

## בחירת השינוי באחוז כיסוי צומח באמצעות חישה מרחוק כאמצעי לבקרת השקיה בשדות כותנה

על-ידי

פית כהן, ויקטור אלחנתי, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי  
משה מרון, מיג"ל  
יגאל פלש, שה"ם

### א. תקציר

**הצגת הבעיה:** בקרת ההשקיה המקובלת בגידול כותנה בישראל היא באמצעות מדידת השינוי היומי בגובה של הצמחים עד אמצע חודש יולי. מחדש יולי ואילך בקרת ההשקיה מתבצעת על-פי מדידות של פוטנציאל מים בעלה בשעות הצהריים באמצעות תא-לחץ. אמצעים אלו נבחנו בעבר במספר רב של ניסויים ונמצאו כאמצעים טובים יעילים וזולים ואמינים. אפיון מצב המים בשדה כולו נעשה באמצעות מדידה של מספר עלים והשדה כולו מושקה על-פי מדידות אלו. בשיטה זו לא נלקחת בחשבון השונות הקיימת בשדה וניתן לשער כי ערך פוטנציאל המים של העלים הנדגמים איננו מאפיין בצורה ראויה את מצב השדה כולו.

**מהלך ושיטות עבודה:** א. רכישת צילומים בתחום הנראה וצילומים תרמיים מוטסים מעל שדה כותנה במגידו שחלקו היה תחת טיפולי השקיה שונים; בנוסף מופה מדד NDVI באמצעות מכשיר ה-GreenSeeker; ב. בחינת הקשר שבין שינויים בגובה הצמח ובין שינויים במדד הצומח GRndvi מבוסס צילומים בתחום הנראה; ג. מיפוי הקשר וחלוקת השדה לאזורי מימשק לפי שכבות מרחביות שונות; ד. יישום מודל קיים המתאר את הקשר בין מדד העקה CWSI ובין פוטנציאל המים בעלה על הצילום התרמי המוטס ובחינת דיוק המיפוי והשונות המרחבית.

**תוצאות עיקריות:** א. נמצא קשר טוב בין שינויים בגובה הצמח ובין שינויים במדד הצומח בצילומים שבוצעו במהלך חודש יוני; ב. לא נמצא קשר כלל בין הצילומים שבוצעו בסוף חודש יוני ובתחילת חודש יולי מכיוון שמדד הצומח הגיע לרוויה; ג. נמצאו שני אזורי מימשק שונים בשדה ונראה כי יש להתייחס אליהם בנפרד בקבלת החלטות השקיה; ד. המודל המקשר בין מדד העקה ובין פוטנציאל המים בעלה שנבנה בשנים הקודמות הניב מפה המתארת היטב את השונות בשדה מבחינת פוטנציאל מים אם כי התקבל דיוק בינוי בלבד.

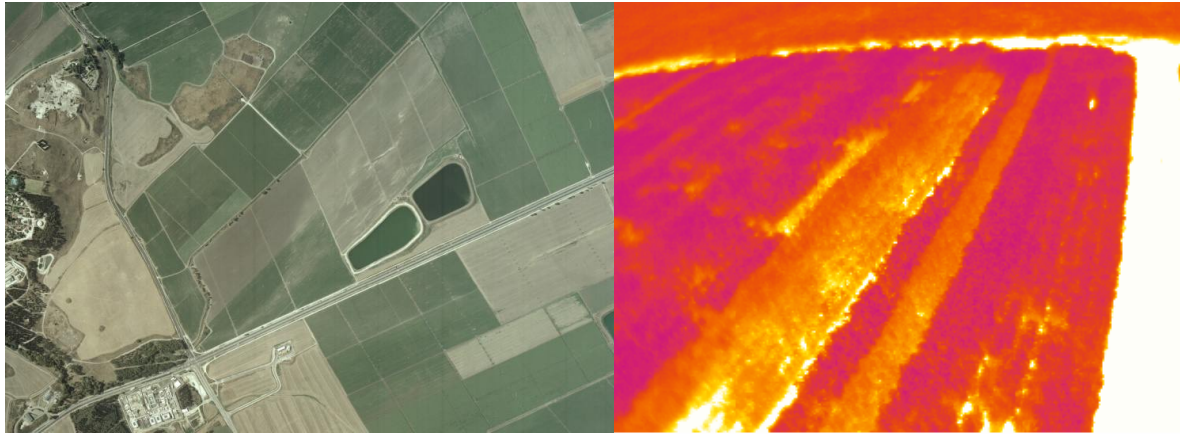
**מסקנות:** א. ניתן להשתמש בצילומים מוטסים שבועיים בתחום הנראה למיפוי השונות של שינויים בגובה עד למצב של LAI גדול מ-2. צילומים אלו עשויים לתאר את השינויים בגובה בכל אזור מימשק; ב. ניתן להשתמש בצילומים תרמיים מוטסים על מנת למפות את השונות של פוטנציאל המים בעלה אם כי יש לבצע התאמות למודל הקיים על מנת שיתאים יותר לצילומים מוטסים; ג. על מנת להפוך את הצילומים התרמיים המוטסים ליישום נרחב שיש בצידו רווח יש לבצע ניסויים בהשקיה משתנה.

## ב. מבוא

בקרת ההשקיה המקובלת בגידול כותנה בישראל היא באמצעות מדידת השינוי היומי בגובה של הצמחים עד אמצע חודש יולי. מחודש יולי ואילך בקרת ההשקיה מתבצעת על-פי מדידות של פוטנציאל מים בעלה בשעות הצהריים באמצעות תא-לחץ. אמצעים אלו נבחנו בעבר במספר רב של ניסויים ונמצאו כאמצעים טובים יעילים זולים ואמינים. אפיון מצב המים בשדה כולו נעשה באמצעות מדידה של מספר עלים והשדה כולו מושקה על-פי מדידות אלו. בשיטה זו לא נלקחת בחשבון השונות הקיימת בשדה וניתן לשער כי ערך פוטנציאל המים של העלים הנדגמים איננו מאפיין בצורה ראויה את מצב השדה כולו. על-מנת לאפיין את השונות במצב משק המים בתוך השדה יש לבצע מדידות גובה או פוטנציאל מים בעלים רבים. לייצוג השונות בשדה שלוש יתרונות. ראשית, הערכת המצב בשדה כולו בצורה אמינה ומדויקת יותר וכך לקבל החלטות לכמויות ולעיתוי השקיה המתאימות יותר למצב בשדה כולו. שנית, הן מאפשרות לאתר אזורים חריגים הדורשים טיפול מיוחד – תיקון תקלות וכדומה. יתרון אחרון הוא היכולת לחלק את השדה לאזורי מימשק השקיה שונים אשר בעתיד יוכלו לקבל טיפול שונה באמצעות טכנולוגיות השקיה מתקדמות. צילום אווירי מאפשר קבלת מידע מרחבי בקנה מידה מקומי ואזורי. המידע המרחבי שמתקבל מצילומים מוטסים תלוי בסוג המצלמה בה משתמשים. מיפוי של גובה הצמח יכול להתבצע באמצעות צילום בתחום הנראה והאינפרא-אדום הקרוב (אא"ק ; NIR) ואילו מיפוי פוטנציאל מים דורש צילום בתחום התרמי. צילום בתחום הנראה ובתחום ה-NIR מאפשר חישוב של אינדקס הצומח Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) אשר לו מיתאם גובה עם הכיסוי הצמחי. מדד נוסף המתבסס על התחום הנראה מכונה GRndvi. לכיסוי הצמחי מיתאם גובה עם גובה הצמחים. צילום אווירי מסוג זה הינו זול וזמין ומספק צילומים ברזולוציה קרקעית מאוד גבוהה וכך יכול להוות חלופה למידגם של עלים בודדים ולייצג את השונות בשדה.

