

תכנית ניטור 5 שנתי

## השיטים בעברונה בעקבות שפיכת הנפט בדצמבר 2014

דוח ניטור שיטים שנה ראשונה 2016



רותם נלביצקי, ד"ר גדעון וינטרס - ינואר 2017

## תוכן עניינים

2	מטרה	1
3-7	שיטות	2
3	מיפוי העצים בשטחי הדיגום	2.1
8	תוצאות, מפות	3
9	היקף גזע- דנדרומטרים אלקטרוניים	3.1.1
10	דנדרומטרים ידניים	3.1.2
11	בדיקת הירוקות על פי מדד העלווה	3.2.1
12	בדיקת הירוקות על פי מדד NDVI	3.2.2
13	בדיקת הירוקות על פי Greens Index	3.2.3
14-15	הקשר בין מדדי הירוקות	3.3
16-17	פנולוגיה- מצב פריחה ותרמילים	3.4
17	קו רעיה	3.5
18	מיפוי תרכובות בעלים- חלבונים	3.6
19-20	דיון	4
20-24	נספחים	5
25	ספרות	.6



מתוכם 94 בנפט ו-92 בביקורת. בשנת הניטור הראשונה הורדו עצים בעיקר מהחלקה הצפונית בעקבות מרחקים גדולים בין העצים וקושי לנטר. ב-2016 נוטרו בסה"כ 120 עצים. מצורפת טבלה עם פירוט העצים (טבלה 1).

דרום 2014		צפון 2014		1975		חלקה
נפט	ביקורת	נפט	ביקורת	נפט	ביקורת	מין/ טיפול
		45	42			שיטה סלילנית
45	28	42	57	41	48	שיטה סוככנית

טבלה 1: מספר עצי השיטים שנבחרו לדיגום בשטחי הנפט והביקורת בעברונה.

## 2.2 מצב המים בעץ

### 2.2.1 דנדרומטרים ידניים

התקנתם של דנדרומטרים ידניים על 104 עצים (על כל העצים בטבלה 1 מלבד העצים עם גזע דק מדי, או שלא היו נגישים) - בוצע בסוף חודש יוני 2015 עם הגעתם מחו"ל, ונרשמו ערכי היקף ההתחלתיים (איור 2). קריאת הערך של השתנות היקף הגזע (במ"מ) התבצעה בכל ניטור (יוני, ספטמבר ודצמבר 2016).



איור 2: גזע שעליו נמדד היקף בעזרת סרט ידני, וסומן בצבע שחור, ומעליו מותקן דנדרומטר ידני (מימין), ומבט מקרוב למנגנון פעולת הדנדרומטר הידני (משמאל).

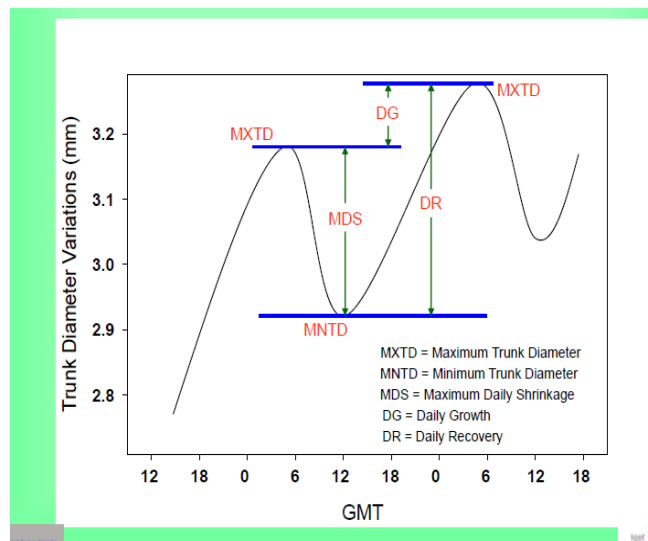
### 2.2.3 דנדרומטרים אלקטרוניים

התקנת 10 דנדרומטרים אלקטרוניים (איור 3) - בוצע באמצע חודש מאי 2015. הדנדרומטרים הללו מודדים פעם בשעה את טמפרטורת האוויר ואת היקף הגזע. מדידות אלה מאפשרות לחשב לכל יום שינוי בגדילה מינימאלי ומקסימאלי במקביל למדידת טמפרטורת הסביבה. מהמדידות ניתן לחשב את השינוי המקסימלי בהיקף הגזע (DR), גידול יומי (DG) וההפרש בין מקסימום ומינימום (MXTD, MDS) (Ballester et al. 2014) (איור 4). בתוצאות בדוח זה מוצג increment NET - השינוי בהיקף הגזע, ביחס לזמן אפס (היום הראשון של המדידה). למכשירים אלו רגישות ודיוק מאוד גבוהים וניתן למדוד שינויים במיקרונים (אלפית המ"מ), שינויים המתרחשים כל שעה. הדנדרומטרים הוזזו בתאריך 10/5/16 והותקנו מחדש על עצים ממין סוככנית בלבד בחלקה הצפונית. 5 על עצים בנפט ו 5 על עצי ביקורת. הורדת הנתונים מבוצעת אחת ל- 3 חדשים.





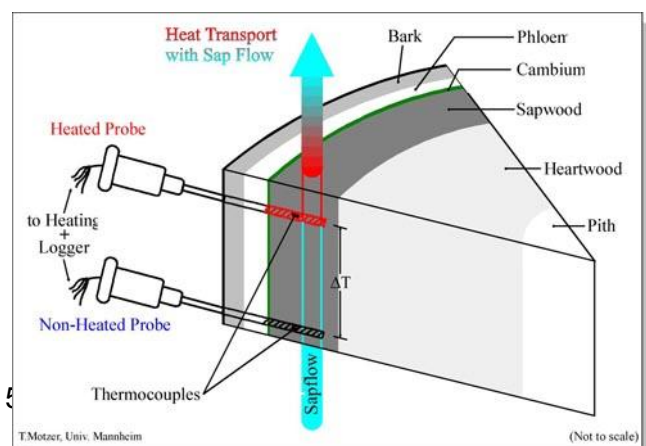
איור 3: גזע שעליו הותקן דנדורמטר אלקטרוני אוגר נתונים (ימין - מבט מקרוב, שמאל מבט כללי, הדנדורמטר מוקף בצהוב).



איור 4- פרמטרים למדידת השינוי בביקף הגזע (Ballester et al. 2014) מנתונים שמתקבלים בעזרתדנדורמטר אלקטרוני (איור 3)

#### 2.2.4 מדידת מעבר מים בעץ על ידי מערכת Sap Flow

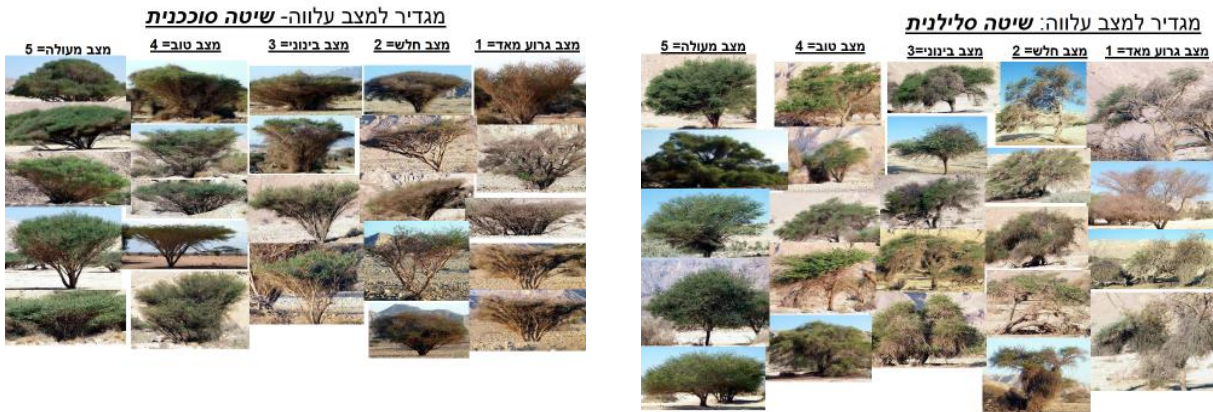
מערכת Sap Flow הותקנה בסוף נובמבר 2016 על 4 עצי נפט ו 4 עצי ביקורת. כרגע עוד אין לנו נתונים מכיוון שהמערכת התחילה לעבוד בצורה מסודרת רק בינואר – הוספנו עוד פאנל סולרי שייצב את המערכת. נתוני Sap Flow לא יוצגו בדוח זה. ה-Sap Flow מודד את שטף מים בגזע. המדידה מתבצעת ע"י החדרת 2 אלקטרודות קטנות לתוך נוזל העיצה של העץ (sapwood, Xylem), במרחק של כ-5-10 ס"מ אחת מעל השנייה. לאלקטרודות יש תרמומטר שמודד טמפרטורה בקצה של האלקטרודה. בנוסף למדידת החום, לאלקטרודה העליונה מתוך השניים יש גוף חימום קטן והיא מחממת את אזור העיצה בחום קבוע. לאלקטרודה התחתונה אין גוף חימום והיא רק מודדת חום. כל מה שאנו מודדים זה למעשה ההבדל בטמפרטורות בין 2 האלקטרודות – אם אין מים שעוברים בעץ, יהיה הבדל גדול בין האלקטרודות – אחת חמה ואחת קרה יותר. אם יש הרבה מים שעוברים בעיצה, המים יקררו את האלקטרודה החמה יותר וההבדל בין שתי האלקטרודות יהיה קטן יותר (איור 5).



איור 5 – תרשים מערכת Sap flow שהותקנה בעצי נפט וביקורת בשמורת עברונה

## 2.3 ירוקות העץ

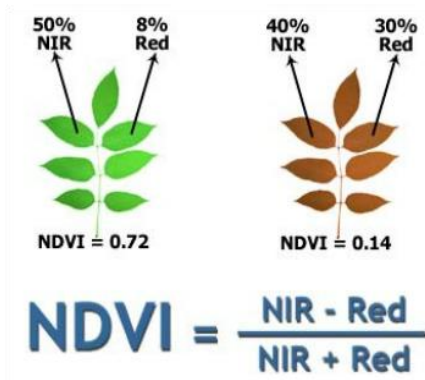
מידת ירוקות העץ בנקודת זמן מבטאת מדד בריאות כללי. ההנחה היא שעץ שנפגע יראה ירידה בכמות העלווה שלו, דבר שיפגע בכמות הפוטוסינטזה שהוא יכול לבצע. מדד העלווה יכול אולי לרמז לנו אלו עצים עשויים להיות בבעיה. ירוקות העץ נבחנה בשלושה פרמטרים שונים: א) "מדד NDVI" בו הערכים נעים בין 0 ל-1, ומייצגים את מידת הצבע הירוק של העץ. ב) "מדד Greenes Index (GI)" הערכים נעים בין 0.3 ל 0.4 ומייצגים גם כן את מידת הצבע הירוק של העץ. ג) בממד העלווה היוזואלי ("מדד בני") העלווה מוערכת בעין ומוגבלת ל-6 דרגות חופש בין 0-5 לכמות העלים על העץ (5= מצוין, 1= גרוע, 0=ללא עלווה כלל) (איור 6). פרמטרים אלו משלימים אחד את השני. "מדד העלווה" מחד הינו קטגוריאלי, ואיננו יכול לכלול את השונות הרבה הקיימת בין העצים, כמו כן, הוא גם עשוי להיות סוביקטיבי. מאידך הממד של ירוקות באמצעות NDVI מכליל אינפורמציה נוספת כגון, תרמילים והרנוג. בחישוב הירוקות באמצעות GI משתמשים בחלק קטן של העץ ובנוסף קיימים אתגרים בשימוש בתכנה כגון- לקיחת אותו חלק זהה מהעץ בכל פעם. לכן, השתמשנו בשלושת הממדים הללו במקביל לבחינת ירוקות העץ. כחלק ממחזור החיים הסדיר, עצי השיטה משירים את העלים בתקופת הקיץ, באופן חלקי או מלא, לכן לעונת השנה בה צולם העץ יש חשיבות מכרעת בביתוח והבנת התוצאה.



