

**יתרונות  
תחנות כח בהספק מותקן  
של עד 16 מגה וולט אמפר  
ותרומתן למשק הישראלי**

10 באוגוסט 2015

### יתרונות תחנות כח בהספק מותקן של 16 מגה וולט אמפר ותרומתן למשק הישראלי

פורום יצרני החשמל הקטנים בישראל (**הפורום**) התאגד במסגרת איגוד תעשיות מתכת, חשמל ותשתיות של התאחדות התעשיינים בישראל (**התאחדות התעשיינים**) על מנת לייצג את יצרני החשמל הקטנים ולהציג, בפני מקבלי ההחלטות וקובעי המדיניות בישראל, את יתרונות תחנות הכח בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר ותרומתן האפשרית למשק ולכלכלה הישראלית. העבודה המצורפת מציגה את יתרונות תחנות הכח בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר למשק ולכלכלה הישראלית ומתבסס על ניתוח משק החשמל בישראל על היבטיו השונים, נתונים ומחקרים, כפי שיצוטטו במסגרת המסמך.

העבודה אינה כוללת את ניתוח התועלת הכלכלית הצפויה לתעשייה של מערך מבוזר של תחנות כח בכלל ושל תחנות כח בקוגנרציה על עלויות החשמל והאנרגיה לתעשייה והשפעתן על יכולת ענפי התעשייה להתחרות בשווקים הבינלאומיים, להגדיל את כושר הייצור וליצור תשתית להגדלת מספר המועסקים בענפי התעשייה.

עבודה זו נכתבה עבור פורום יצרני החשמל הקטנים על ידי רו"ח ניסן כספי, מנכ"ל חברת גי.פי. גלובל פאוור בע"מ ועל ידי אלון רוזנפלד, אנליסט האנרגיה והשווקים של חברת גי.פי. גלובל פאוור בע"מ.

תוכנו של מסמך זה שייך לחברת גי.פי. גלובל פאוור בע"מ והוא מוגן בזכויות יוצרים על פי חוקי מדינת ישראל ואמנות בינלאומיות. אין להעתיק, להפיץ, להציג בפומבי, ליצור יצירות נגזרות או למסור לצד שלישי כל חלק מן הנ"ל בלא קבלת הסכמה מראש בכתב מחברת גי.פי. גלובל פאוור בע"מ.

## 1. תמצית

יצרני החשמל הקטנים בישראל פועלים בתחום של תחנות כח בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר המחוברות במערך מבוזר (Distributed Power) של תחנות כח ברשת החלוקה של החשמל, רשת המתח הגבוה (תחנות כח קטנות). במסגרת העבודה המצורפת ניתחנו את יתרונותיהן ותרומתן של תחנות הכח הקטנות לתעשייה בישראל.

העבודה אינה כוללת את ניתוח התועלת הכלכלית הצפויה לתעשייה של מערך מבוזר של תחנות כח בכלל ושל תחנות כח בקוגנרציה על עלויות החשמל והאנרגיה לתעשייה והשפעתן על יכולת ענפי התעשייה להתחרות בשווקים הבינלאומיים, להגדיל את כושר הייצור וליצור תשתית להגדלת מספר המועסקים בענפי התעשייה. עבודות אלו נערכו על ידי יועצים שונים עבור משרדי הממשלה ומשכך אין מקום כי אלו יכללו במסגרת עבודה זו. במסמך זה סקרנו את התועלות האפשריות למשק הישראלי מהקמתו של מערך ייצור מבוזר שכזה וביניהן: נצילות ויעילות מאקרו אנרגטית שתחסוך איבודים ברשת החשמל ושימוש מושכל ברשת חלוקת הגז הטבעי כחלופת רשת החשמל, שימור משאב הגז הטבעי של המשק הישראלי, הפחתת פליטות בכלל ופליטות CO<sub>2</sub> בפרט, שימור חתימת הנוף וחיסכון משמעותי במשאבי קרקע, שיפור יציבות, יתירות, שרידות ומערך הגיבוי של משק החשמל בישראל, הפחתת ההשקעה בחידוש והרחבת תשתיות החשמל, סיוע בפיתוח משק הגז הטבעי ורשת החלוקה של הגז הטבעי לאורכה ולרוחבה של ישראל והעצמת תחרות מחירים והפחתת יוקר המחייה.

סך כל התועלות כאמור לעיל ואשר יפורטו בעבודה זו הנובעות מהקמתו של מערך ייצור מבוזר של תחנות כח קטנות בהספק מותקן של 1,000 מגה וואט, כ- 7% מסך ההספק המותקן במשק החשמל הישראלי כיום, צפוי לתרום למשק כ- 1,236 מיליון ש"ח בשנה.

נציין כי בשל העדר נתונים של ייצור קירור ומיזוג אוויר בתעשייה, לא סיכמנו את תועלות תחנות הכח הקטנות בתחום אספקת הקירור לענפי התעשייה השונים כגון תעשיית הפלסטיק, המזון וההייטק ואספקת מיזוג האוויר למתחמים מסחריים, בתי מלון ובנייני משרדים. צרכנים אלו הם צרכנים גדולים מאוד של חשמל אשר כמחצית מצריכת החשמל שלהם נצרכת לצורך ייצור קירור ומיזוג אוויר בעיקר בשעות הפסגה והגבע. אספקת הקירור ומיזוג האוויר הדרוש להם מהחום השיורי של תחנת כח קטנה על ידי קירור בספיגה (Absorption Chilling) תביא לחיסכון כספי משמעותי לצרכן, חיסכון משמעותי למשק באיבודים שכן אופייה של צריכה זו להתגבר בשעות החום בה האיבודים גדלים ותביא להפחתה בצריכת השיא (Peak Shaving) של צרכנים אלה ובהתאם להפחתה ברזרבה הנדרשת מצד מנהל המערכת.

להלן תמצית הממצאים המרכזיים של עבודה זו כדלקמן:

- **נצילות ויעילות מאקרו אנרגטית** – לתחנות הכח הקטנות נצילות ויעילות מאקרו אנרגטית גבוהה. נצילות ויעילות זו נמדדה בשקלול רחב הכולל את תנאי הסביבה בישראל, פעולה בעומס חלקי ואיבודים הכרוכים בייצור והולכת החשמל למוקדי הצריכה.

אומדן לאיבודים ברשת החשמל אשר יכולים להיחסך על ידי ייצור מבוזר בתחנות כח קטנות נאמד ע"י הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות בראשות פרופ' יוג'ין קנדל מטעם משרד ראש הממשלה בכ- 6% מסך ההספק החשמלי המיוצר או כ- 118 מיליון ש"ח בשנה לכל 1,000 מגה וואט הספק מותקן של מערך ייצור מבוזר מבוסס תחנות כח קטנות.

- **רשת חלוקת הגז הטבעי כחלופת רשת החשמל** – רשת חלוקת הגז הטבעי מהווה תחליף יוצא דופן לרשת החשמל. בחינה של עלות הולכת קילו וואט ברשת החשמל במתח גבוה ביחס להולכה של גז טבעי ברשת החלוקה של הגז הטבעי וייצור חשמל בנקודת צריכת החשמל מראה כי עלות זו נמוכה באופן משמעותי במיוחד עבור תחנות כח שצריכת הגז הטבעי שלהן מוגדרת כצרכן גדול מאוד. מערך ייצור של תחנות כח קטנות הספק מותקן כולל של 1,000 מגה וואט הפועל בתפוקה ממוצעת (עומס ממוצע שנתי) של 60% לשנה ייצר כ- 5,256 מיליון קילו וואט לשנה בשווי של כ- 1,946 מיליון ש"ח (כ- 2 מיליארד ש"ח). חיסכון של 12% משווי זה יהיה חיסכון כ- 236 מיליון ש"ח עבור המשק בישראל.

