

אגף בכיר דמוגרפיה ומפקד
תחום דמוגרפיה
Senior Department of Demography and Census
Demography Sector



תחזית אוכלוסיית ישראל 2015–2065

מאי 2018

סופיה פראן

אביעד קלינגר

כתבו את הפרסום: סופיה פראן ואביעד קלינגר – אגף דמוגרפיה ומפקד

עובדי למ"ס נוספים שהשתתפו בהכנת התחזית:

אגף בכיר דמוגרפיה ומפקד:	אוליביה בלום – מנהלת אגף
	ד"ר אחמד חליחל – סגן מנהלת אגף
	ליאת רחבי – מנהלת תחום אומדני אוכלוסייה
אגף ניהול איכות סטטיסטית:	ארי פלטיאל – מנהל אגף
אגף דוברות, תקשורת והסברה	
תחום הוצאה לאור:	איריס ראובני – עריכת לשון
	נוראל מזרחי – עיצוב תרשימים

חברי ועדת ההיגוי "תחזיות אוכלוסייה ארציות"

האוניברסיטה העברית:	גיא סטקלוב, יו"ר הוועדה
	אליהו בן משה
	סרג'יו דה לה פרגולה
אוניברסיטת בן גוריון:	יונתן אנסון
המועצה הלאומית לכלכלה:	שמואל אברמזון
	דרור שודרון
משרד האוצר, אגף הכלכלן הראשי:	אסף גבע
חטיבת המחקר, בנק ישראל:	שי צור

תודה לחברי ועדת ההיגוי על שיתוף הפעולה, על הייעוץ ועל הליווי המקצועי.

תוכן עניינים

1. מבוא	4
2. קבוצות האוכלוסייה	6
3. שיטת התחזית ומרכיביה	9
א. מרכיב הפריון	10
ב. מרכיב התמותה	15
ג. מרכיב ההגירה הבין-לאומית	21
4. ממצאים עיקריים	23
אחוז גידול	26
קבוצות גיל נבחרות	26
יחס תלות	29
5. סיכום	33
6. נספחים	35
נספח א: תיקון נתוני שיעורי תמותה בגילאים מבוגרים בשיטת Kannisto	35
נספח ב: בחירת המודל לחיזוי התמותה בישראל	37
מודל Lee-Carter	38
מודל Lee-Miller	38
מודל Booth-Maindonald-Smith	38
מודל Hyndman-Ullah	39

1. מבוא

פרסום זה מציג את תחזית האוכלוסייה הארצית לשנים 2015–2065. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מפרסמת תחזית אוכלוסייה ארצית כל חמש שנים. בעבר התחזית חושבה לטווח של 25 שנה, ואילו ב-2012 בוצעה לראשונה תחזית לטווח של 50 שנה (2009–2059).¹ בשל ביקוש המשתמשים הוחלט לעבור למתכונת של תחזית לטווח ארוך של 50 שנה גם בתחזית הנוכחית. מטרתה העיקרית של התחזית לספק מסגרת כללית למקבלי ההחלטות בישראל לצורכי תכנון. התכנון נשען בין היתר על הערכות לגבי גודל האוכלוסייה בעתיד, מבנה הגילים הצפוי והגודל היחסי של קבוצות אוכלוסייה שונות.

התחזית מבוססת על אומדני האוכלוסייה של הלמ"ס לסוף שנת 2015,² ומורכבת משלוש קבוצות אוכלוסייה: אוכלוסיית היהודים ואחרים (ללא האוכלוסייה החרדית), אוכלוסיית החרדים ואוכלוסיית הערבים.³ התחזית לכלל האוכלוסייה היא סכום של שלוש הקבוצות שחושבו לראשונה לפי שנה,⁴ והן מפורטות לפי מין וקבוצות גיל של שנה אחת (קבוצת הגיל המבוגרת ביותר – 95 ומעלה).

תחזית האוכלוסייה מבוססת על הנחות עתידיות (מערך תרחישים) של המרכיבים המשפיעים על גודל האוכלוסייה: ילודה, תמותה והגירה בין-לאומית. קביעת הנחות אלו בוצעה על סמך התייעצויות עם מומחים בנושא ובליוי ועדה מייעצת שהקימה המועצה הציבורית לסטטיסטיקה, במיוחד למטרה זו. בעזרת המומחים נבחרו מודלים סטטיסטיים לניתוח מגמות העבר, ולכל אחת משלוש קבוצות האוכלוסייה נקבעו הנחות נפרדות.

תחזית אוכלוסייה היא כלי תאורטי שתוצאותיו תלויות לחלוטין בהנחות שנבחרו. הנחות אלה אינן יכולות להתחשב בהתפתחויות בלתי צפויות (כגון שינויים במדיניות חברתית-כלכלית, תמורות בזירה הבין-לאומית ועוד) שעשויות להשפיע על האוכלוסייה בעתיד. התחזית אינה מנסה לנבא התפתחויות כאלה, כיוון שמטרתה לספק מערך של תרחישי אוכלוסייה לצורכי תכנון. בנוסף יש קשר הדדי בין תוצאות תחזית האוכלוסייה לבין גורמי התכנון. מצד אחד תחזית האוכלוסייה משפיעה על התכנון, ומצד שני התכנון משפיע על העתיד ומביא לשינוי המציאות כפי שהוערכה בתחזית. על כן הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נוהגת לעדכן את התחזית מדי חמש שנים.

¹ פלטיאל, א', ספולקר, מ', קורנילנקו, א', ומלדונדו, מ' (2012). תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009–2059. סדרת ניירות טכניים מס' 27. ירושלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

² אומדני האוכלוסייה אינם כוללים את אוכלוסיית העובדים הזרים (מנתה 183 אלף איש בסוף 2015). גם תחזית האוכלוסייה אינה כוללת את אוכלוסייה זו.

³ אוכלוסיית היהודים ואחרים כוללת יהודים, נוצרים לא-ערבים ומי שאינם מסווגים לפי דת במרשם האוכלוסין. אוכלוסיית הערבים כוללת מוסלמים, נוצרים ערבים ודרוזים. אוכלוסיית החרדים נאמדה על פי הסקר החברתי, ראו פרק 3.

⁴ תוצאות התחזית חושבו לפי שנה יחידה, ולא לפי תקופות של חמש שנים, כפי שהיה מקובל בתחזיות אוכלוסייה קודמות שערכה הלמ"ס.

תקופת הזמן הארוכה של התחזית בשילוב אירועים בלתי צפויים מגדילה את מרווח האי-ודאות. דוגמה לכך היא אפקט "הדור השלישי" – האי-ודאות לגבי גודלו של דור שנולד להורים שנולדו אף הם בתקופת התחזית.

על מנת לכמת את האי-ודאות בוצעה התחזית בשלוש חלופות: גבוהה, בינונית ונמוכה. חלופות אלו מספקות טווח אפשרי לשינוי הצפוי בגודל האוכלוסייה בחמישים השנים הבאות, בהינתן הנחות התחזית. עבור כל קבוצת אוכלוסייה נקבעו שלוש הנחות של פריון ותמותה המשקפות מרווח אפשרי של מרכיבים אלו לאורך תקופת התחזית. למרכיב ההגירה נקבעה הנחה אחת לכל החלופות. למשל התחזית בחלופה הנמוכה מייצגת צירופי הנחות נמוכות של מרכיבי התחזית (פריון, תמותה והגירה). התחזית לכל קבוצת אוכלוסייה היא עצמאית, ואפשר ליצור צירופים שונים של תחזיות לכלל האוכלוסייה. יש לציין כי למרות הנטייה הטבעית להשתמש בחלופה הבינונית, יש להתחשב גם בתוצאות החלופה הגבוהה והחלופה הנמוכה, שמציגות טווח סביר של אי-ודאות סביב החלופה הבינונית.

תוצאות התחזית וההנחות שבבסיסן ניתנות לצפייה בפירוט באתר הלמ"ס.

2. קבוצות האוכלוסייה

אוכלוסיית ישראל מורכבת מקבוצות שונות ומגוונות שלכל אחת מהן מאפיינים דמוגרפיים משלה. ההבדלים נובעים מרמות שונות של פרייון, תמותה והיקפי הגירה. השאיפה היא לבחור בקבוצות אוכלוסייה הומוגניות ככל האפשר, על מנת שהתחזית תשקף באופן מהימן תהליכים שייתכן שיתרחשו בעתיד. עם זאת יש שיקולים נוספים המשפיעים על בחירת הקבוצות, כגון התנהגות דמוגרפית ייחודית של קבוצה מסוימת העשויה להשפיע במידה ניכרת על כלל האוכלוסייה, וכן קבוצות בעלות עניין מיוחד לקובעי מדיניות. לכן בבחירת קבוצות האוכלוסייה יש לאזן בין הרצון לייצג אופטימלית את מגוון הקבוצות לבין הרצון לספק את צרכי המשתמשים.

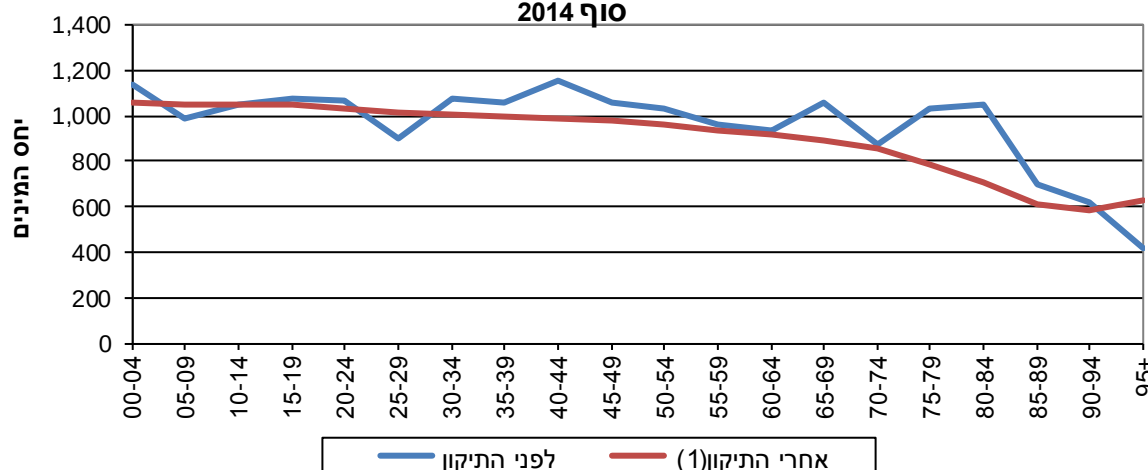
בתחזית זו נבחרו שלוש קבוצות אוכלוסייה: יהודים ואחרים (ללא חרדים), חרדים וערבים. ברור שגם קבוצות אלו מתאפיינות בשונות בהתנהגות הדמוגרפית, לדוגמה: בקבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים) רמות הפרייון מושפעות ממידת הדתיות, ובקבוצת הערבים הן רמות הפרייון הן התמותה מושפעות מהסיווג לפי דת.

אף על פי שנתוני אוכלוסיית החרדים אינם מתבססים על אומדני האוכלוסייה הרשמיים, קבוצה זו נבחרה בשל התנהגותה הדמוגרפית הייחודית, משקלה ההולך וגדל בכלל האוכלוסייה, וכן משום שמשרדי הממשלה דרשו להתמקד בה לצורכי קביעת מדיניות ותכנון. כיוון שלמונח "חרדי" אין הגדרה רשמית, קביעת האומדן לגודל האוכלוסייה, מבנה הגילים ומרכיבי השינוי התבסס על דיווחים בסקר החברתי של הלמ"ס. אומדן האוכלוסייה המבוסס על עבודתם של ארי פלטיאל ואחרים,⁵ נבנה על פי הגדרה עצמית מהסקר החברתי לשנים 2002–2014 לקבוצת הגיל 20 ומעלה (אוכלוסיית הסקר). לכל נדגם חושב משקל (מקדם ניפוח) כדי ליצור אומדן לכלל אוכלוסיית החרדים מאוכלוסיית הסקר. על מנת להשלים את קבוצת הגיל 0–19 קושרה אוכלוסיית הסקר למרשם האוכלוסין, ונתוני ילדיהם של הנדגמים נוספו לאומדן (מקדם הניפוח של הילד נקבע כזה של לזה של ההורה). כמו באומדן שהתקבל על ידי פלטיאל ואחרים, גם באומדן הנוכחי התקבל יחס מינים⁶ לא מאוזן. נראה ששתי הסיבות העיקריות לחוסר האיזון הן שיטת האמידה בסקר החברתי וחוסר עקביות בהגדרה העצמית של הנשאלים עצמם. בתרשים 1 אפשר לראות את יחס המינים שהתקבל עבור אוכלוסיית החרדים מול יחס המינים של אוכלוסיית היהודים ואחרים (שהחרדים הם כ-14% ממנה). כיוון שאין סיבה להניח שיחס המינים של החרדים שונה מהותית מזה של היהודים ואחרים, הוחלט לתקנו לפי אוכלוסיית היהודים ואחרים. לוח 1 מציג את אומדן החרדים לפני התיקון ואחריו.

⁵ פלטיאל ואחרים (2012). תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009–2059. ירושלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

⁶ מספר זכרים לאלף נקבות.

תרשים 1. יחס המינים בקרב חרדים - לפני התיקון ואחריו
סוף 2014



(1) יחס המינים אחרי התיקון הוא למעשה יחס המינים של יהודים ואחרים.

לוח 1. אוכלוסיית החרדים לפני תיקון יחס המינים ואחריו – סוף 2014

גיל	סך הכל - לפני התיקון	זכרים - לפני התיקון	נקבות - לפני התיקון	סך הכל - אחרי התיקון	זכרים - אחרי התיקון	נקבות - אחרי התיקון
סך הכל	906,894	463,876	443,018	906,894	458,506	448,388
0-4	166,778	88,655	78,124	166,778	85,584	81,194
5-9	139,198	69,334	69,864	139,198	71,332	67,866
10-14	124,637	63,774	60,863	124,637	63,809	60,827
15-19	94,628	49,030	45,598	94,628	48,445	46,183
20-24	82,060	42,318	39,742	82,060	41,649	40,411
25-29	61,533	29,122	32,411	61,533	30,945	30,589
30-34	50,472	26,121	24,351	50,472	25,289	25,183
35-39	43,310	22,274	21,036	43,310	21,638	21,672
40-44	33,639	17,998	15,642	33,639	16,742	16,898
45-49	25,293	13,015	12,278	25,293	12,514	12,779
50-54	24,195	12,264	11,931	24,195	11,856	12,338
55-59	21,854	10,717	11,136	21,854	10,551	11,303
60-64	14,826	7,163	7,663	14,826	7,098	7,728
65-69	10,843	5,577	5,266	10,843	5,123	5,720
70-74	5,444	2,540	2,903	5,444	2,505	2,939
75-79	3,879	1,966	1,913	3,879	1,706	2,173
80-84	2,630	1,348	1,282	2,630	1,093	1,537
85-89	943	388	554	943	357	586
90-94	614	236	378	614	225	389
95+	119	35	84	119	46	73

עקב הצורך בנתונים לפי קבוצת גיל של שנה אחת, נעשה שימוש בשיטת מכפילי Sprague⁷ – שיטה מתמטית לאינטרפולציה של נתוני אוכלוסייה מקבוצות גיל של חמש שנים לקבוצות גיל של שנה אחת. על שיטה זו המליץ ארגון Eurostat.⁸

כמו כן כיוון שנתוני הסקר בזמן בניית האומדן היו זמינים עד 2014, היה צורך לחשב אומדן עבור 2015. לשם כך נערכה תחזית לשנה העוקבת עבור אוכלוסיית החרדים על פי ההנחות של שנת התחזית הראשונה.

קבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים) חושבה כהפרש בין כלל אוכלוסיית היהודים ואחרים כפי שנקבעה באומדני האוכלוסייה לסוף 2015, לבין אומדן החרדים. התחזית אינה מתחשבת במעברים אפשריים בין קבוצות האוכלוסייה. היקף המעברים (שינויי הדת) בין קבוצת היהודים ואחרים לבין קבוצת הערבים הוא זניח, וההנחה היא שהוא אינו משפיע מהותית על תוצאות התחזית. לעומת זאת היקף המעברים בתוך אוכלוסיית היהודים ואחרים, כלומר השינוי במידת הדתיות בין קבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים) לבין קבוצת החרדים, הוא ככל הנראה גדול יותר. בשלב זה אין ברשות הלמ"ס אפשרות לאמוד את ממדי התופעה, ולכן אין התייחסות אליה בתחזית.

⁷ Sprague, T. B., Explanation of a New Formula for Interpolation. Journal of the Institute of Actuaries and Assurance Magazine Vol. 22, No. 4, pp. 270–285.

⁸ G. Calot and J. Sardon (2004). Methodology for the calculation of Eurostat's demographic indicators. European Demographic Observatory. Eurostat: Author

3. שיטת התחזית ומרכיביה

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מבצעת תחזית אוכלוסייה ארצית בכל חמש שנים. תחזית זו היא תחזית האוכלוסייה הארצית הרשמית הראשונה שהטווח שלה הוא ל-50 שנים ובפירוט קבוצות גיל של שנה אחת עד קבוצת גיל 95 ומעלה.

התחזית מחושבת בשיטת מרכיבי הקוהורטות (Cohort-Component Method). בשיטה זו חישוב התחזית מתחיל באוכלוסיית בסיס לפי מין וגיל. כל תא (מין וגיל) מעודכן לתקופה הבאה על פי ההנחות העתידיות שנקבעו לשלושת המרכיבים שמביאים לשינוי באוכלוסייה: פריון, תמותה והגירה. כל קבוצת גיל עוברת לקבוצת הגיל הבאה בניכוי תמותה ובהוספת מאזן הגירה (חיובי או שלילי). דוגמה: קבוצת הגברים בני 20 תעבור לאחר שנה אחת לקבוצת הגיל 21 בניכוי תמותה ובתוספת הגירה. בכל תקופה מחושבות הלידות לפי מספר הנשים באוכלוסייה ושיעורי הפריון, ומתווספות לאוכלוסייה בגיל אפס.⁹

על מנת לכמת את האי-ודאות בוצעה התחזית בשלוש חלופות (תרחישים): גבוהה, בינונית ונמוכה. חלופות אלו מספקות טווח אפשרי לשינוי הצפוי בגודל האוכלוסייה בחמישים השנים הבאות בהינתן הנחות התחזית. כל חלופה מורכבת מהנחות עתידיות עבור מרכיבי הפריון, התמותה וההגירה. הנחות אלה מבטאות שינויים שעשויים להתרחש בכל אחד מהמרכיבים לאורך תקופת התחזית. למשל במרכיב התמותה ההנחה הגבוהה מתייחסת לעלייה מהירה בתוחלת החיים העתידית, ההנחה הבינונית מתייחסת לעלייה מתונה, ואילו ההנחה הנמוכה מתייחסת לעלייה איטית. כך גם במרכיב הפריון, סולם ההנחות מתייחס למספר הילדים שאישה צפויה ללדת במהלך חייה. למרכיב ההגירה הבין-לאומית נקבעה הנחה אחת בלבד לכל החלופות, כיוון שהיקפי ההגירה בעתיד קשים לניבוי, ולכן אין ערך לקביעת טווח חסר בסיס.

לכל קבוצת אוכלוסייה נקבעו הנחות שונות שאפשר לשלב כדי לקבל תחזיות שונות עבור כלל האוכלוסייה (לדוגמה תחזית לסך כל האוכלוסייה המורכבת מהנחת פריון גבוה בקרב יהודים ואחרים ופריון נמוך בקרב ערבים). בתחזית זו מוצגים השילובים הבסיסיים של ההנחות: החלופה הנמוכה מורכבת מההנחות הנמוכות של המרכיבים עבור כל הקבוצות, החלופה הבינונית מורכבת מההנחות הבינוניות, והחלופה הגבוהה מורכבת מההנחות הגבוהות. מקובל להתייחס לחלופה הבינונית כחלופה המרכזית. עם זאת בתחזית יש חשיבות רבה גם לשאר החלופות המייצגות למעשה את האי-ודאות שגדלה עם השנים.

⁹ O'Neill B.C., Balk D., Brickman M., & Ezra M. (2001). A Guide to Global Population Projections. Demographic Research. vol. 4. pp.200–288.

א. מרכיב הפרייון

מרכיב השינוי העיקרי המשפיע על גידול האוכלוסייה הוא הפרייון. מרכיב זה מבטא את מספר הלידות הצפויות להתרחש בתקופת התחזית, והוא מיוצג בשיעור הפרייון הכולל, TFR (Total Fertility Rate), שמעריך את מספר הילדים שאישה צפויה ללדת במהלך חייה.

הפרייון בישראל הוא מהגבוהים במדינות המפותחות (שיעור פרייון כולל של 3.1 ב-2015), ובשנים האחרונות אף נרשמה מגמת עלייה. מגמה זו סותרת תאוריות דמוגרפיות הגורסות ששיעור הפרייון בחברה המודרנית צפוי לרדת על רקע שינויים חברתיים, תרבותיים וכלכליים.¹⁰ מרבית המדינות המפותחות כבר סיימו את תהליך הירידה בשיעור פרייון, וכיום שיעורי הפרייון בהן נמוכים מאוד – עבור חלק ניכר מהן שיעורים אלה נמוכים מרמת התחלופה.¹¹ ערך נמוך יותר יביא למעשה לצמצום האוכלוסייה (אלא אם כן יגיע גל הגירה חיובי). לפיכך קשה להניח שהפרייון העתידי של ישראל "יתנהג" על פי התאוריה. כמו כן גם למדינות ששיעור הפרייון בהן נמוך במיוחד, עדיין לא נמצא מודל מהימן לחיזוי פרייון, ונעשה שימוש בהערכות מומחים. לאור זאת יושמה בתחזית זו גישה המשלבת בין הערכת המגמות העתידיות של קבוצת מומחים לבין מודל סטטיסטי האומד את האי-ודאות במגמות אלו.

על מנת ליישם את השיטה שנבחרה יש צורך להסתמך על נתוני פרייון היסטוריים. בניגוד לאוכלוסיית הערבים, לאוכלוסיית היהודים ואחרים (ללא חרדים) ולאוכלוסיית החרדים אין נתוני פרייון רשמיים הנאמדים בצורה שוטפת בלמ"ס. הפקת נתוני פרייון היסטוריים לפי מידת דתיות התאפשרה הודות לעבודתו של חליחל,¹² שהשתמש בנתוני הסקר החברתי כדי לקשר את הנשים שנדגמו ואת ילדיהן באמצעות מרשם האוכלוסין. כך התקבלה סדרה היסטורית של שיעורי פרייון לפי מידת דתיות מאז שנת 1979 (השנה שבה החל מרשם האוכלוסין ברישום מינהלי מלא של הורים וילדיהם). קבוצת המומחים שתרמה לקביעת הנחות הפרייון כללה 18 איש בסך הכל, והורכבה מחברי ועדת ההיגוי של תחזית האוכלוסייה ומאנשי אקדמיה מתחום הדמוגרפיה. המומחים נתבקשו לענות על סקר העוסק בהערכותיהם בעניין שיעורי הפרייון העתידיים עבור כל אחת מקבוצות האוכלוסייה של התחזית: יהודים ואחרים (ללא חרדים), חרדים וערבים. תשובות הסקר נקבעו לחמש נקודות זמן: לשנים 2020, 2030, 2040, 2050 ו-2060. עבור כל אחת מהקבוצות נקבעה הנחה מרכזית (הנחה בינונית) המבוססת על ממוצע תשובות המומחים.

¹⁰ Caldwell, J. (1976). Toward A Restatement of Demographic Transition Theory. Population and Development Review. Vol. 2. p. 321–366.

¹¹ רמת תחלופה – שיעור פרייון כולל של כ-2.1, המבטיח שגודלה הנוכחי של האוכלוסייה יישמר.
¹² חליחל, א' (2017). פרייון של נשים יהודיות ומוסלמיות בישראל לפי מידת הדתיות שלהן בשנים 1979–2014. סדרת ניירות עבודה. ירושלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

לוח 2. שיעור פריון כולל – הנחה בינונית (ממוצע תשובות המומחים)

2060	2050	2040	2030	2020	קבוצות אוכלוסייה
2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	יהודים ואחרים (ללא חרדים)
5.4	5.8	6.2	6.5	6.8	חרדים
2.3	2.4	2.5	2.7	2.9	ערבים

כאמור הערכות המומחים סיפקו את המגמה הכללית לשינוי בפריון. על מנת לבטא את גבולות האי-ודאות נעשה שימוש בשיטה המבוססת על המודל הסטוכסטי – "Random Walk with Drift" (RWD):

$$TFR'_t = TFR'_{t-1} + d_t + e_t$$

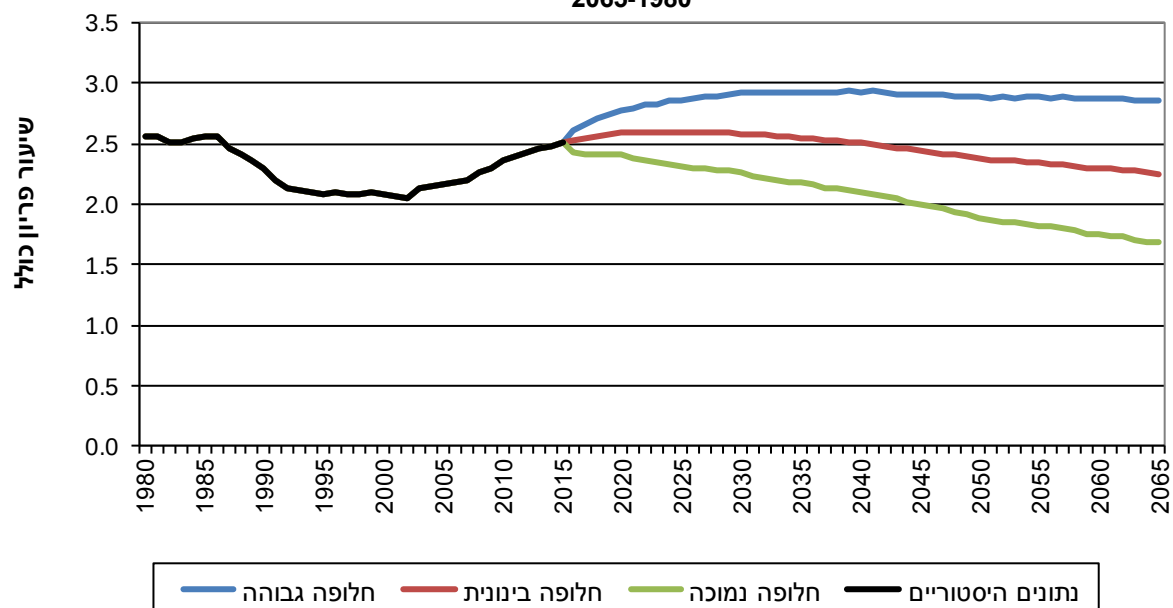
כאשר TFR'_t הוא אומדן לשיעור הפריון הכולל בזמן t או $t-1$. הפרמטר d (drift) הוא ההפרש בין השנים העוקבות של ערכי הפריון הכולל של ההנחה המרכזית שנקבעה על בסיס סקר המומחים. הפרמטר e הוא ערך אקראי המורכב ממכפלתם של שני גורמים: מספר אקראי שנדגם מההתפלגות הנורמלית באמצעות שיטת Box-Muller¹³, וסטיית התקן שמתקבלת מהסדרה ההיסטורית של השינויים השנתיים בפריון.

על פי חישוב זה, ערך הפריון הכולל העתידי שווה לערך של השנה הקודמת בתוספת מגמת השינוי הכללי שקבעו המומחים ושינוי מקרי. באמצעות מודל זה נערכו 5,000 סימולציות לשיעור הפריון הכולל ל-50 השנים הבאות בכל אחת מקבוצות האוכלוסייה. גבולות האי-ודאות נקבעו כאחוזונים ה-2.5% וה-97.5% עבור הגבול התחתון (ההנחה הנמוכה) והגבול העליון (ההנחה הגבוהה), בהתאמה. גבולות אלה משקפים את מידת האי-ודאות היחסית לחיזוי הפריון, כפי שהיא באה לידי ביטוי לאור הנתונים ההיסטוריים המוגבלים של ישראל.

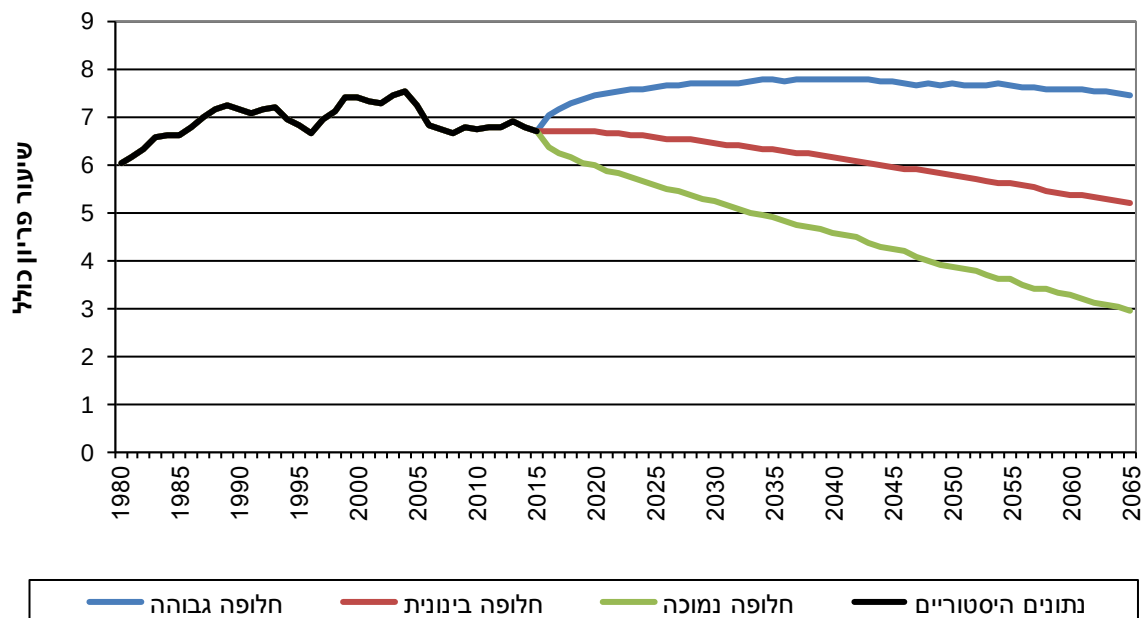
בעשרות השנים האחרונות שיעורי הפריון של האוכלוסייה הערבית צנחו משבעה ילדים לאישה בממוצע לכשלושה ילדים לאישה. כיוון שאין זה מציאותי להניח כי הירידה ההיסטורית החדה תימשך (תביא לפריון מתחת ל-1), נלקחה עבור האוכלוסייה הערבית סטיית התקן של כלל אוכלוסיית ישראל.

¹³ E. Golder and J. Settle (1976). The Box-Muller Method for Generating Pseudo-Random Normal Deviates. *Applied Statistics*, Vol. 25, No. 1, pp. 12–20.

