



2015

# שינויים אקלימיים בישראל

ממצאי השירות המטאורולוגי

מרץ 2015



## שינויים אקלימיים בישראל – ממצאי השרות המטאורולוגי, מרץ 2015

### רקע

בדצמבר 2011 פורסם הדו"ח: "שינויים אקלימיים בישראל – ממצאי השרות המטאורולוגי". הפרסום הנוכחי מעדכן את הדו"ח הקודם בשני היבטים מרכזיים:

1. בחינת מגמות הטמפרטורה בישראל על בסיס סדרות נתונים שעברו הומוגניזציה (התאמת סדרת המדידות לשינויים שחלו במהלך הזמן לתנאי המדידה).
2. בחינת מגמות המשקעים בחלוקה לאזורי הארץ השונים בנוסף למגמות הכלל ארציות.

### תקציר

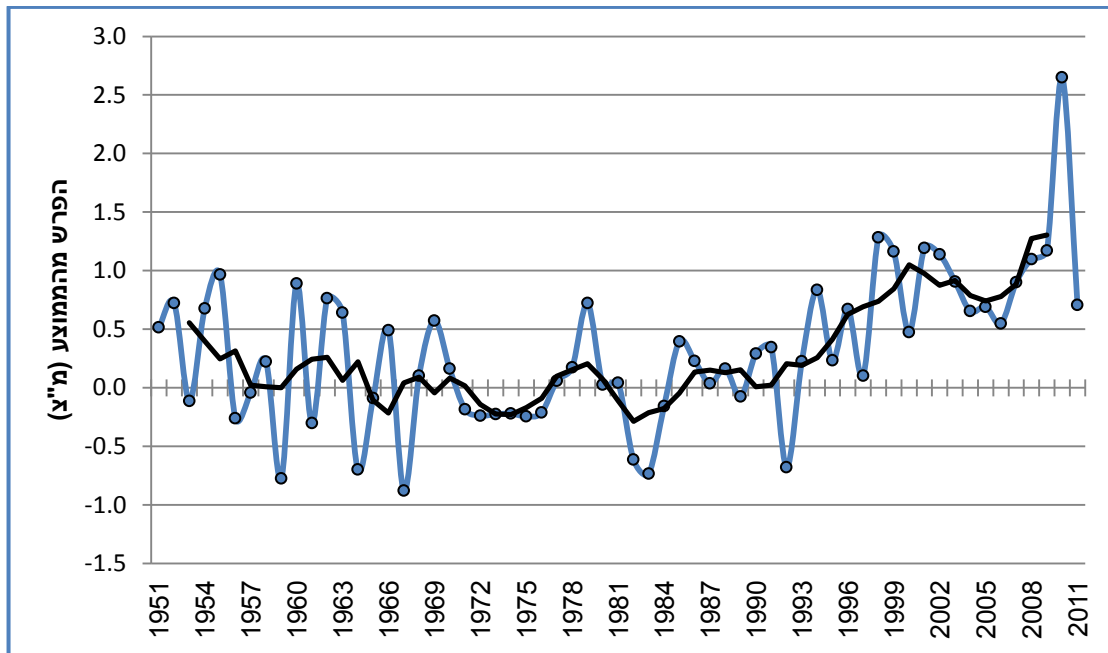
במטרה לשקף את המגמות האקלימיות בארץ ישראל ביצע השרות המטאורולוגי ניתוח המבוסס על נתונים מסדרת שנים ארוכה ככל האפשר. לאור זאת, עובדו נתוני טמפרטורה משנת 1951 ונתוני גשם משנת 1921. בשונה מדו"ח "שינויים אקלימיים בישראל – ממצאי השרות המטאורולוגי" שפורסם בדצמבר 2011, הממצאים הנוגעים לטמפרטורה, המדווחים במסמך מעודכן זה, מבוססים על סדרות נתונים הומוגניות הנקיות מהשפעות מלאכותיות, כגון: החלפת מכשור, שינויים בסביבת התחנה וכדומה (ראו הרחבה בנספח). ניתוח סדרות אלו מראה כי מהלך הטמפרטורה השנתית הממוצעת ב-61 השנים האחרונות הוא של ירידה מממוצע טמפרטורות גבוה יחסית בשנות ה-50 וה-60 לממוצע נמוך יותר בשנות ה-70, התייצבות בשנות ה-80, עלייה בולטת במהלך שנות ה-90 והתייצבות בשנות ה-2000 על ממוצע גבוה מזה של שנות ה-50. התרומה העיקרית לעלייה בטמפרטורה הממוצעת היא העלייה בטמפרטורת המינימום. הדבר ניכר בעיקר מאמצע שנות ה-90 בחודשי הקיץ (יוני, יולי, אוגוסט). ממוצעים שחושבו לתקופה של 15 שנה מלמדים שממוצע הטמפרטורה בשנים 1996-2010 ו-1997-2011 הם הגבוהים ביותר, בהשוואה לממוצע של תקופות זהות באורכן, מאז שנת 1951. קיימת התאמה כללית בין מהלך הטמפרטורה הממוצעת באזורנו למהלך הטמפרטורה העולמי. עם זאת, ההבדל בין הטמפרטורות בשנות ה-2000 לבין אלו של שנות ה-50 אינו כה גדול כפי שקיים בגרף העולמי. ניתוח נתוני המשקעים מראה שלא חל שינוי מהותי בכמויות המשקעים השנתיות וכן לא בחלוקה העונתית שלהן במהלך 90 השנים האחרונות. ממצאים אלו תקפים גם כאשר מנתחים את סדרות המשקעים בחלוקה לאזורי הארץ השונים.

ברצוננו לציין כי מגמות הטמפרטורה והמשקעים המשתקפות בניתוח זה אינן מעידות על השינויים שיתרחשו בעתיד. הערכות לגבי אלה מתבצעות באמצעות מודלי חיזוי אקלימיים, שתוצאותיהם מוצגות בדו"חות של הפאנל הבין ממשלתי לשינוי האקלים (IPCC).