- **שימור משאב הגז הטבעי של המשק הישראלי** – לתחנות הכח הקטנות תרומה חשובה לשימור משאב הגז הטבעי של המשק הישראלי כתוצאה מהנצילות והיעילות הגבוהה על ידי יכולת אספקה של אנרגיה טרמית חומנית מהאנרגיה השיורית האצורה בגזי הפליטה של תחנת הכח הקטנות ומניעת ייצור האנרגיה הטרמית החומנית (בעיקר קיטור) על ידי שריפה ישירה של גז טבעי על ידי הצרכן המקומי.

ייצור של 30% מכלל צריכת הקיטור על ידי התעשייה בישראל על ידי מערך תחנות כח קטנות מבוסס מנועים בהספק כולל של כ- 1,000 מגה וואט יביא לחיסכון של כ- 355 מיליון מ"ק בשנה, (כמות שוות ערך לכ- 4% מצריכת הדלק השנתית בישראל לתחבורה בשנת 2010) או חיסכון של כ- 8.75 BCM לתקופת צריכה של 25 שנים. בהתאם למחירים המוצעים במתווה הגז הטבעי הנוכחי, כ- 5.4 דולר ארה"ב ל- MMBtu, החיסכון השנתי בגז הטבעי מהווה חיסכון של כ- 70 מיליון דולר ארה"ב או כ- 260 מיליון ש"ח לשנה, ולתקופת צריכה של כ- 25 שנים זהו חיסכון של כ- 1.7 מיליארד דולר ארה"ב או כ- 6.5 מיליארד ש"ח.

- **הפחתת פליטות בכלל ו- CO2 בפרט** – על ידי יכולת אספקה של אנרגיה טרמית חומנית מהאנרגיה השוירית האצורה בגזי הפליטה של תחנת הכח הקטנות נמנעות פליטות בכלל ופליטות CO2 בפרט. בהתאם לאומדן עלויות פליטות המזהמים על פי דלקים של ועדת קנדל לאנרגיות מתחדשות מניעת הפליטה כאמור על ידי הקמת מערך ייצור מבוזר של תחנות כח קטנות בהספק של כ- 1,000 מגה וואט תוביל להפחתת פליטות וזיהום אוויר כתוצאה מהנצילות והיעילות הגבוהה וממניעת שריפת גז טבעי נוספת לייצור אנרגיה טרמית אשר תחסוך למשק הישראלי כ- 117 מיליון ש"ח בשנה.
- חשוב יותר, מערך זה ימנע פליטה של כ- 0.7 מיליון טון CO2 בשנה. להשוואה, בשנת 2004 כלל ענפי התעשייה פלטו כ- 49 מיליון טון CO2. כלומר, למערך ייצור מבוזר של תחנות כח קטנות בהספק של כ- 1,000 מגה וואט יכולת מניעה של כ- 1.5% מכלל פליטות ה- CO2 בכלל ענפי התעשייה. ככל שיעד המשרד להגנת הסביבה הוא הפחתה של 30% בפליטות ה- CO2 כפי שהוכרז לקראת וועידת פריס אזי התרומה השולית של תחנות הכח הקטנות יכולה להיות בעלת הערך השולי הגבוהה ביותר בתחום זה.
- **ממדים וחתימת נוף** – תחנות כח קטנות יעילות גם בתחום צריכת משאב הקרקע המהווה תשומה במחסור ברמה הלאומית של מדינת ישראל. תחנות כח קטנות מהוות צרכניות קרקע שוליות ואף ניתן להכניסן לתוך מבני תעשייה במפעלים אותם הן משרתות כך שלא יוסיפו כלל על חתימת הנוף הקיימת. גובה ארובה בתחנות כח בהספק של עד 16 מגה וולט אמפר הוא עד 17 מטר, מבנה בן 3 עד 4 קומות, לעומת לפחות 44 מטר בתחנות בהספק מותקן העולה על 100 מגה וואט - מגדל מגורים של כ- 13 קומות.
- **יתירות** – הקמת תחנת כח קטנה מקנה יתירות משמעותית עבור הצרכן המארח כיחידת גיבוי ויוצרת רשת ביטחון לצריכת החשמל במקרה של נפילת רשת החשמל של חברת החשמל לישראל (ח"י).
- כיום, צרכנים רבים מתחזקים מערך גיבוי עצמי כגון מערכות אל-פסק וגנרטורים קטנים לייצור חשמל המהווים נטל כלכלי ותפעולי כבד עבור צרכני התעשייה ובנוסף מפגע סביבתי מזהם בכל הפעלה שלהם (הגנרטורים מבוססי סולר ומזוט ובעלי ערכי פליטה גבוהים משמעותית משל תחנת כח מוסקת גז טבעי).
- כלומר, תחנת הכח בחצר הצרכן מהווה יחידת גיבוי המאפשרת לצרכן חיסכון משמעותי בהשקעה ביחידות גיבוי והפניית ההשקעות לליבת העסקים של הצרכן והשגת יכולת ייצור תחרותית.

- **גיבוי** – תחנות כח תורמות ליכולת הגיבוי של משק החשמל. מערך מבוזר של תחנות כח קטנות בעל הסתברות אפסית לכשל ולכן למערך זה יכולת גיבוי עצמית או לחליפין תרומה משמעותית ליכולת הגיבוי הכוללת למשק החשמל בישראל.

**מערך מבוזר של תחנות כח קטנות בהספק של כ- 1,000 מגה וואט יכול לחסוך למשק כ- 100 מיליון ש"ח בשנה בעלויות הרזרבה ליכולת הייצור.**

- **שרידות** - מערכת החשמל בישראל היא אחת מהמטרות החשובות לפגיעה בשעת אירוע בטחוני משמעותי. הסיכון מורכב הן מסיכון הייצור, פגיעה בתחנת כח, והן מסיכון הרשת, פגיעה ברשת ההולכה בעיקר. אמנם מערכת הביטחון מחזיקה מערך גנרטורים לחירום אולם מערך זה מוגבל ושולי.

פיזור של תחנות כח קטנות ברשת החלוקה משפר את שרידות משק החשמל בשני אופנים, האחד, הקניית יכולת גיבוי מקומית לצרכני חשמל קריטיים, והשני, מונע את מיקודן של תחנות כח אלו כיחידות אסטרטגיות ולכן פגיעותן נמוכה הרבה יותר עד אפסית.

- **יציבות רשת החשמל** – לתחנות כח קטנות תרומה משמעותית לשיפור יציבות הרשת על ידי פיזור ייצור החשמל על פני הרשת, במוקדי צריכת אנרגיה או בחצר צרכני חשמל מהותיים הממוקמים פעמים רבות בקצה רשת החשמל (התעשייה בדרך כלל ממוקמת באזורים רחוקים מהמרכז).