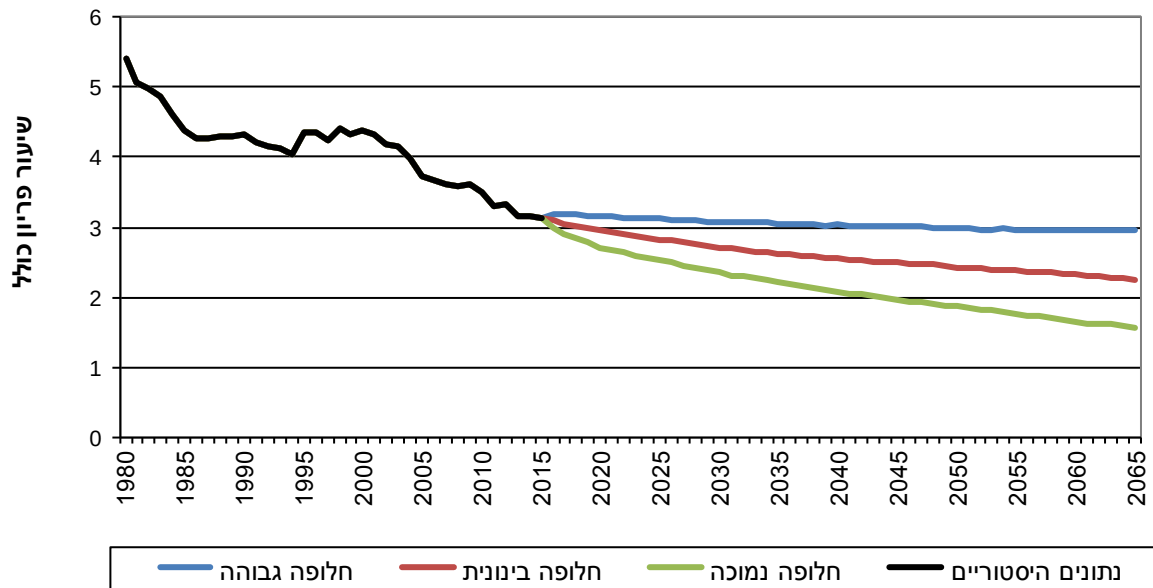
**תרשים 2. שיעור פריון כולל - יהודים ואחרים (ללא חרדים),
נתונים היסטוריים וחלופות
2065-1980**



**תרשים 3. שיעור פריון כולל - חרדים, נתונים היסטוריים וחלופות
2065-1980**



תרשים 4. שיעור פריון כולל - ערבים, נתונים היסטוריים וחלופות
2065-1980



נוסף על שיעור הפריון הכולל (TFR), יש חשיבות גם לשיעורי הפריון סגוליים לגיל (fx) ,¹⁴ שמשמשים מדד להתפלגות הלידות לפי גיל האישה. על מנת לחשב את מספר הלידות השנתיות בתחזית יש להכפיל את מספר הנשים בגיל הפריון (15–49) בשיעורי הפריון הסגוליים.

בכל קבוצת אוכלוסייה ההתפלגות העתידית של שיעורי הפריון לפי גיל תישאר קבועה על פי התפלגות שיעורי הפריון הסגוליים הממוצעים בחמש השנים האחרונות (2011–2015). יוצא הדופן היחיד הוא התפלגות הפריון של האוכלוסייה החרדית בהנחה הנמוכה. במקרה זה הירידה הצפויה בפריון החרדים תביא גם לשינוי בהתפלגות שיעורי הפריון לפי גיל.

¹⁴ שיעור פריון סגולי לגיל – מספר לידות חי של נשים בקבוצת גיל מסוימת לכל 1,000 נשים באותה קבוצת גיל. בחישוב השיעור מספר לידות החי של נשים בקבוצת גיל מסוימת מחולק באוכלוסייה הממוצעת של נשים באותה קבוצת גיל ומוכפל ב-1,000.

לוח 3. שיעורי פריון סגוליים, לפי גיל וקבוצת אוכלוסייה, אחוזים

49–45	44–40	39–35	34–30	29–25	24–20	19–15	תקופה	חלופה	קבוצת אוכלוסייה
1	6	21	35	28	8	1	2065–2016	כל החלופות	יהודים ואחרים (ללא חרדים)
1	7	17	23	26	23	2	2065–2016	חלופה גבוהה ובינונית	חרדים
1	7	17	23	26	23	2	2031–2016	חלופה נמוכה	
0	7	19	26	28	19	1	2046–2032	חלופה נמוכה	
0	6	21	28	31	14	0	2065–2047	חלופה נמוכה	
0	3	11	23	32	27	4	2065–2016	כל החלופות	ערבים

ב. מרכיב התמותה

מרכיב נוסף המשפיע על גודל האוכלוסייה הוא מרכיב התמותה, המבטא את מספר הפטירות הצפויות להתרחש בתקופת התחזית. מרכיב זה מיוצג על ידי שיעורי התמותה (m_x) לפי גיל ומין המחושבים כמספר הפטירות בגיל מסוים מחולק באוכלוסייה הממוצעת של אותו גיל. על בסיס שיעורי התמותה מחושבת תוחלת החיים בלידה (e_0), שהיא מספר השנים הממוצע אשר אדם צפוי לחיות, בהנחה ששיעורי התמותה לפי גיל הקיימים בתקופת ההתייחסות יישארו קבועים לאורך חייו. תוחלת החיים בישראל היא מהגבוהות בעולם (80.1 שנים לגברים ו-84.1 שנים לנשים בסוף 2015), ונרשמת בה מגמת עלייה מתמדת כמו ברוב מדינות העולם. עם זאת מומחים רבים סברו כי צפויה התמתנות בקצב העלייה בתוחלת החיים, על סמך הנחה שיש גבול ביולוגי לאריכות ימים. תפיסות אלו הביאו להערכות חסר בחיזוי העלייה בתוחלת החיים.

על מנת להתגבר על תופעת הערכות החסר בחיזוי החלו לאחרונה מדינות רבות ליישם מודלים חדשים לחיזוי תמותה שיסתמכו על מגמות העבר בלבד. מודלים אלה מתבססים על שיטות סטוכסטיות הבנויות על שגיאות אקראיות ועל תהליכים אקראיים. בשיטה הסטוכסטית יש רכיב אקראי המבטא טווח הסתברותי. טווח זה מגדיר את הגבולות שבהם התוצאות ה"אמתיות" יימצאו ברמת ביטחון נתונה. השיטה משרתת מקבלי החלטות המסתמכים על מודלים הסתברותיים, כגון חישובים אקטואריים.¹⁵ כמו כן יותר ויותר גופים מקצועיים, מדינתיים ובין-מדינתיים, העוסקים בתכנון חברתי-כלכלי ובקביעת מדיניות, משתמשים בתחזיות אלו בזכות היתרון שלהן באספקת בסיס סטטיסטי להצדקת מרווח האי-ודאות. יש לציין כי גם למודלים אלו יש חסרונות, חיזוי לטווח ארוך מדי למשל יכול להניב הערכות יתר, כיוון שהמודל אינו מגביל את העלייה בתוחלת החיים.

במאמרם מ-1992 הציעו לי וקרטר (Lee-Carter)¹⁶ שיטה חדשה לחיזוי שיעורי תמותה. מאז ועד היום מודלים רבים התבססו על שיטה זו והציעו פיתוחים ושיפורים למודל לי-קרטר המקורי. המודל הבסיסי:

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}$$

כאשר $\ln(m_{x,t})$ מייצג את שיעור התמותה בגיל x ובזמן t . a_x הוא הממוצע של ערכי $\ln(m_{x,t})$ עבור כל קבוצת גיל בתקופת האמידה האמפירית. פרמטר זה משקף את הדפוס הכללי של התמותה לפי גיל ומשמש בסיס לחיזוי של $\ln(m_{x,t})$. b_x הוא סט ערכים לפי קבוצת גיל, המסתכמים ב-1 ומתארים את השינוי היחסי בתמותה לכל קבוצת גיל. פרמטר זה מסתמך על השינוי של ערכי $\ln(m_{x,t})$ בתקופת האמידה. האינדקס k_t מייצג את רמת שיעורי התמותה לפי שנה בתקופת האמידה. פרמטר זה נאמד

¹⁵ חישובים אקטואריים הם חישובים בתחום הסטטיסטיקה של הביטוח.

¹⁶ Lee, Ronald D. and Lawrence R. Carter. 1992. "Modeling and Forecasting U.S. Mortality." Journal of the American Statistical Association 87.

כך שסכום הפטירות (D) שיתקבלו מה- m_x החזויים בכל שנה, יהיה שווה לסכום הפטירות שנצפו. $\varepsilon_{x,t}$ הוא השארית (שגיאה אקראית) בגיל x ובזמן t . המודל מניח שהשארית מתפלגת נורמלית עם תוחלת אפס ושונות קבועה (σ^2).

כמו כן הפרמטרים a_x ו- b_x , לפי אותו מודל, הם פרמטרים שאינם משתנים לפי זמן, אלא רק לפי קבוצת גיל. הרכיב הסטוכסטי במודל הוא פרמטר k_t , ומתברר שברוב האוכלוסיות השינוי ב- k_t קרוב ללינארי, ולכן כמעט בכל התחזיות המיישמות את מודל לי-קרטר, נעשה שימוש במודל החיזוי הפשוט Random Walk with Drift המניח שהערך של k_t משתנה לינארית:

$$\hat{k}_t = \hat{k}_{t-1} + \delta + \xi_t$$

כאשר k_{t-1} הוא הערך הקודם, δ הוא השינוי הקבוע ב- k_t (Drift), ואילו ξ_t הוא שגיאה אקראית המתפלגת נורמלית עם תוחלת אפס ושונות קבועה (η^2).

כדי להשתמש במודל לי-קרטר או בפיתוחיו יש צורך בסדרה היסטורית ארוכת טווח של שיעורי תמותה סגוליים המחושבים על סמך נתוני פטירות ואוכלוסייה. כיוון שתחזית האוכלוסייה בוצעה לפי מין וגיל (עד 95 ומעלה) היה צורך לבנות סדרת נתונים היסטורית לפי פירוט זה. בלמ"ס קיימים נתוני פטירות של האוכלוסייה היהודית משנות ה-50. בעקבות קשיים טכניים באיתור נתוני פטירות לקבוצות גיל של שנה אחת, נעשה שימוש בסדרת נתונים לשנים 1968–2015. סדרת הנתונים של האוכלוסייה הערבית סבלה בעבר מחוסרים ומאי-דיוקים באשר לגיל. כמו כן כיוון שמספר הפטירות באוכלוסייה זו קטן, שיעורי התמותה רגישים לתנודתיות. הסתמכות על נתונים אלה אינה מאפשרת בסיס יציב לפיתוח מודל ארוך טווח. לכן המודל יושם על האוכלוסייה היהודית בלבד, ואילו שיעורי התמותה של האוכלוסייה הערבית נגזרו משיעורי התמותה החזויים באוכלוסייה היהודית. בניגוד לדפוס התמותה השונים בין יהודים לערבים, אין בסיס להניח שוני בדפוסים אלו בתוך אוכלוסיית היהודים ואחרים. לכן המודל לאוכלוסייה היהודית שימש הן את אוכלוסיית היהודים ואחרים (ללא חרדים) הן את אוכלוסיית החרדים.

נתוני האוכלוסייה היהודית עד 1984 היו זמינים לפי לקבוצות גיל של חמש שנים (0–4, 5–9 וכן הלאה) עד קבוצת גיל 80 ומעלה. עקב הצורך בנתונים לפי קבוצות גיל של שנה אחת, נעשה שימוש בשיטת מכפילי ¹⁷Sprague – שיטה מתמטית לאינטרפולציה של נתוני אוכלוסייה בקבוצות גיל של שנה אחת מנתונים לפי קבוצות גיל של חמש שנים.

לאחר בחינת הנתונים לפי גיל התברר כי שיעורי התמותה בקבוצות הגיל המבוגרות (65 ומעלה) אינם מתנהגים בעקביות, במיוחד בגילים המבוגרים ביותר. הבעיה נובעת בעיקר מטעויות דיווח על גיל הנפטרים, מטעויות אפשריות באומדני האוכלוסייה ומחוסר התאמה בין השניים. בגילים אלה

¹⁷ Sprague, T. B., Explanation of a New Formula for Interpolation.

אמידה באמצעות מודל היא דרך טובה יותר לקבל אומדני שיעורי תמותה יציבים וסדירים.¹⁸ כדי לאמוד את שיעורי התמותה בגילים מבוגרים נעשה שימוש במודל לוגיסטי שהציע Kannisto.¹⁹ המודל ביצע החלקה של שיעורי התמותה מגיל 85 (על בסיס מקטע אמידה החל מגיל 65), ואיפשר להרחיב את הסדרה עד גיל 105.²⁰ תוצאות ההחלקה מוצגות בנספח א.

לאחר שנבחנו כמה מודלים ממשפחת לי-קרטר, נבחר מודל לי-מילר (Lee-Miller).²¹ המודל התבסס על נתוני ארצות הברית מ-1950, והוא שונה ממודל לי-קרטר המקורי בדרך שהוא אומד את k_t . הפרמטר נאמד כך שתוחלת החיים בלידה שתתקבל מערכי m_x החזויים בכל שנה, תהיה זהה לתוחלת החיים שנצפתה. תהליך בחירת המודל מתועד בנספח ב.

המודל סיפק שיעורי תמותה חזויים לפי גיל ומין עבור החלופה הבינונית, ומהם חושבה תוחלת חיים בלידה, שהיא כזכור מדד מסכם של תחזית מרכיב התמותה. כמו כן חושבו רווחי סמך לשיעורי התמותה ברמת מובהקות של 95%, והם בבחינת החלופות הגבוהה והנמוכה. רווחי הסמך לתוחלת חיים הם תוצאה של רווחי הסמך לשיעורי התמותה – הגבול התחתון של שיעורי התמותה נותן בעצם את הגבול העליון של תוחלת החיים, ולהפך.

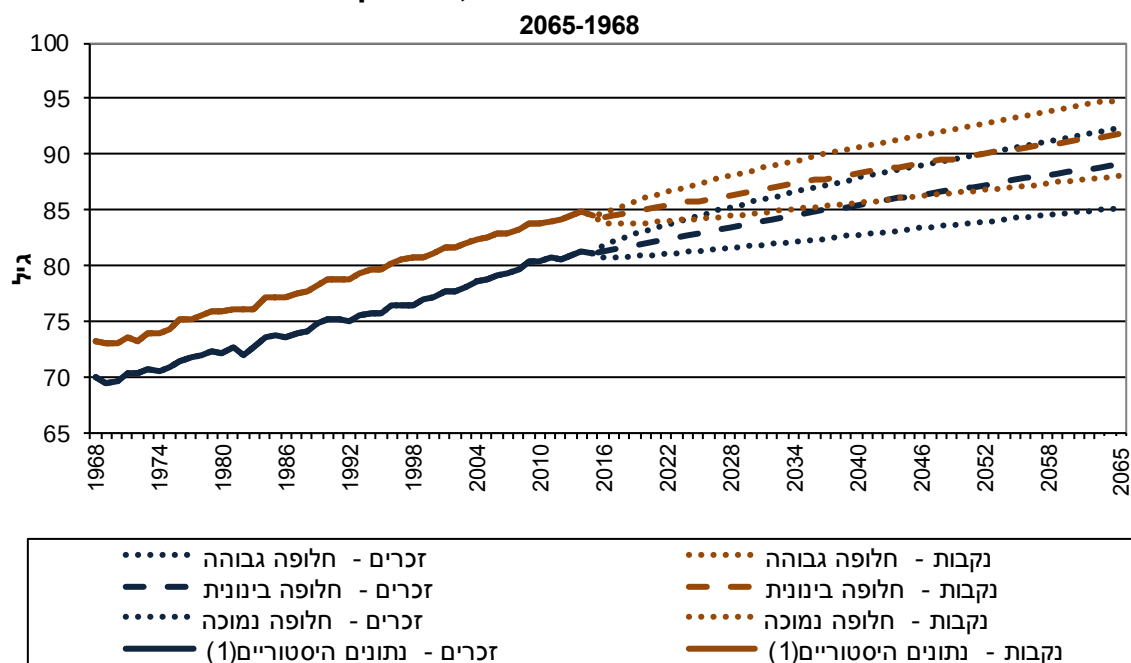
¹⁸ פרסום 1576 "לוחות תמותה של ישראל לשנים 2008–2012".

