



פיתוח מערכת הייצור עד שנת 2030

ספטמבר 2022

מובהר בזאת כי תכנית הפיתוח טרם אושרה ע"י שרת האנרגיה כנדרש בחוק משק החשמל, והיא מוצגת בזאת להערות הציבור לפני אישור התכנית. לפיכך אין להסתמך על האמור בתכנית זו לצורך החלטות עסקיות ו/או אחרות – כל העושה כן על אחריותו בלבד.

מתודולוגיה לבניית תכנית פיתוח מערכת הייצור

שלב 1: קביעת הנחות יסוד

שלב 2: הגדרת מגוון תרחישים עתידיים בהתחשב בגורמי אי הוודאות

שלב 3: בניית תוכנית פיתוח אופטימלית מבחינת כלכלית עבור כל תרחיש, הכוללת שילוב אמצעי ייצור ואגירה הנדרשים לעמידה בקריטריון האמינות לתכנון המערכת

שלב 4: דימוי כרונולוגי מפורט של פעולת מערכת הייצור.
חישוב אנרגיה מושלכת, בדיקת התנעות/הפסקות ועמידה בקצב שינוי ביקוש, ובדיקה בצורך של אמצעי אגירה או ייצור נוספים החיוניים לתפעול המערכת

שלב 5: בהינתן תכנית פיתוח ומשטר הפעלה:
בדיקה דינמית של התנהגות התדר, בדיקת יציבות מערכת הגז הטבעי ובדיקת עמידה באילוצי מערכת המסירה

מתודולוגיה לבניית תכנית פיתוח מערכת הייצור - המשך

שלב 6:

איטרציה בין השלבים על מנת להגיע לתכנית פיתוח אופטימלית – סוג היחידות, הספקן, מועד שילובן

שלב 7:

בדיקת סיכונים וניתוחי רגישות של גורמי אי וודאות:

אי עמידת ביעד הייצור באנרגיית המתחדשת
דחיית הקמת יצרני חשמל מתוכננים
תחזית ביקוש
אירועי מזג האוויר

שלב 8:

גיבוש תוכנית פיתוח שתתפקד היטב בתנאי אי וודאות,
על פיה יש לקבל החלטות

- קריטריונים לתכנון מערכת הייצור

- תחזית הביקוש ושיאי הביקוש

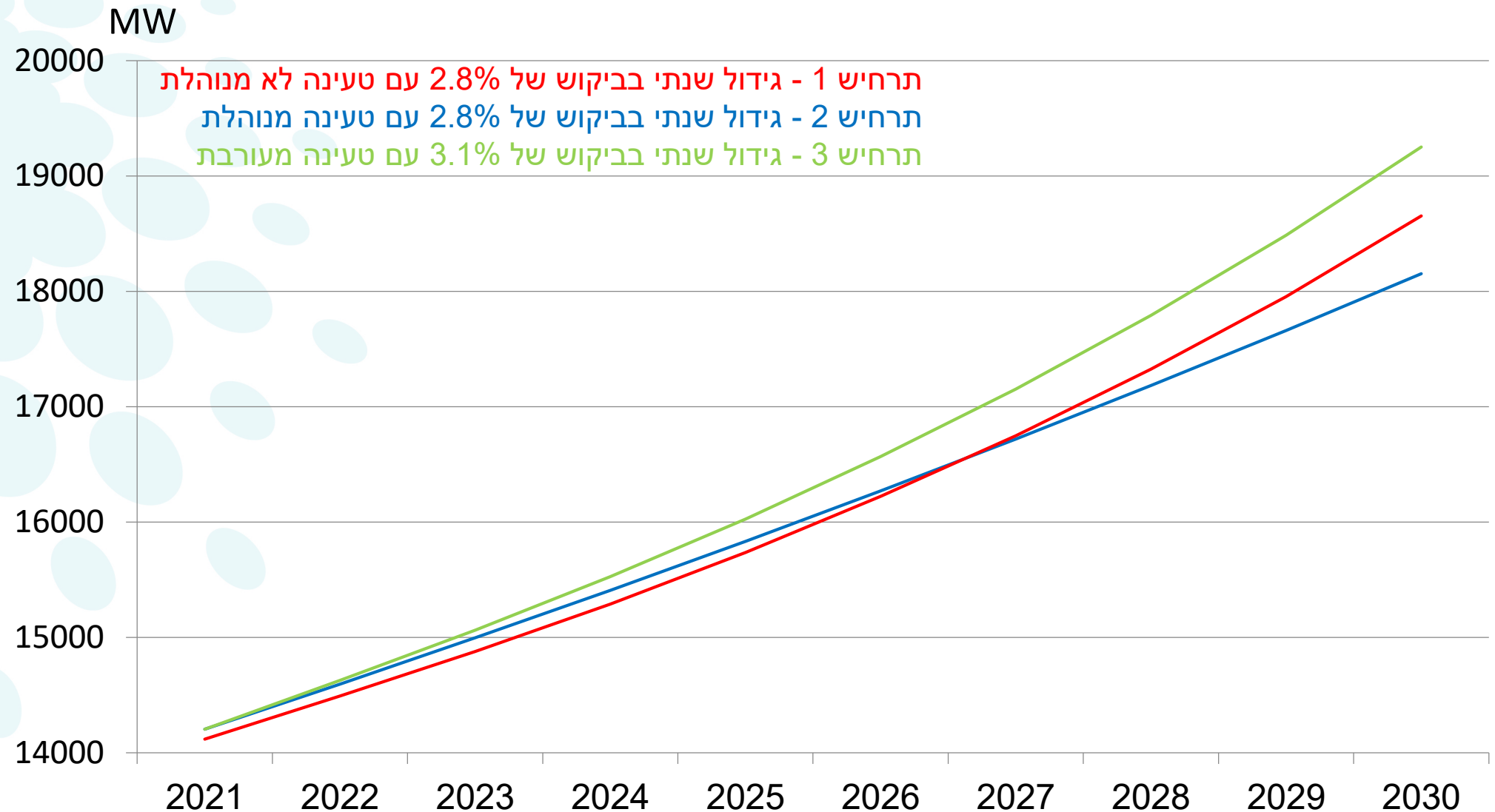
- היקף אנרגיה מתחדשת

- נתונים טכנו-כלכליים

עלות אנרגיה בלתי מסופקת: 30 דולר לקוּוט"ש.

קריטריון האמינות: 2.9 שעות בשנה לכל היותר של חוסר יכולת הספקת
מלוא הביקוש.

שיא קיץ (ערב) לפי תרחישים שונים בשנים 2021 - 2030



תרחישי ייצור באנרגיה מתחדשת

- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 30% בשנת 2030

- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 24% בשנת 2030
והמשך עלייה לשיעור של 30% בשנת 2035

- עלייה הדרגתית בייצור באנרגיה מתחדשת עד לשיעור של 18% בשנת 2030
והמשך עלייה לשיעור של 30% בשנת 2040

מודלים לביצוע תהליך האופטימיזציה של מערכת הייצור

- אופטימיזציה של פיתוח מערכת הייצור לטווח ארוך בכל תרחיש מתבצעת תוך ניצול אופציית התכנון הדינאמי (Dynamic Programming) שבמודל EGEAS.
- בתהליך האופטימיזציה נבחנות בכל שנה כל התוספות האפשריות של אמצעי ייצור, ומתבצע ניפוי של המצבים שאינם עומדים בקריטריון אמינות ההספקה וביתר האילוצים שנקבעו. לכל מצב שלא נופה מחושבות עלויות ההון, הדלק, הפליטות, התפעול והאחזקה, ונבנה עץ מצבים שבו כל מסלול מתאר תוכנית פיתוח אפשרית.
- תוכנית הפיתוח האופטימלית בתרחיש הנדון היא זו שעלות המסלול שלה היא הנמוכה ביותר מבין כל המסלולים האפשריים.
- לאחר קבלת תוכנית הפיתוח האופטימלית בכל תרחיש באמצעות מודל EGEAS, מתבצע דימוי שעתי מפורט של פעולת המערכת באמצעות מודל UCOD (Unit Commitment - Optimal Dispatch).
- המודל, אשר מתחשב בדרישות תפעוליות ספציפיות של משק החשמל בארץ, מאפשר דימוי מפורט של מגבלות בהספקת הגז, תוך הקפדה על הכמות השעתית והיומית, המרבית והמזערית.
- בעקבות ביצוע תהליך מפורט של הקצאת היחידות לתפעול, המודל מאפשר לשפר את דיוק הדמיית ההפעלה של מתקני אגירת אנרגיה וגם לכמת תועלות נוספות, כגון התרומה למעקב אחר העומס, צמצום מספר ההתנעות של יחידות קונבנציונליות ועוד. תהליך אופטימיזציה של הקצאת יחידות הייצור להפעלה (Unit Commitment) והעמסתן האופטימלית (Optimal Dispatch) בהתאם לדרישות מדיניות התפעול.