בשל יתרונותיהן של תחנות הכח הקטנות מבוססות המנועים הן יכולות לשמש את מנהל המערכת כתחנות פיקריות לתמיכה בשעות השיא בדומה להסדרי השלמת עומס שהיו נהוגים בישראל עד לאחרונה. **מערך תחנות כח קטנות בהספק של כ- 1,000 מגה וואט הפועלת בעומס של כ- 85% יכול למנוע את השלתם של כ- 150 מגה וואט שעה, במידה וההסדרה מופעלת כ- 100 שעות בשנה בלבד (כ-1%) החיסכון השנתי למשק על פי תעריפי השלת עומס והשלה מרצון עומד על כ- 105 עד 300 מיליון ש"ח לשנה עבור מערך תחנות הכח.**

- **הפחתת ההשקעה בחידוש והרחבת תשתיות החשמל** – החשמל המיוצר על ידי תחנות הכח הקטנות נצרך על ידי צרכן בנקודת הייצור של תחנת הכח או על ידי צרכנים סמוכים המחוברים לאותה תחנת משנה אליה מחוברת תחנת הכח הקטנה. לכן תחנות כח מפחיתות את העומס על קווי ההולכה והחלוקה ועל תחנות המשנה שבתחומן ממוקמות תחנות הכח הקטנות ולכן יש להן תרומה משמעותית להפחתת ההשקעה בחידוש והרחבת תשתיות החשמל בישראל.

תוכניות חח"י לפיתוח מקטע ההולכה וההשנאה לשנים 2015-2019 כוללות הקמת כ- 510 ק"מ של קווי מתח עליון (400 קילו וולט) וכ- 680 ק"מ של קווי

מתח עליון (161 קילו וולט), שדרוג או החלפה של כ- 830 ק"מ של קווי מתח עליון (161 קילו וולט) ויוטמנו כ- 75 ק"מ נוספים של קווי מתח עליון (161 קילו וולט). תקציב הפיתוח של מקטע ההולכה וההשנאה לשנת 2015 עומד על כ- 620 מיליון ש"ח. תוכנית חח"י לפיתוח מקטע החלוקה לשנים 2014-2018 כולל הקמת כ- 6,400 ק"מ של קווי מתח גבוה עיליים ותת קרקעיים והחלפתם של כ- 1,100 ק"מ של קווי מתח גבוה קיימים. כמו כן, הקמתם של כ- 8,300 קווי מתח נמוך עיליים ותת קרקעיים והחלפתם של כ- 700 ק"מ של קווי מתח נמוך קיימים. תקציב הפיתוח של מקטע החלוקה לשנת 2015 עומד על כ- 1,231 מיליון ש"ח. בתכנית בת עשר שנים שגיבשה חח"י לחידוש רשת החלוקה נאמדת ההשקעה בכ- 7 מיליארד ש"ח.

### **הערכה שמרנית לחיסכון למשק מסתכמת בסך של כ- 114 מיליון ש"ח לשנת 2015 בלבד.**

- **פיתוח משק הגז הטבעי ורשת החלוקה של הגז הטבעי** - תחנות הכח הקטנות מהוות צרכני עוגן של רשת החלוקה של הגז הטבעי. תחנות הכח הקטנות מאפשרות פרישה מהירה של רשת הגז הטבעי על ידי הבטחת צריכת הגז הטבעי ברשת החלוקה לטווח ארוך. פיתוח תשתית חלוקת הגז הטבעי בישראל סובלת מאיחורים משמעותיים בהקמתה ביחס לתחזיות וללוחות הזמנים אשר פורסמו במכרזים החלוקה השונים.

- **תחרות מחירים והפחתת יוקר המחייה** – תחנות הכח הקטנות מאפשרות אספקת חשמל ואנרגיה טרמית במחירים מופחתים ביחס לכל מחיר אחר במשק האנרגיה בישראל ומחוללות את תחרות מחירים החזקה ביותר במשק האנרגיה בישראל. מערך ייצור מבוזר מבוסס תחנות כח קטנות בהספק מותקן של 1,000 מגה וואט חוסך לצרכניו סך כ- 180 מיליון ש"ח בשנה ביחס לצריכה מתחנת כח פרטית מחוברת מתח עליון. זהו חיסכון שנתי של כ- 900,000 ש"ח לכל אחד מ- 200 מפעלי תעשייה בינוניים.

יכולת זו מאפשרת הפחתת עלויות הייצור בתעשייה. הפחתת עלויות ייצור אלו מאפשרות יכולת תחרותית לתעשייה הישראלית ובסיס איתן לפיתוח תעשייה הישראלית.

הפחתת עלויות האנרגיה לתעשייה בישראל מסייעת באופן ישיר להפחתת יוקר המחייה.

## 2. מבוא

תחנות כח קטנות מהוות חלק מרכזי מהחזית הטכנולוגית של משק החשמל העתידי העושה שימוש ברשת ייצור מבוזרת (Distributed Power, Decentralized Power) או Smart Grid System). אופיו של משק החשמל העתידי מושפע ממספר גורמים עיקריים:

- חדירתן המסיבית של האנרגיות המתחדשות למשק החשמל, ובמיוחד ברשתות המתח הגבוה והנמוך, יוצרות אתגרים חדשים לניהול וייצוב מערכת החשמל, בייחוד בשעות השיא בהן פועלות מערכות אלה, ומצריכות מערך ייצור מבוזר ובעל מהירות תגובה רגעית כמעט כדי לענות על תנודתיות הייצור מול הביקוש ברחבי רשת.
- התפתחויות טכנולוגיות הובילו לאובדן היתרון לגודל של תחנות הכח הגדולות, הן מבחינת הנצילות הכוללת והן מבחינת עלות ההשקעה. תחנת כח קטנה המספקת הספק טרמי לצרכנים סמוכים עולה על הנצילות הכוללת האפקטיבית של תחנת כח במחזור משולב וייצור אנרגיה טרמית בשכולל איבודי האנרגיה.
- הגברת המודעות לאיכות הסביבה וחתימת הנוף של תחנת הכח מחוברות מתח עליון מחייבת מעבר לתחנות כח קטנות אשר מצמצמות שריפת דלקים, מפחיתות פליטות ומשאירות חתימת נוף שולית ואף מוקמות בתוך מבנים טכניים של הצרכן.

גורמים אלה כאמור, מנתבים את אופיו של משק החשמל העתידי לכך שמשק החשמל יהיה מבוסס ייצור מבוזר בתחנות כח קטנות הממוקמות בסמוך למוקדי צריכת האנרגיה, הן חשמלית והן טרמית, ומחוברות במתח הצריכה של הצרכנים הסמוכים להן הן מספקות את האנרגיה.

במסמך זה סקרנו את התועלות האפשריות למשק הישראלי מהקמתו של מערך ייצור מבוזר שכזה וביניהן: נצילות ויעילות מאקרו אנרגטית שתחסוך איבודים ברשת החשמל ושימוש מושכל ברשת חלוקת הגז הטבעי כחלופת רשת החשמל, שימור משאב הגז הטבעי של המשק הישראלי, הפחתת פליטות בכלל ו- CO<sub>2</sub> בפרט, שימור חתימת הנוף וחסכון משמעותי במשאבי קרקע, שיפור יציבות, יתירות, שרידות ומערך הגיבוי של משק החשמל בישראל, הפחתת ההשקעה בחידוש והרחבת תשתיות החשמל, סיוע בפיתוח משק הגז הטבעי ורשת החלוקה של הגז הטבעי לאורכה ולרוחבה של ישראל והעצמת תחרות מחירים והפחתת יוקר המחיה.