בשנים האחרונות התפתחה והפכה זמינה יותר הטכנולוגיה של צילום תרמי. באמצעות צילום תרמי ניתן לאמוד את טמפרטורת העלווה במרחב השדה שלה מיתאם טוב עם מצב המים בצמח או פוטנציאל המים בעלה. באמצעות צילומים תרמיים מוטסים ניתן לקבל מפה המתארת את שונות מצב משק המים בו. להבדיל מהשימוש הנרחב בעולם במדדי צומח להערכת הכיסוי הצמחי בגידולים שונים, בחינת הקשר בין טמפרטורה המתקבלת באמצעות צילום תרמי ובין פוטנציאל המים בעלה נמצא בתחילת הדרך. בנוסף, המצלמות התרמיות הן עדיין יקרות ובעלות רזולוציה קרקעית נמוכה. לפיכך, יעילותו של צילום תרמי מוטס צריכה עוד להיבחן לפני שניתן יהיה ליישם לבקרת השקיה.

לאור זאת, במסגרת שנה זו רצינו לבחון את האפשרות לשימוש בצילומים מוטסים בתחום הנראה למיפוי ומעקב אחר השינוי בגובה הצומח. כמו כן, רכשנו צילום תרמי מוטס ליישום מודל ולמיפוי של פוטנציאל המים בעלה. הרעיון הוא ליצור בסיס בו חישה מרחוק תהווה כלי בקבלת החלטות השקיה לאורך כל תקופת הגידול כאשר בתחילת העונה ייעשה שימוש בצילומים בתחום הנראה והא"א הקרוב ואילו מאמצע העונה ועד סוף עונת ההשקיה ייעשה שימוש בצילומים תרמיים (איור 1).



יוני

יולי

אוגוסט

**איור 1:** התאמת טכנולוגיות שונות של חישה מרחוק לקבלת החלטות השקיה לפי תקופת הגידול. במהלך יוני עד אמצע יולי ניתן לעשות שימוש בצילומים תחום הנראה והא"א הקרוב ומאמצע יולי ועד סוף אוגוסט ניתן לעשות שימוש בצילומים תרמיים.

### ג. צילומים בנראה וסריקה קרקעית של מדד NDVI למיפוי של כיסוי הצומח

#### שיטות

במהלך קיץ 2007 רכשנו שלושה צילומים מוטסים בתחום הנראה (כחול, ירוק ואדום) מעל חלקות של קיבוץ מגידו (מכיוון שהצילום התפרש על 5X5 קמ"ר נכללו בתוכו חלקות רבות נוספות באזור). הצילומים בוצעו במירווחים של שבועיים במועדים: 10/6 ; 22/6 ו-8/7.

הצילומים עברו 2 עיבודים מקדימים על מנת לאפשר התאמה בין המועדים השונים:

1. כיול רדיומטרי וחישוב ערכי החזר קרינה בכל ערוץ: הכיול התבצע באמצעות שיטת ה-Empirical

Line. לשם כך בכל מועד נמדדו הערכים הגולמיים של הצילום בשתי תכסיות קרקע בעלות החזר קבוע יחסית בשלושת הערוצים. האחת בעלת החזר נמוך – מאגר מים והשניה בעלת החזר גבוה – אזור גיר חשוף. עיבוד מקדים זה מאפשר להשוות בין הערכים השונים המתקבלים במועדים השונים.

2. ייחוס גיאוגרפי: במרחב הצילום נאספו נקודות אשר הקואורדינטות שלהן ידועות. באמצעות

הנקודות הללו ובאמצעות משוואה פולינומיאלית בוצע ייחוס גיאוגרפי לרשת גיאוגרפית WGS84. באופן זה ניתן היה לשכב את הצילומים מן המועדים השונים ולעקוב אחר השינוי במרחב ובזמן.

בנוסף, להמשך העיבוד חתכנו את הצילום הגדול ולקחנו ממנו רק את האזור של חלקה 14.

במקביל בשני המועדים הראשונים בוצעו סריקות קרקעיות באמצעות מכשיר ה-GreenSeeker (של חברת אגם) מעל חלקות 14, 30 ו-27 של קיבוץ מגידו. למכשיר זה שני חיישנים – האחד בתחום האדום והשני בתחום הא"א הקרוב. באמצעותו ניתן למפות שני מדדי צומח: יחס בין שני ערכי שני הערוצים ומדד ה-NDVI.

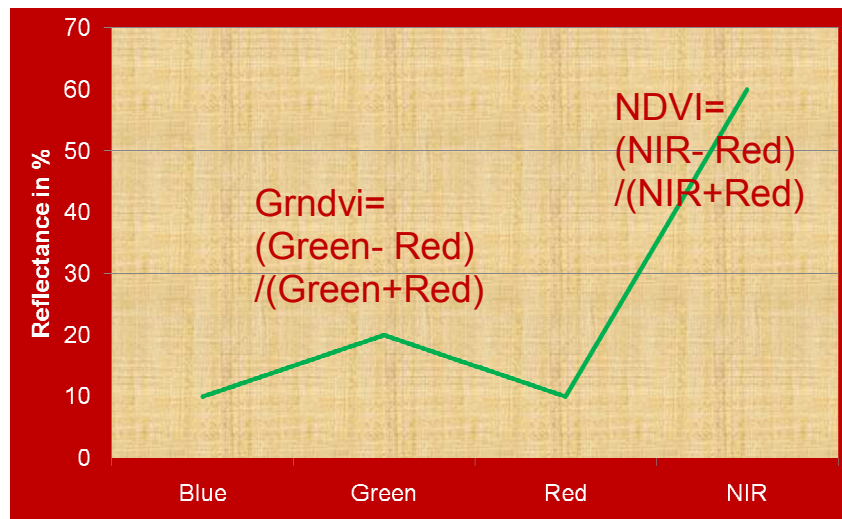
#### איסוף נתוני אימות

בשלושת המועדים בהן התבצעה טיסה/סריקה נאספו מן השדה נתוני אימות מכ-30 נקודות דגימה. נתוני האימות כללו: גובה ו-LAI של ארבעה צמחים סביב למרכז מיקום נקודת הדגימה. בנוסף נלקחו דגימות

למידת ביומסה ב-6 נקודות מתוך ה-30. מיקומי הנקודות נלקחו באמצעות מכשיר DGPS (אשר הושאל מחברת אגס).