¹⁹ Kannisto, V. (1994). The Development of Oldest-old Mortality 1950-1990: Evidence from 28 Developed Countries. Odense, Denmark: Odense University Press.

²⁰ שיעורי תמותה עד גיל 105 מהם חושבו שיעורי הישרדות עד גיל 95 ומעלה.

²¹ Lee, R and Miller, T. Evaluating the performance of the lee-carter method for Forecasting mortality – Demography, Volume 38-Number 4, November 2001: 537–549

**תרשים 5. תוחלת חיים - יהודים ואחרים,
נתונים היסטוריים וחלופות, לפי מין**



(1) הנתונים ההיסטוריים מתייחסים ליהודים בלבד ואינם כוללים אחרים.

כאמור הנתונים עבור האוכלוסייה הערבית סבלו בעבר מחוסרים ומאי-דיוקים שהקשו את ההסתמכות עליהם כבסיס יציב למודל ארוך טווח. לכן הוחלט לבנות תמותה לאוכלוסייה הערבית המבוססות על שיעורי התמותה באוכלוסייה היהודית. לשם כך חושב הפער באחוזים בין תוחלת החיים של ערבים ויהודים בעשרים השנים האחרונות.²²

²² ההתייחסות לאוכלוסייה הערבית היא החל משנת 1996, כיוון שממפקד 1995 שונתה הגדרת אוכלוסייה זו.

לוח 4. תוחלת חיים בלידה לפי מין וקבוצת אוכלוסייה 1996–2014

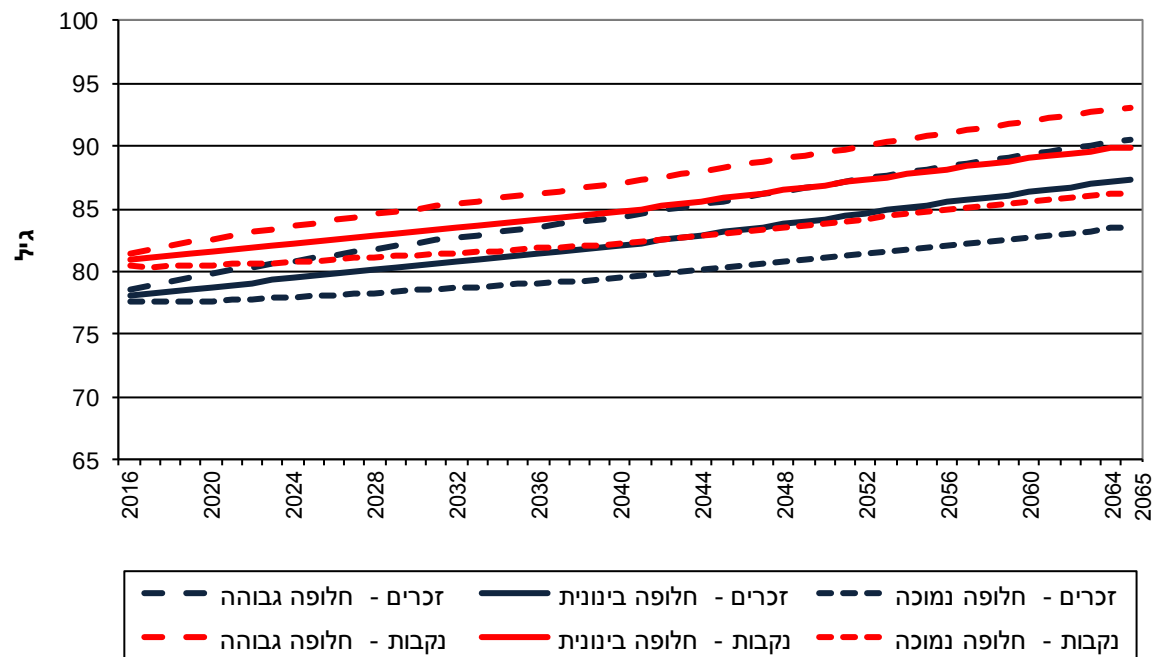
שנים	ערבים	יהודים	ערביות	יהודיות	פער באחוזים-זכרים	פער באחוזים-נקבות
1996	75.1	76.6	77.2	80.3	2	4
1997	74.3	76.4	76.8	80.6	3	5
1998	74.4	76.5	76.8	80.7	3	5
1999	74.9	77.1	78.1	80.7	3	3
2000	74.6	77.3	77.9	81.2	3	4
2001	74.5	77.9	77.8	81.6	4	5
2002	74.7	78.1	77.9	81.9	4	5
2003	74.9	78.3	78.2	82.2	4	5
2004	75.4	78.7	79.6	82.7	4	4
2005	74.9	79.0	78.6	82.6	5	5
2006	75.1	79.5	78.5	83.0	6	5
2007	75.2	79.4	78.8	82.8	5	5
2008	75.7	79.7	79.6	83.3	5	4
2009*	76.4	80.3	80.8	83.7	5	4
2010	76.6	80.5	81.3	83.9	5	3
2011	76.5	80.7	81.0	83.8	5	3
2012	76.9	80.6	80.7	84.0	5	4
2013	78.0	80.9	80.9	84.3	4	4
2014	76.9	81.1	81.2	84.5	5	4

* החל משנת 2009 לוח התמותה מחושב משיעורים סגוליים עד גיל 94, בעוד שבשנים הקודמות חושב הלוח על סמך שיעורים סגוליים עד גיל 84.

לאחר בחינת הנתונים הוחלט לקבע את הפער על 4% הן לזכרים הן לנקבות (ממוצע עשרים השנים האחרונות) למשך 25 השנים הראשונות של התחזית, ולאחר מכן לצמצם בהדרגה את הפער עד לרמה של 2.5% בסוף תקופת התחזית. בבסיס החלטה זו עומד רצון הוועדה המייעצת לתחזית להביע אמונה כי בעתיד יצטמצם הפער בין קבוצת האוכלוסייה לנוכח הנגישות השווה לשירותי בריאות בישראל.

על מנת להתאים את שיעורי התמותה הסגוליים להנחות תוחלת החיים של האוכלוסייה הערבית, הוחלט להשתמש בשיעורי התמותה הסגוליים של האוכלוסייה היהודית שעבורה תוחלת החיים הייתה זהה.

תרשים 6. תחזית תוחלת חיים - ערבים, לפי מין וחלופה
(1)2065-2016



(1) התרשים אינו כולל נתונים היסטוריים כיוון שמודל חיזוי התמותה לאוכלוסייה הערבית אינו מסתמך עליהם.

ג. מרכיב ההגירה הבין-לאומית

המרכיב האחרון המשפיע על גידול האוכלוסייה הוא מרכיב ההגירה הבין-לאומית. מרכיב זה הוא מאזן בין הנכנסים לגור בישראל לבין היוצאים מישראל לשהות ממושכת. הנכנסים לישראל מיוצגים בתחזית על ידי שני רכיבים – עולים ואיחוד משפחות, ואילו היוצאים מישראל מיוצגים במאזן ההגירה של הישראלים השוהים בחו"ל.²³ הגירה בין-לאומית קשה במיוחד לניבוי, כיוון שהיא מושפעת מתהליכים לאומיים, כלכליים וחברתיים בישראל ובעולם. תהליכים אלה עשויים להביא לשינויים של ממש בגלי ההגירה לישראל וממנה במועד לא ידוע, כפי שקרה בישראל מאז הקמתה, אך מטבע הדברים לא היה אפשר לחזות אותם מראש.

במילים אחרות נתונים היסטוריים ארוכי טווח אינם מסייעים בהערכת היקפי הגירה עתידיים, בייחוד כשהתחזית היא לחמישים שנה. מסיבות אלה הוחלט שאין בסיס לקבוע שלוש חלופות הגירה שונות, אלא הנחה מרכזית אחת עבור כל רכיב הגירה (עולים ואיחוד משפחות, וכן מאזן הגירה של ישראלים השוהים בחו"ל) לכל קבוצת אוכלוסייה. ההנחה המרכזית נקבעה כך שב-25 השנים הראשונות יעמוד היקף ההגירה על ממוצע חמש השנים האחרונות לפני תחילת התחזית, ולאחר מכן תחל ירידה הדרגתית עד קרוב לאפס בסוף התחזית. כמו כן מבנה הגילים של המהגרים יתבסס על מבנה הגילים של המהגרים בחמש השנים האחרונות.

לוח 5. רכיבי הגירה בין-לאומית, לפי קבוצת אוכלוסייה – ממוצע 2010–2014

רכיב הגירה	סך הכל	יהודים ואחרים (ללא חרדים)	חרדים	ערבים
מאזן הגירה בין-לאומית	21,800	19,500	1,200	1,100
עולים	24,200	22,100	1,900	200
מאזן הגירה של ישראלים השוהים בחו"ל	-7,000	-6,000	-700	-300
איחוד משפחות	4,600	3,400	-	1,200

²³ עולים: אדם הנכנס לישראל לשיבת קבע על פי חוק השבות או לפי חוק הכניסה. איחוד משפחות: הגירה לתוך ישראל של אוכלוסייה לא יהודית במטרה להתאחד עם בני משפחתם אזרחי ישראל. מאזן הגירה של ישראלים: ההפרש בין מספר הישראלים היוצאים לשהייה של 365 יום ומעלה בחו"ל לבין מספר הישראלים שחזרו לאחר שהייה של 365 יום ומעלה בחו"ל באותה השנה (לא כולל עולים חדשים).

כזכור נתוני הלמ"ס השוטפים אינם זמינים לפי מידת דתיות, אלא לפי קבוצת אוכלוסייה (יהודים ואחרים, ערבים), ומסיבה זו היה צורך לאמוד את היקף ההגירה של האוכלוסייה החרדית. לשם כך חושב אחוז החרדים מתוך יהודים ואחרים מבין העולים ומבין ישראלים בחו"ל. חישוב זה נעשה באמצעות שיטה נוספת לאומדן האוכלוסייה החרדית, המתבסס על דפוסי הצבעה למפלגות חרדיות.²⁴ תוצאות החישוב העלו כי החרדים היו כ-8% מהעולים היהודים ואחרים, וכ-10% מהישראלים היהודים ואחרים השוהים בחו"ל יותר משנה.

לוח 6. הנחות רכיבי הגירה בין-לאומית לפי קבוצת אוכלוסייה – שנים נבחרות

רכיב הגירה	שנה	סך הכל	יהודים ואחרים (ללא חרדים)	חרדים	ערבים
מאזן הגירה בין-לאומית	2016	21,800	19,500	1,200	1,100
	2045	18,300	16,300	1,000	900
	2065	900	800	100	-
עולים	2016	24,200	22,100	1,900	200
	2045	20,300	18,500	1,600	200
	2065	1,000	900	100	-
מאזן הגירה של ישראלים	2016	-7,000	-6,000	-700	-300
	2045	-5,900	-5,100	-600	-300
	2065	-300	-200	-	-
איחוד משפחות	2016	4,600	3,400	-	1,200
	2045	3,900	2,900	-	1,000
	2065	200	100	-	-

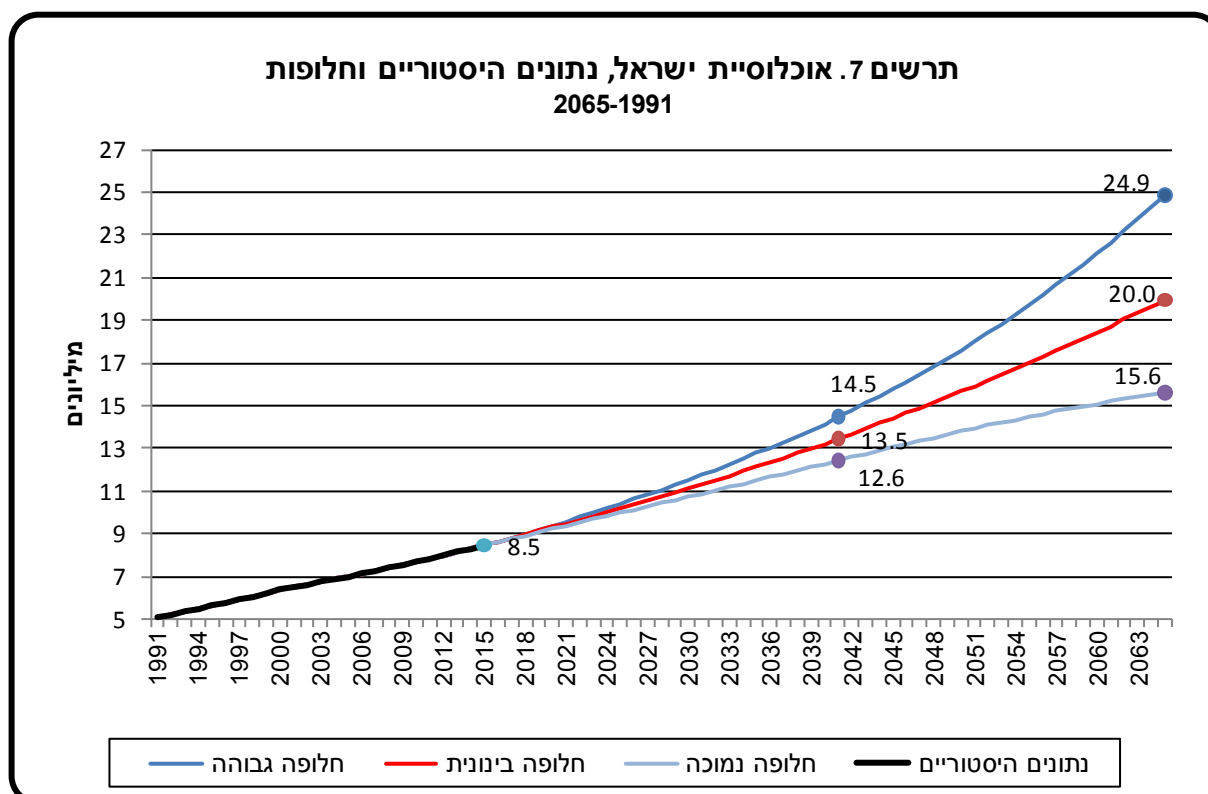
²⁴ פרידמן י', שאול-מנע, נ', פוגל, נ', רומנוב, ד', עמדי, ד', פרידמן, מ', סחייק, ר', שיפריס, ג', ופורטנוי, ח' (2011). שיטות מדידה ואמידת גודלה של האוכלוסייה החרדית בישראל. סדרת ניירות טכניים מס' 25. ירושלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

4. ממצאים עיקריים

התחזית מסכמת את ההתפתחויות האפשריות בגודל אוכלוסיית ישראל והרכבה לפי הקבוצות השונות. נציין שוב כי תחזית אוכלוסייה היא כלי תאורטי, ותוצאותיו תלויות לחלוטין בהנחות שנבחרו. התחזית אינה שואפת לנבא את העתיד במדויק, כיוון שמטרתה לספק מערך תרחישים לצורכי תכנון. על פי התחזית, אוכלוסיית ישראל צפויה להמשיך ולגדול בכל החלופות. לפי החלופה הבינונית, האוכלוסייה צפויה להגיע לעשרה מיליון תושבים ב-2024, ל-15 מיליון תושבים ב-2048, ול-20 מיליון תושבים ב-2065 (סוף תקופת התחזית). לשם השוואה, לפני כ-50 שנה בשנת 1965, מנתה אוכלוסיית ישראל 2.6 מיליון איש. מ-1965 עד היום גדלה האוכלוסייה פי שלושה. בחמישים השנים הבאות עד 2065 צפויה האוכלוסייה לגדול פי שניים.