סוגיות בתפעול המערכת בעידן האנרגיה המתחדשות

שעות עליית השמש

- כניסה חדה של ייצור מיחידות PV
- סגירה/הפחתת עומס של יחידות תרמיות

שעות השמש

- קיטום ייצור אנרגיות מתחדשות מעבר לדרישת ביקוש

שעות ירידת השמש

- ירידה חדה של ייצור מיחידות PV
- עלייה בביקוש לחשמל בחורף ובעונות מעבר
- התנעות של יחידות תרמיות רבות במקביל ובזמן קצר

קצב שינוי העומס לשעה בשנת 2030 יגיע לכ- 4000MW (היום עד כ- 1400MW)

משטר הפעלה של מתקני אגירה בעידן האנרגיה המתחדשות

- ← - בשעות עליית השמש
 - ← - בשעות השמש
 - ← - בשעות ירידת השמש
- הפעלת מתקני אגירת אנרגיה
- אגירת אנרגיה (מניעת קיטום וצמצום התנעות)
- מעבר ממצב אגירה למצב ייצור

אגירת אנרגיה בסוללות היא הכלי היעיל ביותר להתמודדות עם האתגרים הצפויים

ההסדרה צריכה להבטיח למנהל המערכת שליטה על משטר ההפעלה של מתקני אגירה
הן ברשת ההולכה והן ברשת החלוקה

- קיימת אי-ודאות רבה לגבי מימוש יעד הממשלה של ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת ולגבי תחזית הביקוש.
- התוכנית המומלצת הינה תוכנית פיתוח שמחד גיסא עומדת בכל האילוצים של כל תרחיש ומאידך גיסא, מביאה למזעור עלויות עבור סך התרחישים.
- בניית תוכנית פיתוח מומלצת מאפשרת תפעול מערכת הייצור בתרחישים שונים וזאת, בהתחשב בדרישות דינמיקת המערכת ומערכת המסירה.

בניית תכנית פיתוח המומלצת בתנאי אי-ודאות

- מגדירים קבוצת תרחישים S_μ המכסים מגוון מצבים בהתחשב באי-ודאות הקיימת .
- עבור כל תרחיש S_μ בונים תוכנית פיתוח אופטימאלית P_μ .
- תחום קמור Ω מהווה מעטפת של כל תוכניות הפיתוח P_μ
- תחום $\Omega^{feasible}$ כולל תוכניות הפיתוח שעומדות בדרישות אמינות ותפעוליות עבור כל תרחיש S_μ .
- תוכנית הפיתוח המומלצת P^{prob} מתוך תחום $\Omega^{feasible}$ המביאה למזעור סכום העלויות עבור כל התרחישים S_μ .