איור 6- מגדיר מדד העלווה היוזואלי- הערכה על פי תמונות העצים לעצי שיטה סלילנית ולעצי שיטה סוככנית

### 2.3.1 צילום NDVI

חינויות/ירוקות העצים (צילום NDVI) - בוצע צילום בתחום האינפרא אדום קרוב (NIR), העצים צולמו מכיוון דרום באמצעות מצלמה קרקעית ידנית מסוג Agricultural Digital Camera של חברת Tetracam. בוצע צילום קליברציה לכרטיס לבן לפני כל צילום (במקרים חריגים, שלא אפשרו מבט טוב על העץ מדרום, נרשמו מספר מעלות הסטייה של הכיוון הנבחר).



איור 7- חישוב ערכי NDVI

הצילום נעשה עבור כל העצים (117- לשלושה עצים לא נלקחו תמונות מסיבות שונות) מפאת הכמות הגדולה של העצים הצילומים לא נעשו ביום אחד, ובוצעו תמיד במהלך השבועיים האחרונים של כל חודש, ובאופן מדורג כך שהביקורת והנפט נדגמים בסמיכות. מדד הירוקות מאפשר לנו לעקוב לא רק על השפעת הנפט באופן כללי אלא גם לבחון אלו עצים נמצאים במצוקה ואלו אזורים הם בעלי עצים רבים.

באיור 7 מוצג אופן חישוב ערך NDVI.

2.3.2 צילום כללי - כל עץ צולם מכיוון דרום, באמצעות מצלמה בעלת מצפן פנימי, מסוג COOLPIX AW110 של חברת Nikon. בשיטה זו אין צורך לבצע תמונות קליברציה. התמונות נותחו בתכנת Image J וחושבו ערכי בהירות הצבע האדום (R), ירוק (G) וכחול (B) לכל תמונה. מערכים אלו חושב מדד Greenes

Index" (GI) (מדד לערך הירוקות של העץ) - ערך הירוק חלקי סכום ערכי הירוק, אדום וכחול של העץ (נוסחה 1).

$$\frac{tree\ G}{tree\ R+tree\ G+tree\ B} = \text{Greens Index}$$

נוסחא 1- חישוב ערך Greens Index

## 2.4 חיוניות- מצב פריחה ותרמילים

בדיקת מצב העלווה, הפריחה, התרמילים והמצאות הרנוג השיטים. ההערכה היא ויזואלית ובוצעה ע"ד ר בני שלמון, רותם נלביצקי וניצן שגב, לאחר "תיאום עמדות" לגבי עצים זהים. בוצע בכל ניטור (יוני, ספטמבר, דצמבר).

פריחה - ניתן ערך בין 0-5 לכמות הפרחים על העץ (=5 מצוין, =1 גרוע, =0 ללא פריחה). תרמילים - ניתן ערך בין 0-5 לכמות התרמילים על העץ (=5 מצוין, =1 גרוע, =0 ללא תרמילים). הרנוג השיטים - ניתנה הערכה (באחוזים) של שטח ההרנוג מכלל העץ. בנספח 8 מצורפות תמונות המתארות את הפנולוגיה המשתנה של עצי שיטה סלילנית וסוככנית לאורך העונות.

## 2.5 קו רעיה

גובה הרעייה נמדד אחת לשנה, בחודש דצמבר. זהו החודש בו יש הכי הרבה עלווה על העץ ולכן נבחר למדידה בתקופה הזאת. קו הרעייה של הצבאים נמדד בס"מ מגובה הקרקע ועד לגובה שבו רואים שיש אכילה ברורה של העלווה (בד"כ מאופיין בענפים תחתונים חשופים, ומעט לבלוב חדש עליהם). (איור 8). בעבר בדקנו עלה תחתון בכל כיוון של העץ- צפון, דרום, מזרח ומערב וצינו האם קיימת רעייה או לא, במהלך השנה עברנו למדידת עלה תחתון בכל כיוון ובנוסף ציון של גובה הרעייה הקיים הנראה לעין.



איור 8- קו רעייה בשמורת עברונה

## 2.6 חלבונים בעלים

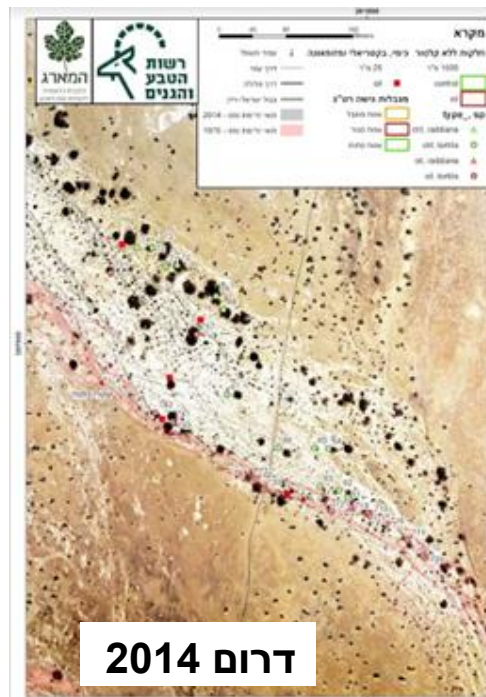
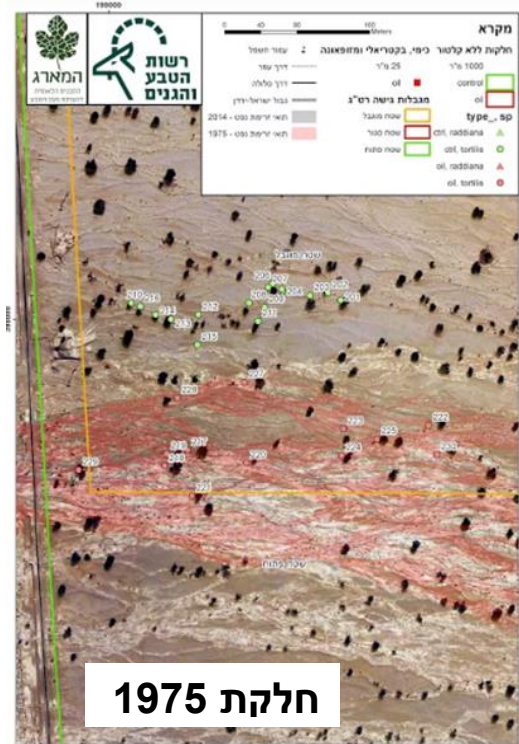
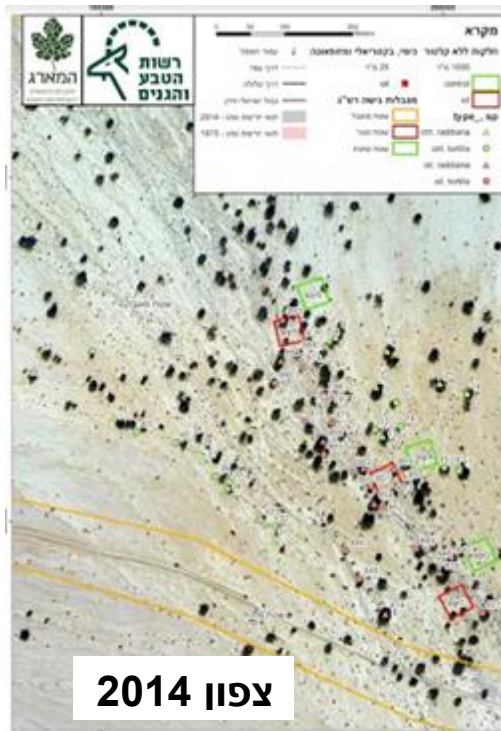
תהליך איסוף העלים עבור החלבונים- נקטפו 10 עלים מצדו הדרומי של העץ, בגובה ממוצע של 1.5 מ' מעל פני הקרקע. העלים הוכנסו למבחנות ונשמרו על קרח עד להבאתם למעבדה והקפאתם ב  $-20^{\circ}\text{C}$ . נדגמו 5 עצים בנפט, 5 בביקורת, לכל חלקה (3 חלקות), מעצי הסוככנית - בסה"כ 30 עצים. ומעצי הסלילנית 5 ביקורת ו 5 נפט לחלקה הצפונית- סה"כ 10 עצים. העצים נדגמו ב 3 תאריכים - יוני, ספטמבר ודצמבר, כאשר ביוני חלקה 1975 לא נדגמה. סה"כ בוצעו בדיקות ריכוז חלבון ל 113 עצים. במעבדה להפקת החלבונים מוכנסים 100 מ"ג (0.1 גרם) של עלים למבחנה של 1.5 מ"ל ונכתשים (עם כדורית ברזל או עם חנקן נוזלי) על מנת לקבל "אבקת עלים". בחודשים ספטמבר ודצמבר נכתשו העלים פעמיים ולכן התוצאות היו גבוהות משמעותית מתוצאות חודש יוני אשר בעקבות כך לא נכנס לדו"ח זה (הכתישה מעכשיו והאלה תמיד תהיה פעמיים). למדידת ריכוזי החלבון בוצע שימוש בשיטת ברדפורד (Bradford 1976) למדידת ריכוז כללי של חלבון (total protein content).



### 3. תוצאות

התוצאות המוצגות בדוח זה הינן תוצאות של שנת הניטור הראשונה - יוני-דצמבר 2016 (העבודה בשמורה החלה מיד עם קבלת האישיורים). הפרויקט כולו יכלול 5 שנות ניטור שיטים בעקבות אירוע דליפת הנפט שהתרחש בעברונה בדצמבר 2014.

המפות הבאות מציגות את החלקות הנדגמות בניטור השיטים (איור 9).



איור 9: מפות עצי המדגם, חלקת 1975 (למעלה מימין), חלקת צפונית 2014 (למעלה משמאל) והדרומית 2014 (למטה). העצים בשטח המזוהם בנפט מסומנים בנקודה אדומה ועצי הביקורת בנקודה ירוקה. (צילום הרקע אינו מראה את ערוצי הזרימה של הנפט).



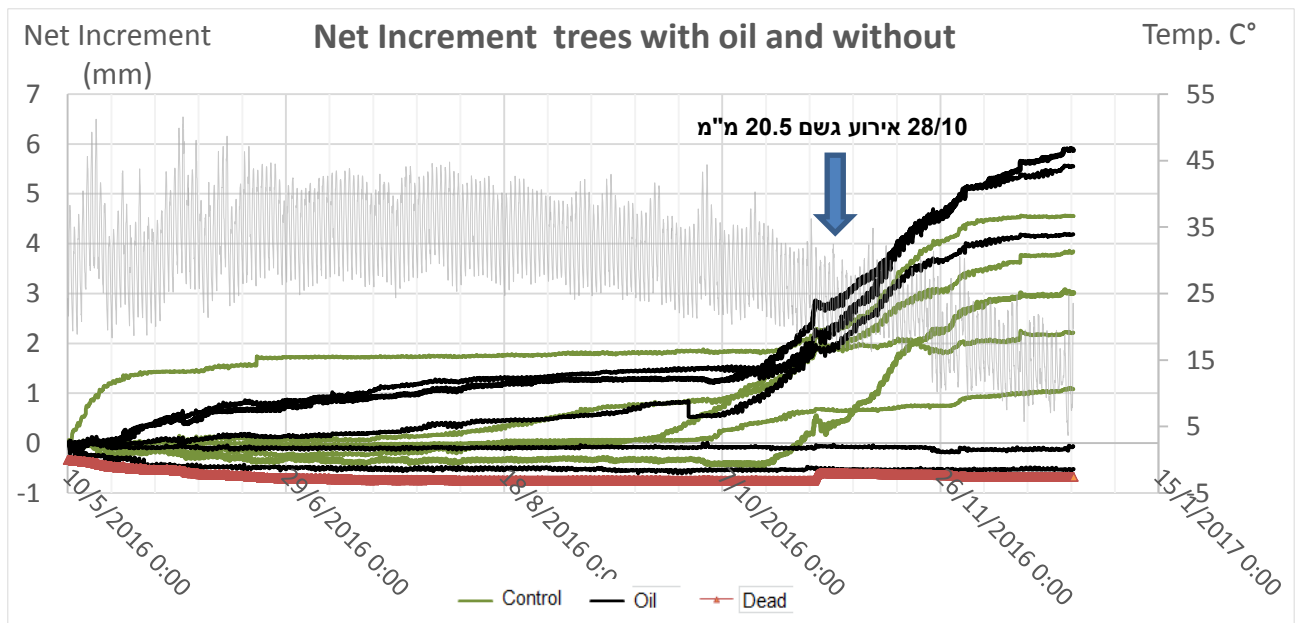
### הערות כלליות לתוצאות שמופיעות בדו"ח:

- כל קווי השגיאה המופיעים בגרפים הם *Standard Error*.
- במקרא הגרפים, הצבע השחור מציין חלקת נפט, והירוק חלקת ביקורת.
- המבחן הסטטיסטי שנערך הוא מבחן *student's t* בתכנת *Jmp*.