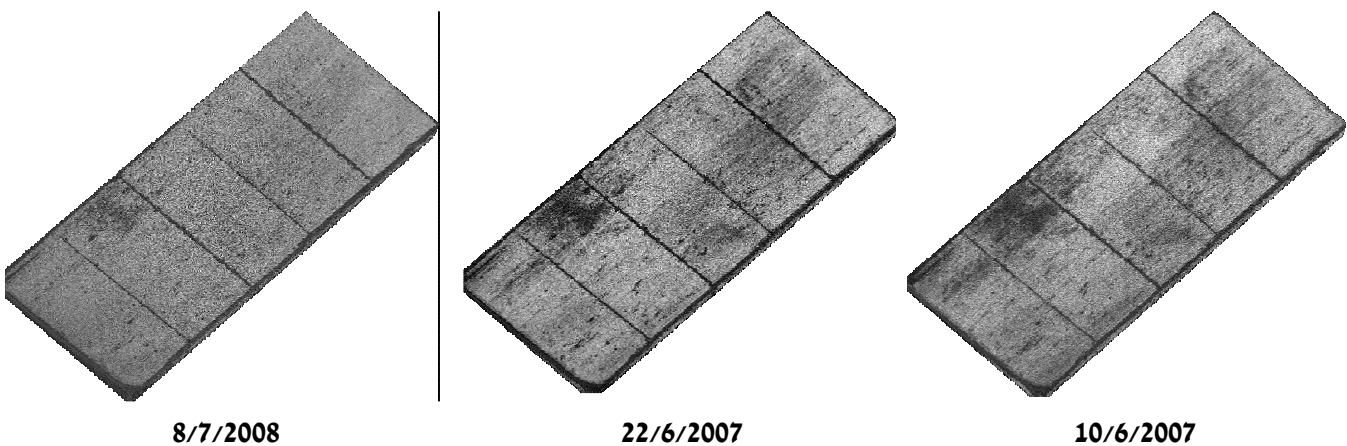
### ניתוח

חישוב מדד הצומח GRndvi נעשה על בסיס שלושת הצילומים. מדד זה מתבסס על הערוצים הירוק והאדום ומחושב לפי המשוואה באיור 2. מדד זה מתבסס על כך שככל שכיסוי הצמחי עולה כך עולה הערך של ההחזרה בתחום הירוק ויורד הערך המקביל בתחום האדום. במקביל מדד ה-NDVI מתבסס על כך שככל שהכיסוי הצמחי עולה כך עולה הערך של ההחזרה בתחום הא"א הקרוב ויורד הערך המקביל בתחום האדום. איור 2 מציג עקום טיפוסי בארבעת הערוצים הרלוונטיים ועל ההבדלים בהחזר עליהם מתבססים שני המדדים. איור 3 מציג את שכבות מדד הצומח GRndvi מן המועדים השונים.

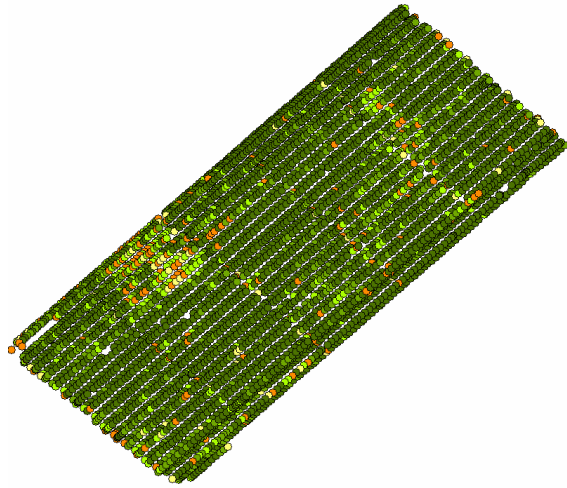


איור 2: עקום טיפוסי של החזר הקרינה בארבעת הערוצים בתחום הנראה והא"א הקרוב

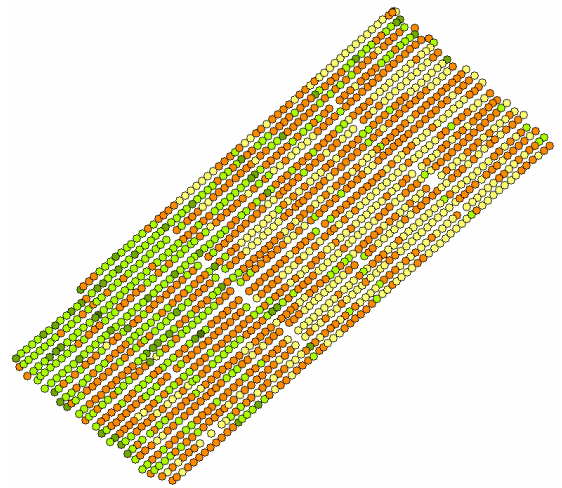
על מנת להתאים בין מדידות נתוני האימות בעיקר גובה הצמח ובין מדדי הצומח השתמשנו בתוכנת ArcView להעלאת השכבה המרחבית של מדד הצומח ושכבת מיקומי נקודות הדגימה. איורים 3 ו-4 מציגים את שכבות מדדי הצומח מן המועדים השונים.



איור 3: שכבות מדד הצומח GRndvi מן המועדים השונים. ככל שהגוון כהה יותר כך מדד הצומח נמוך יותר ולהיפך. ניתן לראות כי במועד האחרון השונות קטנה באופן משמעותי ביחס לשני המועדים האחרים.