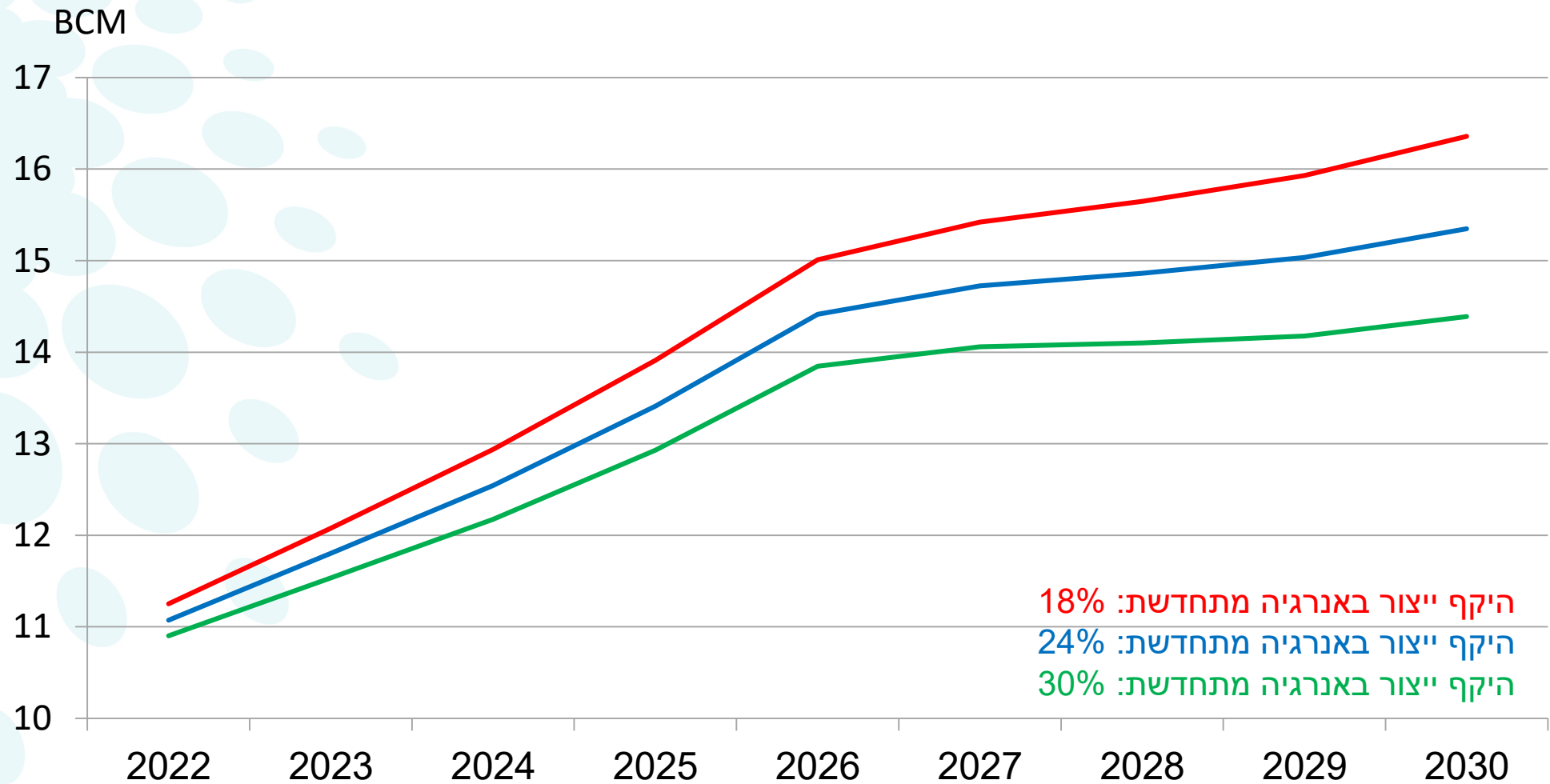
תוכנית פיתוח מערכת הייצור בתנאי אי-ודאות

