

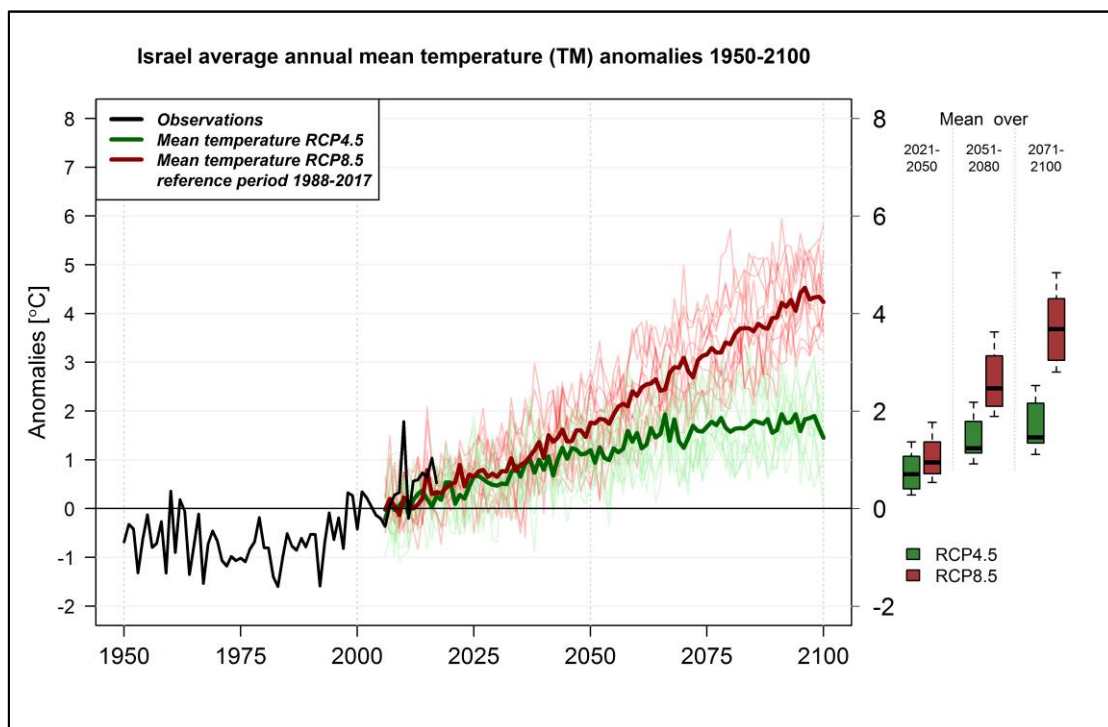
מגמות השינוי בטמפרטורה בישראל, תחזיות עד 2100

(דו"ח מחקר מס' 4000-0802-2020-0000044, אוגוסט 2020)

יצחק (איציק) יוסף, ענת בהר"ד, לינס אוזן, אבנר פורשפן, יואב לוי

בדו"ח "שינויי אקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים" (דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2019-0000075, נובמבר 2019, השירות המטאורולוגי) אותו פרסמנו בסוף שנה שעברה, מוצגת השתנות הטמפרטורה עבור שני תרחישים, האחד מתון (RCP4.5) והשני קיצוני יותר (RCP8.5) בו האנושות אינה נוקטת בשום פעולה לצמצום גזי החממה. השתנות הטמפרטורה הוצגה לשני תרחישים אלו עד שנת 2050.

בעבודה הנוכחית אנו מרחיבים את חישוב מגמות השינוי החזויות, לאותם שני תרחישים, עד שנת 2100, תוך הצגת השינוי בשלוש תתי תקופות: 2021-2050, 2051-2080 ו-2081-2100. בעבודה זו מוצגים ההבדלים בין העתיד לבין ממוצע שלוש השנים האחרונות, 1988-2017.¹



איור 1. השינוי בטמפרטורה הממוצעת השנתית בישראל ביחס לתקופת יחוס 1988-2017. ממוצע התצפיות (בשחור), ממוצע אנסמבל המודלים עבור תרחיש RCP4.5 (בירוק בולט), ממוצע אנסמבל המודלים עבור תרחיש RCP8.5 (באדום בולט). קווים דקים מציינים את פיזור תוצאות המודלים השונים בהתאם לתרחישים RCP4.5 (ירוק) ו-RCP8.5 (אדום). תרשימי הקופסה (boxplots) מתארים את התפלגות ממוצעי המודלים השונים לכל תרחיש, לתקופה 2021-2050, 2051-2080 ו-2081-2100. חציון ההתפלגות מצוין בקו אופקי שחור.