### טמפרטורה

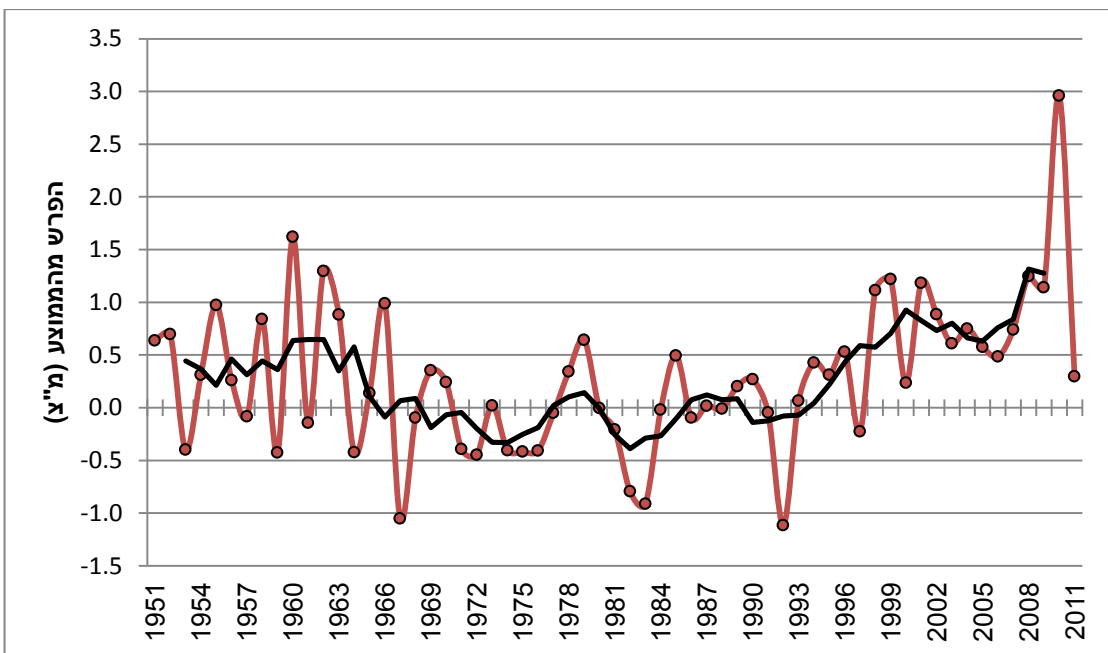
המטרה העיקרית של עיבוד הנתונים הייתה לשקף את המגמות בכל מרחב ישראל, מהתקופה המוקדמת ביותר האפשרית, ולנסות ולבחון עד כמה התמונה שמתקבלת תואמת את המגמה הנצפית בטמפרטורה הממוצעת העולמית. כדי לייצג את כל מרחב ישראל נבחרו 5 תחנות: הר כנען (צפת), ירושלים מרכז, בית ג'מל, נגבה ואילת, שלהן רשומת נתונים ארוכה שמתחילה לפחות בשנת 1951. בוצעו בדיקות מקדמיות מהן התברר כי ממוצע המבוסס על חמש תחנות אלו שומר על מגמה דומה לזו של ממוצע המבוסס על מדגם גדול ומגוון יותר של תחנות במהלך שלושת העשורים האחרונים. הדבר אישש את העובדה שניתן להשתמש בנתוני חמש תחנות אלו לבחינת מגמות השינוי. במסמך מעודכן זה נעשה שימוש בנתוני 5 התחנות לאחר שעברו תהליך הומוגניזציה המנטרל השפעות מלאכותיות דוגמת, שינויים בהצבת התחנה, במכשור המדידה, בשגרת התצפיות ועוד (ראו הרחבה בנספח) ובכך מאפשר ניתוח חסר הטיות של מגמות אקלימיות. לצורך החישובים נעשה שימוש בממוצעים החודשיים של טמפרטורות המקסימום והמינימום היומיות, של כל אחת מהתחנות, בכל חודש, במהלך 61 השנים האחרונות. ממוצעים אלו חושבו ממוצעים חודשיים של הטמפרטורה היומית הממוצעת לכל אחד מ-732 החודשים הנכללים בתקופת המחקר וכן ממוצע שנתי לכל אחת מ-61 השנים. על סמך נתונים אלה חושבו ערכים מייצגים כלל ארציים על ידי מיצוע של נתוני חמש התחנות.

באיור 1 מוצג ההפרש של ממוצע טמפרטורת המינימום של 5 התחנות, בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990.



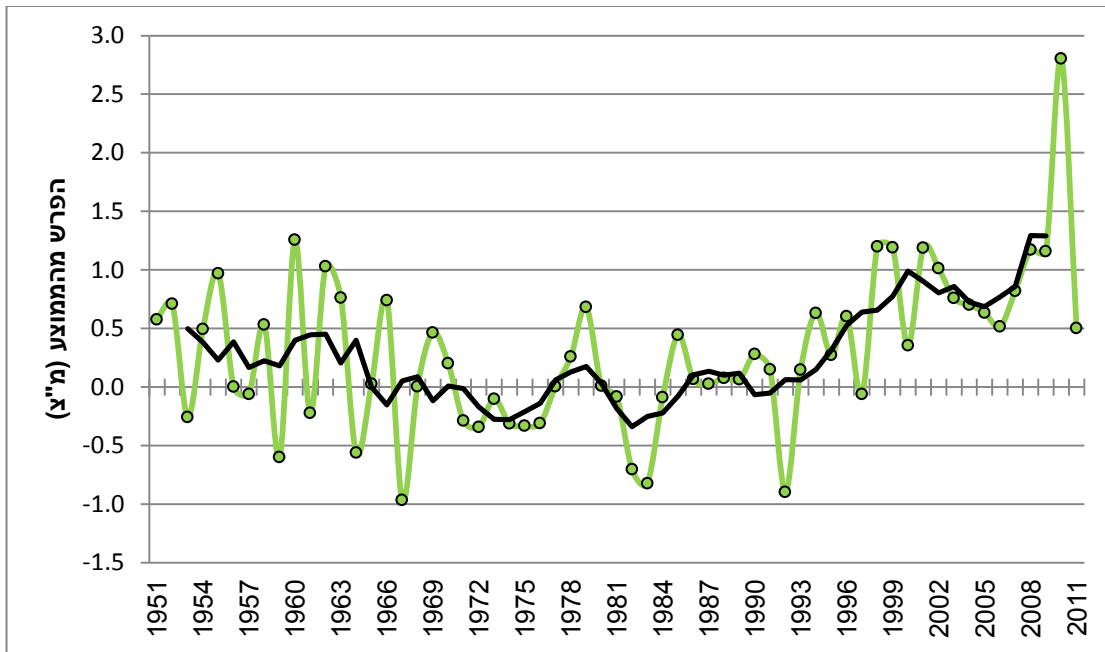
איור 1: הפרש ממוצע טמפרטורות המינימום של 5 התחנות: צפת (הר כנען), ירושלים מרכז, בית ג'מל, נגבה ואילת (לאחר הומוגניזציה), בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990. על גרף המהלך השנתי (בכחול) מוצג ממוצע רץ של 5 שנים (בשחור).

מאיור 1 ניכר שעיקר השינוי בטמפרטורות המינימום החל בשנות ה-90, אז התרחשה עלייה משמעותית בטמפרטורות עד לרמה הגבוהה בשנות ה-2000.



איור 2: הפרש ממוצע טמפרטורות המקסימום של 5 התחנות: צפת (הר כנען), ירושלים מרכז, בית ג'מל, נגבה ואילת (לאחר הומוגניזציה), בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990. על גרף המהלך השנתי (באדום), מוצג ממוצע רץ של 5 שנים (בשחור).

באיור 2 מוצג הפרש ממוצע טמפרטורות המקסימום של 5 התחנות, בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990. בולטת העובדה, שבשונה מהתמונה שהתקבלה עבור טמפרטורות המינימום, טמפרטורות המקסימום לקראת סוף שנות ה-50 ועד סביבות אמצע שנות ה-60 היו חמות במידה דומה לאלו של שנות ה-2000 וגבוהות משמעותית מאלו של שנות ה-70 וה-80.