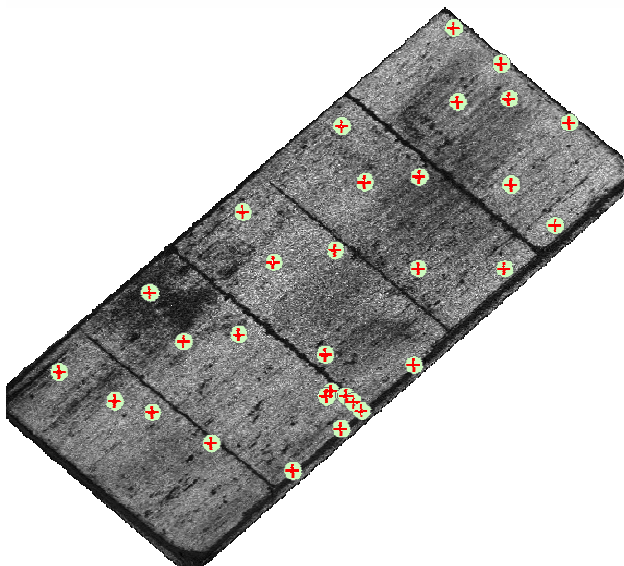
22/6/2007



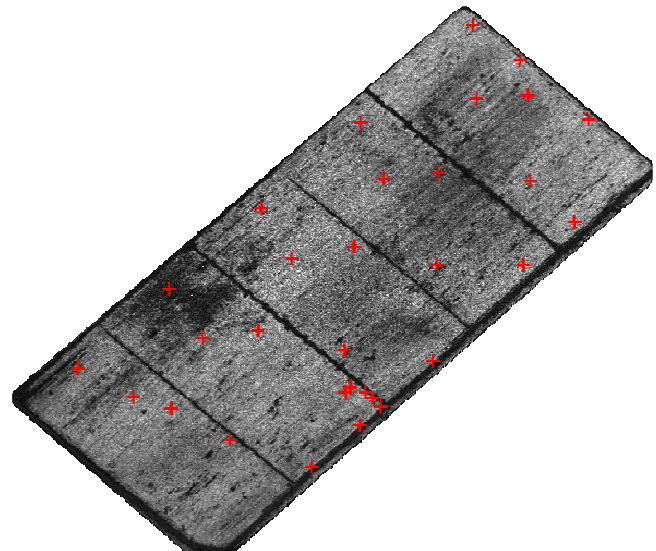
10/6/2007

איור 4: שכבות מדד הצומח NDVI מן המועדים השונים. ככל שהגוון ירוק יותר כך מדד הצומח גבוה יותר. ככל שהוא צהוב יותר כך מדד הצומח נמוך יותר. ניתן לראות כי במועד הראשון האזור הדרום מערבי מקבל ערכים גבוהים יותר ואילו במועד השני מדדים נמוכים יותר. בנוסף ניתן לראות כי השונות כבר במועד השני קטנה מאוד יחסית למועד הראשון.

איור 5 מציג את מיקומי נקודות הדגימה ו- Buffer סביב נקודות הדגימה, אשר מהפיקסלים שנפלו בתוכו חושבו ממוצעי מדדי צומח מכל מועד אשר הושושו למדידות האימות שנלקחו בשטח. בשלב הבא חושבו ההפרשים בין הגבהים שנמדדו בשטח בין כל שני מועדים וכן בין מדדי הצומח כפי שהופקו מתוך צילומי האוויר והסריקות הקרקעיות.



ב



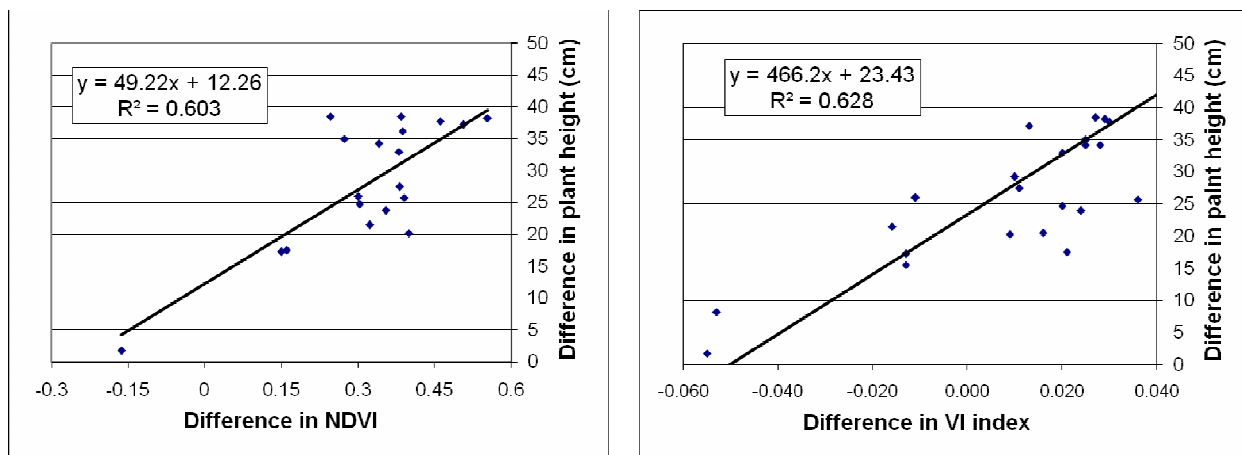
א

איור 5: (א) מיקומי נקודות הדגימה ו- Buffer סביב נקודות הדגימה אשר מהפיקסלים שנפלו בתוכו חושבו ממוצעי מדדי צומח מכל מועד אשר הושושו למדידות האימות שנלקחו בשטח



## תוצאות

איור 6 מציג את דיאגרמות הפיזור שהתקבלו בין הפרשים בין המדדים ובין הפרשים בין הגבהים שנמדדו בשטח בין שני המועדים הראשונים. ניתן לראות כי הנקודות מתפזרות סביב שלושה מרכזים ואין פיזור על פני כל הגרף. כאשר מחלקים את הפרשים משני הסוגים לקבוצות מתקבלת ההתאמה בקבוצות של הפרשים אשר הדיוק שלה מגיע ל-96% עם מדד הצומח GRndvi ול-100% עם מדד ה-NDVI. יש לשים לב כי עם המדד הראשון יצאו רק 6 נקודות מהחישוב ואילו עם המדד השני יצאו 11 נקודות.