¹ בנספח ניתן למצוא את אותו הניתוח רק עבור תקופת התקן הסטנדרטית 1961-1990, לצורך השוואה עם הדו"ח הקודם ו/או עם מחקרים דומים.

איור 1 מתאר את השינוי בטמפרטורה הממוצעת בישראל² משנת 1950 ועד שנת 2100 לשני תרחישים, RCP4.5 ו-RCP8.5. מגרף זה עולה כי הטמפרטורה הממוצעת בישראל צפויה להמשיך ולעלות בעוד כ-4 מ"צ עד סוף המאה הנוכחית, תחת התרחיש החמור (RCP8.5), ביחס לתקופה 2017-1988. הערך הממוצע לתקופה 2100-2071 עומד על כ-3.7 מ"צ, ביחס לתקופה 2017-1988. לעומת זאת, תחת התרחיש המתון יותר (RCP4.5) בו פליטות גזי החממה העולמיות תגענה למקסימום בין השנים 2030 ל-2040 ולאחר מכן תפחתנה, ניתן לראות מעיין התייצבות סביב תוספת ממוצעת של כ-1.5 מ"צ, מקצת אחרי אמצע המאה ועד סופה³.

איור 2 מתאר את השינוי החזוי בטמפרטורות המרביות והמזעריות (טמפרטורת המקסימום והמינימום) לעונת הקיץ ואיור 3 מתאר את השינוי החזוי לעונת החורף. מאיורים אלו ומטבלה 1 עולה כי שיעור ההתחממות בקיץ גבוה יותר הן עבור טמפרטורת המקסימום (איור 2.א') והן עבור טמפרטורת המינימום (איור 2.ב'), בקנה אחד עם המגמות שאובחנו במדידות בפועל בשלושים השנים האחרונות. תחת התרחיש החמור, ערכי המקסימום והמינימום צפויים להיות גדולים ביותר מ-4 מ"צ בסוף המאה, ביחס לתקופה 2017-1988. טמפרטורת המינימום עולה אף מעט יותר מטמפרטורת המקסימום וצפויה להגיע בתסריט החמור (RCP8.5) לתוספת של כמעט 5 מ"צ בקיץ בסוף המאה (איור 2.ב'). חודשי החורף מתחממים אף הם, אם כי בשיעור נמוך ביחס לקיץ, עם שיעור גידול ממוצע של כ-3.5 מ"צ עד סוף המאה (טבלה 1 ב' ו-ד' תרחיש RCP8.5).

טבלה 1. הגידול הממוצע בין תקופות שונות בעתיד לבין תקופת היחוס 2017-1988. תוצאות פיזור המודלים לאחזון ה-25% וה-75%, תחת שני תרחישים, RCP4.5 ו-RCP8.5. א) טמפרטורת מקסימום בקיץ; ב) טמפרטורת המקסימום בחורף; ג) טמפרטורת המינימום בקיץ; ד) טמפרטורת המינימום בחורף.