תוכנית פיתוח מומלצת

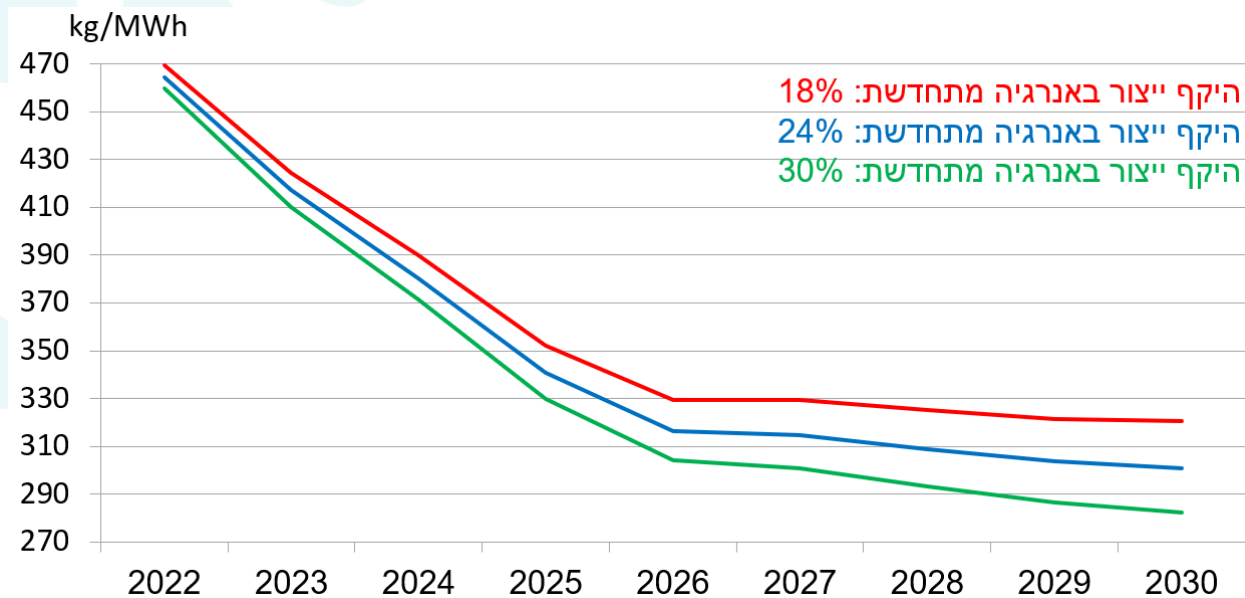
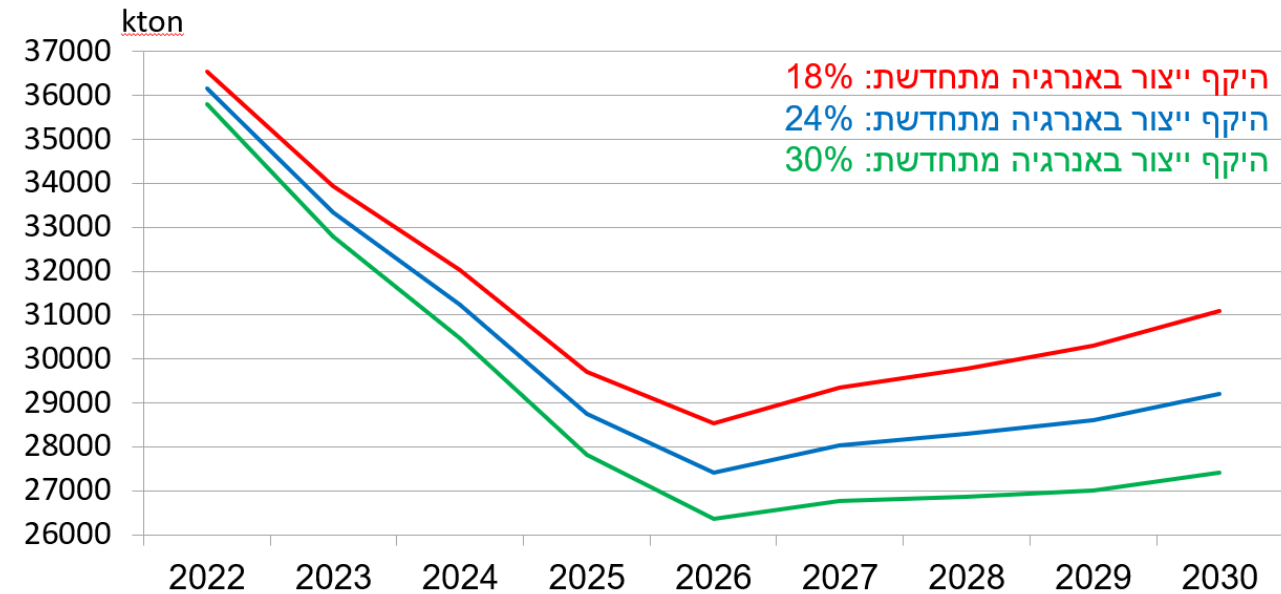
שנה	מחז"מ / ט"ג	סוללות	מתקני גז בחלוקה	אגירה שאובה	פוטוולטאי משולב אגירה	רוח	הדממה
2022	0	0	0	0	0	0	-428
2023	1,643	*400	160	344	168	271	-720
2024	644	0	140	0	350	113	-720
2025	0	300	0	0	309	104	0
2026	428	*100	0	156	0	0	0
2027	0	100	0	0	0	0	-912
2028	670	400	0	0	0	0	0
2029	670	500	0	0	0	0	0
2030	0	500	0	0	0	0	0

* סוללות בהיקף של 500MW לרבע שעה לפחות לצרכי שירותים נלווים

צריכת הגז בשנים 2022 – 2030 (BCM)



היקף CO₂ בשנים 2022 – 2030



- נבחנה מוכנות המערכת לאירועי מזג אויר שיובילו לירידה בהיקף הייצור של יחידות סולאריות לדרגות שונות.
- תוצאות הבדיקה מצביעות על כך שאירועים אלו לא אמורים להוביל לאי הספקת חשמל בהיקף שיצריך שינוי בתוכנית הפיתוח המומלצת.