סך כל התועלות כאמור לעיל ואשר יפורטו בעבודה זו הנובעות מהקמתן מערך ייצור מבוזר של תחנות כח קטנות בהספק מותקן של 1,000 מגה וואט, כ- 7% מסך ההספק המותקן במשק החשמל הישראלי כיום, צפוי לתרום למשק כ- 1,236 מיליון ש"ח בשנה.

נציין כי בשל העדר נתונים של ייצור קירור ומיזוג אוויר בתעשייה, לא סיכמנו את תועלות תחנות הכח הקטנות בתחום אספקת הקירור לענפי התעשייה השונים כגון תעשיית הפלסטיק, המזון וההייטק ואספקת מיזוג האוויר למתחמים מסחריים, בתי מלון ובנייני משרדים. צרכנים אלו הם צרכנים גדולים מאוד של חשמל אשר כמחצית מצריכת החשמל שלהם נצרכת לצורך ייצור קירור ומיזוג אוויר בעיקר בשעות הפסגה והגבע. אספקת הקירור ומיזוג האוויר הדרוש להם מהחום השיורי של תחנת כח קטנה על ידי קירור בספיגה (Absorption Chilling) תביא לחיסכון כספי משמעותי לצרכן, חיסכון משמעותי למשק באיבודים שכן אופייה של צריכה זו להתגבר בשעות החום בה האיבודים גדלים ותביא להפחתה בצריכת השיא (Peak Shaving) של צרכנים אלה ובהתאם להפחתה ברזרבה הנדרשת מצד מנהל המערכת.

### 3. תחנות כח בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר - הגדרה

תחנות כח בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר (תחנות כח קטנות) הינן תחנות כח המחוברות ברשת החלוקה של החשמל, רשת המתח הגבוה. בהתאם להוראות האסדרה רשות החשמל לשירותים ציבוריים – חשמל (רשות החשמל) ההספק המותקן המרבי המותר של תחנת כח ברשת החלוקה של החשמל, רשת מתח גבוה, מוגבל להספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר (הספק מותקן של כ- 14 מגה וואט).

קיימת הבחנה נוספת בתת תחום זה של תחנות כח קטנות:

- תחנות כח לייצור עצמי של חשמל ואנרגיה טרמית בהספק מותקן של עד 5 מגה וואט,
  - תחנות כח בהספק של עד 16 מגה וולט אמפר לאספקה מקומית של חשמל ואנרגיה טרמית.
- רשת ייצור מבוזרת המבוססת על תחנות כח קטנות נקראת בעגה המקצועית Distributed Power, Decentralized Power System או Smart Grid ובשנים האחרונות היא הטכנולוגיה הנפוצה ביותר ברחבי אירופה וצפון אמריקה.
- לדוגמא, בבריטניה, בעיר לונדון בלבד הוקמו 50 תחנות כח קטנות<sup>1</sup> בהספק מותקן כולל של 63.6 מגה וואט על פי החלוקה הבאה:
- 35 תחנות כח בהספק מותקן נמוך מ- 650 קילו וואט (רשת המתח הנמוך) ובהספק מותקן כולל של כ- 7.9 מגה וואט,

---

<sup>1</sup> מקור: United Kingdom's Department Of Energy & Climate Change, CHP Database, London

- 15 תחנות כח בהספק מותקן שבין 650 קילו וואט ל- 16 מגה וולט אמפר (רשת המתח הגבוה) ובהספק מותקן כולל של כ- 55.7 מגה וואט.  
בארצות הברית לדוגמה, במדינת ניו יורק בלבד, ממוקמות 362 תחנות כח קטנות<sup>2</sup> בהספק מותקן כולל של 291.9 מגה וואט המוסקות בגז טבעי מהן:
- 281 תחנות כח בהספק מותקן נמוך מ- 650 קילו וואט (רשת המתח הנמוך) ובהספק מותקן כולל של כ- 60.6 מגה וואט,
- 81 תחנות כח בהספק מותקן שבין 650 קילו וואט ל- 16 מגה וולט אמפר (רשת המתח הגבוה) ובהספק מותקן כולל של כ- 231.3 מגה וואט.  
במדינת קליפורניה בלבד ממוקמות 935 תחנות כח בטכנולוגיית הקוגנרציה<sup>3</sup> בהספק מותקן כולל של 945 מגה וואט המוסקות בגז טבעי מהן:
- 675 תחנות כח בהספק מותקן נמוך מ- 650 קילו וואט (רשת המתח הנמוך) ובהספק מותקן כולל של כ- 105 מגה וואט,
- 260 תחנות כח בהספק מותקן שבין 650 קילו וואט ל- 16 מגה וולט אמפר (רשת המתח הגבוה) ובהספק מותקן כולל של כ- 840 מגה וואט.

#### 4. מאפייני תחנות הכח הקטנות ותרומתן למשק הישראלי

##### 4.1. נצילות ויעילות מקרו אנרגטית גבוהה

נצילותה או יעילותה של תחנת כח נמדדת על פי היחס בין סך האנרגיה המיוצרת על ידי תחנת הכח, חשמלית וטרמית, לבין סך האנרגיה המוזנת על ידי דלק ההסקה.

תחנות כח המחוברות במתח עליון בהספק מותקן של מאות מגה וואטים פועלות לרוב על בסיס שילוב טורבינת גז וטורבינת קיטור בטכנולוגיית המחזור המשולב (מחז"מ) העושה שימוש בגזי הפליטה של טורבינת הגז לייצור קיטור להנעה של טורבינת הקיטור ובכך לייצר חשמל במחזור נוסף ולהשיא את נצילות דלק ההסקה.

נצילותן הנקובה של תחנות כח אלו (בתנאי ISO) עשויה להגיע לכ- 60% בהתקיים מספר תנאים (תנאי ה- ISO):

---

<sup>2</sup> מקור: Combined Heat & Power Installation Database, New York State, USA, ICF International

<sup>3</sup> מקור: Combined Heat & Power Installation Database, California State, USA, ICF International

- תחנת כח מבוססת מעבה מקורר מים,
- טכנולוגית Single Shaft,
- עבודה ב- Base Load (עומס מלא),
- גובה פני הים,
- טמפרטורת סביבה של 15 מעלות צלזיוס.

התנאים האמורים מעלה כמעט ואינם מתקיימים במדינת ישראל ולכך יש להם השפעה מהותית על ביצועי תחנות הכח:

**עומס חלקי** – לפעולה בעומס חלקי השפעה גדולה על נצילות תחנת כח במחזור משולב. לכן, על מנת להתמודד עם סיכון הביקוש בשל השפעת הפעולה בעומס חלקי על תחנת הכח, מתוכננות תחנות כח על בסיס מספר יחידות וגנרטורים על מנת לאפשר פעולה בעומס גבוה ככל שניתן על ידי הדממת מספר יחידות. מערך זה אינו יכול להיות ישים בטכנולוגית Single Shaft ולכן הנצילות הנקובה של תחנות כח אלו נמוכה משמעותית ומערך זה מפחית את הנצילות האפקטיבית של תחנת הכח בעומס מלא על מנת לשמר את הגמישות התפעולית של תחנת הכח ואת יכולת הפעולה בעומס חלקי של תחנת הכח. כך למשל הנצילות הכוללת של תחנת כח במחזור משולב בציר יחיד (Single Shaft) תגיע לנצילות כוללת גבוהה יותר בעומס מלא מתחנת כח מרובת יחידות בעל גמישות תפעולית.