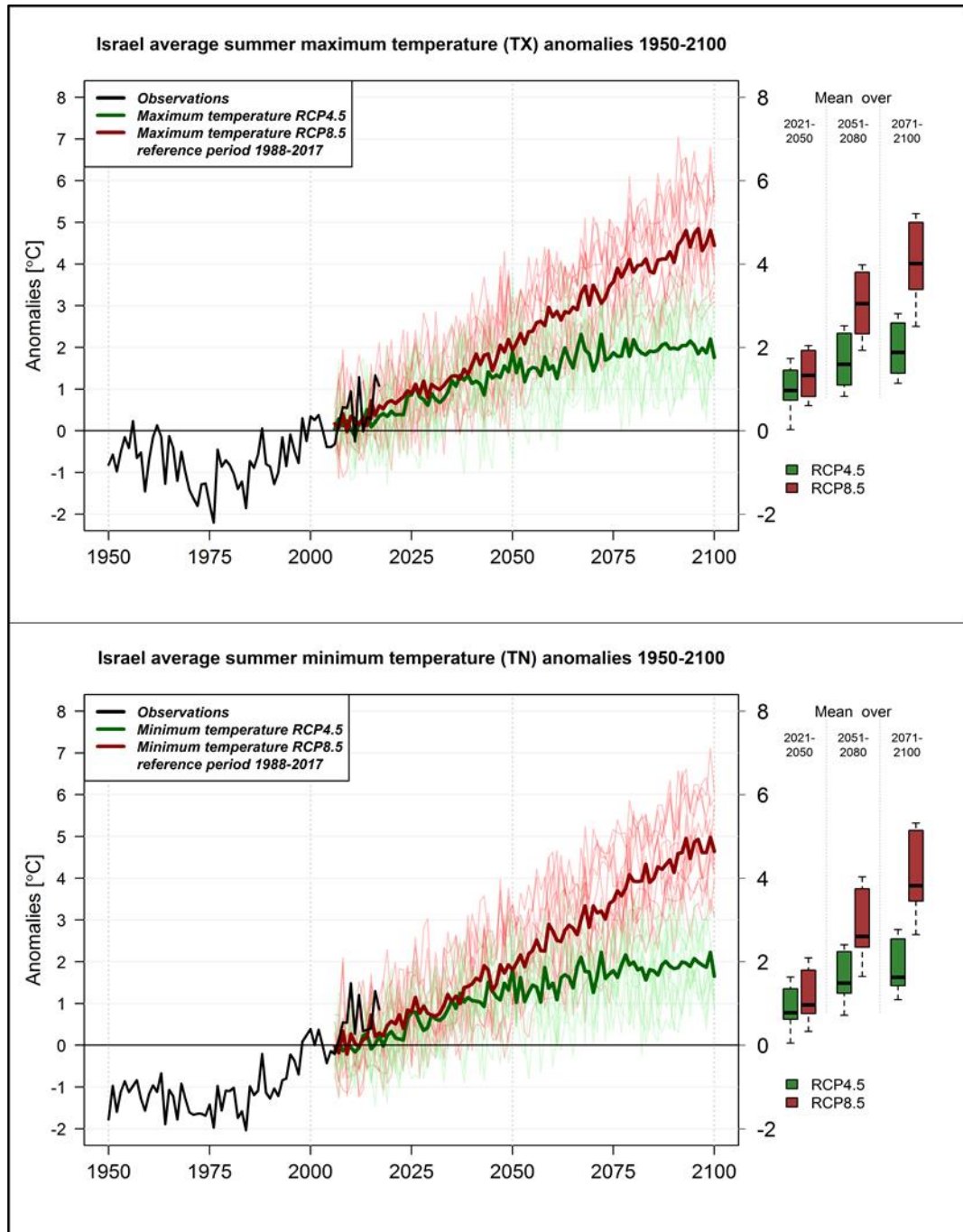
RCP8.5			RCP4.5			מקסימום (ב) חורף טמפ'
75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	
1.38	0.53	0.89	1.16	0.51	0.81	2021-2050
2.66	1.99	2.40	1.99	1.03	1.47	2051-2080
3.91	2.74	3.50	2.23	1.19	1.70	2071-2100

RCP8.5			RCP4.5			מינימום (ד) חורף טמפ'
75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	
1.39	0.66	1.03	1.15	0.60	0.87	2021-2050
2.81	1.84	2.34	1.90	1.08	1.42	2051-2080
3.86	2.86	3.39	2.16	1.10	1.66	2071-2100