טווח האי-ודאות גדל במידה ניכרת ככל שנקודת הזמן מתרחקת משנת הבסיס. בשנת 2020 למשל הפער בגודל האוכלוסייה בין החלופה הבינונית לחלופות האחרות צפוי לעמוד על 1%. כלומר החלופה הגבוהה תהיה גבוהה ב-1% מהחלופה הבינונית, ואילו החלופה הנמוכה תהיה נמוכה ממנה ב-1%. ואולם ב-2040 יעמוד הפער סביב החלופה הבינונית על 7%, וב-2065 הפער יעמוד על יותר מ-20%.

בחישוב מצטבר על פי החלופה הגבוהה, אוכלוסיית ישראל צפויה לגדול ב-194% עד סוף התחזית ותגיע ל-25 מיליון איש; על פי החלופה הבינונית, צפוי גידול מצטבר של 136% עד סוף התחזית, והאוכלוסייה תגיע ל-20 מיליון איש; על פי החלופה הנמוכה, צפוי גידול מצטבר של 84% עד סוף התחזית, והאוכלוסייה תגיע ל-15.6 מיליון איש.



תחזית כלל האוכלוסייה היא סכום שלוש קבוצות האוכלוסייה שהתחזית בוצעה עבורן בפועל. כזכור קבוצות התחזית הן יהודים ואחרים (ללא חרדים), חרדים וערבים.

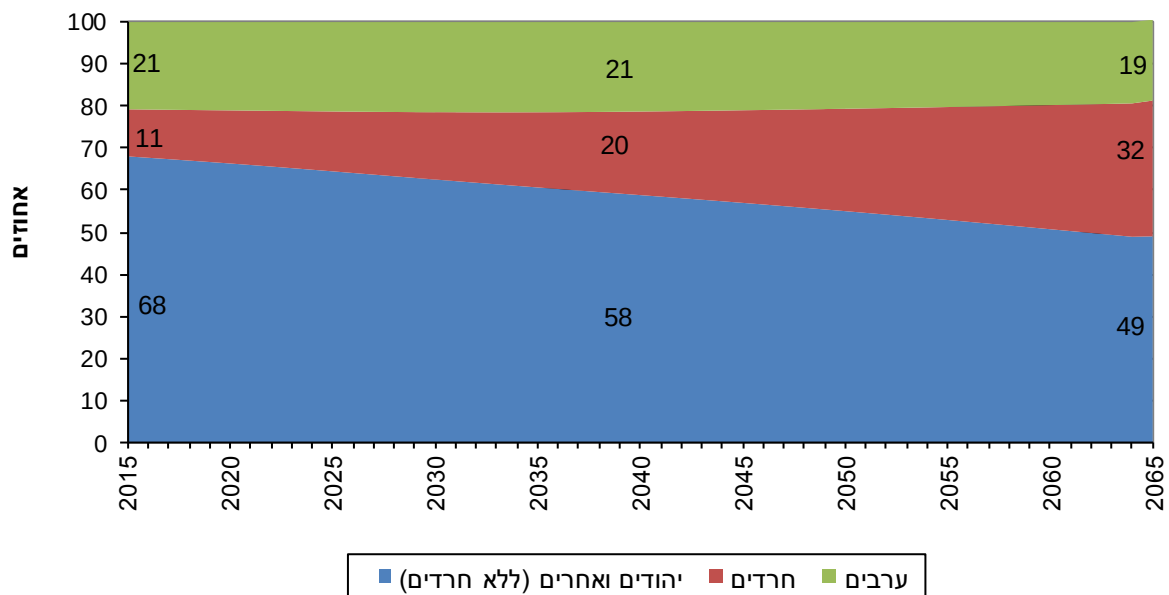
בלוח 7 מוצגת התחזית בחלוקה לקבוצת אוכלוסייה. על פי החלופה הבינונית, ב-2065 צפויה האוכלוסייה להגיע ל-20 מיליון איש בחלוקה זו: קבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים) תעמוד על 9.7 מיליון, קבוצת החרדים – על 6.4 מיליון וקבוצת הערבים – על 3.8 מיליון.

לוח 7. תחזית אוכלוסיית ישראל, לפי קבוצות אוכלוסייה וחלופה, מיליונים

קבוצת אוכלוסייה	אוכלוסיית הבסיס סוף 2015	גבוהה סוף 2040	בינונית סוף 2040	נמוכה סוף 2040	גבוהה סוף 2065	בינונית סוף 2065	נמוכה סוף 2065
סך הכל	8.5	14.2	13.2	12.3	24.9	20.0	15.6
יהודים ואחרים (ללא חרדים)	5.8	8.2	7.8	7.3	11.2	9.7	8.2
חרדים	0.9	3.0	2.6	2.3	9.1	6.4	4.2
ערבים	1.8	3.0	2.8	2.6	4.6	3.8	3.2

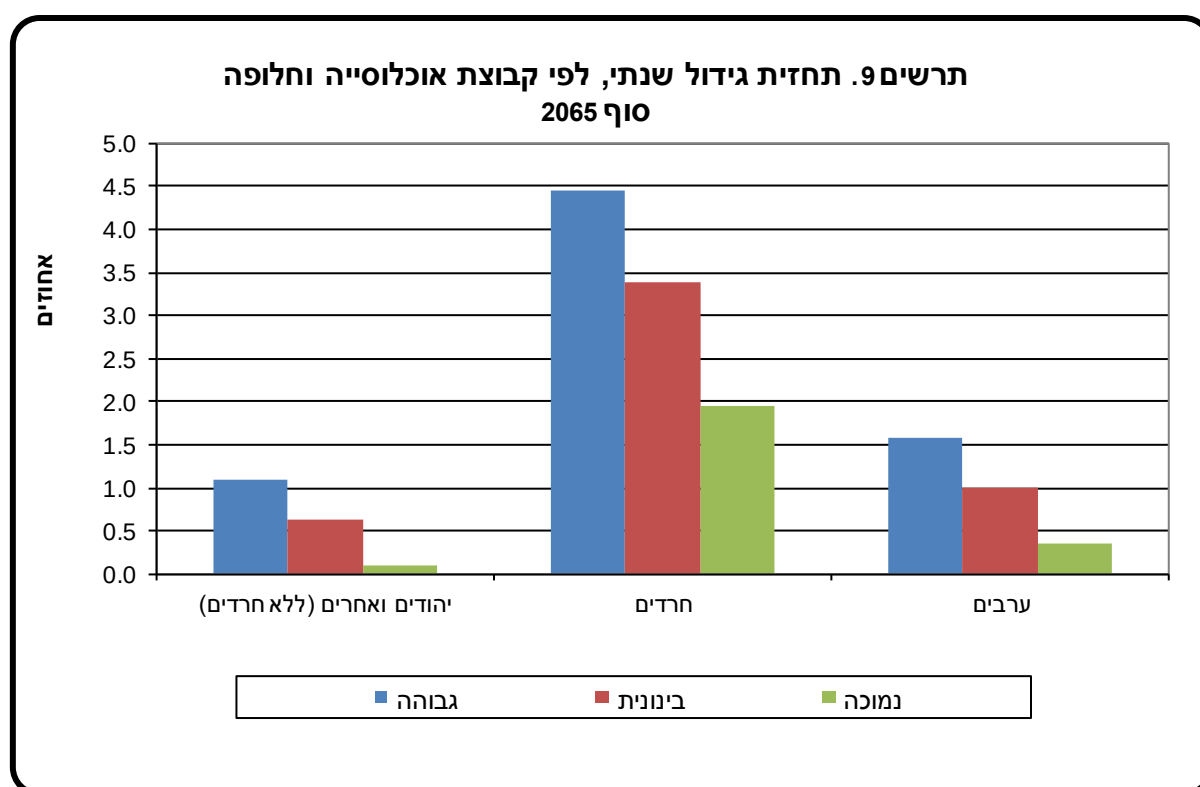
חלקן היחסי של קבוצות האוכלוסייה מכלל האוכלוסייה צפוי להשתנות לאורך התחזית בעיקר בחלוקה הפנימית של אוכלוסיית היהודים ואחרים. חלקה של האוכלוסייה החרדית יעלה מ-11% ב-2015 ל-32% ב-2065. במקביל חלקה של אוכלוסיית היהודים ואחרים (ללא חרדים) צפוי לרדת מ-68% ב-2015 ל-49% ב-2065.

תרשים 8. תחזית לפי קבוצת אוכלוסייה - חלופה בינונית
2065-2015



א. אחוז גידול

לפי החלופה הבינונית, בשנים 2015–2065 אחוז הגידול השנתי של כלל האוכלוסייה ירד מ-1.9% ל-1.6%. אחוז גידול זה הוא תוצאה של רמות הגידול השונות בכל אחת מהתת-קבוצות: בקבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים) ירד אחוז הגידול מ-1.4% ל-0.6%; בקבוצת החרדים ירד האחוז מ-4.4% ל-3.4%; ובקבוצת הערבים ירד האחוז מ-2.2% ל-1.0%. חשוב להבין כי ההפרשים בין אחוזי הגידול עשויים להיראות זניחים, אך על פני תקופה של 50 שנה יש להם השלכות מכרעות על גודל האוכלוסייה. אחוז גידול שנתי של 1% למשל על פני 50 שנה יוביל לגידול אוכלוסייה של כ-65%, אחוז גידול של 2% יוביל לגידול של כ-170%, ואחוז גידול של 3% יוביל אף לגידול של כ-340%. אם האוכלוסייה החרדית תמשיך לגדול באחוז הגידול הנוכחי שלה (4.4%), תגדל האוכלוסייה על פני 50 שנה בכ-760%.

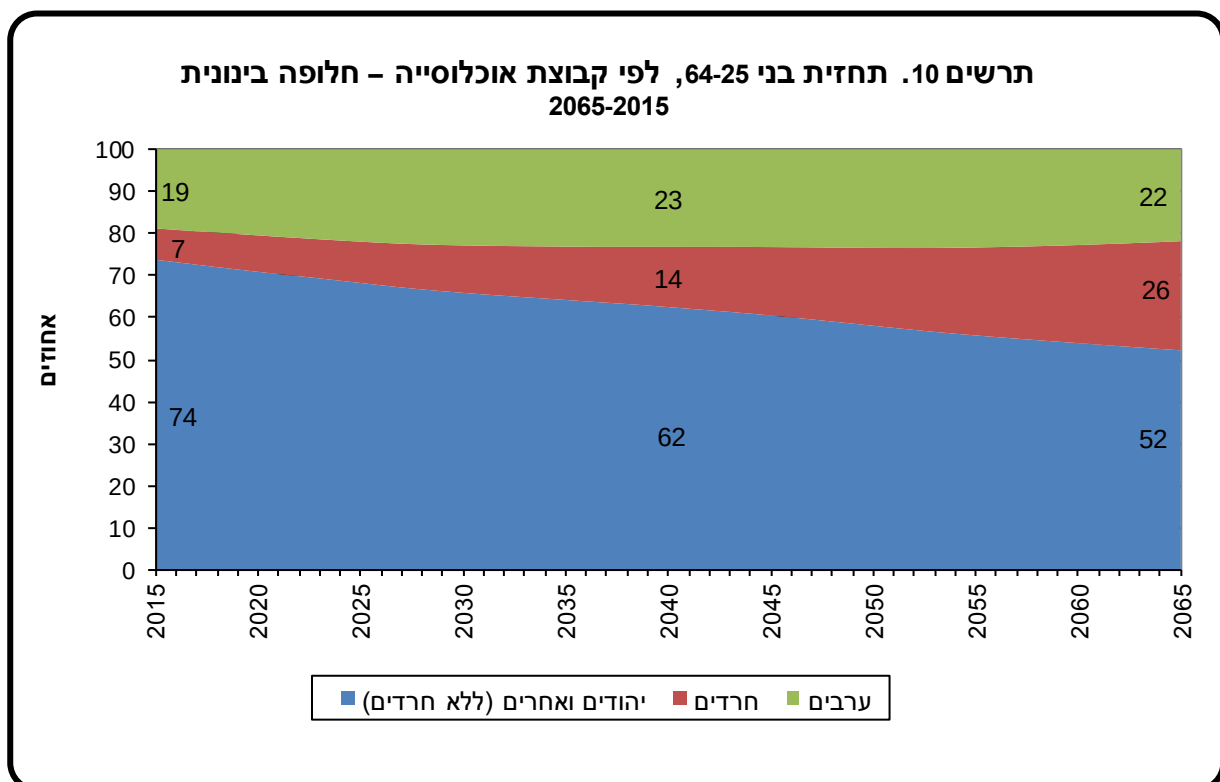


ב. קבוצות גיל נבחרות

בסוף 2015 הגיע מספר הילדים עד גיל 14 ל-2.4 מיליון, וחלקם היחסי בכלל אוכלוסיית ישראל היה 28%. מספר הילדים צפוי להגיע לכ-3.7 מיליון ב-2040, ולכ-5.5 מיליון ב-2065. חלקם היחסי באוכלוסייה צפוי להישמר סביב 28% לאורך כל תקופת התחזית. למרות היציבות בחלקם של הילדים בני 0–14 מכלל האוכלוסייה, צפויים לחול שינויים בהרכבה של האוכלוסייה בגיל זה. ב-2015 אחוז הילדים עד גיל 14 בקרב יהודים ואחרים (ללא חרדים) עמד על 56%, 19% מהילדים היו חרדים ו-25% מהילדים היו ערבים. חלקם היחסי של הילדים היהודים ואחרים (ללא חרדים) צפוי לרדת ל-

35% בעוד 50 שנה. חלקם היחסי של הערבים באוכלוסיית הילדים צפוי גם הוא להצטמצם ולהגיע ל-15% ב-2065. במקביל חלקם של הילדים החרדים ב-2065 צפוי לגדול ולהגיע ל-49%.