איור 6: דיאגרמות הפיזור של הפרשים בין המדדים ובין הגבהים שנמדדו בשטח בין שני המועדים הראשונים (מדד GRndvi מימין)

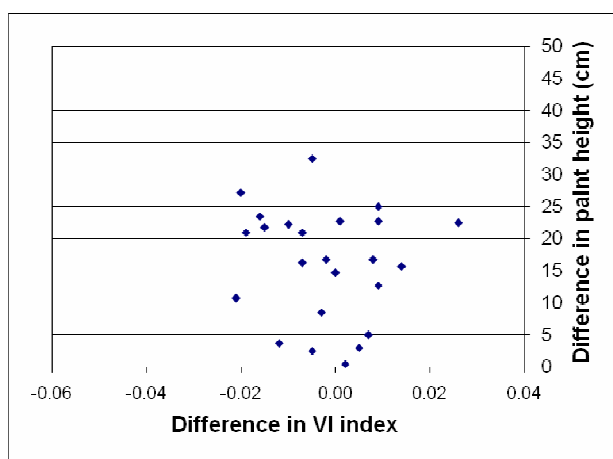
טבלה 1: דיוק ואמינות של כל קבוצת הפרשי גובה – מדוד מול חזוי לפי מדד צומח GRndvi

		מדוד בס"מ						
		0-10	10-20	20-30	>30	סה"כ	אמינות	
חזוי בס"מ	0-10	2				2	100%	
	10-20		3			3	100%	
	20-30		1	6	2	9	67%	95%
	>30			4	6	10	60%	
	סה"כ	2	4	10	8	24	70.8%	
	דיוק	100%	75%	60%	75%			דיוק כללי
				100%				95.8%

טבלה 2: דיוק ואמינות של כל קבוצת הפרשי גובה – מדוד מול חזוי לפי מדד צומח NDVI

		מדוד בס"מ				סה"כ	אמינות	
		0-10	10-20	20-30	>30			
חזוי בס"מ	0-10	1				1	100%	
	10-20		2			2	100%	
	20-30			7	6	13	54%	100%
	>30				3	3	100%	
	סה"כ	2	4	10	8	19	70.8%	
	דיוק	100%	100%	100%	33%			דיוק כללי
				100%				100%

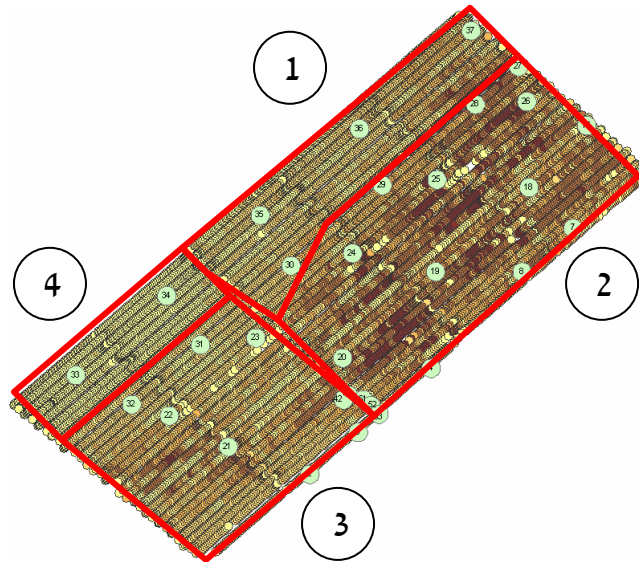
איור 7 מציג את המקבילה בין שני המועדים האחרונים. לא נמצא שום קשר מכיוון שבמועד זה מדד הצומח היה ברוויה כפי שניתן לראות מאיור 3.



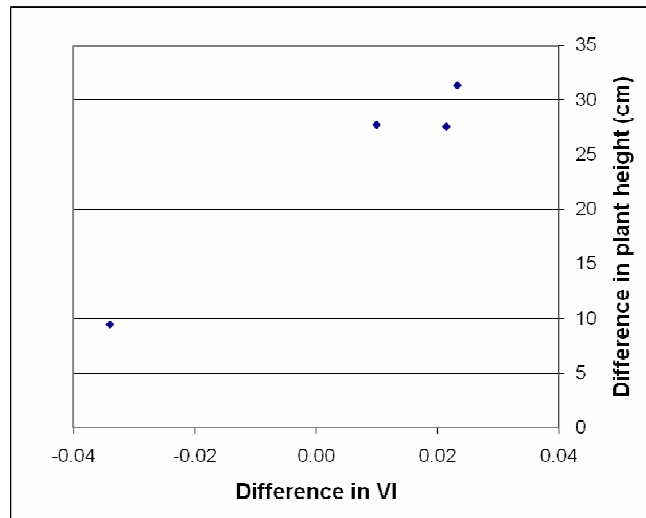
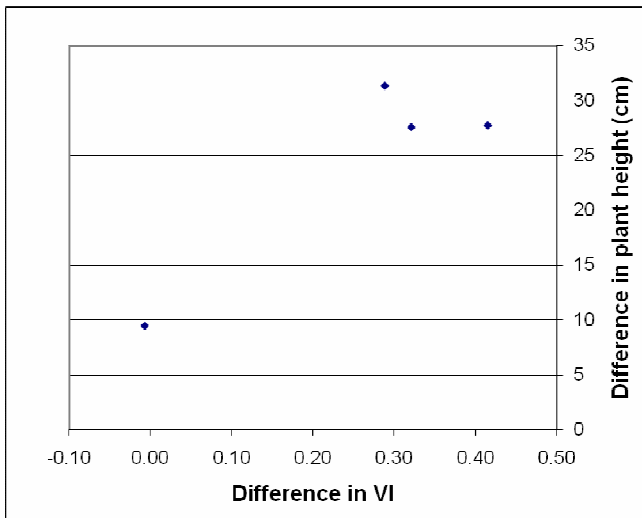
איור 7: דיאגרמות הפיזור של הפרשים בין מדד ה-GRndvi ובין הפרשים בין הגבהים שנמדדו בשטח בין שני המועדים האחרונים

איור 8 מציג את מפת המוליכות החשמלית של החלקה וחלוקה ויזואלית שלו ל-4 אזורים הומוגניים יחסית. גם אותם באופן כללי ניתן לחלק לשתי קבוצות עיקריות: אזורים מס' 1-3 מאופיינים במוליכות חשמלית גבוהה ומס' 4 במוכליות חשמלית נמוכה. מיצוע של ערכי הפרשים לפי אזורים הומוגניים מאפשר להשוות ארבעה ערכים בלבד בין הפרשי מדד הצומח ובין הפרשי הגובה שנמדד. איור 9 מציג את הקשר של הממוצעים הללו. ניתן לראות כי מתקבל קשר טוב מאוד אשר מעיד כי למעשה קיימת חלוקה של שני אזורים בלבד. האזור הדרום מערבי של החלקה וכל שאר החלקה. האזור הדרום מערבי של החלקה מאופיין בצימוח מעוקב ואילו שאר החלקה מאופיינת בצימוח בקצב אחיד יחסית ונורמאלי. החלוקה הזו מתחזקת לנוכח הקשר שמתקבל בהפרשים בין המועדים האחרונים (איור 10) כאשר הפרשים בערכי מדד

הצומח בכל החלקה למעט האזור הדרום מערבי עומדים על ערך הקרוב ל-0, קרי, לכאורה אין שינוי בין מועד למועד בגלל הרוויה ואילו הערך של האזור המערבי הינו גבוה מ-0 ודומה לערכים שהתקבלו בהפרשים בין המועדים הראשונים בשאר החלקה.