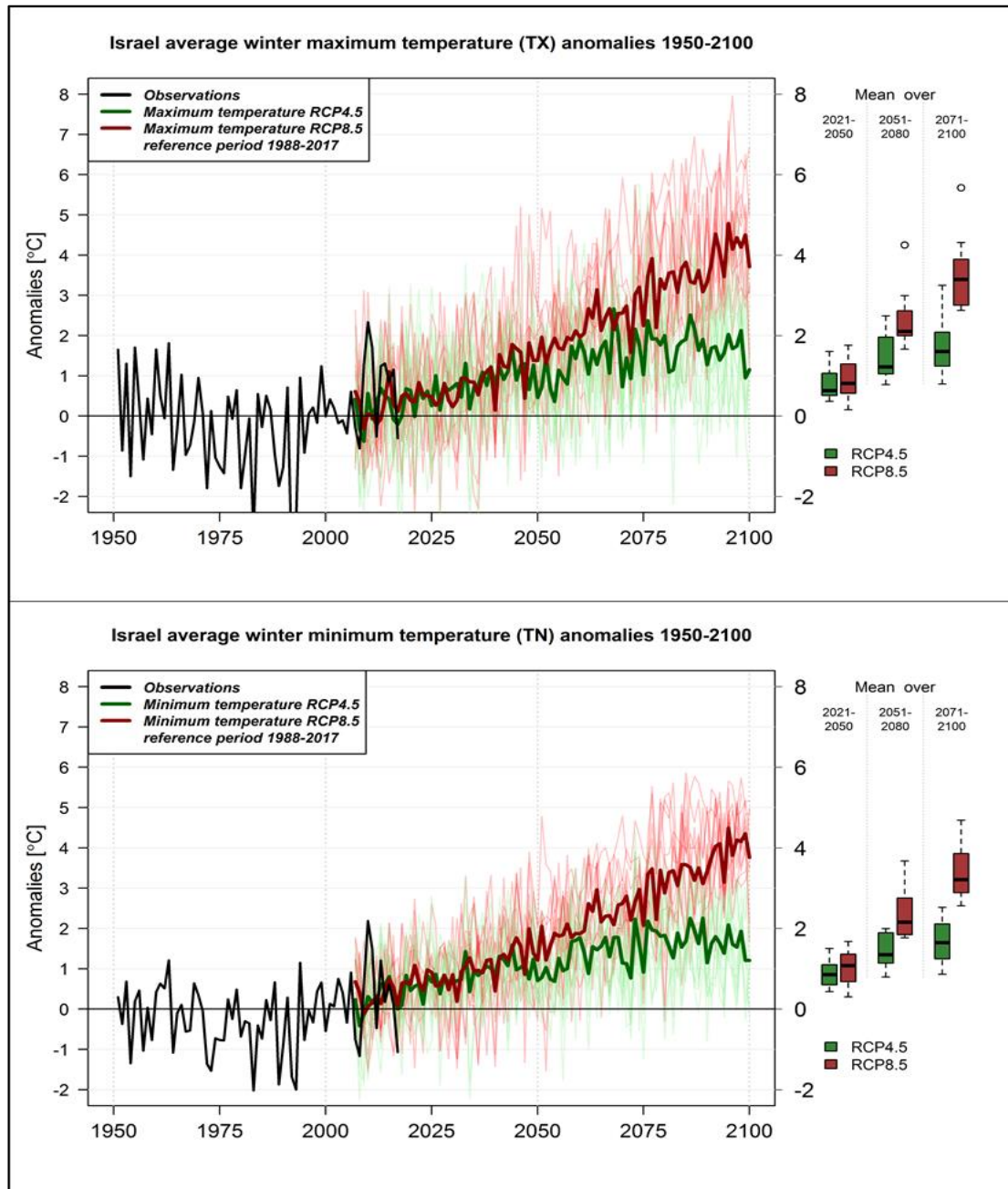
RCP8.5			RCP4.5			מקסימום (א) קיץ טמפ'
75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	
1.94	0.76	1.34	1.49	0.70	1.03	2021-2050
3.81	2.20	3.04	2.34	1.09	1.72	2051-2080
5.03	3.37	4.08	2.59	1.32	1.96	2071-2100

RCP8.5			RCP4.5			מינימום (ג) קיץ טמפ'
75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	75% אחזון	25% אחזון	ממוצע	
1.86	0.71	1.19	1.37	0.59	0.89	2021-2050
3.85	2.26	2.90	2.28	1.22	1.61	2051-2080
5.18	3.44	4.14	2.55	1.40	1.88	2071-2100

