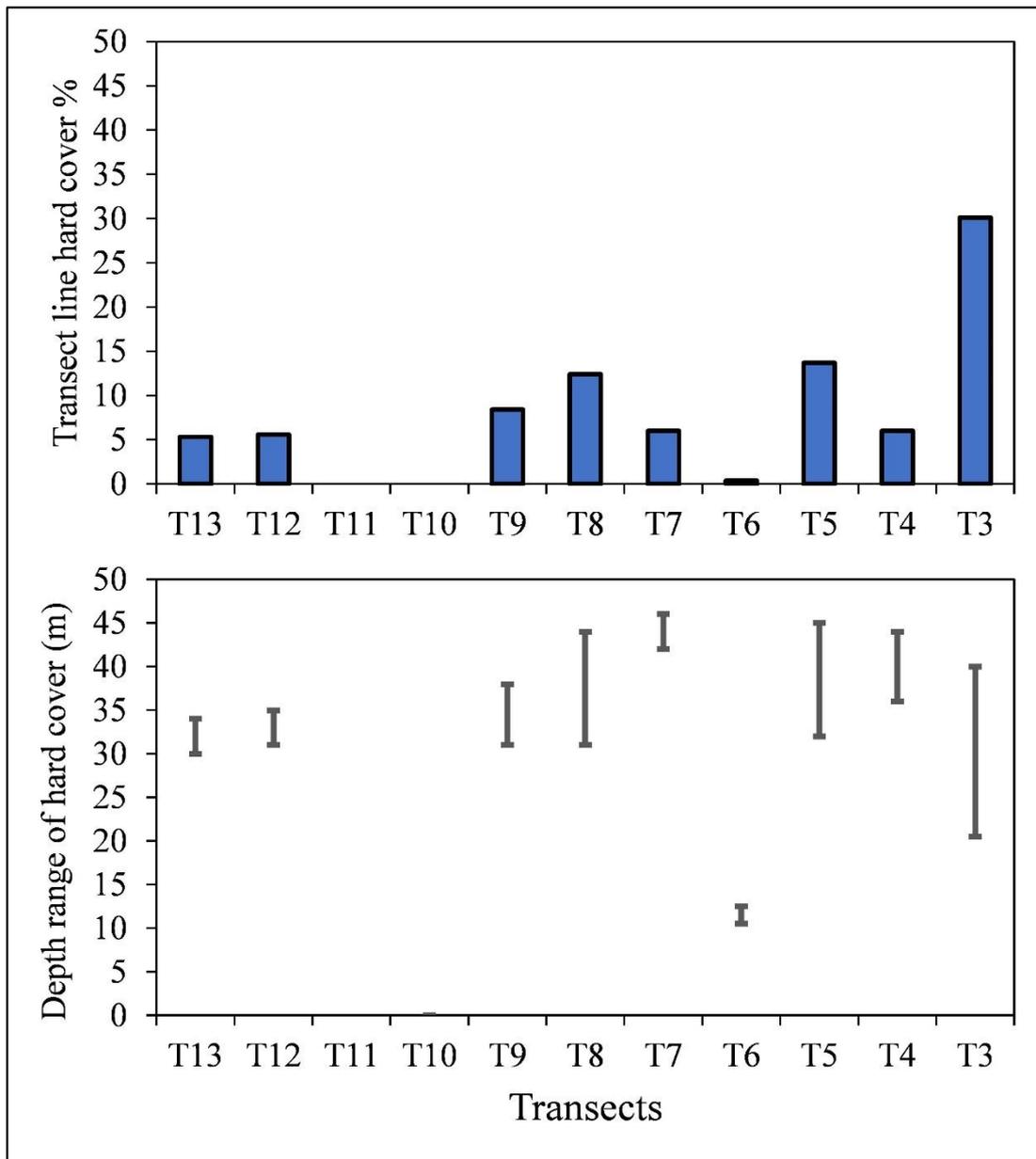
איור 41: השוואה ביחסי חול (63-2000 מיקרון), סילט (4-63 מיקרון) וחרסית (>4 מיקרון) בגלעיני סדימנט שנדגמו בשני מועדים בתחנות השונות בעמקי מים של 40, 60 ו 90 מ' לאורך כל שנות הדיגום. בפאנל העליון משמאל מוצגות כמויות הגשם שירדו במהלך חודש, חודשיים ושלושה חודשים לפני מועד הדיגום.