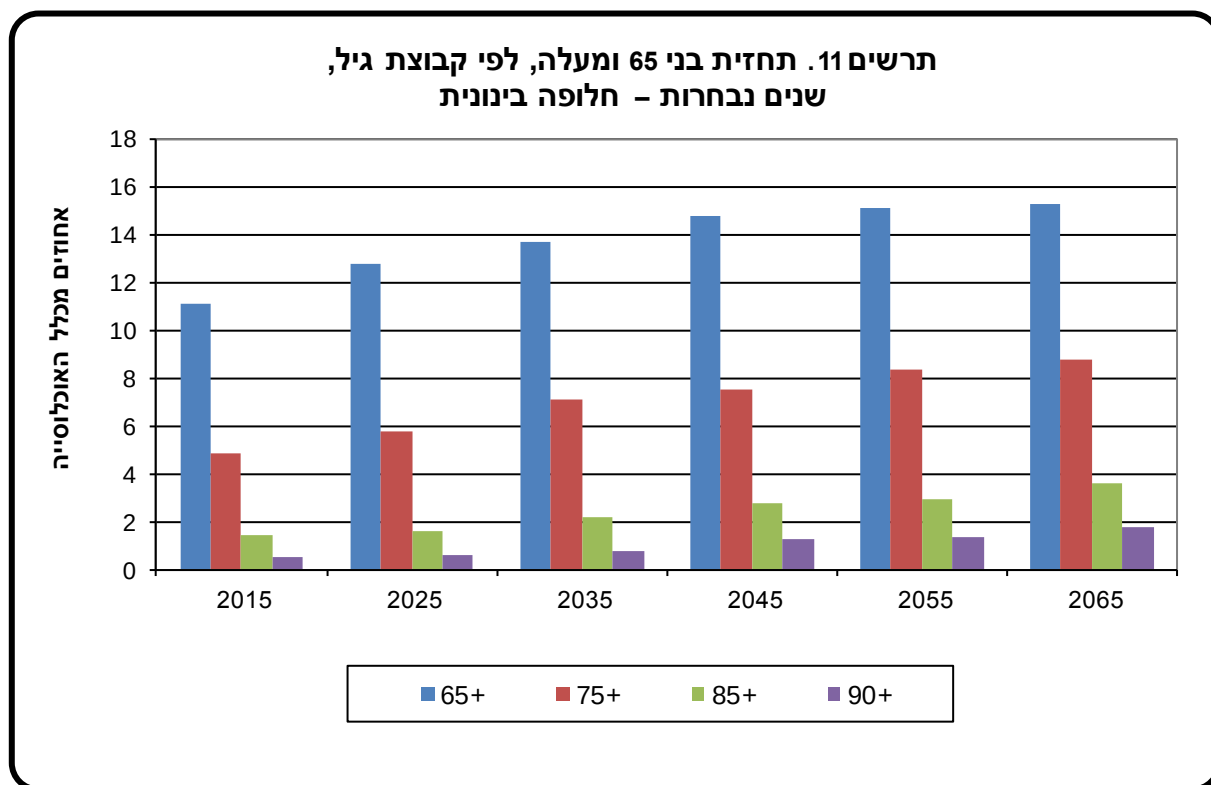
בשנת 2015 הגיע מספר האנשים בגילאי העבודה העיקריים (25–64) ל-3.9 מיליון איש, וחלקם היחסי בכלל אוכלוסיית ישראל היה 45%. קבוצה זו צפויה למנות כ-5.6 מיליון איש ב-2040 וכ-8.3 מיליון איש ב-2065. חלקם היחסי באוכלוסייה צפוי לרדת במקצת – 42.4% ו-41.8% בשנים 2040 ו-2065, בהתאמה. ב-2015 חלקם של יהודים ואחרים (ללא חרדים) בגיל העבודה היה 73.7%, של חרדים 7.5%, וחלקם של הערבים היה 18.8%. חלקם של היהודים ואחרים (ללא חרדים) צפוי לרדת ל-52.2% ב-2065, ובמקביל חלקם של הערבים צפוי לעלות ל-21.8%. השינוי הבולט הוא העלייה החדה הצפויה בחלקם של החרדים בגיל העבודה – חלקם צפוי לעלות ל-26.0% בסוף תקופת התחזית.



בשנת 2015 הגיעה אוכלוסיית בני 65 ומעלה ל-939 אלף איש (11.1% מכלל האוכלוסייה). בשנים האחרונות הואץ תהליך הזדקנות האוכלוסייה בישראל, ואוכלוסיית בני 65 ומעלה צפויה להגיע ל-1.9 מיליון איש ב-2040 (14.3% מכלל האוכלוסייה) ול-3.0 מיליון איש ב-2065 (15.3% מכלל האוכלוסייה).

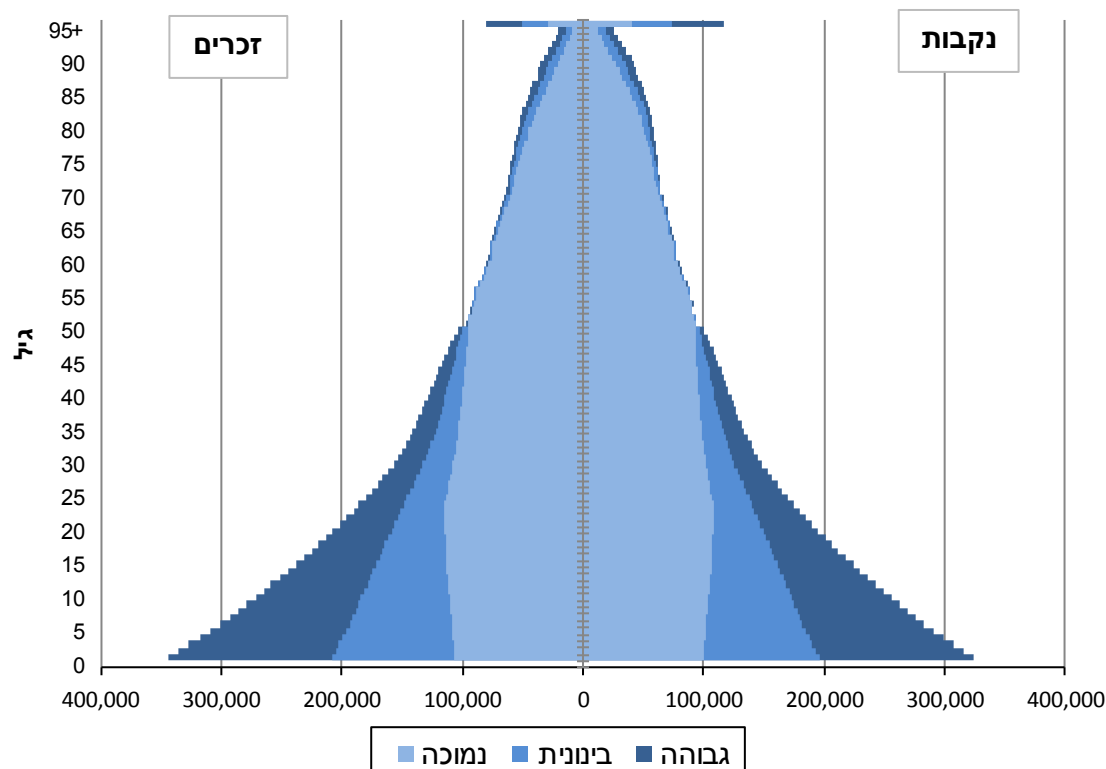
בשנת 2015 חלקם של יהודים ואחרים (ללא חרדים) מכלל בני 65 ומעלה היה 89%, חלקם של החרדים היה 3%, וחלקם של הערבים היה 8%. ב-2040 אוכלוסיית בני 65 ומעלה צפויה להתפלג

כך: יהודים ואחרים (ללא חרדים) – 79%, חרדים – 6% וערבים – 15%; ב-2065 צפויה קבוצה זו להתפלג כך: יהודים ואחרים (ללא חרדים) – 68%, חרדים – 11% וערבים – 21%. תהליך ההזדקנות מתעצם בקרב בני 85 ומעלה. קצב הגידול של אוכלוסייה זו צפוי להיות מהיר מזה של בני 65 ומעלה. ב-2015 היו 121 אלף בני 85 ומעלה, ב-2040 צפויים להיות 339 אלף, ואילו ב-2065 צפויים להיות 719 אלף. חלקם היחסי של בני 85 ומעלה מכלל האוכלוסייה צפוי לגדול מ-1.4% ב-2015 ל-2.5% ב-2040 ול-3.6% ב-2065.



בחינת התחזית לפי גיל ממחישה כיצד גודל האוכלוסייה בעתיד מושפע בעיקר מהאי-ודאות של קבוצות הגיל שיוולדו בתקופת התחזית. בתרשים 12 מוצגת התרחבות האי-ודאות, כלומר הפער בין החלופות גדל ככל שהגיל צעיר יותר. מצב זה נובע מכך שבטווח הארוך של התחזית צפויים להיוולד צאצאים למי שבצעמם נולדו במהלך התחזית, ונוצר אפקט של "ריבית דריבית" שמעצימה את האי-ודאות. בשונה מדפוסי הילודה, טווח האי-ודאות של דפוסי התמותה קטן יותר. אפשר להבחין כי בקבוצות הגיל המבוגרות ההבדלים בין החלופות קלים. מעניין לציין את קבוצת הגיל 50–70, שכמעט אינה מושפעת מהאי-ודאות, וגודלה יציב בכל החלופות. קבוצה זו נולדה לפני תחילת התחזית, ובסופה היא עדיין אינה מושפעת מדפוסי תמותה גבוהים.

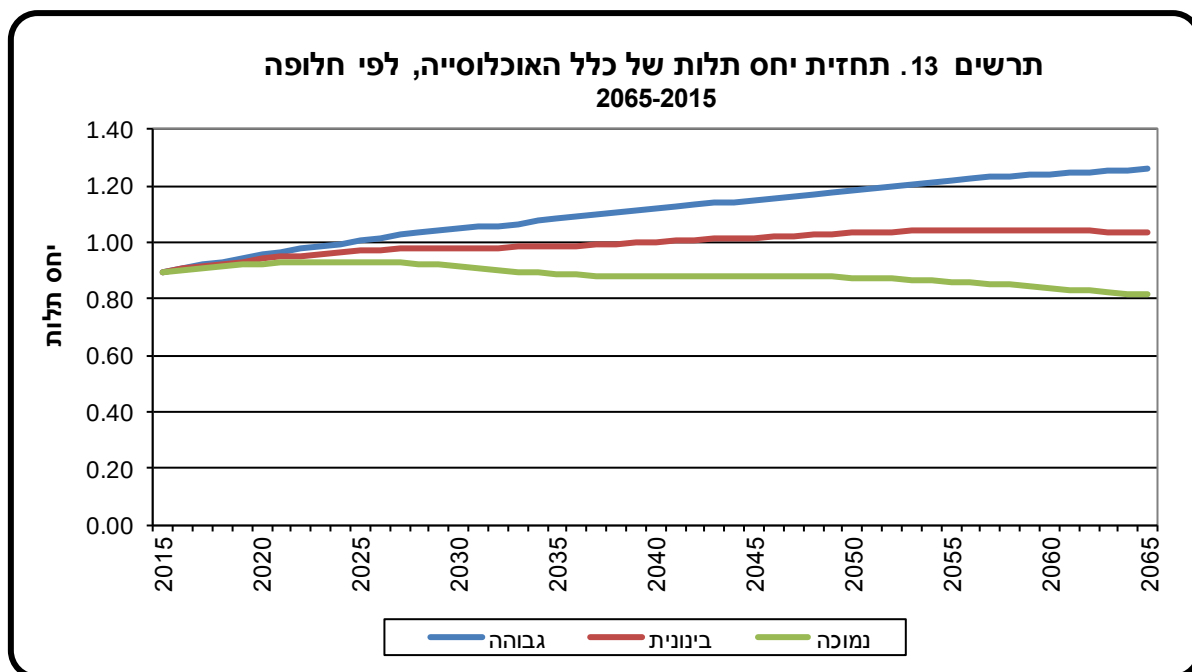
תרשים 12. פירמידת גילים של אוכלוסיית ישראל, לפי מין וחלופה
סוף 2065



ג. יחס תלות

יחס תלות הוא אחד המדדים הנפוצים להצגת השלכות של שינויים במבנה הגילים באוכלוסייה על תהליכים חברתיים-כלכליים. יחס התלות מודד עד כמה האוכלוסייה בגיל העבודה תומכת באוכלוסיות הצעירות והמבוגרות: יחס תלות גדול מ-1.0, משמעותו שיש יותר נתמכים באוכלוסייה מאשר תומכים. המדד מחושב באמצעות היחס בין קבוצת הגיל שלרוב אינן שייכות לכוח העבודה (בני 0-19 ובני 65 ומעלה) לבין קבוצת הגיל השייכת לכוח העבודה (בני 20-64).

מאז שנות השמונים נרשמה מגמת ירידה ביחס התלות מכ-1.0 עד ל-0.9 ב-2015. התחזית מצביעה על שינוי מגמה. כלומר צפויה עלייה ביחס התלות הן בחלופה הבינונית הן בחלופה הגבוהה. בחלופה הבינונית צפויה עלייה מתונה בטווח הקצר, ולאחר מכן צפויה התייצבות סביב ערך של 1.0. בחלופה הגבוהה צפויה עלייה חדה יותר, וב-2065 יעמוד יחס התלות על 1.3 עקב דפוסי הילודה הגבוהים הצפויים בחלופה זו. לעומת זאת בחלופה הנמוכה ב-2065 יחס התלות יעמוד על 0.8 עקב ירידה בדפוסי הילודה.



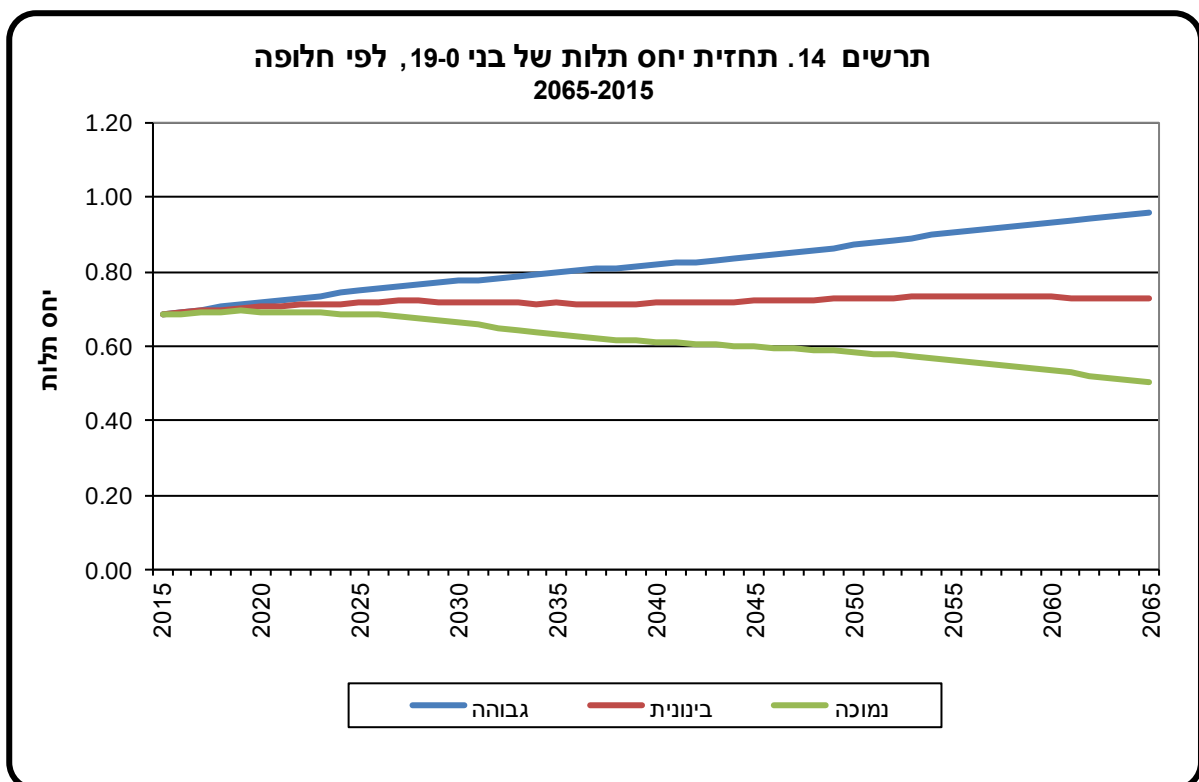
מבין כלל קבוצות האוכלוסייה נראה כי יחס התלות של קבוצת החרדים הוא הגבוה ביותר, וכי הוא צפוי להישאר כך גם בסוף תקופת התחזית. יחס התלות של היהודים ואחרים (ללא חרדים) ושל הערבים צפוי לנוע בטווח שבין 0.8 ל-1.0 לאורך התחזית.