איור 3: הפרש ממוצע הטמפרטורה היומית הממוצעת של 5 התחנות: צפת (הר כנען), ירושלים מרכז, בית גלם, נגבה ואילת (לאחר הומוגניזציה), בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990. על גרף המהלך השנתי (בירוק), מוצג ממוצע רץ של 5 שנים (בשחור).

איור 3 מציג את הפרש הטמפרטורה היומית הממוצעת של 5 התחנות, בכל שנה, מהממוצע הרב שנתי לתקופה 1961-1990. הוא משלב, לפיכך, את המהלך של טמפרטורת המינימום וטמפרטורת המקסימום שבאיורים 1 ו-2. מהלך הטמפרטורה היומית הממוצעת מראה ירידה מממוצע גבוה יחסית בשנות ה-50 לממוצע נמוך יותר בשנות ה-70 וה-80 ועלייה משמעותית מאמצע שנות ה-90 לממוצע גבוה בשנות ה-2000. ניכר שהאחרון גבוה יותר, מזה של שנות ה-50, אולם, לאור הדמיון בערכי טמפרטורות המקסימום בשתי התקופות, מתברר שההפרש נגרם בעיקר בגין ההבדל המשמעותי בטמפרטורת המינימום בין התקופות. תרומת השינוי בטמפרטורת המינימום בולטת בעיקר בעונת הקיץ (לא מוצג). יש לציין הבדל נוסף: בעוד שבשנות ה-50 היו בצד השנים החמות מאד גם שנים קרות, משנת 1993 ועד 2011, לא הייתה אף שנה קרה מהממוצע הרב שנתי של התקופה 1961 – 1990, למעט שנת 1997.

ברצף השנים החם ביותר בשנים האחרונות נמצאות שתי תקופות עוקבות: 2010-1998 ו- 2011-1999 בהן הייתה הטמפרטורה הממוצעת 20.5 מ"צ לעומת ממוצע של 19.9 מ"צ ברצף השנים החם ביותר באורך דומה בעבר, 1963-1951.

קיימת התאמה כללית בין מהלך הטמפרטורה הממוצעת באזורנו למהלך הטמפרטורה העולמי, הווה אומר, ירידה מהערכים, הגבוהים יחסית, באמצע המאה ה-20 לערכים נמוכים יותר בשנות ה-70 ועלייה מחודשת לערכים גבוהים יותר בשנות ה-2000. עם זאת, יש לציין, כי בשונה מהתמונה העולמית, ההפרש בין הערכים בשנות ה-2000 לאלו של התקופה החמה המוקדמת יותר קטן יותר בישראל. בנוסף, מהלך עליית הטמפרטורה בישראל נצפה מאמצע שנות ה-90 ואילך בעוד שבטמפרטורה העולמית ישנה עליה כמעט רציפה מאמצע שנות ה-70.

## **משקעים**

### **ממוצע משקעים שנתי בפרישה ארצית**

הארגון המטאורולוגי העולמי (WMO) ממליץ לחשב ממוצעי משקעים לתקופה של לפחות 30 שנה. ההמלצה תקפה גם באזורים הממוזגים, בהם יורדים משקעים כל השנה ולכן מהווה דרישת מינימום למשטר המשקעים בישראל, המתאפיין בקיץ יבש ובשונות בין שנתית גבוהה יותר. לפיכך, כאשר מנסים להעריך מגמות במשטר המשקעים חייבים לכלול בניתוח סדרות נתונים ארוכות ככל האפשר. לאור זאת, ביצע השירות המטאורולוגי ניתוח המבוסס על נתונים משנת 1921 ואילך, ובכך נכללה תקופה של למעלה מ-90 שנה.

ניתוח הנתונים בוצע בשתי דרכים עיקריות:

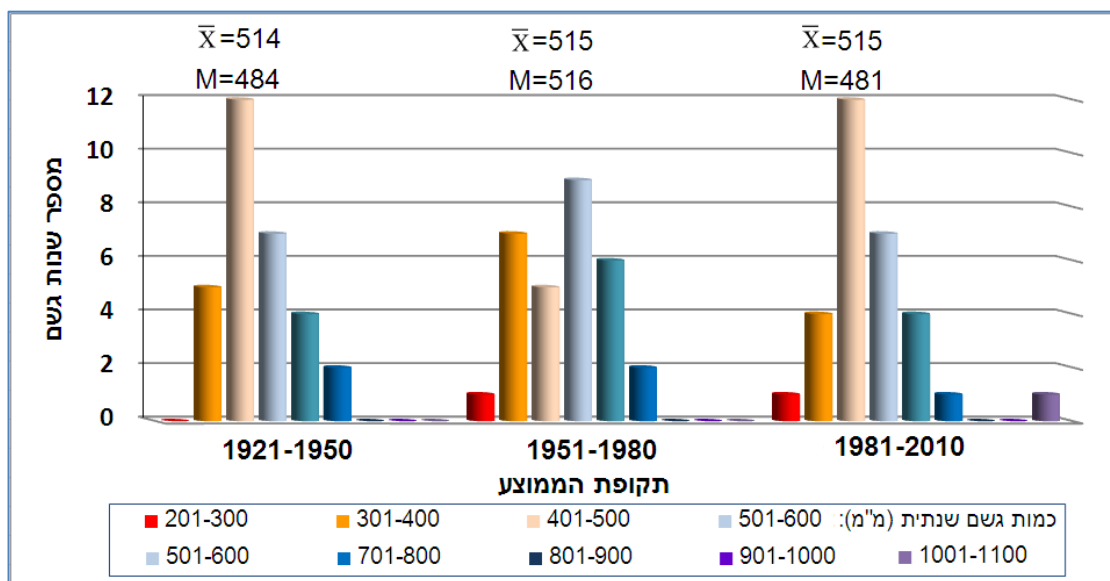
1. שימוש במרב התחנות הפעילות כדי לייצג ערך כלל ארצי ואזורי בכל שנה ושנה, גם אם חלק מאותן תחנות לא פעל לאורך כל התקופה.

2. ניתוח של נתונים מ-15 תחנות, הפרושות באזורים שונים בארץ, שפעלו במשך כל תקופת המחקר.

איור 4 מציג את התפלגות כמות המשקעים השנתית בכל אחת מתקופות המיצוע בנות 30 השנה: 1950-1921; 1980-1951; 2010-1981. הכמויות חושבו על בסיס כל התחנות הפעילות בשטח בו יורדת כמות משקעים ממוצעת של 100 מ"מ לשנה ויותר, אך לא כולל את רמת הגולן, מאחר שלא היו נתונים מאזור זה לפני 1968. ראוי לציין שמספר התחנות ופרישתן המרחבית אינם זהים בכל אחת מהתקופות, כאשר בתקופה הראשונה (1921 –

(1950) מספר התחנות היה קטן יותר, בעיקר בתחילתה. עם זאת, שיטת החישוב הקטינה, ככל הניתן, את השפעת השינויים במספר התחנות ובתפרוסתן<sup>1</sup>.