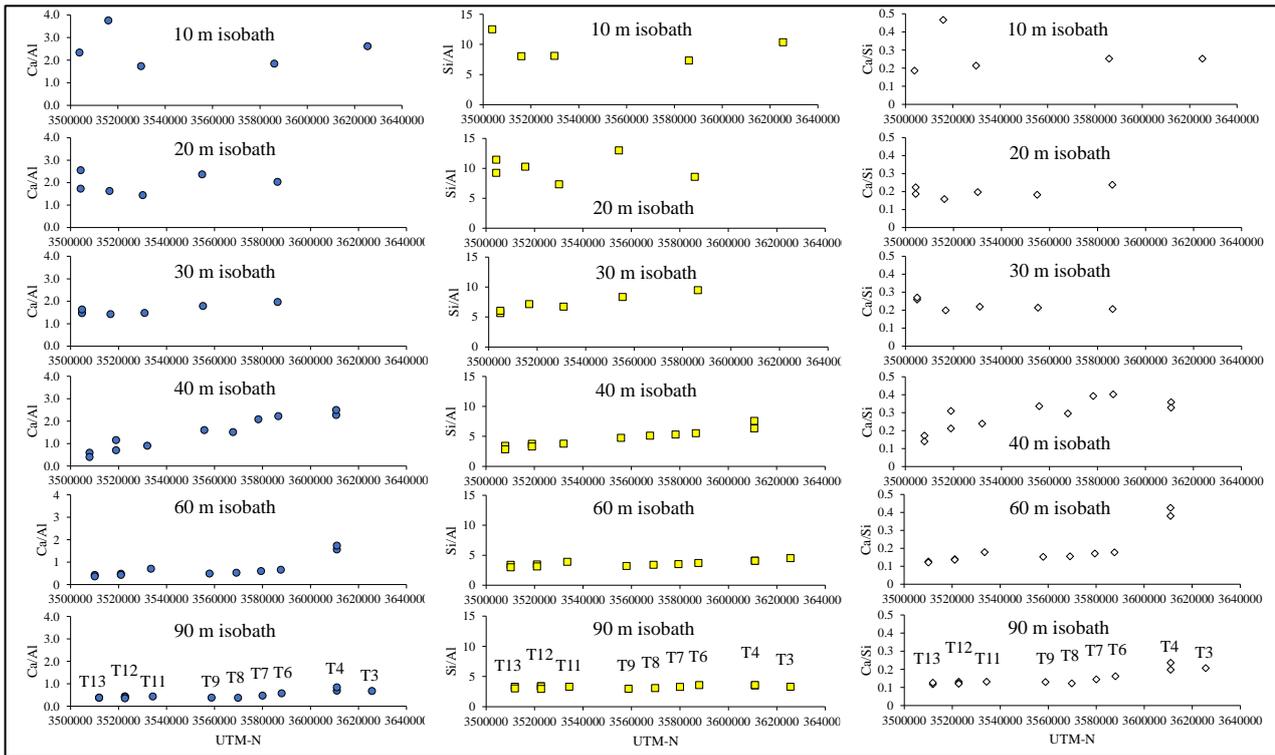
איור 42: יחסי עומק הקרקעית למרחק מהחוף ויחסי גודל גרגר חציוני ( $D_{x50}$ ) לעומק הקרקעית ולמרחק מהחוף בתחנות השונות ויחסי סידן לאלומיניום בסדימנט ביחס למרחק מהחוף בכלל הנקודות במהלך הדיגומים.