**טמפרטורת סביבה** – תחנות הכח הפרטיות הגדולות ביותר בישראל ממוקמות בדרום הארץ. טמפרטורת הסביבה הממוצעת באזור הדרום של מדינת ישראל גבוהה משמעותית מטמפרטורת תנאי ה-ISO (15 מעלות צלזיוס) ועל כן הנצילות האפקטיבית של תחנות כח אלה שונה מהותית מהנצילות המקסימלית של תחנת הכח בעומס מלא על פי נתוני היצרן. ראו אזכורים בעיתונות אודות שיעור הנצילות האפקטיבי של תחנות הכח הפרטיות הגדולות אשר הוקמו בישראל<sup>4</sup> או בהתאם לנתוני הח"י, שיעור הנצילות של תחנות כח במחזור משולב נע בטווח של 48% עד 55%. כלומר, שיעור הנצילות מגיע לשיעור נצילות מקסימאלי של 55%.

**מתח החיבור – הפסדי השנאה והולכה**

<sup>4</sup> מקור: גלובס, עמירם ברקת, כמה באמת יעילה תחנת הכוח הפרטית הגדולה בישראל?, גלובס 2014.

<sup>5</sup> מקור: אתר הח"י - <https://www.iec.co.il/community/pages/powerstationgazturbine.aspx>

כלל צריכת החשמל בישראל<sup>6</sup> מתחלקת ל- 42 צרכני מתח עליון הצורכים כ- 4.2 מיליארד קוט"ש בשנה (8.1%), 3,109 צרכני מתח גבוה הצורכים כ- 19.8 מיליארד קוט"ש בשנה (38.1%) וכ- 2.5 מיליון צרכני מתח נמוך הצורכים כ- 28 מיליארד קוט"ש בשנה (53.8%). כלומר, כפי שעולה מנתונים אלו, מרבית צריכת החשמל היא במתח גבוה ונמוך, כ- 92%. על מנת לספק את החשמל המיוצר במתח עליון לכלל הצרכנים יש צורך בהולכת החשמל על ידי רשת החשמל. חשמל המיוצר בתחנת כח עובר דרך רשת ההולכה של החשמל (מתח עליון), רשת החלוקה (מתח גבוה) ורשת האספקה (מתח נמוך). הולכה החשמל ברשתות השונות טומנת בחובה הפסדים ואיבודים. ככל שההולכה מבוצעת למרחק גדול יותר, כך ההפסדים והאיבודים בגין הולכת החשמל גבוהים יותר. (בדומה לכל מערך הובלה גם לרשת החשמל עלות הובלה המתבטאת בין השאר על ידי אובדני המערכת) ועל מנת לספק את החשמל לצרכני המתח הגבוה וצרכני המתח הנמוך יש צורך גם במערכות השנאה של רשת החשמל. השנאה זו טומנת בחובה הפסדים ואיבודים, ככל שהפרש בין רמות המתח גבוה יותר כך ההפסדים והאיבודים בגין השנאתו גדלים.

כלומר, החשמל המיוצר בתחנת כח מחוברת מתח עליון המרוחקת מצרכני החשמל הסופיים נושא בהפסדים ואיבודים הן בשל השנאת החשמל למתח האספקה והן בשל הולכתו ממקום היצור לנקודת הצריכה.

החשמל המיוצר בתחנת כח מחוברת מתח גבוה הממוקמת בסמוך לצרכן החשמל הסופי (ואף בתוך חצרו של הצרכן הסופי) אינו מצריך השנאה למתח הצריכה ועושה שימוש נמוך משמעותית ברשת החלוקה (ואף לא עושה שימוש בו כלל כשתחנת הכח ממוקמת בחצר הצרכן) ובכך נושא בהפסדים ואיבודים נמוכים משמעותית.

אומדן מינימלי לאיבודים והפסדים אלה הוא האיבודים ברשת החשמל אשר נקבעו על ידי רשות החשמל בספר התעריפים. בטבלה שלהלן מוצג לוח תעריפים מספר 1-7.4 ובו מופיעים האיבודים עבור הולכת וחלוקת החשמל מתחנת כח מחוברת מתח עליון לצרכן מתח גבוה רחוק.

---

<sup>6</sup> מקור: דוח סטטיסטי, חברת החשמל לישראל בע"מ, 2010.

**לוח 7.4-1: תעריף הולכה וחלוקה - יצרן מ"ע או מ"ג המוכר לצרכן מ"ג "רחוק" - באגורות לקווט"ש**

תעריף	תוספת בגין איבודים	מש"ב	עונה
6.81	102.25%	שפל	חורף
7.26	102.72%	גבע	
10.73	103.07%	פסגה	
6.56	101.99%	שפל	מעבר
7.55	102.59%	גבע	
8.23	102.81%	פסגה	
7.58	102.50%	שפל	קיץ
9.79	103.12%	גבע	
15.81	103.56%	פסגה	

טבלה מספר 1: האיבודים עבור הולכת וחלוקת החשמל מתחנת כח מחוברת מתח עליון לצרכן מתח גבוה רחוק.

בטבלה שלהלן מוצג לוח תעריפים מספר 7.3-2 ובו מופיעים האיבודים עבור הולכת וחלוקת החשמל מתחנת כח מחוברת מתח גבוה לצרכן מתח גבוה קרוב.

**לוח 7.3-2: תעריף חלוקה - יצרן מ"ג מוכר לצרכן מ"ג קרוב - באגורות לקווט"ש**

תעריף	תוספת בגין איבודים	מש"ב	עונה
1.02	100.72%	שפל	חורף
1.06	100.88%	גבע	
1.46	101.00%	פסגה	
1.01	100.63%	שפל	מעבר
1.07	100.83%	גבע	
1.12	100.91%	פסגה	
1.08	100.80%	שפל	קיץ
1.28	101.01%	גבע	
1.86	101.16%	פסגה	

טבלה מספר 2: האיבודים עבור הולכת וחלוקת החשמל מתחנת כח מחוברת מתח גבוה לצרכן מתח גבוה קרוב.

בהתאם לנתוני האיבודים שבטבלאות מעלה, הפרש האיבודים בלבד הנובע ממערך ההשנאה בין תחנת כח מתח עליון ללקוח מתח גבוה והולכת החשמל מיצרן רחוק לצרכן הסופי נע בטווח של 1.36% עד 2.4% ובממוצע עומד על כ- 1.85%. להפרש זה כמובן יש להוסיף גם את עלות הקמת הרשת, תפעולה ותחזוקתה.