### 3.1 מצב המים בעץ (היקף גזעי העצים)

#### 3.1.1 דנדרומטרים אלקטרוניים

הדנדרומטרים האלקטרוניים מציגים תנודות יממתיות של התכווצות והתרחבות הגזע (Increment), המשתנות ביחס הפוך לטמפרטורה, כל הדנדרומרים הרושמים הוצבו על עצים ממין סוככנית בחלקה הצפונית. המכשיר לוקח קריאה בכל שעה. התוצאות מנורמלות לתחילת מדידה = 0. ניתן לראות שככל שהטמפרטורה יורדת גזעי העצים הולכים ומתרחבים. בתאריך 28/10/16 היה אירוע גשם ובאזור עברונה נרשמו 20.5 מ"מ גשם. עצי הביקורת ו- 3 עצים מהנפט הושפעו בעקבות אירוע הגשם. הקו האדום מציג את עץ 846 - עץ מת שמשמש כביקורת שבזקת את השפעת הטמפ' נטו על התרחבות והתכווצות החלק המתכתי שבדנדרומטר. ניתן לראות שבעץ זה לא התרחשה גדילה של הגזע ואף חלה ירידה בהיקף הגזע הנמדד. בעצים שהיו חשופים לנפט ניתן לראות שני עצים (845, 848) שהחשיפה לנפט דיכאה את גדילתם והם מקבילים לגזע המת. שאר העצים שהיו חשופים לנפט מראים תוצאות גדילת גזע טובות יותר מרוב עצי הביקורת (איור 10).

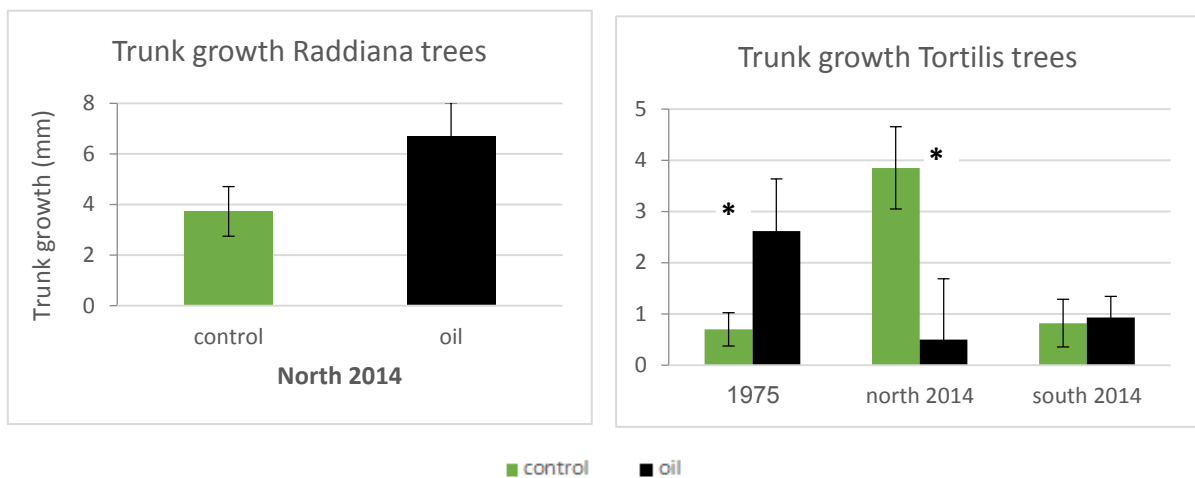


איור 10- תנודות שעתיות של היקף גזע במהלך 7 חודשי ניטור בעצי סוככנית שהיו בנפט (שחור), עצי הביקורת (ירוק), אדום- עץ מת בחלקה הצפונית.

### 3.1.2 דנדרומטרים ידניים

תוצאות הדנדרומטרים עבור חודשי המדידות יוני-דצמבר התקבלו מ 104 דנדרומטרים ידניים. בעצים ממין סלילנית 13 דנדרומטרים על עצי ביקורת ו-15 דנדרומטרים על עצי נפט. בעצים ממין סוככנית 39 דנדרומטרים על עצי ביקורת ו-37 דנדרומטרים על עצי נפט. לכל עץ יש נקודה התחלתית שונה בעת ההתקנה, לכן ההתייחסות היא רק לשינוי בהיקף הגזע. המדידות המוצגות בגרפים הם ההפרש בעובי הגזע (מ"מ) בין חודש דצמבר 2016 לעומת חודש יוני 2016.

בחלקת נפט 1975, גזעי עצי סוככנית (*A. Tortilis*) בעצי הנפט גדלו יותר מגזעי עצי הביקורת באופן מובהק ( $p=0.1$ ). מגמה זו קיימת גם בחלקה הצפונית 2014 בעצי סלילנית (*A. Raddiana*) -גזעי העצים עם הנפט גדלו יותר מהעצים ללא נפט. לעומת זאת, גזעי עצי ביקורת ממין סוככנית (*Tortilis*) מאותה חלקה (צפונית 2014) גדלו באופן מובהק יותר מאשר עצי הנפט באותה חלקה ( $p<0.05$ ) (איור 11).



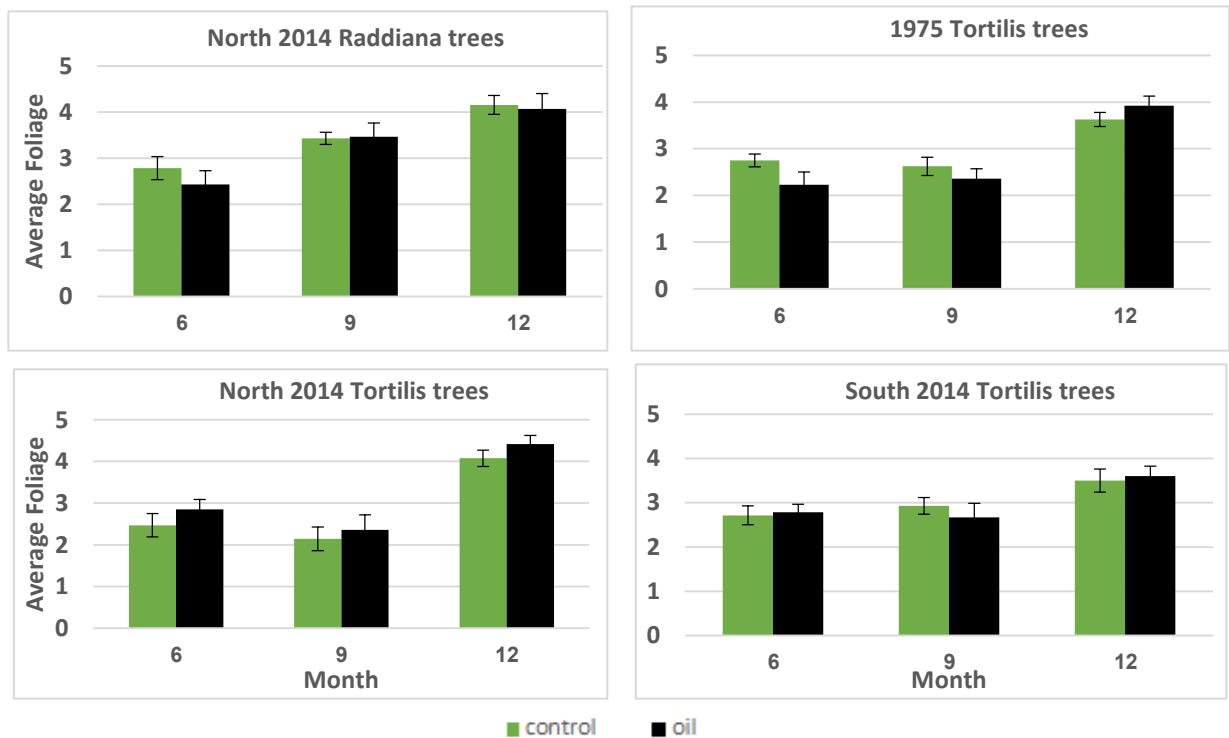
איור 11- הפרש מדידות היקף גזע בדנדרומטרים ידניים בין יוני לדצמבר 2016 (שינוי במ"מ), בעצים הממוקמים בנפט (שחור) ובביקורת (ירוק) בחלקות השונות- צפון 2014, דרום ו 1975 בעצים ממין סלילנית (*Raddiana*) וסוככנית (*Tortilis*).  $n=38$ ,  $\pm$  SE לעצי T,  $\pm$  SE לעצי R

### 3.2 בדיקת ירוקות

בדיקת הירוקות לעצי השיטים מתבצעת על ידי שלושה מדדים. 1. הערכת עלווה ויזואלית (Foliage) 2. צילום במצלמת NDVI 3. צילום כללי וניתוח Greens Index.

#### 3.2.1 בדיקת ירוקות על פי מדד עלווה ויזואלי (Foliage)

בשני מיני השיטה- סלילנית (R) וסוככנית (T) ניכרת עלייה במדד העלווה היזואלי בין ספטמבר לדצמבר, בעצי הנפט וכן בעצי הביקורת (איור 12). עליה זו תואמת את המצב הפנולוגי של העצים – הצימוח מתרחש בין החודשים אוגוסט לנובמבר (נספח 8). בשני מיני השיטים מתרחשת שלכת קיצית (בחודשים יולי אוגוסט) כך שביוני (לפני השלכת) ובספטמבר (אחרי השלכת) מצב העלווה בעצים דומה יחסית (ללא קשר לטיפולים). עם זאת, בשיטים הסלילניות ניכרת עלייה מיוני ועד ספטמבר בשני הטיפולים (נפט וביקורת). לא ניכרת מגמה ברורה של השפעת הנפט על מצב העלווה במינים השונים וחלקות השונות. החלקה הצפונית מציגה את ערכי העלווה הגבוהים ביותר, בחודש דצמבר בעצים ממין סוככנית שהזדהמו מהנפט (ממוצע=4.15). לא קיימת מובהקות סטטיסטית.



איור 12- הערכת העלווה ויזואלית (Foliage) בחלקות השונות (צפון, דרום, 1975) בעצי סלילנית וסוככנית בעצים באזור הנפט ובעצים ללא נפט. (n=15, ± SE)