באיור 4 ניתן לראות, שאין כל הבדל ממשי בין ממוצעי שלוש התקופות. עם זאת, ניכרים הבדלים בהתפלגות כמות המשקעים השנתית, כאשר בתקופה האמצעית (1951-1980) פיזור כמות המשקעים אחיד יותר ומתבטא בערך חציוני וממוצע כמעט זהים, ואילו בתקופה הראשונה והאחרונה בולטת הקטגוריה של שנים עם כמות משקעים נמוכה במעט מהממוצע, והדבר מתבטא בחציון נמוך בשתי תקופות אלו בהשוואה לזה של התקופה האמצעית.

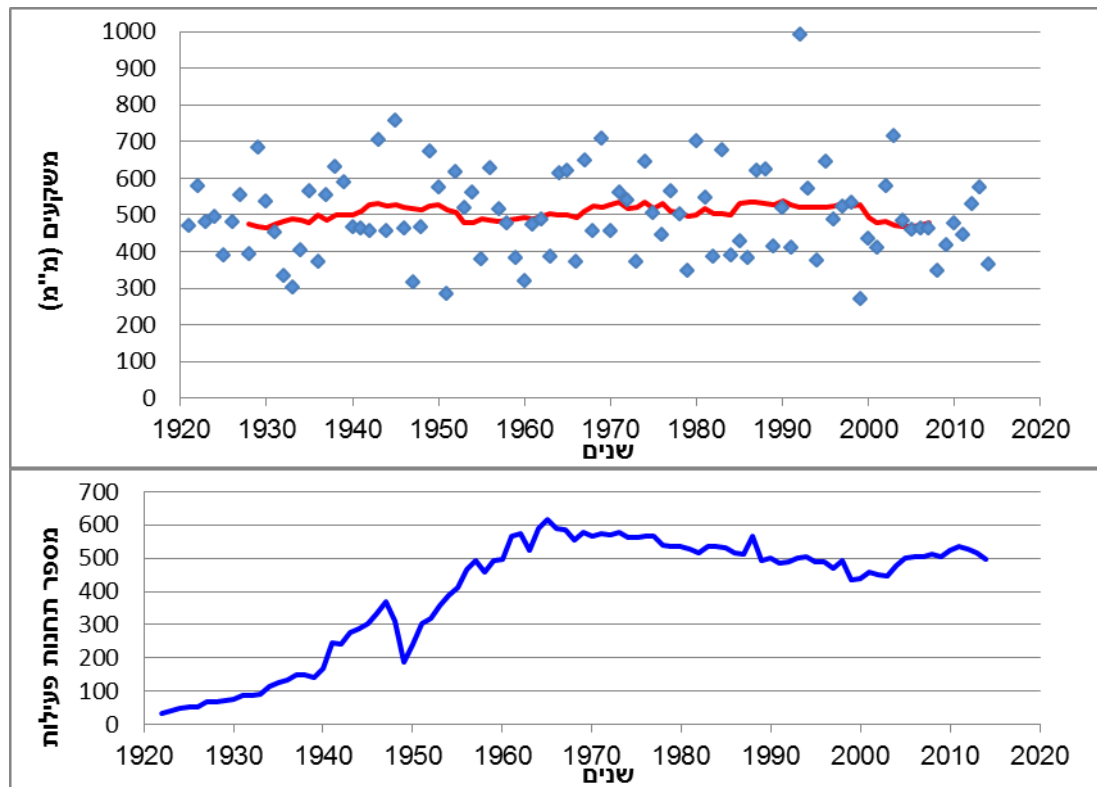


איור 4: התפלגות כמות המשקעים השנתית בכל אחת מתקופות המיצוע בהתבסס על מרב התחנות הפעילות בכל שנה. הערך  $\bar{X}$  מציין את הממוצע והערך M מציין את החציון של כמות המשקעים השנתית במילימטרים בכל תקופת מיצוע.

בחלקו העליון של איור 5 מוצגת כמות המשקעים השנתית הממוצעת בכל שנה על סמך אותן תחנות ששימשו באיור 4. בחלקו התחתון של האיור מוצג מספר התחנות שפעלו בכל שנה. על פי גרף הממוצע הרץ של 15 שנה ניתן לראות שאין שינוי מהותי בכמויות המשקעים במשך 94 השנים שנבחנו. יחד עם זאת, יש לציין כי בהיבט כלל ארצי, באחת עשרה השנים

<sup>1</sup> שיטת החישוב התבססה על חלוקת סכום כל כמויות הגשם שירדו בפועל בכל שנת גשם בסכום כל הכמויות הממוצעות (1990-1961) לתחנות הפעילות באותה שנה ספציפית. מתוך כך חושבה הכמות היחסית הארצית לאותה שנה. כדי להציג גרף מוחשי יותר עם כמויות מוחלטות, הוכפלה הכמות היחסית שחושבה עבור כל שנה ושנה בערך ארצי קבוע שהוא ממוצע כל ממוצעי 1990-1961 של התחנות שהשתתפו במחקר.

האחרונות (2013/4-2003/4), לא היתה אף שנה בה נמדדה כמות הגדולה מ-10% מהממוצע.<sup>2</sup>



איור 5: בגרף העליון מוצגת כמות המשקעים השנתית הממוצעת בכל שנה מ-1921 ועד 2014. הקו האדום המלא מייצג ממוצע רץ של 15 שנים. בגרף התחתון מוצג מספר התחנות שפעלו בכל שנה.

בכדי לבדוק האם השינוי במספר התחנות שפעלו במשך התקופה עשוי לגרום להטיה בתוצאות הניתוח, בוצע ניתוח דומה המבוסס על 15 תחנות ותיקות שפעלו במשך כל תקופת המחקר.<sup>3</sup>

פרישתן המרחבית מוצגת במפה 1 על רקע מפת כמות המשקעים השנתית הממוצעת (מ"מ) לתקופה 2010-1981. העיבוד המבוסס על 15 התחנות הורחב גם לרמה העונתית.