² הממוצע הארצי הן בדו"ח הנוכחי והן בדו"ח הקודם (נובמבר 2019) חושב על בסיס מיצוע של 24 תחנות הפזורות ברחבי הארץ להן רקורד אקלימי ממושך, ראה פירוט התחנות בנספח א'.
³ ביחס לתקופת הייחוס הסטנדרטית 1961-1990, אשר בה ממוצע הטמפרטורה היה נמוך כמעט במעלה ביחס לממוצע של העשורים האחרונים, זהו גידול של כ-5 מ"צ עד לסוף המאה בתרחיש החמור, והתייצבות על תוספת ממוצעת של כ-2.5 מ"צ בחצי השני של המאה, בתרחיש המתון, ראה נספח ב'.



איור 2. כמו איור 1 רק עבור השינוי בטמפרטורת המקסימום והמינימום בעונת הקיץ בישראל ביחס לתקופת יחוס 1988-2017. (א) השינוי בטמפרטורת המקסימום בקיץ; (ב) השינוי בטמפרטורת המינימום בקיץ.



איור 3. כמו איור 2 רק עבור השינוי בטמפרטורת המקסימום והמינימום בעונת החורף בישראל ביחס לתקופת יחוס 1988-2017. (א) השינוי בטמפרטורת המקסימום בחורף; (ב) השינוי בטמפרטורת המינימום בחורף.

מסמך זה יש לצטט כך:

יוסף, י', בהר"ד, ע', אוזן, ל', פורשפן, א', לוי, י' (2020). מגמות השינוי בטמפרטורה בישראל, תחזיות עד 2100. דו"ח מחקר מס' 4000-0802-2020-0000044, השירות המטאורולוגי הישראלי.

Yosef, Y., Baharad, A., Uzan, L., Furshpan, A., Levi, Y. (2020). Israel temperature projections by 2100. Research Report No. 4000-0802-2020-0000044, Israel Meteorological Service (in Hebrew).

נספח א' – התחנות אשר שימשו לבניית הממוצע הארצי

מס	שם תחנה	קוד תחנה	LAT	LONG	גובה (מ')
1	עכו	280	32.932	35.102	8
2	גלעד	1192	32.556	35.072	180
3	עין החורש	1546	32.388	34.938	15
4	תל אביב	2410	32.058	34.759	10
5	בית דגן	2523	32.007	34.814	31
6	קבוצת יבנה	3081	31.817	34.724	50
7	נגבה	3502	31.659	34.680	95
8	חוות בשור	3891	31.272	34.389	110
9	צפת	4642	32.980	35.507	936
10	תבור	5358	32.705	35.406	145
11	כפר יהושע	5501	32.683	35.150	50
12	עפולה	5811	32.596	35.277	60
13	ירושלים	6771	31.781	35.222	810
14	בית ג'מל	7151	31.725	34.976	355
15	דורות	7333	31.504	34.648	115
16	באר שבע	7841	31.252	34.800	279
17	שדה בוקר	8206	30.870	34.795	475
18	דפנה	8263	33.228	35.635	135
19	כפר בלום	8472	33.172	35.613	75
20	בית צידה	8730	32.880	35.650	-200
21	צמח	9111	32.702	35.584	-200
22	שדה אליהו	9376	32.439	35.511	-185
23	סדום	9571	31.031	35.392	-388
24	אילת	9974	29.553	34.952	22