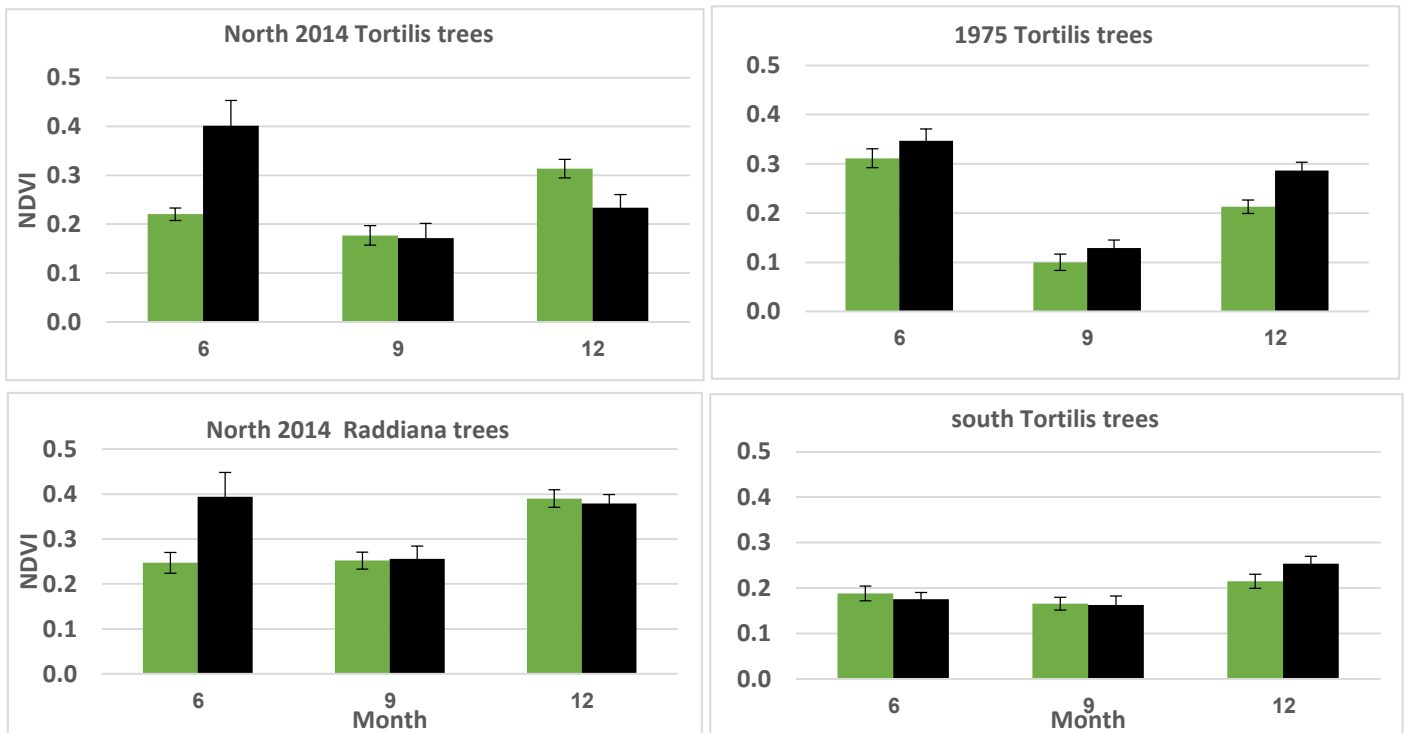


### 3.2.2 בדיקת ירוקות על פי מדד NDVI

במדד ה NDVI ניכרת עלייה בין החודשים ספטמבר לדצמבר בשני מיני השיטה- סלילנית (R) וסוככנית (T) בעצי הנפט וכן בעצי הביקורת. עליה זו תואמת את המצב הפנולוגי של העצים – הצימוח מתרחש בין החודשים אוגוסט לנובמבר (הוזכר בסעיף 3.2.1). תוצאות חודש יוני בחלקה הצפונית (עצי סוככנית) ובחלקת 1975 גבוהות מתוצאות חודש ספטמבר. יתכן וניתן לקשור ערכים גבוהים אלו לכך שחלו שינויים באופן מדידת ה NDVI בין תחילת העונה לסופה. לא נצפית מגמה ברורה להשפעת הנפט על ערכי NDVI (איור 13).

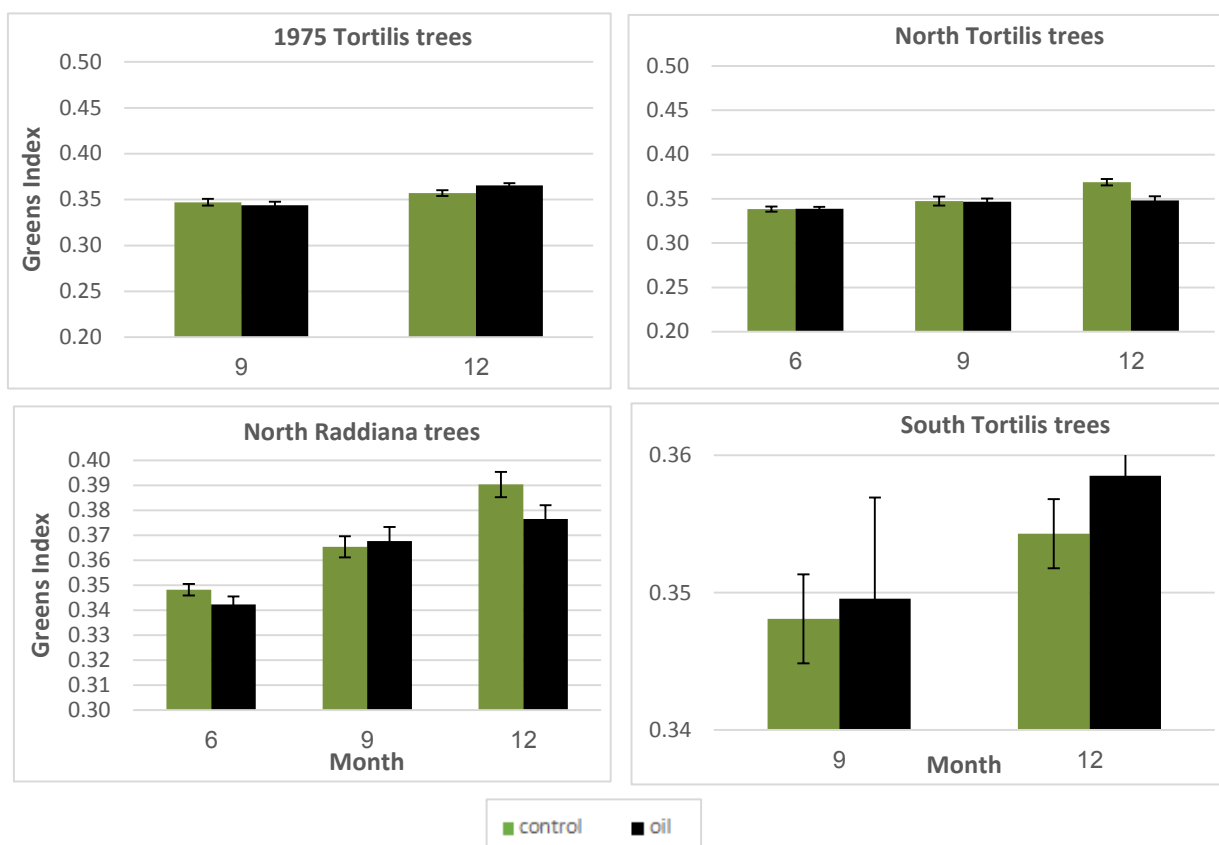
החלקות הצפוניות מציגות ערכי NDVI גבוהים (ממוצע = 0.24, -0.26 ביקורת ונפט בהתאמה) מהחלקה הדרומית (ממוצע = 0.19, -0.2 ביקורת ונפט בהתאמה). בחלקה הצפונית לעצי הסלילנית ערכי NDVI גבוהים יותר (ממוצע = 0.3, -0.34 ביקורת ונפט בהתאמה) מאשר לעצי הסוככנית (ממוצע = 0.24, -0.26 ביקורת ונפט בהתאמה) (איור 13).

ערכי ה NDVI לשנת 2016 נעים בטווח דומה לערכים שנמדדו בשנת 2015, חלק מניטור זמן 0 (נספח 2). בעצי שיטה סלילנית ממוצע הערכים נע בין 0.25-0.4 בעוד שערכי NDVI הממוצעים בשיטה הסוככנית נמוכים יותר ונעים בין 0.2-0.3, לא כולל חריגים. בשנת 2016 ערכים חריגים התקבלו בחודש יוני בעצי סוככנית בחלקה הצפונית והדרומית (ממוצע מעל 0.3) ובחודש ספטמבר בחלקת 1975 בעצי סוככנית (ממוצע = 0.1, -0.13 ביקורת ונפט בהתאמה). לא קיימת מובהקות סטטיסטית בכל השוואת תוצאות ה NDVI.



### 3.2.3 בדיקת הירוקות על פי מדד Greens Index (GI)

בשני מיני השיטה- סלילנית וסוככנית, ישנה מגמת עליה בערך ה GI בין חודש ספטמבר לחודש דצמבר (הוזכר בסעיפים 3.2.1 ו 3.2.2) (איור 14). בחלקות הצפוניות, בהן ישנן תוצאות גם למדידות חודש יוני, ישנה עליה בשני מיני השיטה מחודש יוני לחודש ספטמבר. ערכי ה GI הגבוהים ביותר התקבלו בחודש דצמבר בעצי ביקורת שיטה סלילנית בחלקה הצפונית (ממוצע=0.39), ערכי ה GI הנמוכים ביותר התקבלו בעצי ביקורת שיטה סוככנית בחודש יוני (ממוצע=0.34). לא ניכרת מגמה ברורה של השפעת הנפט על ירוקות העצים על פי מדד ה GI. (איור 14). לא קיימת מובהקות סטטיסטית.

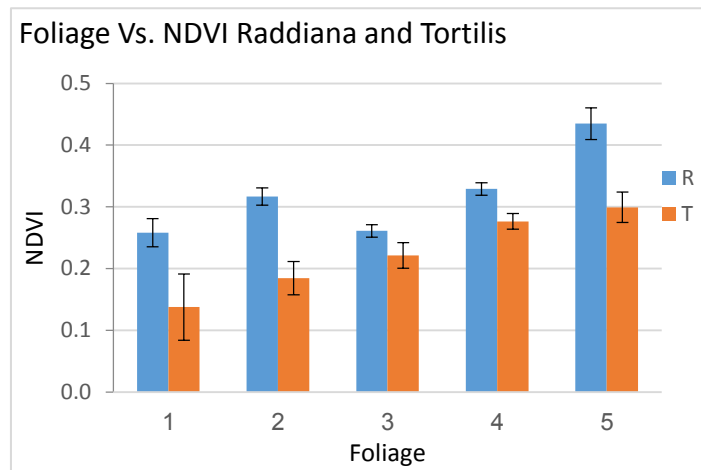


איור 14- בדיקת ירוקות על פי מדד Greens Index בחלקות השונות (צפון, דרום, 1975) בעצי סלילנית וסוככנית בעצים באזור הנפט ובעצים ללא נפט. (n=15, ± SE)

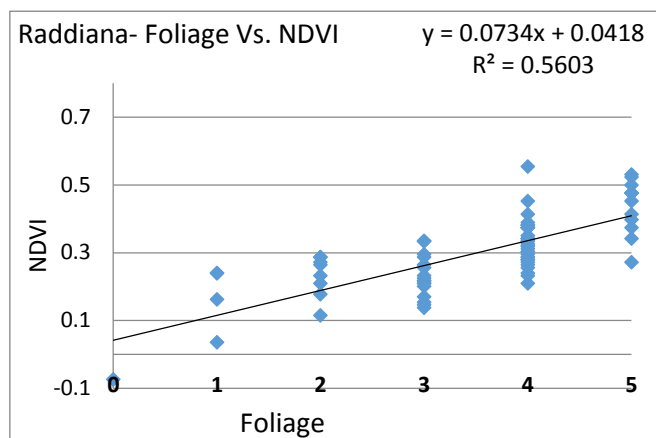
### 3.3 הקשר בין מדדי הירוקות

#### 3.3.1 הקשר בין הערכה ויזואלית של העלווה (Foliage) ל NDVI

בבדיקת הקשר בין הערכה ויזואלית של העלווה (foliage) וה-NDVI, נמצא כי רמת הירוקות של השיטה הסלילנית גבוהה יותר מרמת הירוקות של השיטה הסוככנית (איור 15). באופן כללי, עבור ערך מסוים של "עלווה" ישנו ערך "NDVI" גבוה יותר בש. סלילנית. זאת אומרת שלעצים של ש. סלילנית שקיבלו למשל את הערך 4, יש יותר עלים מאשר עצים של ש. סוככנית שקיבלו את אותו הערך. הסיבה קשורה למין העץ ולמורפולוגיה שלו. אפשר לומר שלשיטה הסלילנית צפיפות עלים גבוהה מהשיטה הסוככנית בממוצע, או לחלופין - כמות הכלורופיל בעלים גבוהה יותר, וכך גם היצרנות הראשונית. בבדיקת המשרעת עבור 2 הפרמטרים, מדד NDVI עולה מונוטונית ובקורלציה גבוהה בשיטה סלילנית ( $R^2 = 0.5603$ ) (איור 16). עבור שיטה סוככנית הקורלציה אינה חזקה ( $R^2 = 0.1417$ ). ישנה משרעת גבוהה בכל ערך עלווה המעידה על כך שכאשר המנטר מעריך ערך מסוים של העלווה זה יכול לכלול עצים במצבים שונים (איור 16). ישנה חפיפה בערכי NDVI בין ערכי עלווה שונים וישנם מספר עצים עם עלווה בערכים גבוהים עם NDVI נמוך, לא ברור פשר חוסר ההתאמה. מניתוח זה נראה שבעוד שיש התאמה בין הערכים עדיף להשתמש בשני המדדים יחד.