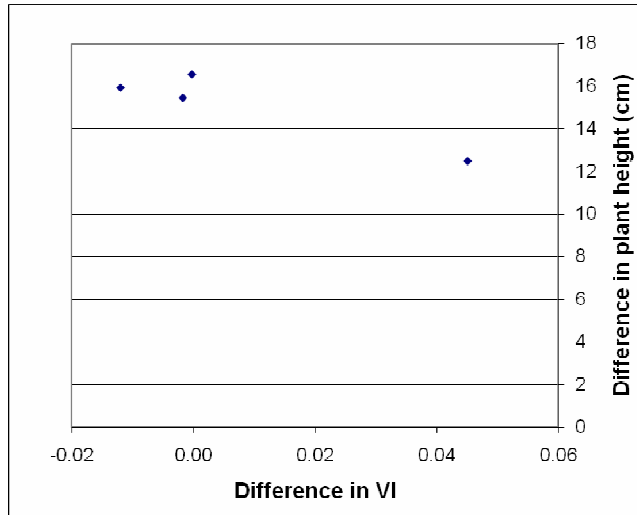


**איור 8: מפת מוליכות חשמלית שהופקה ממכשיר VERIS של החלקה. ניתן לזהות 2-4 אזורים הומוגניים. אזורים 1-3 הם בעלי מוליכות חשמלית גבוהה; אזור 4 הוא בעל מוליכות חשמלית נמוכה.**



**איור 9: דיאגרמות הפיזור של ההפרשים בין המדדים ובין ההפרשים בין הגבהים שנמדדו בשטח בין שני המועדים הראשונים תוך מיצוע שלהם לפי ארבעה אזורים הומוגניים שזוהו על-פי מפת מוליכות חשמלית. הערכים הנמוכים מתייחסים לאזור מספר 4 (איור 8)**



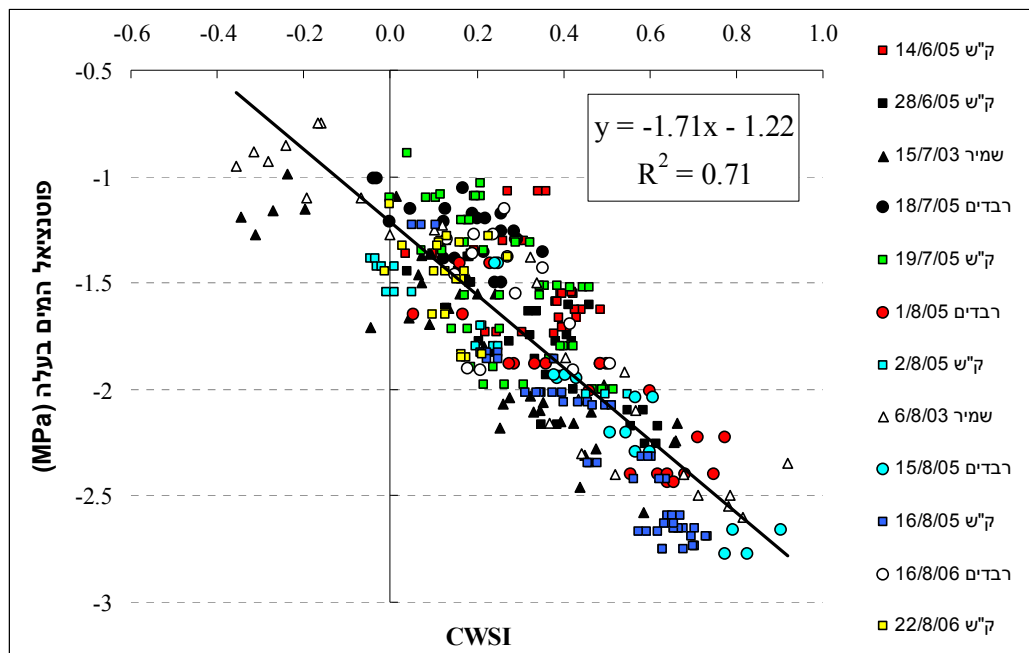


**איור 10: דיאגרמות הפיזור של הפרשים בין המדדים ובין הפרשים בין הגבהים שנמדדו בשטח בין שני המועדים האחרונים תוך מיצוע שלהם לפי ארבעה אזורים הומוגניים שזוהו על-פי מפת מוליכות חשמלית. הערך הגבוה מבחינת מדד הצומח מתייחס לאזור מספר 4 (איור 8)**

#### **ד. צילומים תרמיים מוטסים להערכה ולמיפוי פוטנציאל מים בעלה**

##### **רקע**

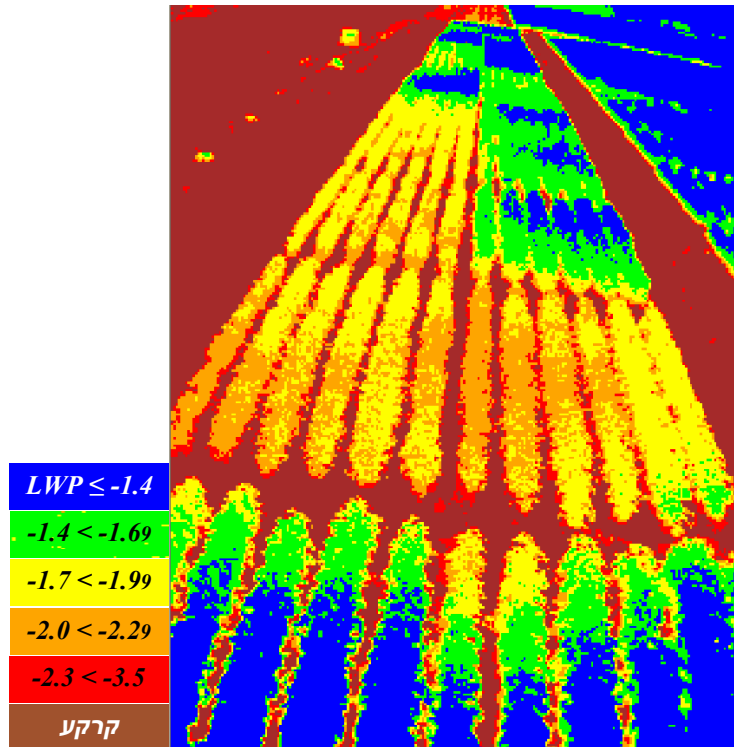
במהלך עונות הקיץ של שנים 2003 ו-2005-7 נתנו טיפולי השקיה שונים בשדות כותנה בקיבוץ שמיר, חוות גד"ש ליד קרית שמונה, בקיבוץ רבדים ובקיבוץ מגידו. על בסיס צילומים תרמיים וצילומים באור הנראה (RGB) של חלקות הניסוי בשנים 2003, 2005-6 נמצא מודל יציב ואחיד לתקופת מילוי ההלקטים. תקופה זו הינה התקופה הרלוונטית להשקיה על פי פוטנציאל המים. איור 11 מציג את הפיזור של מדד העקה מול פוטנציאל מים בעלה. למרות שהנתונים נרכשו בתנאים מטאורולוגיים שונים, בשנים שונות ומעל זנים שונים נמצא קשר טוב בין מדד העקה התרמי ובין פוטנציאל המים בעלה.