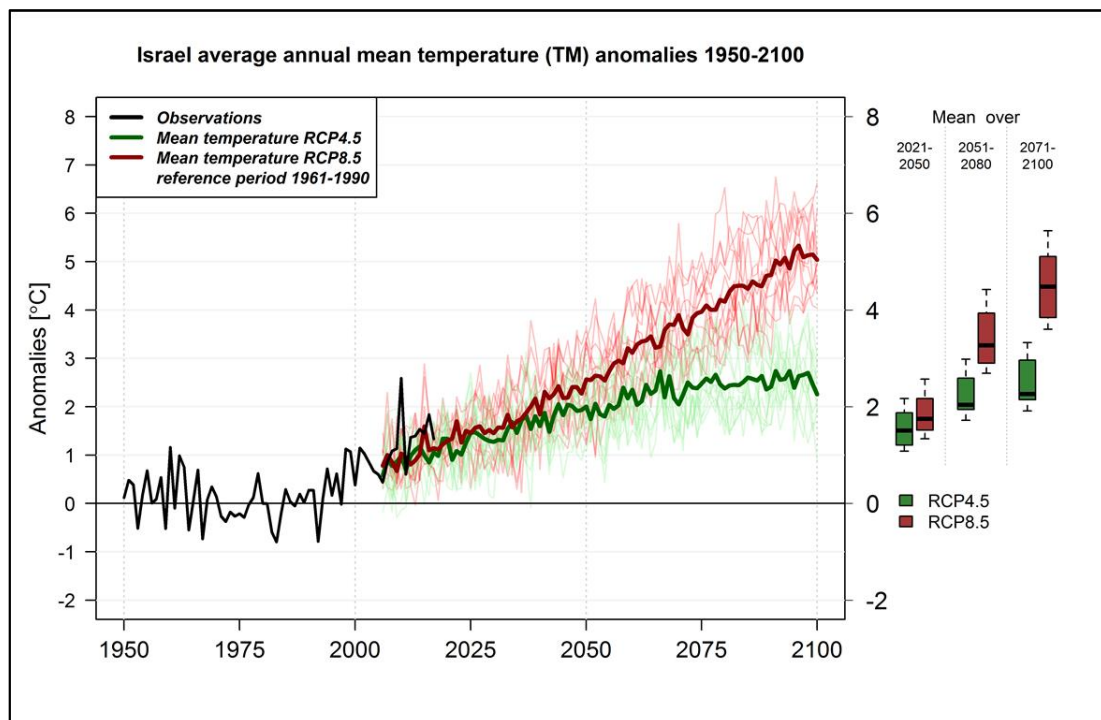
כמפורט בדו"ח הקודם⁴, חישוב התחזית לכל תחנה התבסס על בדיקת ההתאמה בין אקלים המודל לבין התפלגות ערכי המדידה בפועל בתקופה ההיסטורית. הקשרים שנמצאו תקפים בעשורים שחלפו, שימשו לבניית התחזיות לעתיד על בסיס המודל (Statistical downscaling). כמפורט בדו"ח הקודם, עשינו שימוש ב-15 ריצות של מודלים אקלימיים אזוריים שונים ברזולוציה של כ-50 ק"מ בין נקודת סריג אחת לשניה (CORDEX Africa). הממוצע הארצי המוצג בדו"ח זה (בדומה לדו"ח הקודם) הוא ממוצע חשבוני פשוט של 24 התחנות הללו.

⁴ יוסף, י', בהר"ד, ע', און, ל', אוסטינסקי-צדקי, א', כרמונה, י', חלפון, נ', פורשפן, א', לוי, י', סתיו, נ' (2019) "שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים", דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2019-0000075, השירות המטאורולוגי הישראלי.