איור 15- מדד NDVI ממוצע בהתאמה לקטגוריות של מדד העלווה עבור שני מיני השיטים (n=170, ± SE)

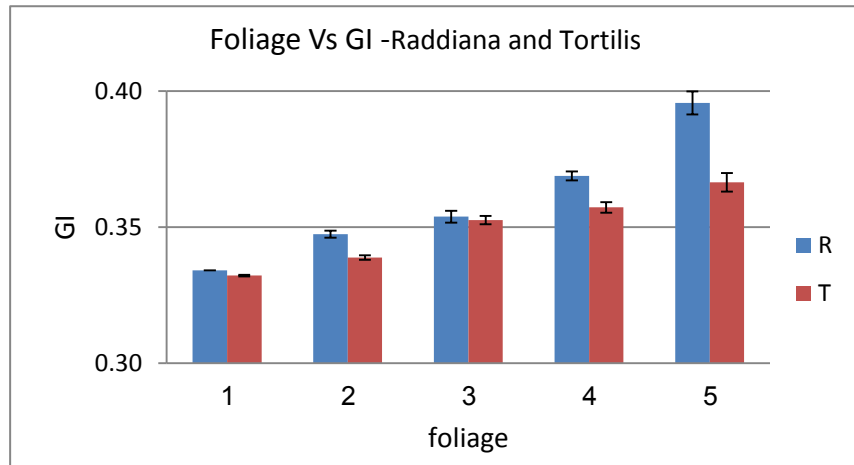


איור 16- משרעת ערכי NDVI, בהתאמה עבור כל ערך עלווה שהוערך ויזואלית לשיטה סלילנית (n=84, ± SE)

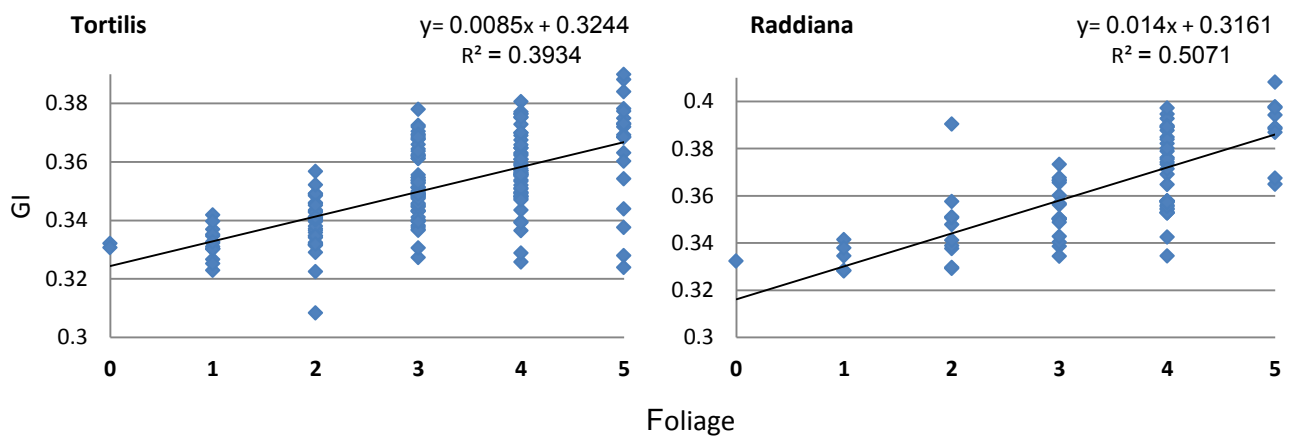


### 3.3.2 הקשר בין הערכה ויזואלית של העלווה (Foliage) (GI) Greens Index

הקשר בין הערכה ויזואלית של העלווה (foliage) ובין ערך *GI* Greens Index מראה שוב שרמת הירוקות של שיטה סלילנית גבוהה יותר מרמת הירוקות של השיטה הסוככנית (איור 17). בבדיקת המשרעת עבור הפרמטרים נראה שה *GI* עולה מונטונית ובקורלציה גבוהה יותר בעצי שיטה סלילנית ( $R^2 = 0.5071$ ) מאשר בעצי שיטה סוככנית ( $R^2 = 0.3934$ ) (איור 18).



איור 17- מדד *GI* ממוצע בהתאמה לקטגוריות של מדד העלווה עבור שני מיני השיטים ( $n=125, \pm SE$ )

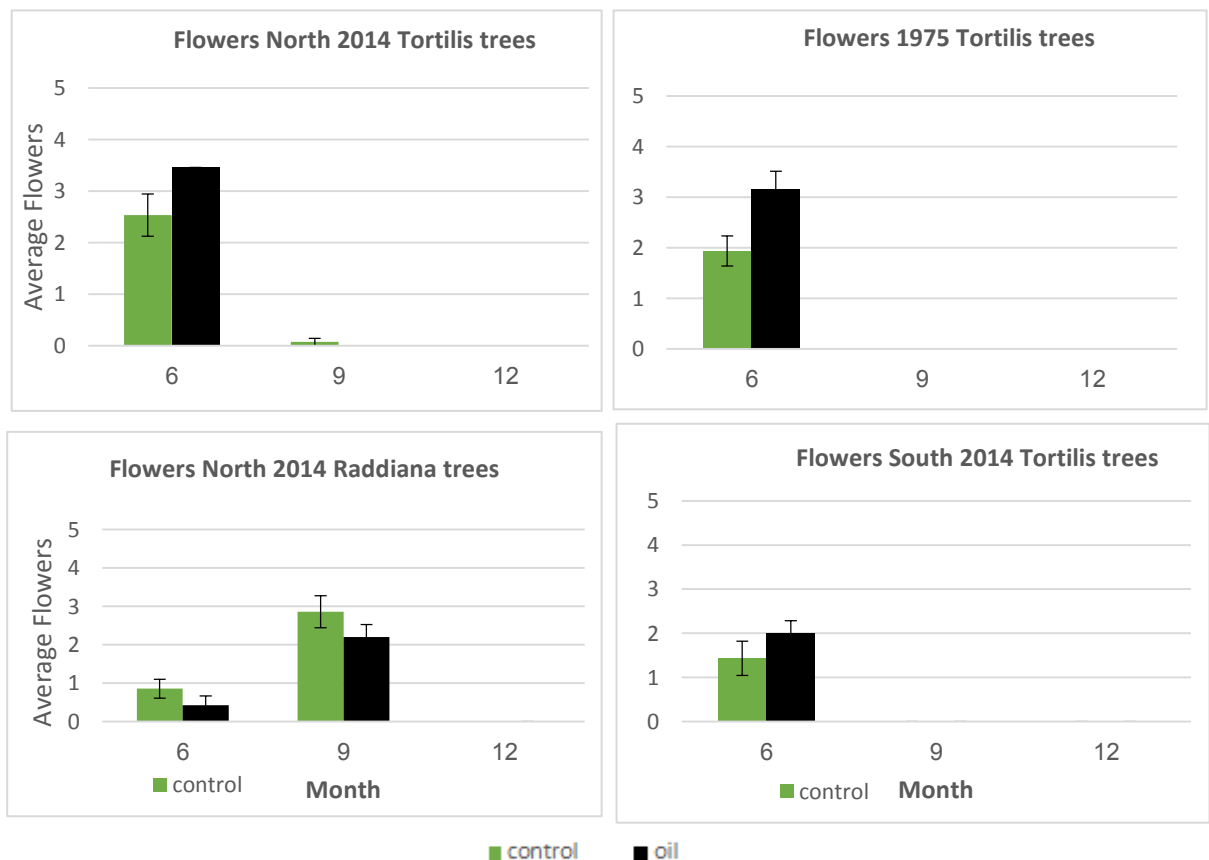


איור 18- משרעת ערכי *GI* בהתאמה עבור כל ערך עלווה שהוערך ויזואלית לעצי סלילנית וסוככנית ( $n=125, \pm SE$ )

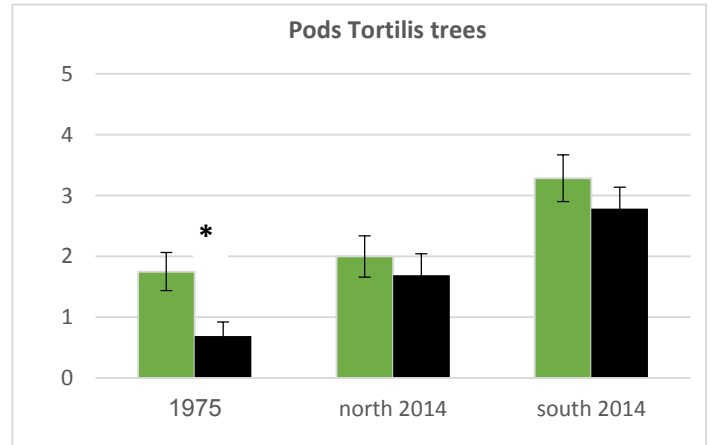
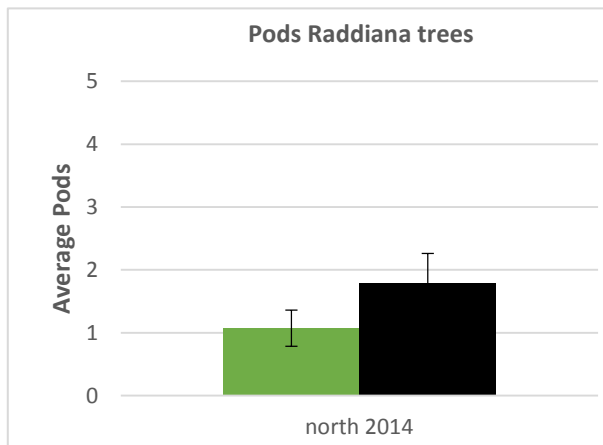
### 3.4 חיוניות- מצב פריחה ותרמילים

כמו בספרות, עצי שיטה סוככנית T מראים פריחה בעיקר במדידות חודש יוני ובחודשים שאחריו לא נצפית פריחה. שיטה סלילנית R פורחת מחודש יוני ועד נובמבר וניתן לראות עלייה בהערכת הפריחה מחודש יוני לספטמבר כשבחודש דצמבר לא נראית פריחה (איור 19). הערכת הפריחה הגבוהה ביותר נצפתה בחודש יוני בחלקה הצפונית בעצי סוככנית שנחשפו לנפט (ממוצע = 3.46). הערכת הפריחה הנמוכה ביותר נצפתה בחודש יוני בחלקה הצפונית בעצי סלילנית שנחשפו לנפט (ממוצע = 0.43) (איור 19). תוצאות 2016 דומות לתוצאות 2015 מבחינת הפנולוגיה (תזמון הפריחה בשנה) של כל מין אך שונות במגמה- ב 2015 בעצי שיטה סוככנית נראה שהנפט פגע בהיווצרות כמות פרחים לעומת עצי הביקורת בעוד שב 2016 נראית מגמה של היווצרות כמות פרחים גדולה יותר בעצי סוככנית שהנפט פגע מאשר בעצי הביקורת (נספח 3). בעצי סלילנית ב 2015 לא נראתה פגיעה בכמות הפרחים בעצי הנפט מול הביקורת בעוד שבשנת 2016 כן נראית מגמה לכמות פרחים רבה יותר בעצי הביקורת מול עצי הנפט (נספח 3).

מבחינת היווצרות הפירות, בשנת 2015 נראית פגיעה בכמות הפירות בעצי הנפט מול הביקורת בשני המינים, סלילנית וסוככנית (נספח 3). בשנת 2016 קיימת מגמה לפגיעה בהיווצרות פירות בעקבות הנפט רק בעצי סוככנית. בחלקת 1975. במבחן student t שנערך נמצא שפגיעה זו גרמה להבדל מובהק בין הנפט לביקורת ( $p < 0.1$ ) (איור 20).