איור 43: מיקום כלל תחנות המדידה הסדימנטולוגיות בחתכים השונים לאורך מדף היבשת הישראלי, בים התיכון. צבעי הנקודות מתייחסים לגודל הגרגר החציוני (ראו באיור 45)

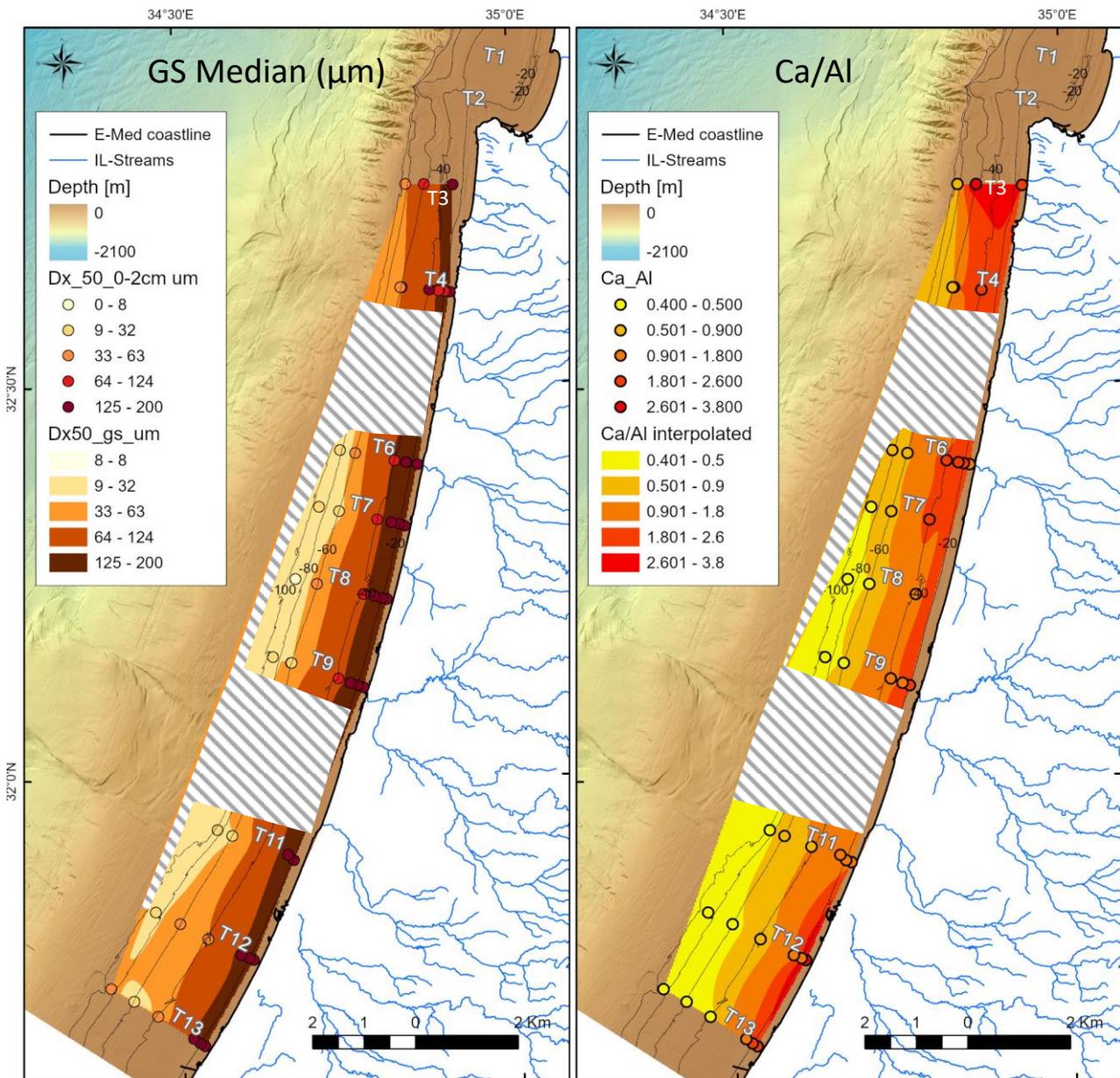