נספח ב' – השינוי החזוי ביחס לתקופת התקן 1961-1990

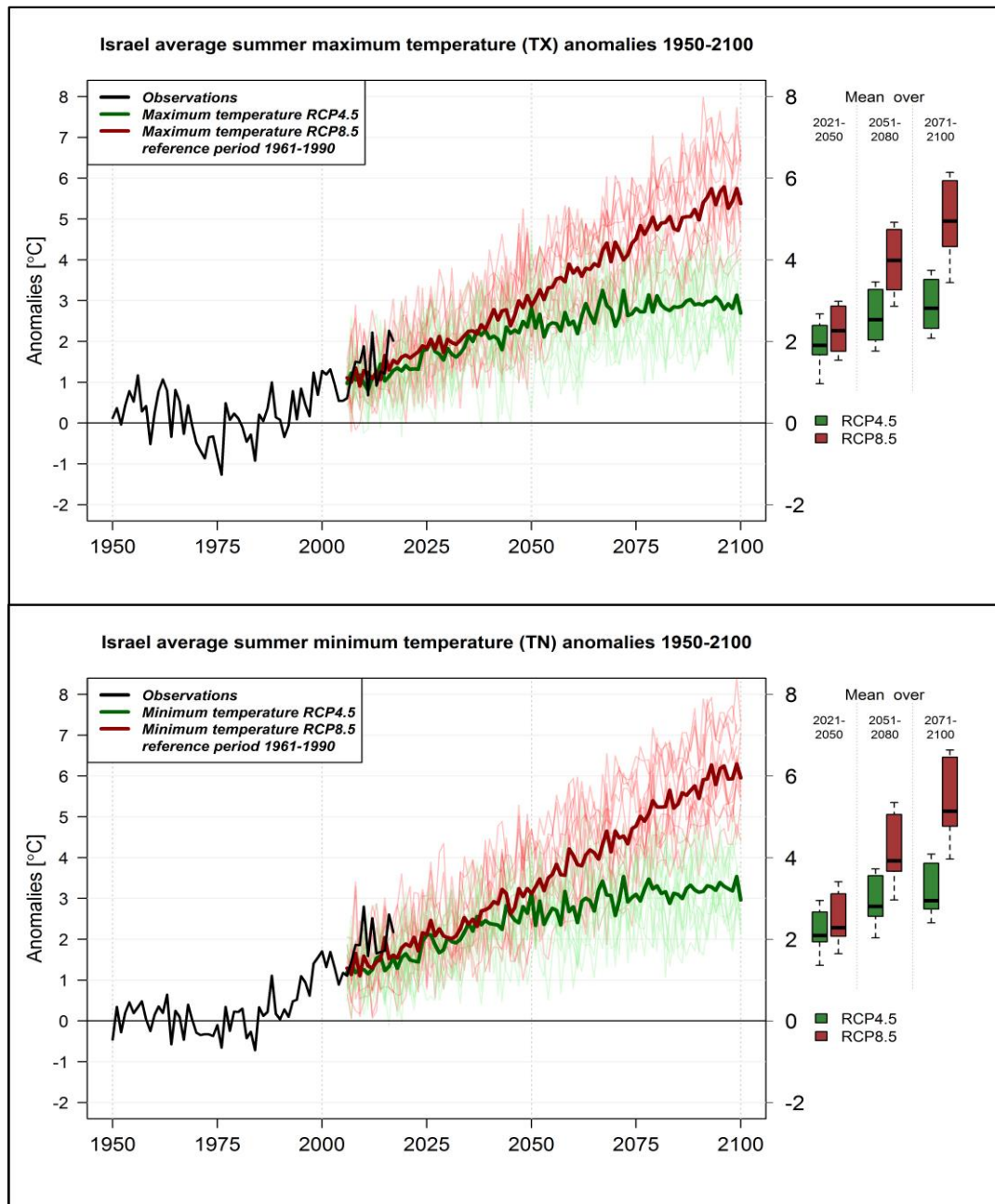
כפי שצוין למעלה, כל ההפרשים בטמפרטורה ביחס לעתיד חושבו ביחס לשלושים השנה האחרונות 2017-1988, תקופה יחסית חמה, בשונה מהדו"ח הקודם שפרסמנו⁵, אשר התייחס ברובו להבדלים ביחס לתקופה הסטנדרטית 1990-1961, אשר הייתה קרירה יחסית. ההבדל (ההפרש) בין תקופות יחוס 1990-1961 ל-2017-1988 עבור הטמפרטורה השנתית הממוצעת בישראל הינו 0.8 מ"צ. בעונות השונות, הפרשים אלו נעים בטווח שבין 1.32 מ"צ עבור טמפרטורת המינימום בקיץ (0.94 מ"צ עבור טמפרטורת המקסימום) ל-0.34 מ"צ עבור טמפרטורת המינימום בחורף (0.41 מ"צ עבור טמפרטורת המקסימום).

בנספח זה מוצגים איורים המקבילים לאיורים 1 עד 3 בהשוואה לתקופת הייחוס 1990-1961. איורים אלו מאפשרים השוואה קלה יותר עם הפרסום הקודם שלנו ועם מחקרים דומים בהן נעשה שימוש בתקופת תקן זו.