איור 19- פרחים בעצי שיטה סלילנית וסוככנית בחלקות השונות (צפון 14, דרום 14 ו 1975) בחודשים יוני- דצמבר בעצים באזור הנפט וללא הנפט. (n=15, ± SE)

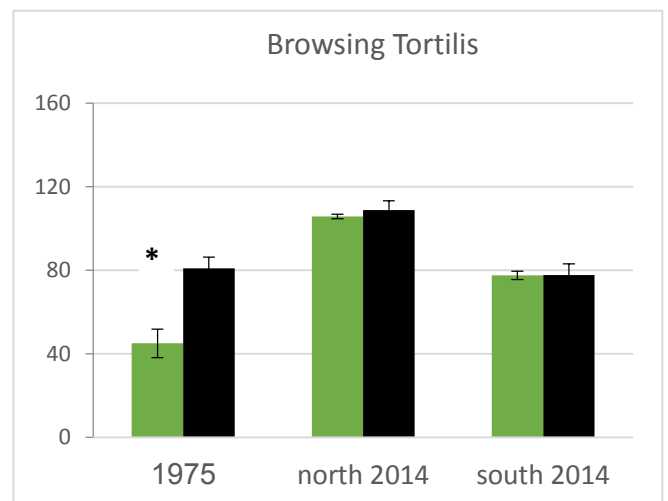
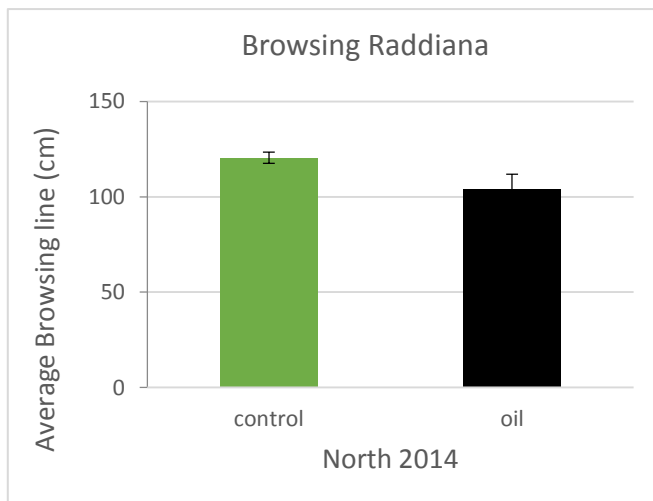


■ control ■ oil

איור 20- כמות תרמילים ממוצעת בחלקות השונות בעצי סלילנית וסוככנית בחודש יוני בעצים החשופים לנפט ועצים ללא נפט (n=15, ± SE)

### 3.5 קו רעיה

קו הרעייה הגבוה ביותר התקבל בחלקה הצפונית בעצי הביקורת שיטה סלילנית (120 ס"מ בממוצע). קו רעייה גבוה זה מעיד על רעייה אינטנסיבית יותר באזור הזה בעקבות המצאות כמות גדולה יותר של צבאים בחלקה זו. הצבאים נמצאים יותר באזור הזה בעקבות המצאות מספר רב של עצים, המספקים שפע מזון ומחסה. בעצי הסוככנית באותה חלקה קו הרעייה המקסימלי הוא 108 ס"מ בממוצע בעצי הנפט. בעצי הסלילנית קו הרעייה גבוה יותר בעצי הביקורת לעומת עצי הנפט (ממוצע = 120 ו 104 ס"מ בהתאמה). לעומת זאת, בחלקת 1975 בעצי סוככנית קו הרעייה גבוה יותר בעצי הנפט מאשר בעצי הביקורת (ממוצע = 80.8, 45 ס"מ בהתאמה). במבחן student t הובדל זה נמצא מובהק ( $p < 0.1$ ) בחלקה הדרומית קו הרעייה הוא 77 ס"מ בממוצע בעצי הנפט ובעצי הביקורת (איור 21).



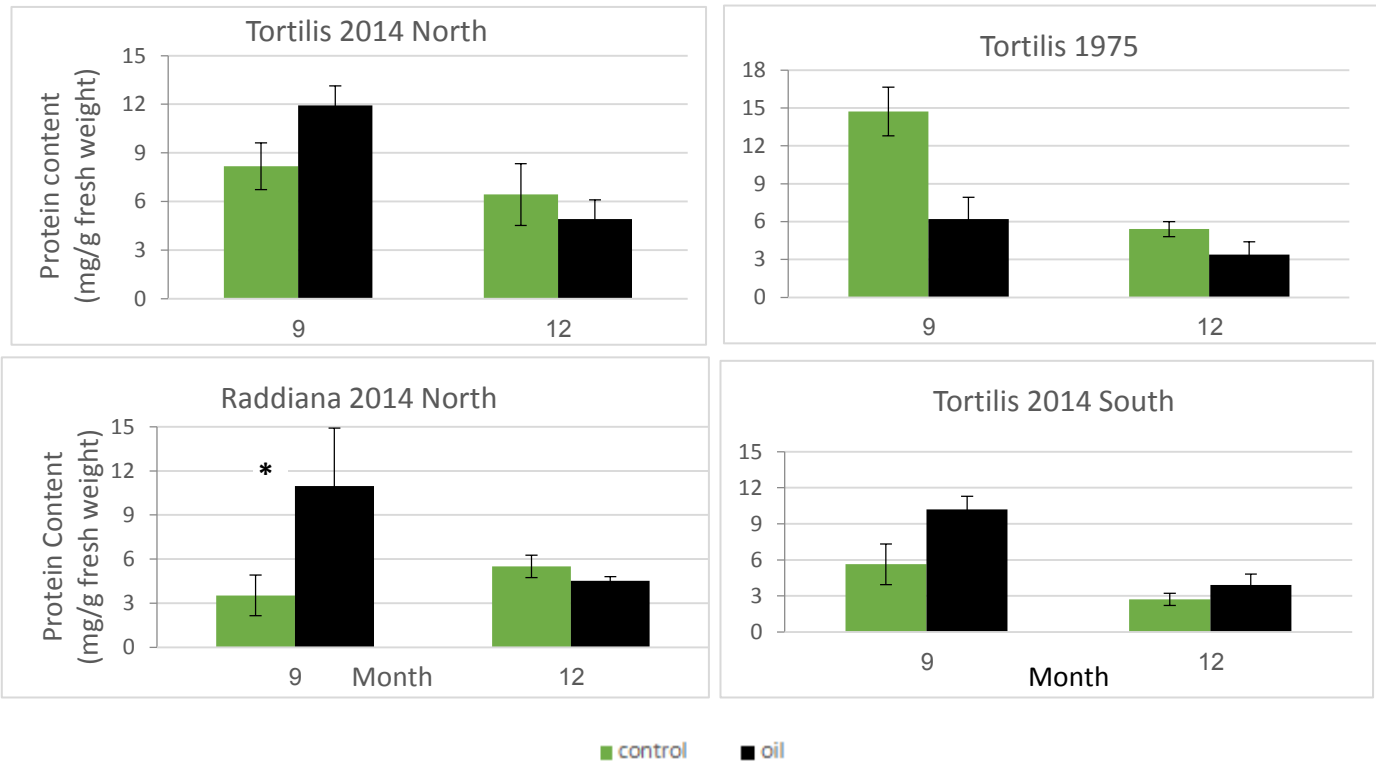
■ control ■ oil

איור 21- קו רעייה (ס"מ) בעצי שיטה סלילנית וסוככנית בחלקות השונות (צפון 14, דרום 14 ו 1975) באזור הנפט וללא נפט. (n=30, ± SE)



### 3.6 תרכובות בעלים- חלבונים

באופן כללי נראה שישנה מגמה לירידה בכמות החלבון מחודש ספטמבר לחודש דצמבר (ממוצע = 9.02 ו mg/g fresh whight 4.63 בהתאמה) (איור 22). יתכן וירידה זו מוסברת על ידי הצימוח הנרחב של העץ מיד לאחר השלכת הקיציית ואחוז החלבון הגבוה בצימוח החדש. בנוסף, נראה כי רמת החלבון בחודש ספטמבר גבוהה יותר בחלקה הצפונית בעצי נפט מאשר בעצי ביקורת בסלילנית (ממוצע = 10.97 ו 3.54 mg/g fresh whight בהתאמה). במבחן student t שנערך נמצא הבדל זה מובהק ( $p < 0.1$ ) (איור 22). באותו חודש (ספטמבר) בעצי סוככנית, באותה חלקה (צפונית) ובחלקה הדרומית גם רמת החלבון של עצי נפט גבוהה מהחלבון בעצי ביקורת (איור 22). לעומת זאת, בעצי סוככנית מחלקה 1975 נמצא ריכוז חלבון גבוה יותר בעצי הביקורת לעומת עצי הנפט בחודשים ספטמבר ודצמבר.



איור 22 – ריכוז חלבון בשיטה סוככנית וסלילנית בחלקות השונות (צפון 14, דרום 14 ו 1975) בחודשים ספטמבר ודצמבר בעצים באזור הנפט וללא הנפט ( $n=15, \pm SE$ )

## 4. דיון

לאחר כשנתיים מאירוע הנפט לא נראים הבדלים דרסטיים בין העצים בחלקות הנפט לבין עצי הביקורת. נראה שישנם עצים בודדים אשר סובלים מפגיעת הנפט אך אין קריסה כללית של המערכת האקולוגית. יש לציין שבאביב 2016 נערך פרויקט קילטור של הקרקע העליונה בשמורה, בכל החלקות שבהן נשפך הנפט. יתכן ופרויקט זה סייע (וימשיך לסייע) בהתמודדות המערכת האקולוגית עם הנזק הרב.

נראה שהנפט גרם לפגיעה נקודתית בפזיולוגיה של עצים מסויימים. בבדיקת היקפי הגזעים (הנגרמים ממצב המים בעץ) על ידי מכשירי הדנדרומטרים האלקטרוניים לאורך 7 חודשים נראים שני עצים אשר לא חל בהם כלל שינוי בעובי הגזע והם מקבילים לעץ הביקורת המת (איור 10). בעצים אלו אין גדילה של היקפי הגזעים כלל במהלך התקופה בהשוואה לשאר 8 העצים הנמדדים (5 ביקורת ועוד 3 נפט). נתון זה צורם במיוחד כאשר הטמפרטורה הממוצעת יורדת מתחת ל  $25^{\circ}\text{C}$  ובהמשך יש אירוע גשם (20.5 מ"מ נמדדו באזור) והיקפי שאר גזעי עצים מתרחבים בכ- 4 מ"מ בממוצע, בהיקפי גזעי עצים אלו אין גדילה. לעומת עצים אלה, שלושת עצי הנפט עם הדנדרומטרים האלקטרוניים הציגו גדילת היקפי גזע גדולים יותר אף מעצי הביקורת (5.2 לעומת 2.94 מ"מ בממוצע בהתאמה) (איור 10). תוצאה זו מרמזת על כך שהעצים בחלקות הנפט נמצאים במצב מים טוב יותר מאשר עצי הביקורת. לא בכדי הנפט זרם היכן שזרם- מדובר על ערוץ הזרימה העיקרי שבשמורה. לצערנו, לא נעשו ניטורים לשיטים בחלקות אלו לפני אירוע שפיכת הנפט. אם היו בידנו נתונים כאלה, סבורים אנחנו שהיינו רואים השפעה גדולה יותר על מדדי צימוח, חיוניות ופזיולוגיה של העצים בעקבות שפיכת הנפט. היות ואין בידנו נתונים כאלה נותר לנו להשוות את החלקות, אך כיוון ומצב המים באזורים בהם זרם הנפט טוב יותר, קשה לראות השפעה גדולה ומובהקת של זרימת הנפט על העצים. בבדיקה פרטנית לשני העצים עם הדנדרומטרים האלקטרוניים אשר נפגעו מהנפט (848,845) נמצא שהיחס בין הגובה של העצים לגודל החופה שלהם אינו פרופורציונאלי- עץ 845 בגובה 470 ס"מ עם חופת צפון דרום באורך 1210 ס"מ וחופת מזרח מערב באורך 1150 ס"מ. עץ 848 בגובה 270 ס"מ עם אורך חופה של 1260 ס"מ וחופת מזרח מערב באורך 840 ס"מ. ממוצעי שאר העצים מהנפט- גובה 573 ס"מ וחופה ממוצעת צפון-דרום 1136 ס"מ, חופה ממוצעת מזרח מערב 1100 ס"מ (נספח 6). בהסתכלות במיקומי העצים נמצא שעץ 845 נמצא ליד עץ 846 אשר מת כתוצאה מאירוע שפיכת הנפט. (מיקומי העצים בנספח 9). באופן כללי נראה ששני עצים אלו אשר לא התפתחו בגדילת הגזע הם קטנים יותר (גובה ממוצע = 370 ס"מ) משאר העצים (גובה ממוצע = 573 ס"מ) באותו טיפול נפט אשר גדלו יותר מהביקורת. נמצא שערכי NDVI של אותם שני עצים לתמונות שנלקחו בדצמבר 16 נמוכים מאוד מהממוצע של שאר העצים מאותו טיפול (0.1, 0.286) לעצים 845 ו 848 בהתאמה, ממוצע שאר העצים (4.07) (איור 13). תוצאה זו תומכת בהשערה שקיימת פגיעה נקודתית בעצי נפט ספציפיים.