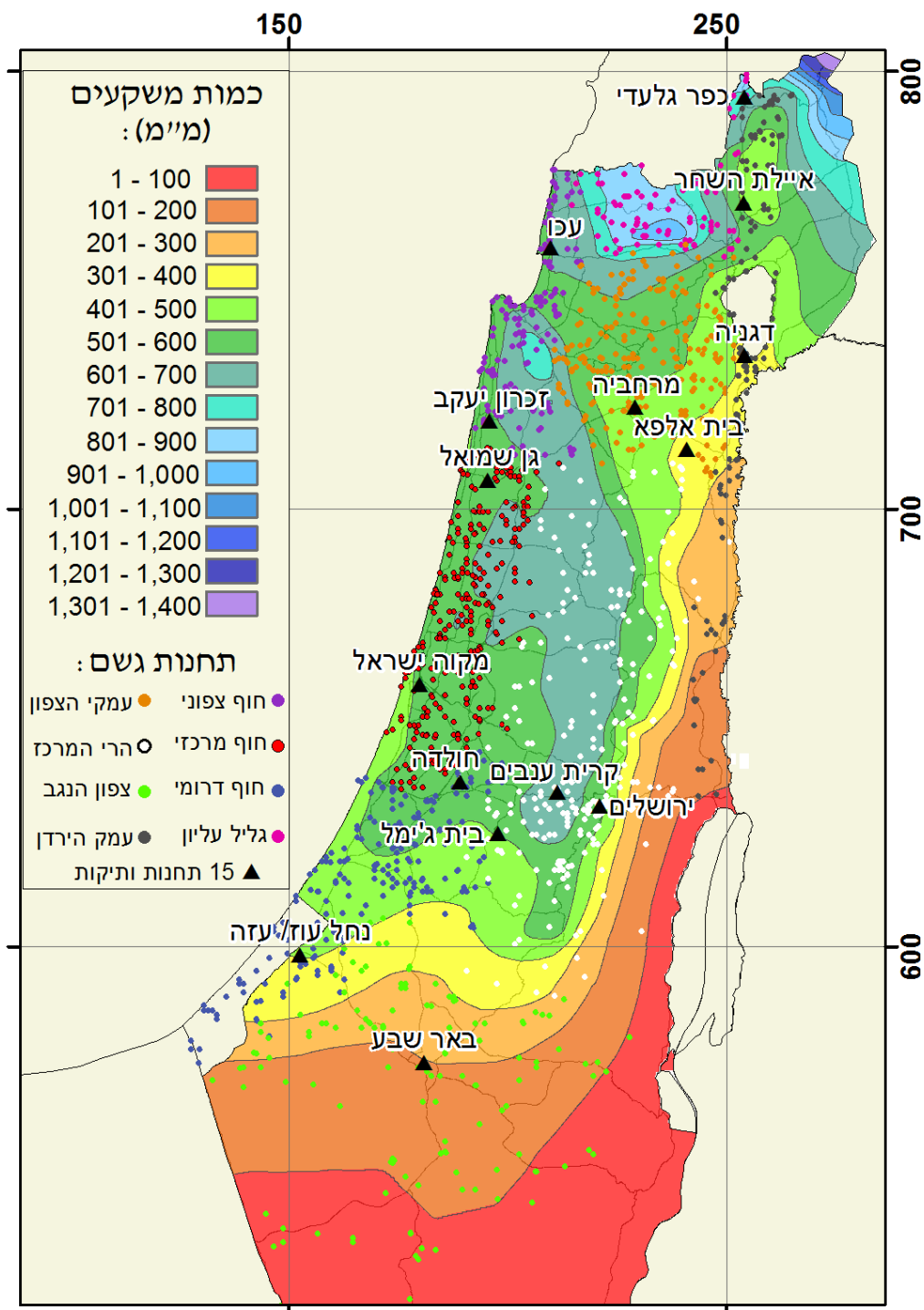
<sup>2</sup> היו שנים שעברו את הממוצע כגון 2011/12 ו- 2012/13 אך עדיין מדובר בסטייה קטנה של כ-10% ממנו, שנים גשומות של כ-120% מהממוצע ויותר (דהיינו כ-600 מ"מ ויותר בממוצע מרחבי) אירעו 19 פעמים ב-94 השנים שנבדקו, לאחרונה רק ב-2003.

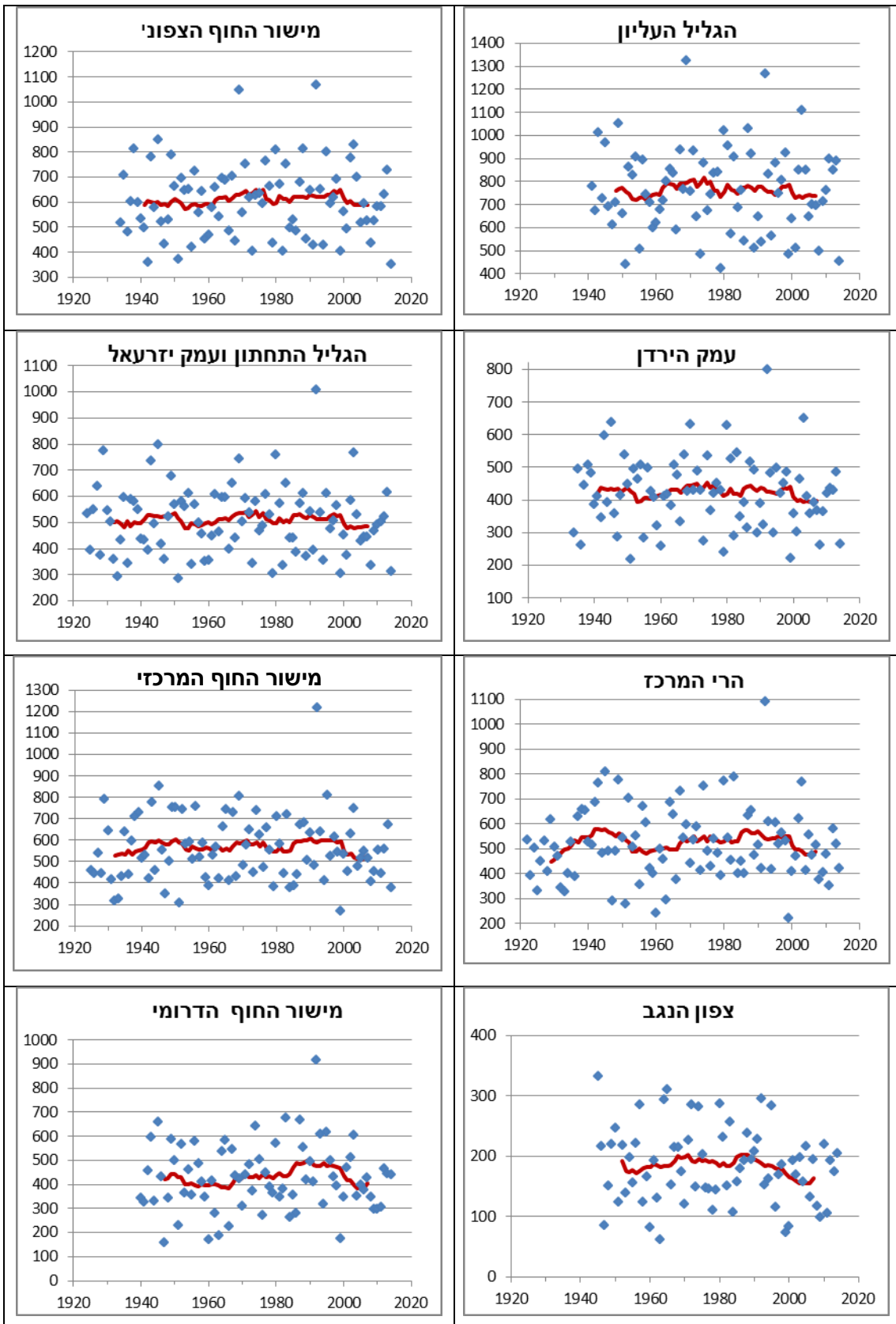
<sup>3</sup> בתחנות בודדות היו כל הנתונים זמינים. באחרות היה חוסר נתונים במעט שנים. ערכי כמות הגשם בשנים אלו שוערכו בעזרת תחנות הסביבה. תחנה אחת התבססה על שילוב נתונים משני מקומות סמוכים: עזה - בעשורים הראשונים, ונחל עוז (מרחק אוירי של 4 ק"מ מעזה וכמות שנתית ממוצעת דומה לה) - החל מ-1952. זאת במטרה לאפשר ייצוג של מישור החוף הדרומי בבחינה זו.