לוח 8. יחס תלות לפי קבוצות אוכלוסייה, לפי חלופה, 2015, 2040, 2065

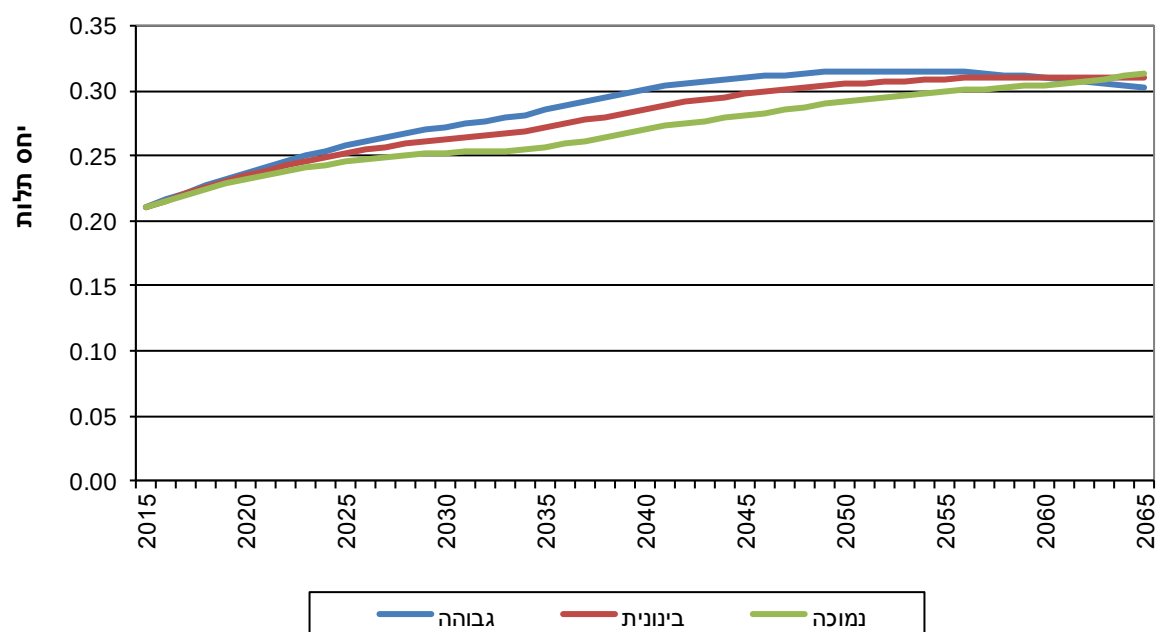
קבוצת אוכלוסייה	חלופה	2015	2040	2065
יהודים אחרים (ללא חרדים)	גבוהה		1.0	1.1
	בינונית	0.8	0.9	0.9
	נמוכה		0.8	0.8
חרדים	גבוהה		1.8	1.8
	בינונית	1.5	1.5	1.4
	נמוכה		1.3	0.9
ערבים	גבוהה		0.9	1.0
	בינונית	1.0	0.9	0.8
	נמוכה		0.8	0.7

יש מקום להתייחס בנפרד ליחס התלות של הצעירים ושל המבוגרים, ובכך לבדוד את השפעת כל קבוצת גיל על יחס התלות הכולל. בשונה מיחס התלות הכולל, יחס התלות של הצעירים מתייחס לקבוצת הגיל 0–19, ואילו יחס התלות של המבוגרים מתייחס לקבוצת הגיל 65 ומעלה. ב-2015 עמד יחס התלות של הצעירים על 0.68, ואילו יחס התלות של המבוגרים עמד על 0.21. כלומר משקלם של הצעירים הוא כ-75% מהמדד, ואילו משקלם של המבוגרים – 25%.

בשונה מאוכלוסיית המבוגרים, אוכלוסיית הצעירים נתונה יותר לתנודתיות בעקבות שינויים בדפוס הפריון, לכן ב-2065 הפערים בין החלופות רחבים יותר ביחס התלות של הצעירים (0.96 בחלופה הגבוהה ו-0.50 בחלופה הנמוכה). לעומת זאת בקרב המבוגרים יחס התלות זהה בכל החלופות (0.30). יש לזכור כי אוכלוסיית המבוגרים תהיה תמיד נטל על כוח העבודה, בעוד שאוכלוסיית הצעירים תתווסף בבוא העת לאוכלוסייה בגיל העבודה.



תרשים 15. תחזית יחס תלות של בני 65 ומעלה, לפי חלופה
2065-2015



5. סיכום

בהינתן הנחות התחזית, אוכלוסיית ישראל צפויה להמשיך לגדול באופן ניכר לאורך חמישים השנים הבאות. תחזית זו היא תחזית האוכלוסייה הארצית הרשמית הראשונה המכסה טווח של חמישים שנים תוך פירוט של שנה יחידה וקבוצת גיל של שנה אחת. התחזית תלויה בהנחות שנבחרו, והיא מציגה כמותית את המגמות הגלומות בהן. הנחות אלה כמובן אינן יכולות להביא בחשבון התפתחויות בלתי צפויות שעשויות להשפיע על האוכלוסייה בעתיד. **התחזית אף אינה שואפת לצפות התפתחויות כאלה**, כיוון שמטרתה לספק מערך תרחישי אוכלוסייה לצורכי תכנון.

ההנחות מתייחסות לערכים העתידיים האפשריים של מרכיבי השינוי באוכלוסייה: פריון, תמותה והגירה. במרכיב הפריון בתחזית יושמה גישה המשלבת בין ההערכה שהציעה קבוצת המומחים באשר למגמות העתידיות ובין מודל סטטיסטי האומד את האי-ודאות במגמות אלו. במרכיב התמותה נעשה שימוש במודל המתבסס על שיטות סטוכסטיות. שיטות אלה בנויות על תהליכים אקראיים ועל שגיאות אקראיות. בשל האקראיות הרבה המאפיינת את דפוסי ההגירה בישראל, מרכיב ההגירה הבין-לאומית מבוסס על היקפי ההגירה בחמש השנים שקדמו למועד תחילת התחזית.

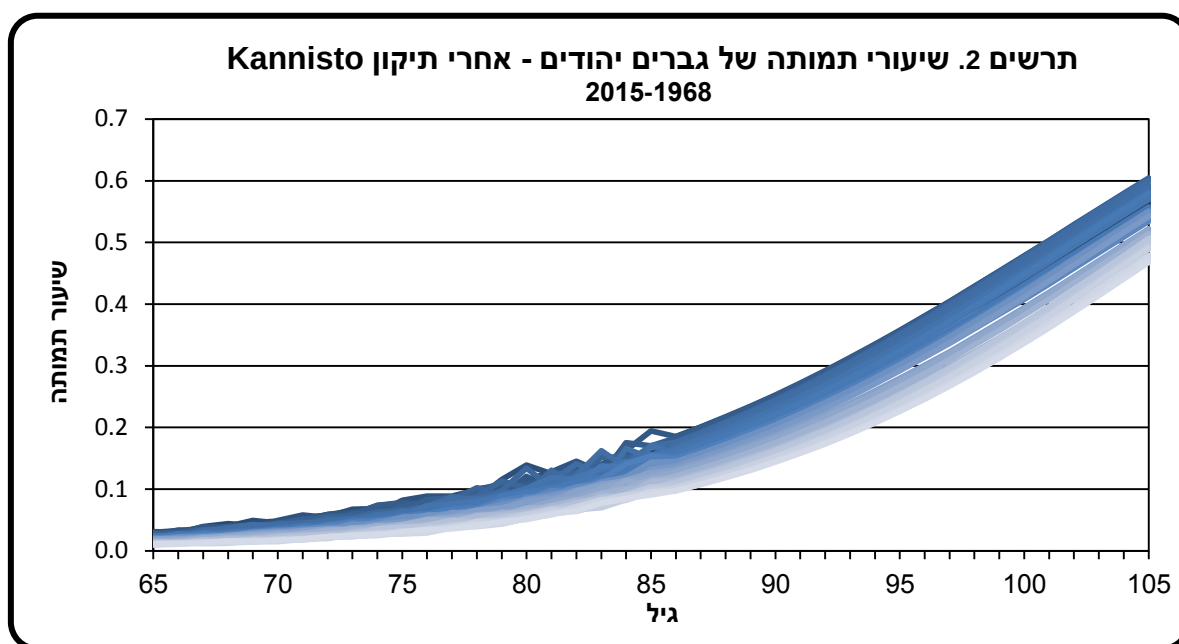
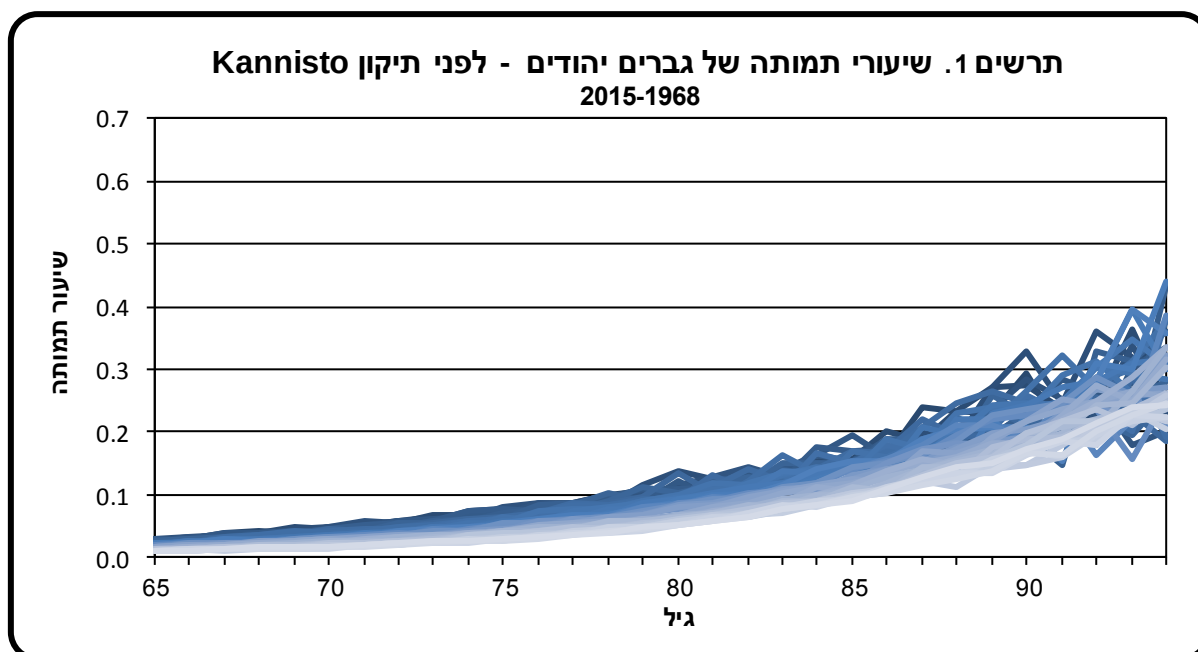
התחזית בוצעה בשלוש חלופות: גבוהה, בינונית ונמוכה. חלופות אלו מספקות טווח אפשרי לשינוי הצפוי בגודל האוכלוסייה בחמישים השנים הבאות. כל חלופה בנויה ממערך הנחות המותאמות לכל אחת מקבוצות האוכלוסייה של התחזית: יהודים ואחרים (ללא חרדים), חרדים וערבים.

על פי תוצאות התחזית, נוסף על הגידול הצפוי באוכלוסייה, יחול שינוי בחלקן היחסי של הקבוצות המרכיבות אותה. עיקר השינוי צפוי לחול באוכלוסייה החרדית אשר חלקה יגדל פי שלושה, בעיקר על חשבון קבוצת היהודים ואחרים (ללא חרדים). הסיבה העיקרית לעלייה זו היא הגידול הניכר במספר הילדים בקבוצת החרדים בעקבות דפוסי הפריון הגבוהים ומבנה הגילים הצעיר המאפיין אותה. גם בגילאי העבודה צפוי שינוי של ממש: אוכלוסיית היהודים ואחרים (ללא חרדים) תהיה כ-50% בלבד מכוח העבודה. ראוי לציין כי עקב מחסור בנתונים לא ניתן היה להעריך מעברים בין קבוצות האוכלוסייה, ולכן מעברים אלו לא הובאו בחשבון בתחזית.

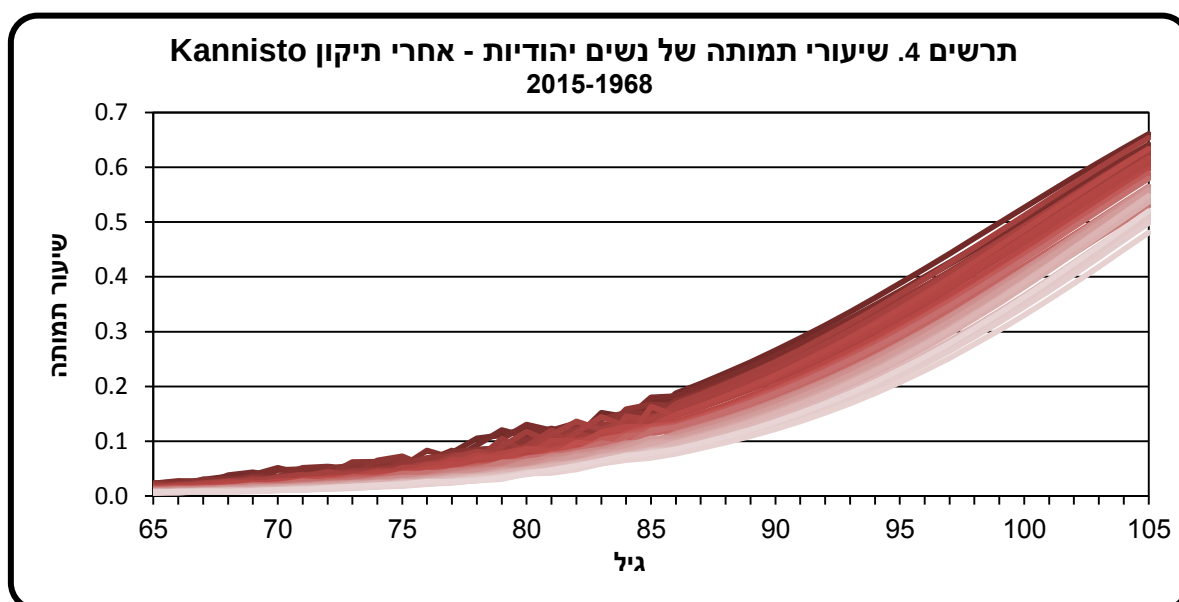
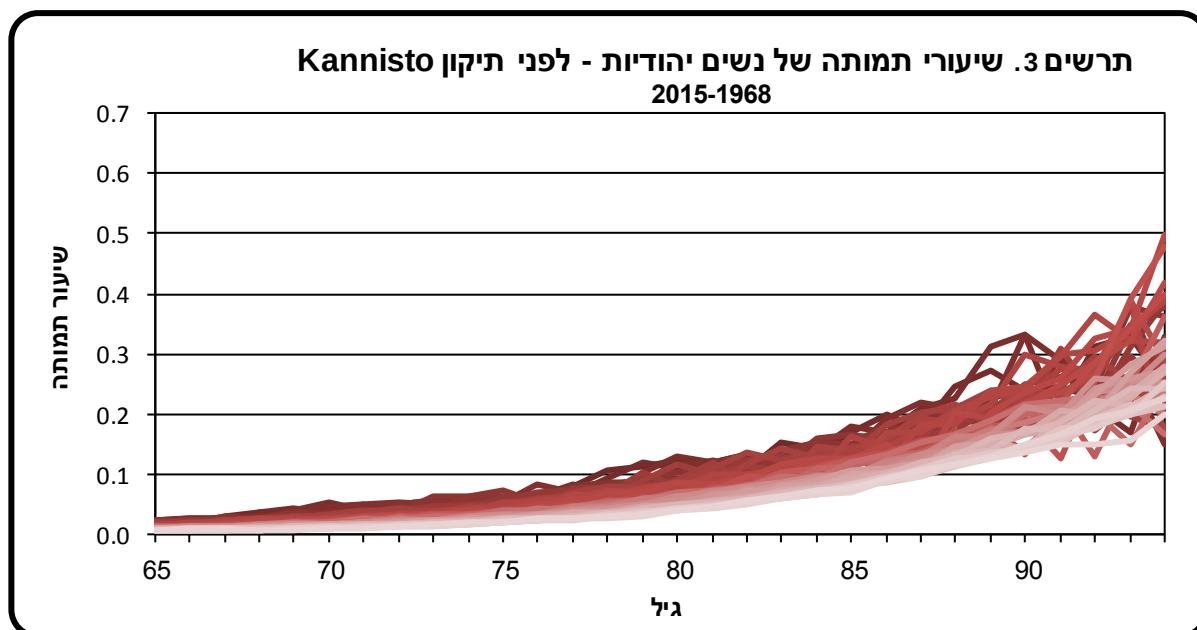
בשנים האחרונות הואץ תהליך הזדקנות האוכלוסייה בישראל, והוא אף צפוי להימשך על פי התחזית. עד שנת 2065 אוכלוסיית בני 65 ומעלה צפויה לגדול פי שלושה. תהליך ההזדקנות מתעצם באוכלוסיות המבוגרות יותר, ואוכלוסיית בני 85 ומעלה למשל צפויה לגדול פי שישה.