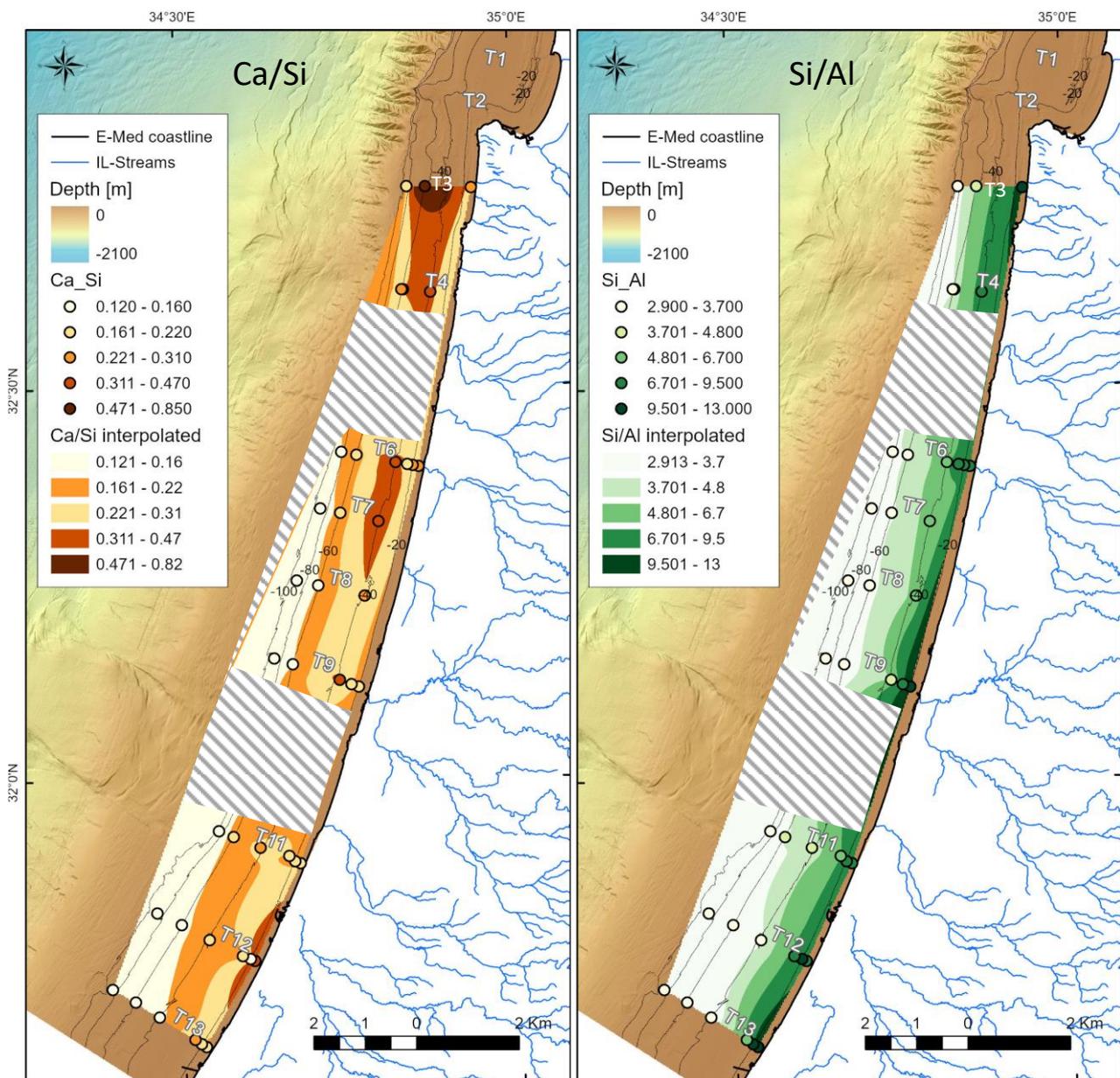
איור 44: כיסוי מצע קשה בחתכים לאורך מדף היבשת. למעלה, החלקיות המקורבת של מצע קשה בחתכים (עומק קרקעית 10-90 מ'). למטה, טווחי העומקים בהם נצפה מצע קשה.