### ממוצע משקעים שנתי בחלוקה לאזורים השונים

באותה מתודולוגיה בה נבחנה השתנות הממוצע השנתי של הגשם לארץ כולה, נבחנה גם השתנות כמויות הגשם השנתיות הממוצעות בחלוקה אזורית ותוצאותיה של בחינה זו מוצגים באיור 6. במפה 1 מוצגות התחנות ששימשו לבחינה האזורית של השתנות הגשם.



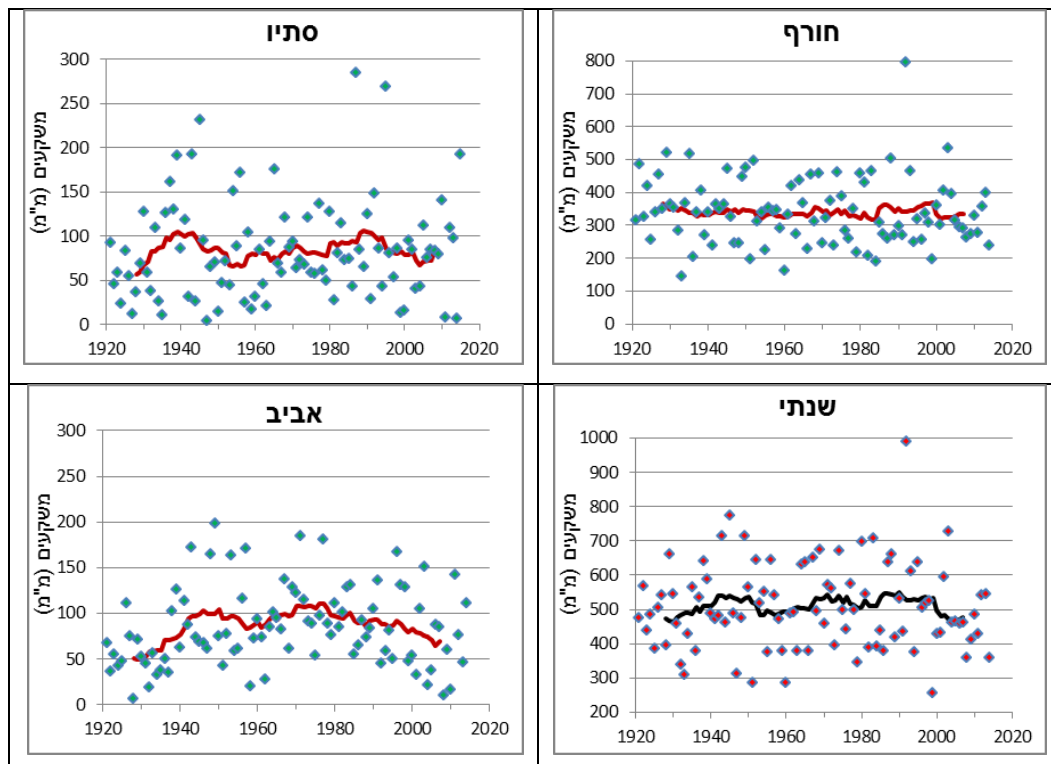


איור 6: כמות המשקעים השנתית הממוצעת (במילימטרים) באזורי הארץ השונים (ראו החלוקה האזורית של התחנות במפה 1). הקו הרציף האדום מייצג ממוצע רץ ל-15 שנים.

באיור 6 ניתן לראות שגם כשמבצעים חלוקה אזורית לא ניכר שינוי משמעותי בכמויות הגשם הממוצעות באף אחד מאזורי הארץ שנבדקו, למעט אזור צפון הנגב, בו ניתן להבחין שהממוצע ב-15 השנים האחרונות נמוך מזה שבתחילת התקופה (סוף שנות ה-40). עם זאת, היעדר המידע מהאזור בשנות ה-20 וה-30, שניכר שהיה בהן ממוצע משקעים נמוך יחסית בהרי המרכז ובמישור החוף המרכזי, מקשה על ייחוס מגמה כלשהי.