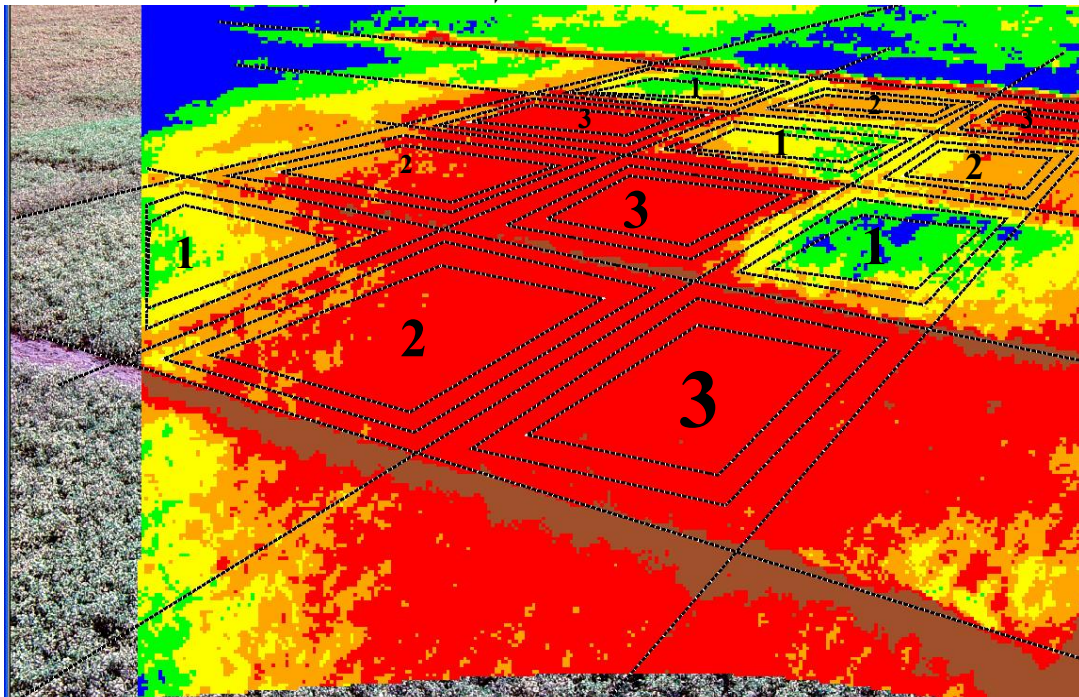
**איור 6: מדד עקה תרמי CWSI מול פוטנציאל מים בעלה. נתונים ממועדים שונים בשנים 2003, 2005-6.**

**מיפוי פוטנציאל מים בחלקות הניסוי באמצעות צילומים אלכסוניים**

לצורך מיפוי פוטנציאל מים בחלקות הניסוי נרכשו צילומים אלכסוניים של החלקות בחוות גדי"ש וברבדים. ערכי הטמפרטורות בתמונה הומרו לערכי מדד העקה וערכי מדד העקה הומרו לערכי פוטנציאל מים בעלה באמצעות יישום של המודל. איורים 12 ו-13 הינם מפות של פוטנציאל המים בעלה לחלקות הניסוי בחוות גדי"ש וברבדים.



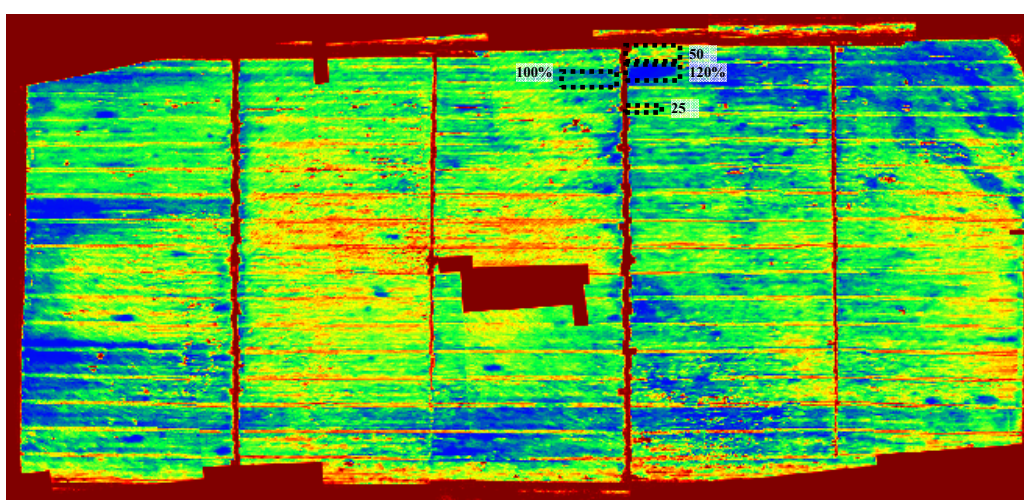
איור 12: מיפוי פוטנציאל מים בעלה של חלקות הניסוי בחוות גדי"ש – 4/7/2006



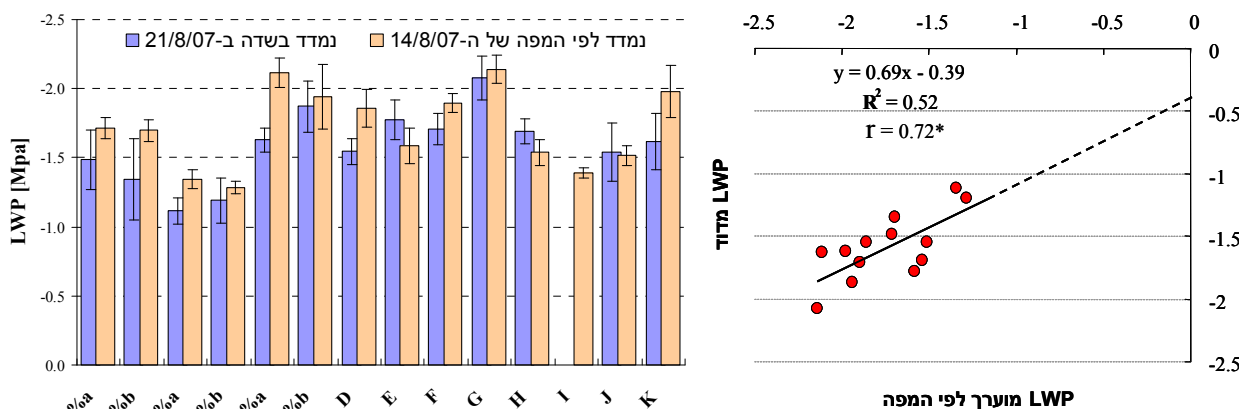
איור 13: מיפוי פוטנציאל מים בעלה של חלקות הניסוי ברבדים – 15/8/2005