בתוצאות הדנדרומטרים הידניים קיים הבדל מובהק לגדילת עצי הביקורת משמעותית יותר מעצי הנפט בחלקה הצפונית בעצי סוככנית בעוד שבאותה חלקה בעצי סלילנית נראה שעצי הנפט דווקא גדלים יותר מעצי הביקורת וכך גם בחלקת 1975 (הבדל מובהק). בחלקה הדרומית לא ניכרת השפעה של הנפט על תוצאות הדנדרומטרים הידניים (איור 11). נראה שאירוע שפיכת הנפט ב 2014 השפיע לרעה רק על עצי סוככנית בחלקה הצפונית ולעומתם גזעי עצי סלילנית מהחלקה הצפונית שהיו חשופים לנפט המשיכו לגדול (ואף יותר מעצי הביקורת). כפי שצויין בפרק שיטות הותקנה מערכת sap flow על עצי נפט וביקורת שמטרתה לבדוק את מצב המים בעצים (איור 5). בהמשך נקבל תוצאות של מדידת מערכת ה Sap flow ונקבל מושג טוב יותר לגבי השפעת הנפט על הפזיולוגיה של העצים.

שמורת עברונה נשלטת על ידי שני מינים של עצי שיטה: שיטה סלילנית, שנמצאת בעיקר באזור הצפון מערבי ושיטה סוככנית, שנמצאת בכל השמורה. לשני המינים פנולוגיה קצת שונה, כאשר שיטה סלילנית מבלבת בסוף האביב לפני שיטה סוככנית. בשנת הניטור הראשונה לא נצפתה ירידה בירוקות העצים כתוצאה מהנפט (איורים 12, 13, 14). פגיעה בפזיולוגיה של העצים בעקבות הנפט נראית רק בחלקה של 1975 בה כמות התרמילים נמוכה באופן מובהק בעצי הנפט לעומת הביקורת (איור 20).

בהשוואת ריכוז החלבון בין עלים של עצי נפט לביקורת נראה שישנה מגמה ליותר חלבון בעצי הנפט לעומת הביקורת (איור 22). זאת בשונה מתוצאות ניטור זמן 0 בהן ריכוז החלבון גבוה יותר בעצי הביקורת לעומת עצי הנפט (נספח 4). ריכוז חלבון גבוה יותר בעצי הנפט יכול לרמז על "פיצוי" שהעץ מייצר כתגובה לעקה בה הוא שרוי. אולי ניתן לקשור השערה זו לתוצאת מדידת קו הרעיה בחלקת 1975 בעצי סוככנית בה עצים שנחשפו לנפט ב 1975 היו נתונים ללחץ רעיה גבוה יותר מאשר עצים שלא נחשפו לנפט (איור 21). הועלתה השערה שהחשיפה לנפט "גרמה" לעצים לייצר חומרים חיוניים לצבאים הרועות אותן, כגון חלבונים. לעומת זאת, בעבודת מאסטר של Tran Hoai Thana אשר בוצעה במרכז מדע שלוחת חצבה בהדרכתו של ד"ר גדעון וינטרס התקבלו תוצאות של חלבון גבוה בשורשים של עצים שלא נחשפו לנפט (עצי ביקורת) לעומת שורשי

עצים שגדלו בנפט (טרם הוגש) (נספח 5). בנוסף לתוצאות החלבונים, בדיקות נוספות בעבודתו של Tran Hoai הראו שנבטים נפגעו בגדילתם כתוצאה מהנפט. עוד בנושא החלבונים, ניסיונו השנה בהפקת החלבונים מלמד שיש צורך בשתי כתישות של העלים ולא בכתישה אחת. מסקנה זו נישם מעתה ואילך.

בעבודתה של Nothers et al אשר חקרה את מיני הצומח בשמורת עברונה 40 שנה לאחר אירוע שפיכת הנפט שאירעה ב 1975, מוצג נתון מטריד אשר מראה כי בחלקה זו כמעט ולא קיימים עצי שיטה קטנים (נספח 6). אני סבורים שנתון זה מצביע על כך שבמהלך כמה עשורים לאחר אירוע שפיכת הנפט ב 1975 היה קושי בנביטת זרעי השיטים. בניטור שאנחנו עורכים בשמורת עברונה אין התייחסות להשפעת הנפט על הנבטים, אך יתכן שבעוד ונראה כי השמורה לא נפגעה בצורה קריטית, הנזק הגדול עשוי להיחשף בעוד מספר שנים בעקבות שיבוש בנביטה.

לסיכום, מדידת מצב המים בעצים על ידי שימוש בדנדרומטרים להיקפי גזע הניבה תוצאה מעניינת אשר ברצוננו להתמקד בה בעתיד. תוצאות היקפי הגזע מובילות למסקנה כללית שיתכן ועצים בודדים נפגעים בעקבות הנפט בעוד שעצים אחרים לא מראים בשלב התחלתי זה של המחקר פגיעה. נוסף לכך, כנראה שהפגיעה היא בעצים צעירים יותר וכן בנביטת זרעים ופחות בעצים בוגרים (נספחים 6,7). תוצאות החלבונים של מחקר זה בעברונה סותרות תוצאות שהתקבלו בעבודה קודמת.

המלצות-

1. להתמקד בשנת הניטור הבאה בבחינת הפזיולוגיה של העצים- מצב המים של העצים שנחשפו לנפט לעומת עצים שלא נחשפו לנפט על ידי שימוש במערכת Sap flow ובנוסף, הוספת דנדרומטרים אלקטרוניים לעצים נוספים, בעיקר באזור של העצים שנפגעו על עצים שלא גדלים.
2. בחינת נביטת זרעי השיטים בחלקות שנחשפות לנפט לעומת חלקות הביקורת.
3. התמקדות בבחינה מעמיקה של העצים בנפט אשר מראים האטה בגדילת הגזעים לעומת עצים שלא מראים פגיעה. בבחינת העצים הללו נבדוק את המיקום הספציפי שלהם בערוצי הזרימה, היחסים בין גודל העץ והעלווה והערכת סיכוני תמותה כמו גם שאר הפרמטרים שנבדקו השנה.

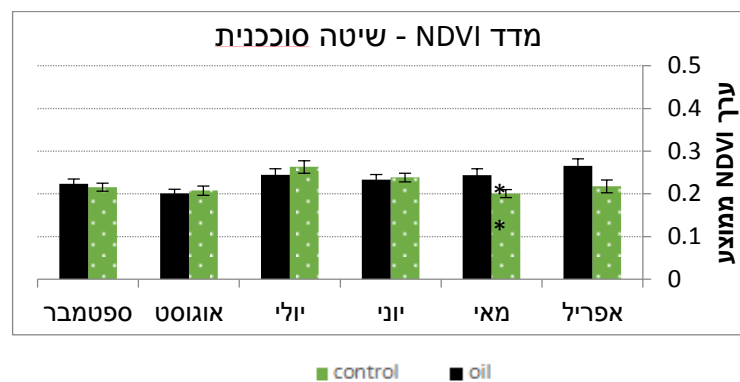
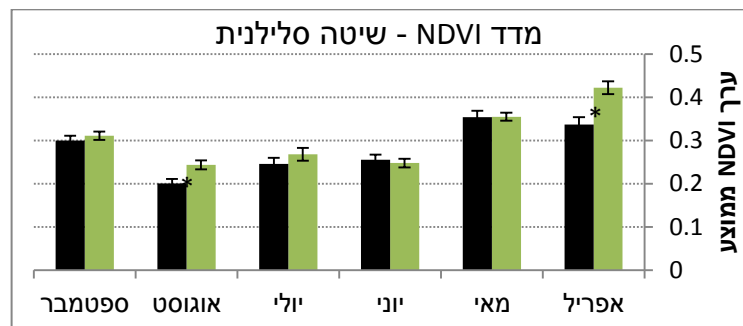
## 5. נספחים

נספח 1: טבלת עבודה אפריל-יוני 2016, צוות ניטור שנה ראשונה.

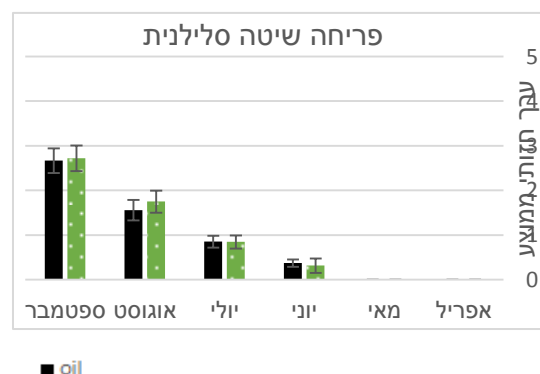
תאריך	סוג הפעילות	פירוט העבודה	ימי עבודה	המבצעים	מספר אנשים	סה"כ ימי עבודה
4/5/16	שיטים	התקנת דנדרומטרים אלקטרוניים	1	ניצן, גדעון, רותם	3	3
7/6/16	שיטים	פנולוגיה + התקנת דנדרומטרים	1	ניצן, גדעון, רותם	3	3
8/6/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, גדעון, רותם	3	3
9/6/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, גדעון, רותם	3	3
10/6/16	שיטים	פנולוגיה + חלבונים	1	ניצן, גדעון ר, גדעון ו, רותם, טאן	5	5
10/8/16	שיטים	איסוף עלים לאנטיאוקסידנטים	0.5	ניצן, טאן	1	0.5
25/9/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, רותם, יעקב	3	3
26/9/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, רותם, יעקב	3	3
28/9/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, יעקב	2	2
29/9/16	שיטים	פנולוגיה	1	ניצן, יעקב	2	2

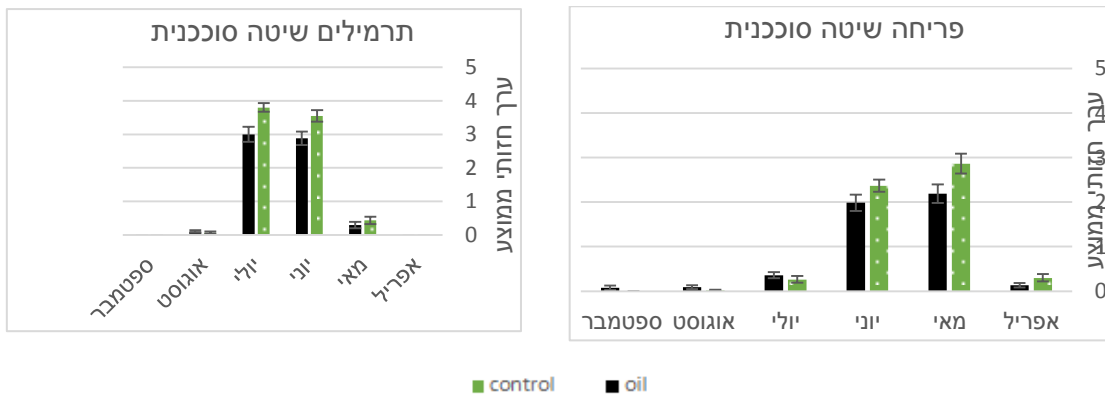
2	2	ניצן, אלון	1	הצבת עמודים למיקום נק' צילום	שיטים	26/10/16
9	9	ד"ר גדעון וינטרס, ד"ר תמיר קליין, ד"ר שבתאי כהן, וויקטור (וולקני), טאנה, ועוד 4 עובדים	1	Sap מערכת flow	שיטים	26/11/17
0.5	1	ניצן, טאן	0.5	איסוף עלים לאנטיאוקסידנטים	ניטור שיטים	26/12/16
4	4	ניצן, רותם, יעקב, עפרה	1	פנולוגיה + מדדי גודל	ניטור שיטים	27/12/16
1	1	ניצן, יעקב, אלון, סטודנט מכון ערבה	1	פנולוגיה + מדדי גודל	ניטור שיטים	28/12/16
44						סה"כ ימי עבודה