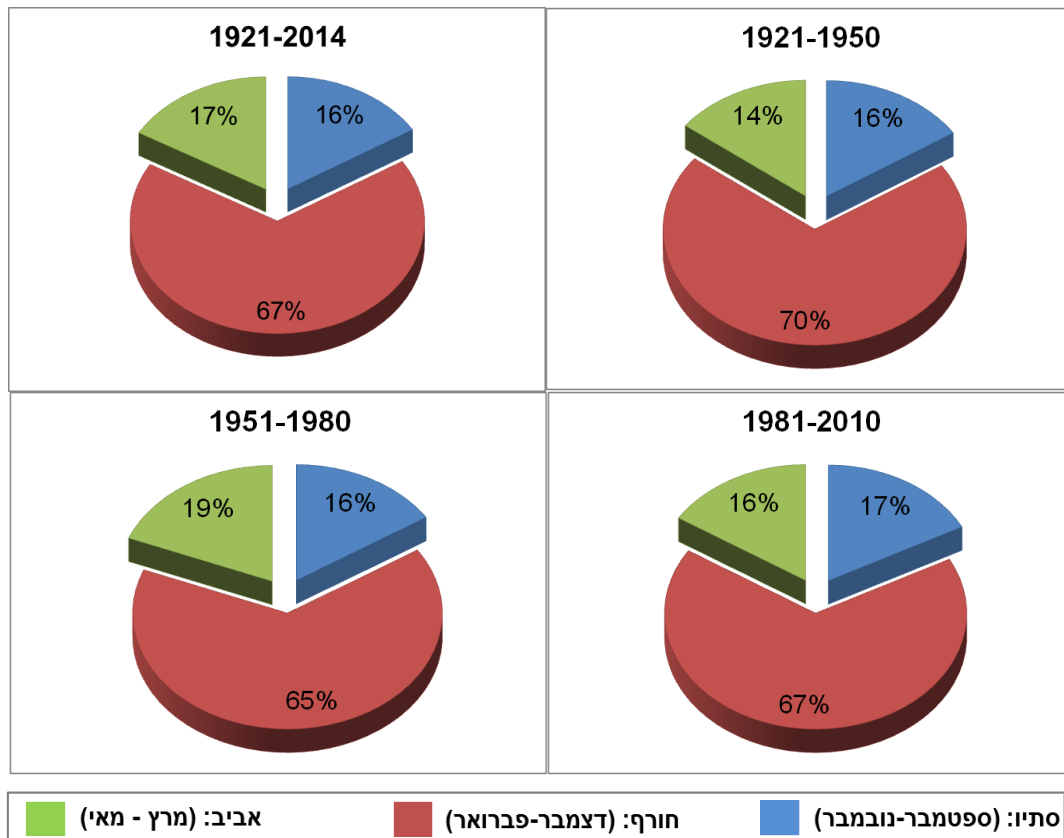
### ממוצע המשקעים העונתי

איור 7 מציג את כמויות המשקעים ברמה השנתית והעונתית. הניתוח מבוסס על ממוצע 15 התחנות הוותיקות המופיעות במפה 1. ניכר דמיון בין גרף המשקעים השנתי לזה המופיע באיור 5 ואכן נמצא כי המתאם בין כמויות המשקעים השנתיות, המבוססות על מרב התחנות בכל שנה, לבין כמויות המשקעים השנתיות המבוססות על 15 התחנות הוותיקות גבוה מאוד ( $r^2=0.98$  גם אם משמיטים את השנה הקיצונית 1991/2). בגרפים העונתיים בולטת הירידה בכמויות הגשם באביב בעשור האחרון, אך ניתן לראות שכמויות המשקעים בעונה זו היו נמוכות באופן דומה גם בשנות ה-20 וה-30 של המאה הקודמת. כמויות המשקעים בסתיו היו גם הן נמוכות בשנות ה-20 וזאת בעיקר בגלל מיעוט גשמי אוקטובר בתקופה זו (לא מוצג). ככלל, ניתן לראות כי אין מגמה חד משמעית באף אחת מהעונות.



איור 7: כמות המשקעים הממוצעת ברמה השנתית ובכל אחת מהעונות: סתיו (ספטמבר, אוקטובר, נובמבר), חורף (דצמבר, ינואר, פברואר) ואביב (מרץ, אפריל, מאי). הקו הרציף מייצג ממוצע רץ ל-15 שנים.

איור 8 מציג את ההתפלגות העונתית של המשקעים במהלך שלוש תקופות מיצוע תקניות שוות ובמהלך כל תקופת המחקר וזאת על סמך 15 התחנות הוותיקות. נראה כי קיימים הבדלים קלים בלבד בחלוקה העונתית של כמויות המשקעים בין תקופות המיצוע השונות אך ככלל, חלוקה זו נשמרת: בחורף – כשני שלישים מכמות המשקעים השנתית, כשישית מהכמות בסתיו וכשישית מהכמות באביב.



איור 8: ההתפלגות העונתית של המשקעים לאורך כל תקופת המחקר (משמאל למעלה) ובכל אחת מתקופות המיצוע התקניות, על בסיס 15 התחנות המופיעות במפה 1.

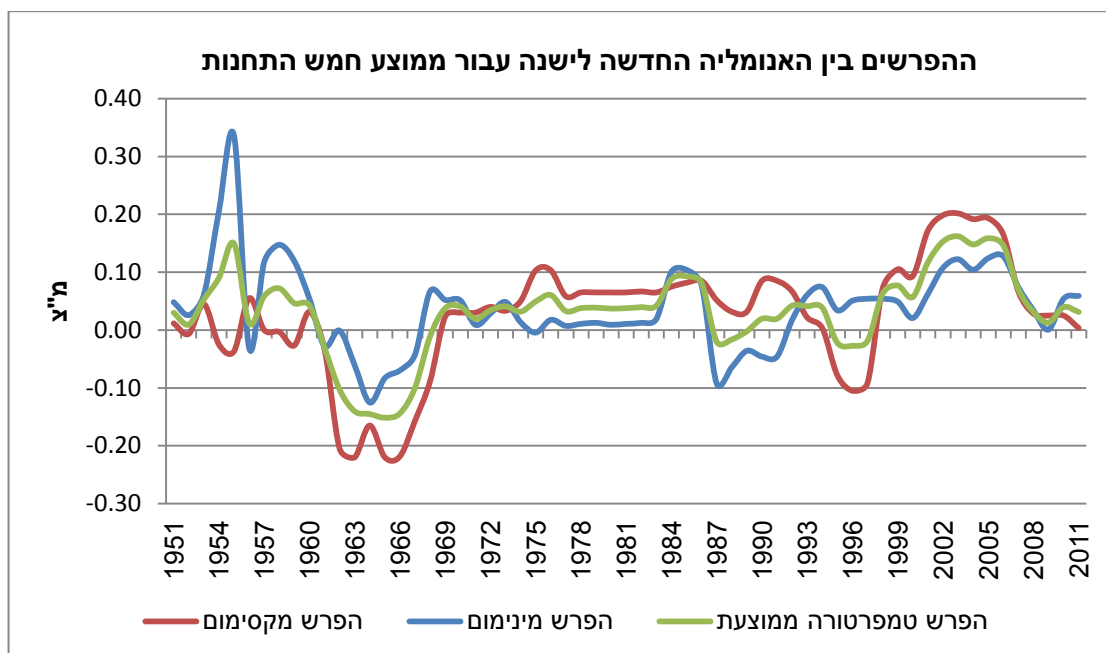
לסיכום ניתן לומר שלא נצפה שינוי מהותי בכמויות המשקעים והחלוקה העונתית שלהן מראשית שנות ה-20 של המאה הקודמת ועד היום.

חשוב לציין כי ניתוח זה מתייחס למגמות שינויי האקלים בארץ עד כה ואיננו מתיימר לעסוק בחיזוי האקלים העתידי. הערכות לגבי שינויי האקלים שיתרחשו בעתיד מחושבות באמצעות מודלים דינמיים לחיזוי אקלימי, שתוצאותיהם מוצגות בדו"חות ה-IPCC.

## נספח - הומוגניזציה

הומוגניזציה של סדרת נתונים היא למעשה מציאת נקודת זמן בסדרה (נקודת שבר) בה קיים שוני (בממוצע, שונות, התפלגות וכד') בין הקטע עד אותה הנקודה וקטע ההמשך הבא אחריו. הסיבות בגינן נגרמות נקודות שבר הן בדרך כלל תוצאה של שינוי בהצבה של סוכה מטאורולוגית, החלפת מכשור ושינוי דגם סוכה. נטרול השפעות אלו הינו תנאי הכרחי לבחינת מגמות בשינויי אקלים שכן, אי נטרול גורמים אלו עשוי להוביל למסקנות שגויות בדמות שינוי אקלימי מלאכותי. בסדרות נתונים של טמפרטורה, בדרך כלל, ניתן למצוא יותר מנקודת שבר אחת. לאחר איתור נקודות השבר, באמצעות מבחנים סטטיסטיים שונים, ניתן "לתקן" / להתאים קטע לקטע כך שהסדרה כולה תהיה הומוגנית. המבחנים הסטטיסטיים והבדיקות השונות הינם מחמירים ומבוססים על השוואות מרובות מול תחנות שכנות / סדרות יחוס בשילוב המידע המתועד אשר קיים בארכיון השמ"ט (מטה דטה). מידע זה בדרך כלל מסביר ותומך בחלק מנקודות השבר אשר נמצאו.

איור 9 מציג את ההפרש בין הסדרה ההומוגנית החדשה לסדרה הישנה (נתוני מקור) עבור כל אחד מהמשתנים: טמפרטורת מינימום, מקסימום וממוצע.