איור 45: יחסי סידן (קלציום; Ca) לאלומיניום (Al), צורן (סיליקון; Si) לאלומיניום וסידן לצורן בשכבת הסדימנט העליונה (0-2 ס"מ) ביחס למיקומם מדרום לצפון על פי קווי הרוחב ברשת UTM (36s ZONE) בקווי העומק (איזובתים) בהם נעשו הדיגומים.







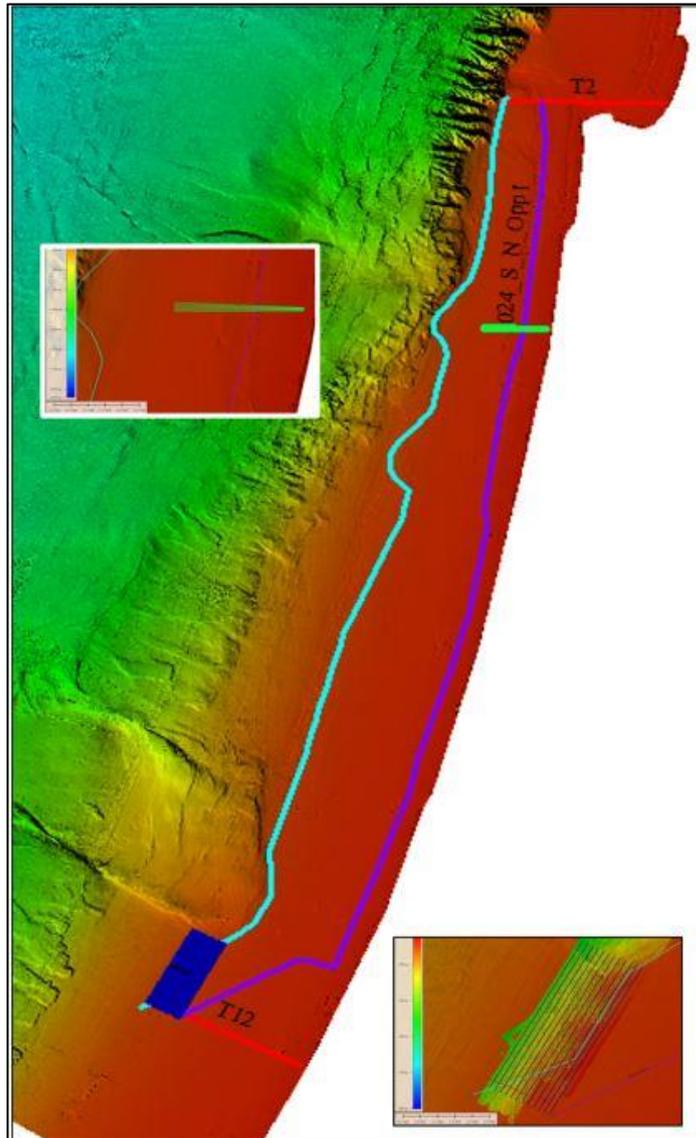
איור 46: מפות אינטרפולציה על בסיס ערכי המדידות של גודל גרגר חציוני,  $(D_{x50})$ , יחסי סידן (קלציום; Ca) לאלומיניום (Al), יחסי צורן (סיליקון; Si) לאלומיניום ויחסי סידן לצורן בשכבת הסדימנט העליונה (2-0 ס"מ) על מדף היבשת הישראלי בים התיכון. האינטרפולציה מתייחסת לערכים המופיעים בנקודות הדגימה (עיגולים צבועים) ומתעלמת ממצעים קשים המהווים חלק משמעותי משטח המדף, במיוחד בצפון (ראו איור 46). השטחים מקווקוים על המדף מכסים אזורים בהם האינטרפולציה אמינה פחות בשל הריווח בחתכים T5 ו T10 אשר לא נדגמו בתכנית הניטור.