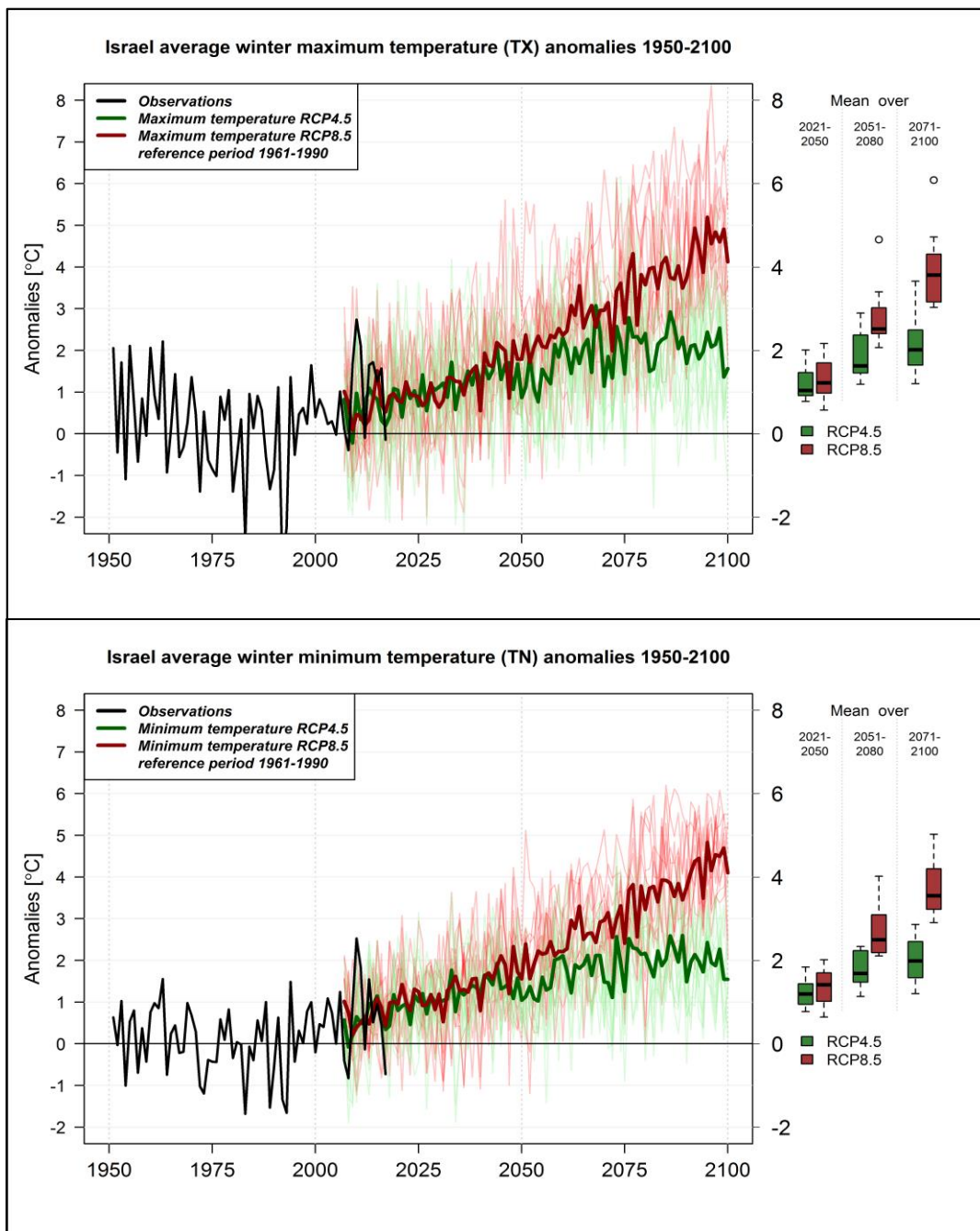


איור 4. כמו איור 1, רק עבור תקופת יחוס 1990-1961.

⁵ יוסף, י', בהר"ד, ע', און, ל', אוסטינסקי-צדקי, א', כרמונה, י', חלפון, נ', פורשפן, א', לוי, י', סתיו, נ' (2019) "שינוי האקלים בישראל מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורה והמשקעים", דו"ח מחקר מס' 4000-0804-2019-0000075, השירות המטאורולוגי הישראלי.



איור 5. כמו איור 2, קיץ, רק עבור תקופת יחוס 1961-1990.



איור 6. כמו איור 3, חורף, רק עבור תקופת יחוס 1961-1990.