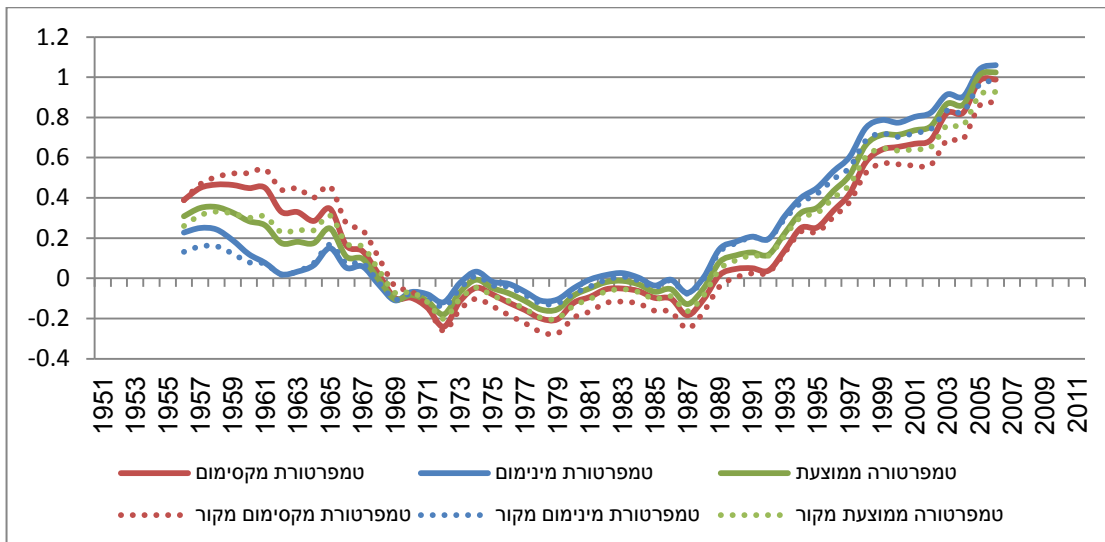


איור 9: מתאר את ההפרש בין הסדרה החדשה לסדרה הישנה עבור טמפרטורת המינימום (בכחול), טמפרטורת המקסימום (באדום) ועבור הטמפרטורה הממוצעת (בירוק). אנומליות הסדרות היא ביחס לתקופה 1961-1990 כפי שמוצג בדו"ח זה.

באיור 9 ניתן לראות שטווח ההתאמות/התיקונים הנדרשים יכול לנוע בין 0.34 ל -0.22 מ"צ בממוצע לשנה, תלוי במשתנה הנבדק. יש לציין כי, בדרך כלל, שיעורי ההתאמה/תיקון

השנתיים עבור כל אחת מחמש התחנות, המרכיבות ממוצע זה, בנפרד, הינם בעלי טווח גדול יותר.

איור 10 מתאר את מהלך האנומליות המוחלק (ממוצע רץ של 11 שנים) עבור הסדרות ההומוגניות בהשוואה לסדרות הישנות. ניתן לראות כי טמפרטורת המקסימום בשנות החמישים והשישים בסדרה ההומוגנית נמוכה יותר מזו של הסדרה המקורית ואילו בשנות השבעים היא גבוהה יותר וכך גם לקראת סוף התקופה (הדבר בדרך כלל נובע מהכנסת מכשור דיגיטלי רגיש ומדויק יותר). לעומת זאת, טמפרטורת המינימום בשנות החמישים בסדרה ההומוגנית גבוהה יותר מזו של הסדרה המקורית וכך גם בהמשך התקופה בשיעורים שונים. בשל כך, ההשפעה על הטמפרטורה הממוצעת (אשר היא פועל יוצא של טמפרטורת המקסימום והמינימום) ניכרת פחות.



איור 10: אנומליית הטמפרטורה ביחס לתקופה 1961-1990, סדרות הומוגניות (קווים רציפים) מול סדרות מקור (הסדרות טרום הומוגניזציה). ממוצע רץ ל-11 שנים.

ניתוח הטמפרטורה מסתיים כרגע בשנת 2011 מכיוון שבמהלך 2012 הוכנסו חיישנים רגישים בחלק מהתחנות, דבר אשר גרם לנקודות שבר נוספות בסדרות. על מנת לתת פקטור תיקון מהימן יש לצבור מספר שנות מדידה עם מכשור זה. בהמשך בכוונתנו לתקן את הסדרות עד ימינו אלה, לצרף תחנות נוספות ובנוסף לבצע הומוגניזציה לתחנות הגשם.

להלן פרוט עיקרי המקורות עליהם מבוססת ההומוגניזציה בשמ"ט:

Alexandersson, H., 1986: A homogeneity test applied to precipitation data. *International Journal of Climatology*, 6, 661–675.

Caussinus, H. and Mestre, O., 2004: Detection and correction of artificial shifts in climate series. *Applied Statistics*, 53, 405–425.

Domonkos, P., 2011: Adapted Caussinus-Mestre Algorithm for Networks of Temperature series (ACMANT). *International Journal of Geosciences*, 2, 293–309, DOI: 10.4236/ijg.2011.23032.

Easterling, D.R. and Peterson, T.C., 1995: A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. *International Journal of Climatology*, 15, 369–377.

Guijarro, J. A., 2011: User's guide to climatol. An R contributed package for homogenization of climatological series. State Meteorological Agency, Balearic Islands Office, Spain. <http://www.climatol.eu/climatol-guide.pdf>

Mestre, O., Domonkos, P., Picard, F., Auer, I., Robin, S., Lebarbier, E., Böhm, R., Aguilar, E., Guijarro, J., Vertachnik, G., Klancar, M., Dubuisson, B. and Štěpánek, P., 2013: HOMER: A Homogenization Software - Methods and Applications. *Idojaras, Quarterly journal of the Hungarian Meteorological Service*, Vol. 117, No. 1, 47–67.

Picard, F., Lebarbier, E., Hoebeker, M., Rigail, G., Thiam, B., and Robin, S., 2011: Joint segmentation, calling, and normalization of multiple CGH profiles. *Biostatistics*, 12, 413–428.

Štěpánek, P., 2008: AnClim - software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB. <http://www.climahom.eu/AnClim.html>

Vincent, L. A., 1998: A technique for the identification of inhomogeneities in Canadian temperature series. *Journal of Climate*, 11, 1094–1104.

Wang, X. L., Wen, Q.H., Wu, Y., 2007: Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46 (No. 6), 916–931. DOI:10.1175/JAM2504.1

Wang, X. L., 2008: Accounting for autocorrelation in detecting mean shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, 2423–2444.

Wang, X. L. and Y. Feng, published online January 2010: RHtestsV3 User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada.

Yosef, Y., Osetinsky-Tzidaki, I., Furshpan, A., 2014: Homogenization of monthly temperature series in Israel – an integrated approach for optimal break-points detection. *Proceedings of the 8th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases*, Budapest, Hungary, 12-16 May 2014, WCDMP. WMO, Submitted.