**כלומר, שיעור האיבודים של החשמל ברשת החשמל עבור צרכן מתח גבוה היא כ- 2%. לכן בבחינת נצילות תחנת הכח בחיבור מתח עליון יש להפחית לפחות כ- 2% מנצילות תחנת הכח על מנת לבחון אותה בהשוואה לנצילות תחנת כח בחיבור במתח גבוה.**

**לא עלה בידנו לקבל נתונים או לחלף נתונים פרטניים בגין עלות ההפעלה של רשת המתח הגבוה ולכן נמנע מאתנו להעריך עלות זו.**

בנוסף, בדוח הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות בראשות פרופ' יוג'ין קנדל<sup>7</sup> משנת 2012 נערך אומדן של האיבודים ועלויות ההולכה ברשת החשמל. עבודה זו כללה סקירה של תועלות האנרגיות המתחדשות, בחנה את תרומת הייצור בסמוך לצריכה ומצאה כי קיימת חשיבות רבה לפיזור הגיאוגרפי של מתקני הייצור והסמכת חלקם למוקדי הצריכה כך שייצור רכיב משמעותי של האנרגיה באזורים מרוחקים לא יחייב השקעות משמעותיות ותקופתיות בתשתיות הולכה יקרות. **בדוח הוועדה כומתה התועלת שבייצור סמוך לצריכה בהתבסס על חסכון בעלויות הולכה וצמצום איבודים ברשת. עלויות ההולכה כומתו בכאגורה לקוט"ש והיקף האיבודים הנחסך נאמד בכ- 6% מהיקף האנרגיה המיוצרת.**

**כלומר, ככל שנצילות תחנות הכח במתח עליון בתנאי ISO מותאמים לתנאי התפעול בישראל תגיע לנצילות מקסימלית של 55% אזי הנצילות האפקטיבית לאחר הפחתת האיבודים ברשת החשמל לא תעלה על 51.7%.**

#### **יתרון של תחנות הכח הקטנות**

תחנות הכח הקטנות עושות שימוש בשתי טכנולוגיות חלופיות על מנת להשיא את הנצילות המקסימלית שלהן בתנאי הסביבה בישראל:

– קוגנרציה – קוגנרציה (CHP – Combined Heat & Power) או טריגנרציה – קוגנרציה (CCHP – Combined Cooling, Heat & Power) הם הפקת מוצרי אנרגיה נוספים מלבד חשמל ממקור אנרגיה בודד. לדוגמא, תחנת כח המספקת קיטור או מיזוג אוויר למפעל תעשייה (או שניהם יחדיו). קיימים שימושים רבים לאנרגיה הטרמית אשר מהווה תוצר לוואי של תהליך ייצור החשמל, קיטור לצרכים

<sup>7</sup> מקור: הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות, משרד ראש הממשלה.

תעשייתיים, מים חמים וקרים לצרכים תעשייתיים ומסחריים, CO<sub>2</sub> לצרכנים תעשייתיים ועוד.

על ידי ניצול מרבי של האנרגיה של דלק ההסקה למוצרי אנרגיה שונים ניתן להשיא את הנצילות הכוללת של תחנת הכח לשיעורים גבוהים משמעותית משיעור נצילות של תחנות הכח במחזור משולב. הנצילות השכיחה תעלה על 62% או שככל שניתן יהיה להגיע לניצול מרבי של האנרגיה הטרמית ניתן יהיה לעלות לנצילות של 65% או יותר, נצילות מקובלת באירופה ובצפון אמריקה. במדינות אלו ככל שתחנות כח אשר עושות שימוש בחום הנפלט לחימום מים אזורי לערים ואזורי תעשייה נצילות יכולה לעלות על 80%. שימוש דומה ניתן ליישום בישראל בארץ כדי לספק מים קרים למערכות מיזוג אוויר על ידי קירור בספיגה.

– תחנת כח מבוססות מנוע – מנועים מוסקים גז טבעי הפועלים בדומה למנוע בעירה פנימית המצויים בכלי שיט וכלי רכב ומאופיינים בנצילות חשמלית גבוהה של עד כ- 50% ובנצילות כוללת (חשמלית וטרמית) של עד כ- 70%. יתרונה של טכנולוגיה זו הוא בעובדה שנצילות תחנת כח מבוססת מנוע כמעט ואינה מושפעת משינוי בעומס היחידה ומטמפרטורת הסביבה אשר משפיעים באופן מהותי על נצילות הטורבינות ועל כן הנצילות האפקטיבית של תחנות כח מבוססות מנועים אינה שונה מהותית מהנצילות תחנות הכח במחזור משולב בה נוקב היצרן בתנאי ISO ולאחת התאמתן לתנאי הסביבה בישראל.

**עלות הצריכה הרציפה, משך 24 שעות ביממה משך כל שעות השנה, של 1 קילו וואט שעה עבור צרכן מתח גבוה בהתאם ללוח מספר 5.2-1 היא כ- 3,273 ש"ח. מערך ייצור של תחנות כח הספק מותקן כולל של 1,000 מגה וואט הפועל בתפוקה ממוצעת (עומס ממוצע שנתי) של 60% לשנה ייצר כ- 5,256 מיליון קילו וואט לשנה בשווי של כ- 1,946 מיליון ש"ח. חיסכון של 6% משווי זה יהיה חיסכון של כ- 118 מיליון ש"ח עבור משק החשמל בישראל.**

#### 4.2. מחיר הצל של הולכת החשמל – הולכת הגז הטבעי

עיקר מוקדי ייצור החשמל הפרטי במדינת ישראל ממוקמים בדרום הארץ (בעיקר בשל זמינות וערך הקרקעות, יזמים נוטים להקים את תחנת הכח כפונקציה של זמינות הקרקע ולא של שיקול כלכלי אחר) בעוד שעיקר מוקדי צריכת החשמל ממוקמים במרכזה ובצפונה של מדינת ישראל. במצב זה, הצפוי להחמיר עם הפעלתן המסחרית של תחנות כח פרטיות נוספות בחלקה הדרומי של מדינת ישראל ייוצרו הפסדי אנרגיה משמעותיים הנובעים מעלויות השנאה והולכה גבוהות בשל מרחקי ההולכה הגדולים.

בצענו הערכה של עלות הרשת מסך כל תעריף החשמל לצרכן בישראל.

בטבלה להלן מוצג לוח תעריפים מספר 1-6.3.1 המפורסם על ידי רשות החשמל ובו עלות הייצור המוכרת לחח"י. בהתאם לכך תעריף רכיב הייצור הוא:

**לוח 1-6.3.1: עלות הייצור המוכרת לחח"י לקוט"ש – באגורות לקוט"ש**

עלות הייצור המוכרת לחח"י	מש"ב	עונה
22.21	שפל	חורף
43.09	גבע	
75.23	פסגה	
18.97	שפל	מעבר
24.25	גבע	
31.24	פסגה	
18.74	שפל	קיץ
30.42	גבע	
78.89	פסגה	
30.09	עלות משוקללת	

\*עלות הייצור המוכרת לחח"י כולל את הרכיבים הבאים: סל דלקים חח"י, ייצור (עלויות הון) חח"י.

טבלה מספר 3: עלות הייצור המוכרת לחח"י באגורות לקוט"ש.