## מיפוי פוטנציאל מים בחלקה מסחרית באמצעות צילומים מוטסים

בשלושה מועדים בקיץ 2007 הועלה מטוס ונרכשו צילומים תרמיים מוטסים מעל שדות כותנה של קיבוץ מגידו. איור 14 הינה מפה של פוטנציאל מים בעלה אשר נוצרה על בסיס המודל המוצג באיור 11. איור 15 מראה כי הערכים שנאמדו באמצעות הצילום המוטס והמודל מתאימים לערכים שנמדדו בשטח וניתן לזהות בצורה ברורה את ההבדלים ברמות העקה של טפולי ההשקיה המדורגת. יש לציין כי מפה זו מהווה אימות למודל המוצג באיור 11 מכיוון שלא נכללו במודל נתונים משנת 2007 כלל. עדיין יש הערכת יתר מהמפה ביחס לנמדד בשטח. ההבדלים לעומת המודל עשויים לנבוע מהבדלים ברזולוציה והבדלים במשטחי הייחוס ובאופן מקומי ממרווח הזמן בין מועד הצלום למועד הדיגום. עם זאת, העובדה כי צילום מוטס על כל מגבלותיו, אשר צולם בקיץ 2007 הניב הערכה טובה מבסס את האפשרות לשימוש בצילומים תרמיים מוטסים ובמודל שנמצא למיפוי השונות של פוטנציאל המים בשדה ולהכוונה השקיה בזמן ובמרחב.



איור 14: מיפוי פוטנציאל מים בעלה של חלקה 14 כולה בקיבוץ מגידו – 14/8/2007



איור 15: השוואה בין ממוצע ערכי LWP שנאמדו באמצעות המפה שהתבססה על טיסה ב-14/8/07 מול ממוצע ערכי LWP שנמדדו בשדה שבוע לאחר מכן, ב-21/8/2007.

## ה. מסקנות והמשך מחקר

ניתוח הצילומים בתחום הנראה ומדידות גובה הצמח לאורכו ולרוחבו של השדה במגידו מראים כי קיימת שונות משמעותית. ניתן לראות כי הפרשי הגובה נעים בין 0 ל-40 ס"מ במירווחים של שבועיים. צילומי האוויר בתחום הנראה והסריקה הקרקעית של מדד ה-NDVI הצליחו לבטא את

הבדלים משמעותיים בצורה יחסית טובה. נראה כי ניתן להשתמש בצילומים מוטסים בתחום הנראה (והא"א) בכמה אופנים :

1. הכוונת דיגום לפי אזורי מימשק המתגלים באמצעותם על מנת לבצע את הדיגום בצורה מייצגת יותר של השדה.

2. הערכת הפרשים בגובה באמצעות צילומים מוטסים שבועיים על בסיס הגדרת אזורי מימשק באמצעות נתונים מרחביים היסטוריים כמו מיפוי של מוליכות חשמלית, מיפוי של יכול, צילומי אוויר היסטוריים וכו'. על מנת להעריך באופן מדויק את ההפרשים ניתן לבצע מדידות של גובה ב 2-3 מקומות ולכייל את הצילומים על פיהן.

3. בדומה לאפשרות הקודמת אך מציאת מודל כיול יציב על מנת להימנע ממדידות לשם כיול בכל מועד. לצורך זה יש לבצע המשך מחקר במספר עונות ובמספר שדות על מנת לבחון אם קיים מודל יציב בין שינויים בין מדדי צומח ובין הפרשי גובה אמיתיים.

4. בכל מקרה, כמו במחקרים אחרים בארץ ובעולם מדדי הצומח מגיעים לרוויה בערכי LAI הגדולים מ-2.5 ולכן הזמן המתאים לעבוד איתם הוא עד תחילת יולי בלבד.

ניתוח הצילומים המוטסים בתחום התרמי הראה כי ניתן למפות באמצעותם ובאמצעות מדידות מטאורולוגיות של טמפי האוויר פוטנציאל מים בעלה. המיפוי וההשוואה עם המדידות בשטח העלו את הנקודות הבאות :

1. המודל הקיים מספק ערכים גבוהים יותר מאלו שנמדדו בשטח. יש להתאים את המודל לרזולוציה הגסה של הצילום המוטס וכן למצוא את טמפי הייחוס הנמוכה המתאימה לצילום מוטס.

2. השונות שהתגלתה היא משמעותית. בשדה נמצאו אזורים אשר הושקו בעודף וכאלה שהיו ברמות עקה נמוכות, בינוניות וגבוהות. מיפוי זה מוכיח כי קיים צורך בשיפור חלוקת המים בזמן ובמרחב להקטין את השונות אולי להגדיל את איכויות היבול והכמויות.

3. על מנת להפוך את השימוש בצילומים תרמיים מוטסים ליישום נרחב שיש בצידו רווח יש לבצע ניסויים בהשקיה משתנה. בעונה הקרובה מתוכנן ניסוי ברבדים בשיתוף עם חברת נטפים אשר יבחן היבטים שונים של הצילום התרמי המוטס בין השאר תיבדק ההשפעה של ההשקיה המשתנה על היבול.

## 1. תודות

תודה למיכאל ספרינצין אשר ניתח את תצלומי האוויר בתחום הנראה ועזר רבות בדחיפת הניתוחים השונים בעבודה זו. תודה לאיתן סלע שבמסגרת התואר השני שלו פיתח את מודל הכיול ויצר את המיפוי והניתוח של הצילומים האלקטרוניים והמוטסים. תודה לנועם אלחנתי שחיבר את הצילומים התרמיים המוטסים ליצירת מפה יחידה של השדה. תודה מיוחדת לחקלאים: יגב מקיבוץ רבדים וגלי ואיתמר מקיבוץ מגידו, אשר אפשרו לבצע את הניסויים בחלקות שלהם וסייעו לנו רבות. לולא הם לא יכול היה המחקר להתבצע.