לסיכום ראוי לזכור שתחזית אוכלוסייה היא ניסיון להמחיש כיצד תהליכים המתרחשים היום עשויים להשפיע על האוכלוסייה מחר. אם יתממשו תוצאות התחזית, מדינת ישראל צפויה לעמוד בפני אתגרים דמוגרפיים כבדי משקל, שיבואו לידי ביטוי במישור החברתי-כלכלי. בחינת ההשלכות של תהליכים אלו על ידי מקבלי ההחלטות עשויה להביא לשינויי מדיניות ולאפשר היערכות טובה יותר לעתיד.

נספח א: תיקון נתוני שיעורי תמותה בגילאים מבוגרים בשיטת Kannisto²⁵



²⁵ Kannisto, V. (1994). The Development of Oldest-old Mortality 1950-1990: Evidence from 28 Developed Countries. Odense, Denmark: Odense University Press.



נספח ב: בחירת המודל לחיזוי התמותה בישראל

מסמך זה מסכם כיצד נבחר מודל לחיזוי התמותה לקראת ביצוע התחזית הארצית ארוכת הטווח לשנים 2015–2065. סדרת הבדיקות המתועדת בוצעה בשלבי העבודה הראשונים על התחזית, ולכן היא מבוססת על נתוני 1968–2013.

בשנים האחרונות יותר ויותר לשכות סטטיסטיות ומכוני מחקר בעולם מתחילים להשתמש בשיטות סטוכסטיות בכל הקשור לקביעת הנחות בתחזיות אוכלוסייה. בעבודה שפרסמו ארי פלטיאל ועמיתיו: "תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009–2059", נערכה לראשונה תחזית סטוכסטית חלקית, שכללה חישוב הנחות תמותה בשיטת BMS (פיתוח למודל לי-קרטר).²⁶ בעקבות עבודה זו הוחלט שגם בתחזית הארצית הקרובה (לשנים 2015–2065) ייעשה שימוש במודלים סטוכסטיים. עבור חיזוי שיעורי תמותה לאוכלוסייה היהודית בישראל נבחר מודל לי-מילר. התחזית לאוכלוסייה הערבית תיגזר מהתחזית לאוכלוסייה היהודית.

שלא כמו התחזית הארצית הקודמת, התחזית הקרובה תציג תוצאות לפי קבוצות גיל של שנה אחת (עד 95 ומעלה) ושנה יחידה (2015, 2016, ..., 2063, 2064). כדי להשתמש במודל לי-קרטר או בפיתוחיו, יש צורך בסדרה היסטורית ארוכת טווח של שיעורי תמותה. סדרת הנתונים שעמדו בדרישות היא לשנים 1968–2013.

במאמר מ-1992 הציעו לי וקרטר שיטה חדשה לחיזוי שיעורי תמותה. מאז ועד היום התבססו מודלים רבים על שיטה זו, והוצעו פיתוחים ושיפורים למודל לי-קרטר המקורי.

הספרות המקצועית מתמקדת בארבע שיטות סטוכסטיות עיקריות ממשפחת לי-קרטר:²⁷

- Lee-Carter (LC) המקורי
- Lee-Miller (LM)
- Booth-Maindonald-Smith (BMS)
- Hyndman-Ullah (HU)

²⁶ פלטיאל ואחרים (2012). תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009–2059.

²⁷ כל המודלים לחיזוי תמותה המוזכרים בנויים על נתוני $\ln(m_x)$.

מודל Lee-Carter

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}$$

המודל בנוי משלושה פרמטרים עיקריים – a_x , b_x ו- k_t . a_x ו- b_x הם פרמטרים קבועים שערכם שונה עבור כל קבוצת גיל, ואילו k הוא הפרמטר שערכו משתנה לאורך זמן, ואותו אנו מנבאים בביצוע תחזית.

פרמטר a_x – ממוצע של ערכי $\ln(m_{x,t})$ עבור כל קבוצת גיל (x) לאורך תקופת האמידה (t). פרמטר זה משקף את הדפוס הכללי של התמותה לפי גיל, והוא הבסיס לחיזוי של m_x .

פרמטר b_x – סט של ערכים לפי קבוצת גיל, המסתכמים ב-1 ומתארים את השינוי היחסי בתמותה לכל קבוצת גיל. הפרמטר מסתמך על השינוי של ערכי $\ln(m_{x,t})$ בתקופת האמידה.

פרמטר k_t – אינדקס של רמת שיעורי התמותה לפי שנה בתקופת האמידה. k_t נאמד כך שסך כל הפטירות (D) שיתקבלו מה- m_x החזויים בכל שנה זהה למספר הפטירות שנצפו. ברוב האוכלוסיות התברר שהשינוי ב- k_t קרוב ללינארי, ולכן כמעט בכל התחזיות שעושות שימוש במודל Lee-Carter, נעשה שימוש במודל חיזוי פשוט מסוג Random walk with drift, שמניח שערך k_t משתנה לינארית.

$$\epsilon_{x,t} - \text{שארית בגיל } x \text{ ובזמן } t, \text{ המתפלגת נורמלית עם תוחלת אפס ועם שונות קבועה } (\sigma^2).$$

מודל Lee-Miller

מודל LM (2001) מציע פיתוח למודל LC המקורי. המודל מתבסס על נתוני ארצות הברית מ-1950, והוא שונה ממודל LC בדרך שהוא אומד את פרמטר k_t . הפרמטר נאמד כך שתוחלת החיים בלידה שתתקבל מה- m_x החזויים בכל שנה תהיה זהה לתוחלת החיים שנצפתה.

מודל Booth-Maindonald-Smith

מודל BMS (2002) מציע פיתוח נוסף למודל LC המקורי. המודל אינו מניח שמרכיב הגיל קבוע עם הזמן, אלא שיש אינטראקציה בין גיל וזמן. פרמטר k נאמד על ידי התפלגות שיעורי התמותה לפי גיל, כלומר בכל קבוצת גיל ערכו של k מותאם על ידי רגרסיית Poisson למספר הפטירות באותה שנה ובאותה קבוצת גיל. יוצא מכך שבמקום k_t במודל זה הפרמטר יהיה $k_{t,x}$. כמו כן התקופה ההיסטורית שהמודל יתבסס עליה, ייקבע באמצעות מבחני טיב ההתאמה שבוחנים התנהגות יציבה של השיעורים. התנהגות זו מתבטאת בהתנהגות לינארית של k_t .

מודל Hyndman-Ullah

מודל HU (2007) עושה שימוש בטכניקת ניתוח מידע פונקציונלי (Functional Data Analysis), שפותחה על ידי רמזי וסילברמן. המודל מציע שיטה המתבססת על פונקציות החלקה ללוגריתם של שיעורי התמותה לפי גיל. השיטה מרחיבה את סט הפרמטרים הבסיסי של Lee-Carter ומפעילה שיטות נוספות לאמידת שיעורי התמותה. לשיטה זו פותחו גם תת-שיטות נוספות, כמו Robust HU ו-HU-Weighted.

במאמר של Shang ואחרים (2011)²⁸ נערכה השוואה שמטרתה לבחון את כל המודלים לחיזוי התמותה על 14 מדינות מפותחות עבור כל מין בנפרד (28 קבוצות בסך הכל). לכל המדינות היו סדרות ארוכות שנים של נתוני תמותה, לעתים יותר ממאה שנה אחורה. הבחינה כללה חיזוי שיעורי תמותה ותוחלת חיים לשנים 1974–2004.

על פי מבחני MAFE (ממוצע טעויות התחזית בערך מוחלט) ו-MFE (ממוצע טעויות התחזית), התוצאות הכי פחות מדויקות התקבלו במודל הבסיסי של Lee-Carter. המודל של HU-Weighted נבחר כמודל המדויק ביותר עבור המדינות שנבדקו, ואילו מודל Lee-Miller נבחר כמודל בעל ההטיה הקטנה ביותר בהערכת חסר או יתר.

בעבודה על בחירת מודל ליהודים בישראל הסתמכנו על מאמרו של Shang, אך נבדקו רק שלושת המודלים המרכזיים – Hyndman Ullah, Booth Maindonald-Smith ו-Lee Miller. בעקבות קריאת המאמרים הסוקרים את השיטות השונות, הוחלט לזנוח את מודל Lee Carter המקורי, מכיוון שתוצאותיו היו מדויקות פחות.

שיטת הבדיקה היא להסתמך על חלק מהנתונים ההיסטוריים בלבד, ובאמצעותם לנבא את שאר הנתונים, כלומר לנסות לנבא את העבר, וכך להיווכח איזו שיטת ניבוי הייתה הקרובה ביותר לנתוני האמת. בעבודה זו נעשה ניבוי לשנים 1999–2013²⁹ על סמך נתוני השנים 1968–1998.

על מנת להימנע מהטיות הנובעות מתנודתיות של נתוני התמותה לפי גיל, הוחלט לבצע החלקה לנתונים בכל השיטות, כפי שהיא מבוצעת במודל Hyndman Ullah.

²⁸ H. Shang, H. Booth and R. Hyndman. Point and interval forecasts of mortality rates and life expectancy: A comparison of ten principal components methods. Demographic Research, Volume 25, July 2011: 173-214.

²⁹ בזמן הבדיקה נתוני 2014 טרם הושלמו.

ההשוואה נערכה באמצעות שני מבחנים:

1. MFE – ממוצע טעויות התחזית לפי שנה וגיל.

2. MAFE – ממוצע טעויות התחזית בערך המוחלט לפי שנה וגיל.

מלוחות 1 ו-2 עולה כי תוצאות המבחנים עבור שיעורי תמותה מצביעות על הבדלים קטנים בין המודלים; מלוחות 3 ו-4 עולה כי תוצאות המבחנים עבור תוחלת חיים מצביעות גם הן על הבדלים ביניהם – נרשם יתרון למודל LM.

בעקבות התוצאות שהתקבלו נבחר מודל Lee Miller שהתחזית שלו הייתה המדויקת ביותר.

להלן תוצאות המבחנים:

לוח 1. מבחני MFE, MAFE על שיעורי תמותה בקרב גברים יהודים

MAFE			MFE			שנה
Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	
0.13	0.14	0.14	-0.06	-0.05	-0.03	1999
0.17	0.18	0.18	-0.05	-0.03	0.00	2000
0.17	0.18	0.18	-0.05	-0.02	0.00	2001
0.20	0.20	0.20	-0.02	0.00	0.03	2002
0.19	0.19	0.18	-0.08	-0.06	-0.03	2003
0.21	0.21	0.20	-0.09	-0.07	-0.04	2004
0.22	0.22	0.21	-0.16	-0.13	-0.10	2005
0.25	0.24	0.24	-0.13	-0.10	-0.07	2006
0.24	0.23	0.23	-0.16	-0.14	-0.10	2007
0.22	0.21	0.20	-0.17	-0.14	-0.11	2008
0.28	0.27	0.26	-0.24	-0.21	-0.18	2009
0.26	0.25	0.24	-0.20	-0.17	-0.14	2010
0.30	0.28	0.25	-0.27	-0.24	-0.21	2011
0.29	0.27	0.27	-0.23	-0.20	-0.17	2012
0.29	0.28	0.26	-0.25	-0.23	-0.19	2013
0.23	0.22	0.22	-0.14	-0.12	-0.09	ממוצע

לוח 2. מבחני MFE, MAFE על שיעורי תמותה בקרב נשים יהודיות

MAFE			MFE			שנה
Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	
0.17	0.17	0.18	-0.05	-0.03	0.00	1999
0.17	0.17	0.17	-0.05	-0.03	0.00	2000
0.21	0.20	0.21	-0.04	-0.01	0.01	2001
0.21	0.21	0.21	0.01	0.04	0.07	2002
0.20	0.18	0.19	-0.04	-0.02	0.01	2003
0.19	0.17	0.18	-0.06	-0.03	0.00	2004
0.20	0.19	0.20	-0.06	-0.03	-0.01	2005
0.21	0.20	0.21	-0.07	-0.04	-0.01	2006
0.21	0.19	0.21	-0.06	-0.03	0.00	2007
0.23	0.21	0.21	-0.15	-0.12	-0.09	2008
0.25	0.23	0.24	-0.11	-0.07	-0.04	2009
0.25	0.24	0.24	-0.10	-0.07	-0.04	2010
0.23	0.22	0.22	-0.12	-0.09	-0.06	2011
0.26	0.23	0.25	-0.15	-0.12	-0.09	2012
0.27	0.24	0.24	-0.18	-0.15	-0.11	2013
0.22	0.20	0.21	-0.08	-0.05	-0.02	ממוצע

לוח 3. מבחני MFE, MAFE על תוחלת חיים בלידה בקרב גברים יהודים

MAFE			MFE			שנה
Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	
0.42	0.55	0.43	0.42	0.55	0.43	1999
0.61	0.60	0.47	0.61	0.60	0.47	2000
0.90	0.87	0.74	0.90	0.87	0.74	2001
0.92	0.85	0.72	0.92	0.85	0.72	2002
1.00	0.92	0.78	1.00	0.92	0.78	2003
1.24	1.15	1.01	1.24	1.15	1.01	2004
1.28	1.19	1.05	1.28	1.19	1.05	2005
1.53	1.43	1.29	1.53	1.43	1.29	2006
1.40	1.30	1.15	1.40	1.30	1.15	2007
1.69	1.59	1.44	1.69	1.59	1.44	2008
2.30	2.19	2.04	2.30	2.19	2.04	2009
2.25	2.14	1.99	2.25	2.14	1.99	2010
2.28	2.18	2.03	2.28	2.18	2.03	2011
2.14	2.04	1.88	2.14	2.04	1.88	2012
2.42	2.31	2.15	2.42	2.31	2.15	2013
1.49	1.42	1.28	1.49	1.42	1.28	ממוצע

לוח 4. מבחני MFE, MAFE על תוחלת חיים בלידה בקרב נשים יהודיות

MAFE			MFE			שנה
Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	Hyndman Ullah	Booth Maindonald-Smith	Lee Miller	
0.19	0.13	0.11	0.19	0.13	0.07	1999
0.41	0.27	0.21	0.41	0.27	0.21	2000
0.78	0.61	0.55	0.78	0.61	0.55	2001
0.57	0.38	0.32	0.57	0.38	0.32	2002
0.70	0.50	0.44	0.70	0.50	0.44	2003
0.85	0.65	0.58	0.85	0.65	0.58	2004
0.68	0.47	0.40	0.67	0.46	0.40	2005
0.82	0.61	0.55	0.82	0.61	0.55	2006
0.72	0.51	0.44	0.72	0.50	0.44	2007
0.87	0.66	0.59	0.87	0.66	0.59	2008
1.46	1.24	1.18	1.46	1.24	1.18	2009
1.44	1.23	1.16	1.44	1.23	1.16	2010
1.29	1.07	1.00	1.29	1.07	1.00	2011
1.24	1.02	0.95	1.24	1.02	0.95	2012
1.42	1.20	1.13	1.42	1.20	1.13	2013
0.90	0.70	0.64	0.90	0.70	0.64	ממוצע