בטבלה להלן מוצג לוח תעריפים מספר 1-5.2 המפורסם על ידי רשות החשמל המציג את תעריף תעו"ז לצרכני החשמל בהתאם למתח הצריכה של הצרכן:

**לוח 1-5.2: תעו"ז לפי רמות מתח - אגורות לקוט"ש (7)**

מתח עליון	מתח אספקה				מש"ב	עונה
	מתח גבוה		מתח נמוך			
	תעריף מכירה מרוכזת	כלל צרכנות חח"י*	תעריף מכירה מרוכזת	כלל צרכנות חח"י*		
27.18	28.91	30.14	33.31	38.02	שפל	חורף
47.76	49.81	51.30	55.27	60.35	גבע	
82.13	85.65	87.96	94.64	100.52	פסגה	
22.84	24.40	25.56	28.44	33.04	שפל	מעבר
29.30	31.26	32.59	36.11	40.90	גבע	
37.74	39.93	41.41	45.36	50.30	פסגה	
23.22	25.11	26.39	29.73	34.41	שפל	קיץ
35.58	38.31	39.97	44.63	49.64	גבע	
92.12	96.95	99.93	108.51	114.66	פסגה	

\* למעט צרכנים בתעריף מכירה מרוכזת

טבלה מספר 4: תעו"ז לפי רמת מתח באגורות לקוט"ש.

כדי לבחון את עלויות התשתית הכוללת בין השאר את רכיבי ההולכה והחלוקה של החשמל ביחס לקוטי"ש הפחתנו את רכיב הייצור הנמוך ביותר שפורסם על ידי רשות החשמל, לוח 1-6.3.1 – עלות הייצור המוכרת לחח"י, מתעריף המתח הגבוה שפורסם על ידי רשות החשמל, לוח 1-5.2. היתרה היא עלות ההולכה והחלוקה של החשמל ומייצגת את עלות הרשת על כלל מרכיביה (בעיקר את מרכיבי עלות הרשת, הפסדי הולכה, השנאה ותחזוקת הרשת) ואותה חילקנו בתעריף המתח הגבוה כדי לקבל את עלות הולכת וחלוקת החשמל ביחס לתעריף החשמל המלא בהתאם למתח הצריכה על פני עונות השנה והמש"ב"ים השונים המתוארת בטבלה מספר 5 שלהלן.

חשוב מאוד לציין שעלויות אלו אינן כוללות את העלויות המערכתיות אותן רשות החשמל תשית בימים הקרובים. עם פרסום החלטת רשות החשמל בעניין זה ניתן יהיה לעדכן את עלויות התשתית כאמור.

הפרש באחוזים בין רכיב ייצור בסיסי לבין התעריפים השונים (אחוזים)						
עונה	מש"ב	מתח גבוה		מתח נמוך		מתח עליון
		תעריף מכירה מרוכזת	כלל צרכנות חח"י	תעריף מכירה מרוכזת	כלל צרכנות חח"י	
חורף	שפל	18%	23%	26%	33%	42%
	גבע	10%	13%	16%	22%	29%
	פסגה	8%	12%	14%	21%	25%
מעבר	שפל	17%	22%	26%	33%	43%
	גבע	17%	22%	26%	33%	41%
	פסגה	17%	22%	25%	31%	38%
קיץ	שפל	19%	25%	29%	37%	46%
	גבע	15%	21%	24%	32%	39%
	פסגה	14%	19%	21%	27%	31%
<b>מינימום</b>		<b>8%</b>	<b>12%</b>	<b>14%</b>	<b>21%</b>	<b>25%</b>
<b>מקסימום</b>		<b>19%</b>	<b>25%</b>	<b>29%</b>	<b>37%</b>	<b>46%</b>

טבלה מספר 5: עלות הולכת וחלוקת החשמל ביחס לתעריף החשמל המלא בהתאם למתח הצריכה.

חישוב עלות שירותי התשתית, הולכה, חלוקה ואספקה של החשמל וכל עלות אחרת שאינה עלות הייצור (**עלות הרשת**) מראה כי עלות הרשת מהווה שיעור של כ- 14% עד 29% מתעריף החשמל במתח גבוה או כ- 25% עד 46% מתעריף החשמל במתח נמוך כפי שנקבע על ידי רשות החשמל.

משק הגז הטבעי בישראל מפוקח על ידי רשות הגז הטבעי. רשת הגז הטבעי מורכבת משני רבדים, תת מערכות. הרובד הראשון רשת ההולכה של הגז הטבעי, אשר הוקמה וממשיכה להיות מוקמת על ידי החברה הממשלתית נתיבי גז לישראל בע"מ (**נתג"ז**).

רשת ההולכה פועלת בלחץ גבוה והיא מזינה את כל תחנות הכח במתח עליון בישראל. הרובד השני הוא רשת החלוקה של הגז הטבעי המהווה תת רשת אזורית בשישה אזורי חלוקה. כל אזור חלוקה מופעל על ידי זכיין חלוקה אשר נבחר בהליך מכרזי. האזור הראשון, אזור הדרום, בו החל תהליך פרישת רשת החלוקה לפני כ- 5 שנים. בימים אלו משלימה ממשלת ישראל על ידי רשות הגז הטבעי את המכרז האחרון לבחירת זכיין של חלוקה גז טבעי באזור ירושלים ובכך תשלים הממשלה את התהליך לבחירת שש הזכיינים לאזורי חלוקה הגז הטבעי בישראל.

מחיר הצל של הולכת החשמל ממוקד הייצור שלו לצרכנים השונים הוא מחיר הולכת הגז הטבעי לתחנות כח מחוברות מתח גבוה הממוקמות במוקדי צריכת האנרגיה. שימוש נכון ומשולב במשאבי רשת ההולכה והחלוקה של הגז הטבעי (רשת הגז הטבעי) ובמשאבי רשת החשמל יכול להוביל לאיבודי אנרגיה נמוכים ולעלויות הולכה והשנאה נמוכות תוך הישענות על רשת הגז הטבעי הנפרסת בימים אלו לאורכה ורוחבה של מדינת ישראל.

כלומר, מאחר ומחיר הולכת הגז הטבעי (בין השאר נגזר מההפסדים הנמוכים משמעותית מהפסדי הולכת חשמל) נמוך משמעותית ממחיר הולכת החשמל, מחיר האנרגיה הסופי לצרכן יורד, התועלת המשקית עולה ובנוסף נחסכת השקעה כבדה נוספת בשדרוג רשת החשמל.

בהנחה כי מחיר הגז הטבעי עבור יצרני החשמל בישראל הוא כ- 5.6 דולר ארה"ב עבור 1MMBtu ולפי שע"ח של 3.8 ש"ח לדולר ארה"ב מחיר הגז הטבעי הוא כ- 21.28 ש"ח עבור 1MMBtu.

תחנות כח מחוברות מתח גבוה בהספק מותקן של עד 5 מגה מהוות צרכניות גז טבעי בהיקף גדול עד גדול מאוד לפי הגדרות רשות הגז הטבעי במכרזי החלוקה השונים. תחנות כח מבוססות מנועים בהספק מותקן של כ- 5 מגה וואט צורכות בשנה כ- 8,000,000 מ"ק גז טבעי וממוקמות בקטגוריית צרכן גדול ואילו תחנות כח מבוססות טורבינות בהספק מותקן של כ- 14 מגה וואט צורכות בשנה כ- 36,000,000 מ"ק גז טבעי בשנה וממוקמות בקטגוריית צרכן גדול מאוד.

הטבלה שלהלן מתארת את עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי בהתאם למחלק האזורי ביחס למחיר הגז הטבעי המלא הכולל את עלויות הולכה והחלוקה עבור תחנת כח מחוברת מתח גבוה המחוברת לרשת חלוקת הגז הטבעי.