נספח 2: תוצאות NDVI 2015

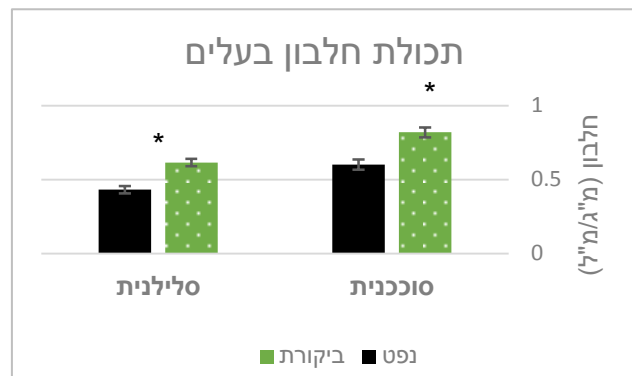


נספח 3: תוצאות פנולוגיה- פריחה ותרמילים 2015

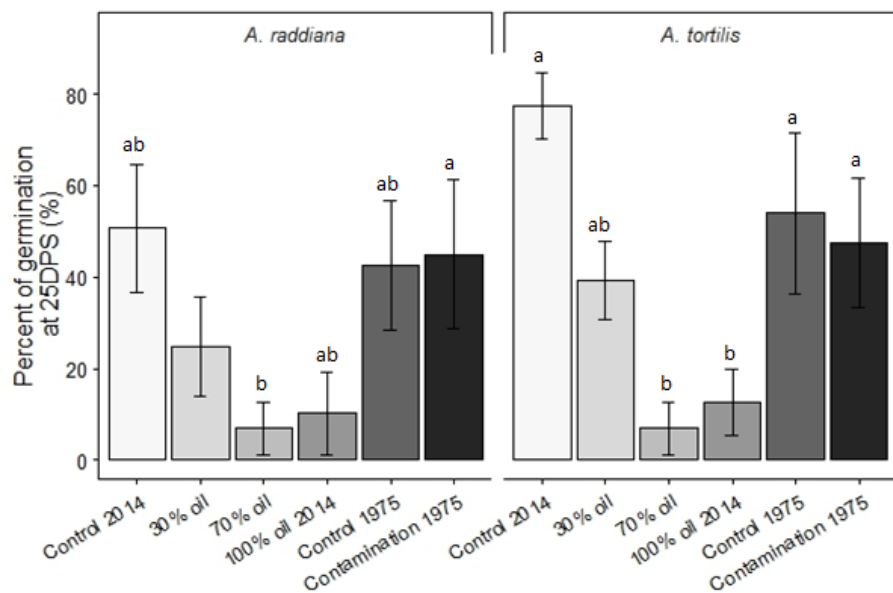




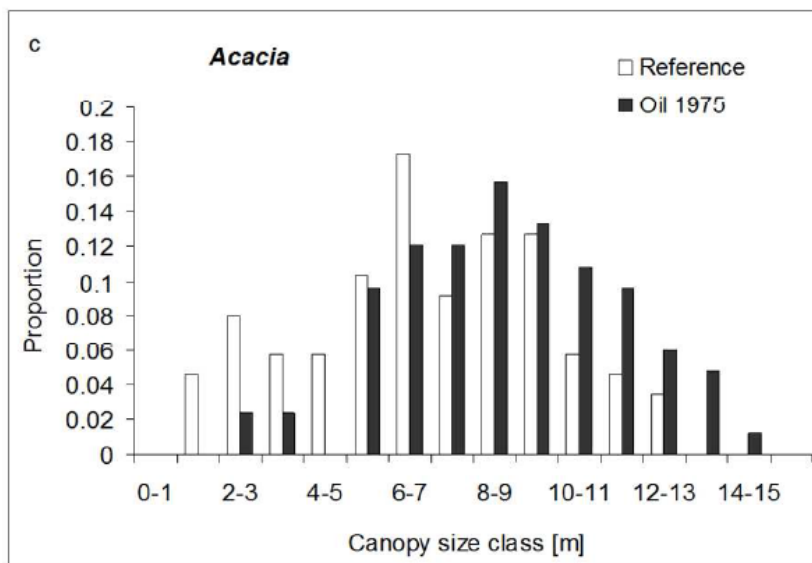
נספח 4: תוצאות ריכוז חלבון 2015



נספח 5: אחוזי נביטה זרעי שיטים *A. Tortilis* ו *A. Raddiana*, בטיפולים שונים- אדמה מחלקת 1975, אדמה מחלקה צפונית 2014 –נפט וביקורת (Tran Hoai Thana - טרם הוגש).



נספח 6: מספר העצים בגדלי חופות עלווה שונות בחלקת 1975 (Nothers et al, 2016)

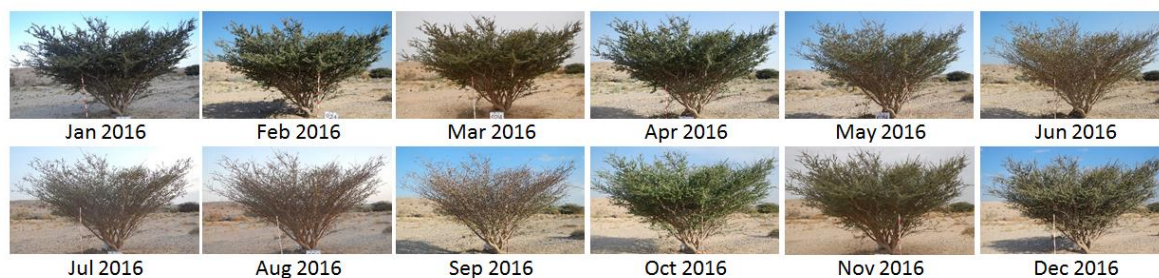


נספח 7: היחס בין גובה עצים וגודל החופה שלהם בעצים עם דנדרומטרים אלקטרוניים

חופה מזרח מערב	חופה צפון דרום	גובה	מספר עץ	טיפול
1290	1250	550	32	ביקורת
970	620	290	33	ביקורת
1290	950	340	34	ביקורת
730	880	240	35	ביקורת
940	860	420	36	ביקורת
1400	1470	710	840	נפט
1150	1210	470	845	נפט
840	1260	270	848	נפט
1020	1040	700	857	נפט
880	900	310	859	נפט

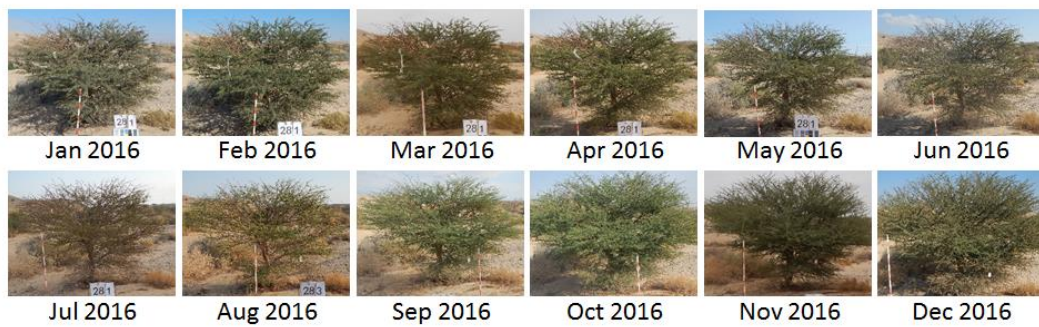
נספח 8: פנולוגיה של עצי שיטה סלילנית וסוככנית

Leaf phenology: *Acacia tortilis* 24 Jan-Dec 2016

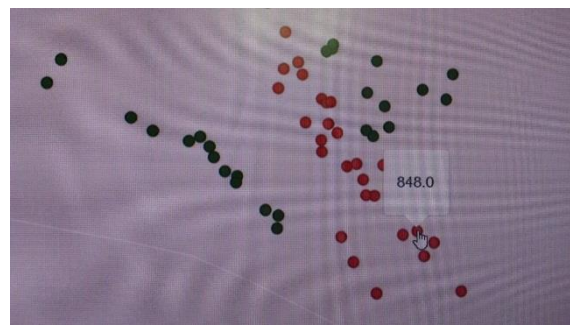
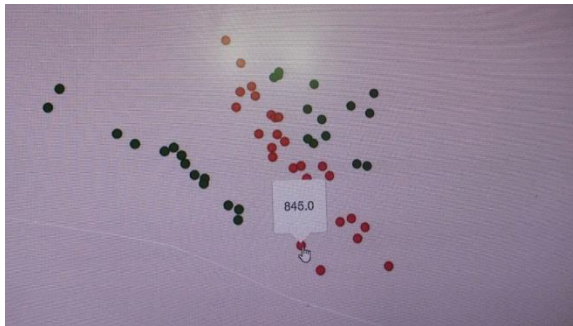




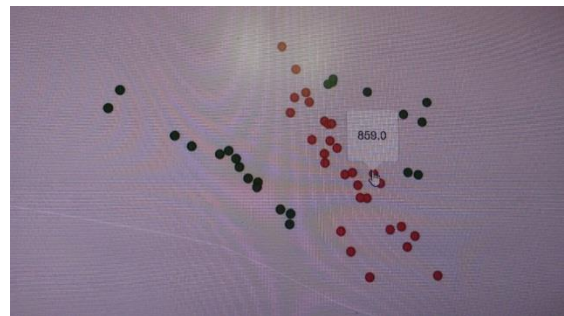
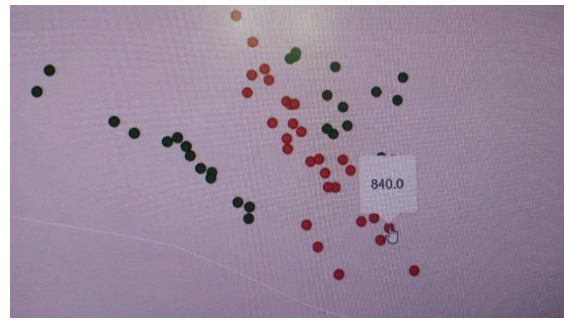
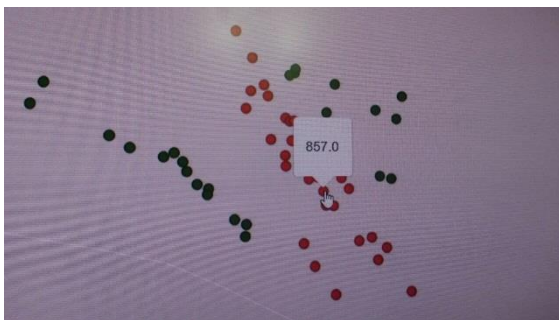
Leaf phenology: *Acacia raddiana* 281 Jan-Dec 2016



נספח 9: מיקומי עצי נפט עם דנדרומטרים אלקטרוניים בחלקה הצפונית אשר לא הראו גדילה בהיקף הגזע



נספח 9 : מיקומי עצי נפט עם דנדרומטרים אלקטרוניים בחלקה הצפונית אשר גדלו בהיקף הגזע יותר מעצי הביקורת



- Ballester, C., Buesa, L. Bonet and Intrigliolo, D.S., 2014. Usefulness of stem dendrometers as continuous indicator of loquat trees water status. *Agricultural Water Management*, 142: 110-114.
- Booker, F.L., Miller, J.E. 1998 Phenylpropanoid metabolim and phenolic composition of soybean (*Glycine max L.*) leaves following exposure to ozone. *J Exp Bot*, 49(324):1191-1202.
- Bradford, M. M. (1976) A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.* **72**:248-254.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D.L., et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 3 - Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 961-1010.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: 323–333.
- J.E. Fernández a,\*, J.M. Torres-Ruiz a, A. Diaz-Espejoa, A. Monteroa, R. Álvarez b, M.D. Jiménez b, J. Cuerva b, M.V. Cuevas a (2011). Use of maximum trunk diameter measurements to detect water stress in mature 'Arbequina' olive trees under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 98 1813–1821.
- Elias Fereres, David Goldhamer, Moshe Cohen, Joan Girona, Merce Mata (1999). Continuous trunk diameter recording can reveal water stress in peach trees. *CALIFORNIA AGRICULTURE*
- שושנה אשכנזי (1995). עצי השיטה בנגב ובערבה, סקר בעקבות תופעות ההתייבשות והתמותה, הקרן הקיימת לישראל מנהל פיתוח הקרקע.

\* Mara Nothers, Nitzan Segev, Juergen Kreyling, Amgad Hjazin, Elli Groner (2016) Desert vegetation forty years after an oil spill. *Journal of Environmental Quality* Manuscript ID JEQ-2016-03-0078-TR.R2