## 7. תכנית מוצעת לניטור 2024

לאור הפעילות הסייסמית החזקה שהתרחשה בחודש פברואר 2023 באזורנו לדעתנו גם השנה הניטור צריך לשים דגש רב על תופעות גיאוהזארד לאורך תשתיות ימיות ובקצה המדף. תכנית הניטור למאי 2024 מוצגת באיור 46. התוכנית תיישם את הלקחים שהפקנו בניטור של מאי 2022 ו-2023 ותכלול מספר סעיפים מתוך הרשימה שיוגדרו בעדיפות ע"י המשרד להגנת הסביבה ומשרד האנרגיה:

- ניטור חוזר בחתכים מזרח מערב בדרום מפרץ חיפה. (T-12, T-2)
- ניטור פרודודור (רוחב ~ 400 מטר) של תשתיות הגז לאסדת לווייתן ולקידוח כריש
- ניתור קצה מדף היבשת שיתבסס על האזורים החשודים ואזורי השינויים בכיסוי שהתגלו בניטור של 2022 ו-2023 ובהם יבוצע מיפוי מפורט בכדי להבין את ההשתרעות המרחבית של המבנים גם בכיוון ניצב חוף (כיוון המדרון)
- מיפוי וניתור אזור השביטים בדרום מדף היבשת
- ניתור קו רכסי הכורכר (עומקי מים 30-40 מטר)
- ניטור הצינור המגיע ממרי B לאשדוד מעומקי מים של 10 עד 100 מטר
- המשך בניית ספריית ערכי Phi שתשולב מהשנה עם צילומי ROV ודגימות Grab

לאחר קבלת העדיפויות של המשרדים התוכנית תעודכן כך שלא תחרוג משעות הפלגה (48 שעות).



1. איור: 46 תכנית המיפוי למאי 2024 (ראה הסבר למעלה).

## 8. מקורות

- טיבור ג., כץ ת., כנרי מ. וכתר ת. (2018). ניטור לאומי מורחב סקר ראשון בנושא שלמות קרקעית הים. דו"ח חיא"ל H18/2018 עמודים 59 עמודים.
- טיבור ג., כץ ת., כנרי מ., כתר ת. וגלעדי א. (2019). ניטור ים עמוק 2017-2019, ניטור שלמות הקרקעית/סדימנטולוגיה. דו"ח חיא"ל H13/2019 עמודים 91 עמודים.
- טיבור ג., כץ ת., כנרי מ. וגלעדי א. (2021). ניטור ים עמוק 2017-2020, ניטור שלמות הקרקעית/סדימנטולוגיה. דו"ח חיא"ל H1/20 עמודים 47 עמודים.
- טיבור ג., כץ ת., כנרי מ. וגלעדי א. (2022). ניטור ים עמוק 2017-2021, ניטור שלמות הקרקעית/סדימנטולוגיה. דו"ח חיא"ל H13/2022 עמודים 33 עמודים.
- כנרי, מ. ותום, מ. (2022) עדכון מפת בתי הגידול – דצמבר 2022, רכס הכורכר בעומק של 100 מטר, בתי גידול פלגיים ומפות עזר. דוח חיא"ל H51-2022. מוגש למשרד האנרגיה.

Kanari M., Giladi, A., Spatial analysis of underwater comet structures along the Israeli shelf reveals trends in the sediment transport system. 2023 International Symposium on Marine Geological and Biological Habitat Mapping (GeoHab '23). Saint-Gilles-Les-Bains, La Réunion, France, May 8-12. doi.org/10.5281/zenodo.7890332.