תעריפי הולכה וחלוקה של גז טבעי ביחס למחיר הגז הטבעי המלא			
צרכן	גדול מאוד	גדול מאוד	גדול
צריכה שנתית מינימלית (מ"ק)	25,000,000	12,000,000	1,000,000
מרכז	4.7%	10.2%	22.6%
נגב	4.7%	10.5%	10.8%
דרום	4.7%	10.2%	18.6%
חדרה והעמקים	4.7%	10.4%	14.1%
חיפה והגליל	4.7%	10.4%	28.9%
ממוצע	4.7%	10.3%	19.0%

טבלה מספר 6: עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי ביחס למחיר הגז הטבעי המלא.

מטבלה מספר 6 לעיל ניתן לראות כי עלות ההולכה והחלוקה של הגז הטבעי ביחס למחיר הגז הטבעי המלא משתנה בהתאם לתעריפי החלוקה של המחלק האזורי ובהתאם לגודל צריכת הגז הטבעי של הצרכן. עבור צרכנים גדולים מאוד בעלי צריכה שנתית של מעל ל-25 מיליון מ"ק (תחנת כח מחוברת מתח גבוה מבוססת טורבינה בהספק העולה על 10 מגה וואט), עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי מהווה כ-4.7% ממחיר הגז הטבעי המלא. עבור צרכנים גדולים מאוד בעלי צריכה שנתית של מעל ל-12 מיליון מ"ק (תחנת כח מחוברת מתח גבוה מבוססת מנוע בהספק העולה על 7 מגה וואט), עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי מהווה לכל היותר כ-10.5% ממחיר הגז הטבעי המלא ובממוצע כ-10.3%. עבור צרכנים גדולים בעלי צריכה שנתית של מעל למיליון מ"ק, עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי מהווה לכל היותר כ-28.9% ממחיר הגז הטבעי המלא ובממוצע כ-19%.

בממוצע כולל, עלות הולכת וחלוקת הגז הטבעי מהווה כ-11% מעלות הגז הטבעי.

ניתוח עלות הרשת עבור צרכן מתח גבוה כלל צרכני חברת החשמל מראה את הנתונים הבאים:

עונה	מש"ב	עלות הולכה וחלוקה של חשמל ביחס לתעריף תעו"ז מתח גבוה
חורף	שפל	26.3%
	גבע	16.0%
	פסגה	14.5%
מעבר	שפל	25.8%
	גבע	25.6%
	פסגה	24.6%
קיץ	שפל	29.0%
	גבע	23.9%
	פסגה	21.1%

טבלה מספר 7: עלות הולכת וחלוקת החשמל ביחס לתעריף החשמל (מ"ג).

מטבלה מספר 7 ניתן לראות כי עלות הרשת ביחס לתעריף החשמל לצרכן מתח גבוה משתנה בהתאם למש"בים ולעונות השנה בטווח של 14.5% עד 29% ובממוצע על כ- 23%.

כלומר, עלות הולכת האנרגיה הממוצעת על ידי הגז הטבעי נמוכה בכ- 12% ממחיר הולכת החשמל ובמש"בים מסוימים יכולה להיות נמוכה בכ- 24%.

מאחר ומחיר הולכת הגז הטבעי נמוך משמעותית ממחיר הולכת החשמל (נגזר בין השאר מהפסדי הולכה נמוכים משמעותית מהפסדי הולכת חשמל), מחיר האנרגיה הסופי לצרכן יורד, התועלת המשקית עולה ובנוסף נחסכת השקעה כבדה נוספת בשדרוג רשת החשמל.

נוסיף ונעיר כי, ככל שרשות הגז תפחית את סף קטגוריית צרכן גדול מאוד לכ- 8,000,000 מ"ק או שישונה נוסח תמ"א 8/ד/10 וסעיף 3 ב' בחוק משק החשמל כך שתחנות כח יוגדרו מהספק מותקן בחיבור רשת החלוקה של החשמל וידונו בוועדות התכנון המקומיות כך יעמוד ההפרש הממוצע על כ- 16%. כאמור, עלות הצריכה הרציפה, משך 24 שעות ביממה משך כל שעות השנה, של 1 קילו וואט שעה עבור צרכן מתח גבוה בהתאם לטבלה מספר 5.2-1 היא כ- 3,273 ש"ח. מערך ייצור של תחנות כח קטנות הספק מותקן כולל של 1,000 מגה וואט הפועל בתפוקה ממוצעת (עומס ממוצע שנתי) של 60% לשנה ייצר כ- 5,256 מיליון קילו וואט לשנה בשווי של כ- 1,946 מיליון ש"ח. חיסכון של 12% משווי זה יהיה חיסכון כ- 236 מיליון ש"ח עבור המשק בישראל.

נחזור ונציין שעלויות אלו אינן כוללות את העלויות המערכתיות אותן רשות החשמל תשית בימים הקרובים. עם פרסום החלטת רשות החשמל בעניין זה ניתן יהיה לעדכן את עלויות התשתית כאמור. תוספת העלויות המערכתיות עשוי להשפיע מהותית על החיסכון עד כדי הכפלת סכומו.

#### 4.3. שימור משאב הגז הטבעי

כפועל יוצא של הנצילות והיעילות המקרו אנרגטית הגבוהה של תחנות הכח הקטנות והפחתת הפליטות וזיהום האוויר כמתואר בסעיפים מספר 4.1 ו-4.4, מערך ייצור מבוזר של תחנות כח קטנות משמר את משאב הגז הטבעי למשק הישראלי.

כפי שהוצג בסעיף מספר 4.1, לתחנות הכח הקטנות נצילות גבוהה ובראיה כלל משקית, הנצילות הכוללת של ייצור אנרגיה סמוך למוקד הצריכה גבוהה מהנצילות הכוללת של ייצור אנרגיה מרוחק, הולכתה והשנאתה עד לצרכן החשמל. בנוסף, האפשרות לספק גם מוצרי אנרגיה טרמית מתחנת הכח על ידי שימוש בטכנולוגיית הקוגנרציה או הטריגנרציה מעלה את הנצילות הכוללת אף יותר. נצילות או יעילות גבוה יותר

משמעותה הפקת יותר אנרגיה מכל יחידת אנרגיה של גז טבעי ובהינתן צריכת אנרגיה נתונה אותה יש לספק, משמעותה צריכה נמוכה יותר של גז טבעי בחלופה בעלת הנצילות הכוללת הגבוהה יותר, תחנות הכח הקטנות.

כאמור בסעיף מספר 4.4, תחנות כח קטנות בטכנולוגיית הקוגנרציה מחליפות את ייצור האנרגיה הטרמית החומנית (בעיקר קיטור) על ידי שריפה ישירה של גז טבעי על ידי הצרכן המקומי. תחנת הכח מספקת את האנרגיה החומנית (קיטור) מהחום השיורי המופק בתהליך ייצור החשמל של תחנת הכח. כך, באופן ישיר, הקמת תחנת כח קטנה בטכנולוגיית הקוגנרציה בחצר מפעל אשר עושה שימוש באנרגיה טרמית מחליפה את השימוש שלו בגז טבעי כדי לייצר קיטור או מוצרי אנרגיה טרמית נוספים.

כדי לנסות ולהעריך את היקף החיסכון האפשרי של גז טבעי מאספקת צריכת האנרגיה הטרמית של מפעלי תעשייה בישראל, להלן התפלגות צריכת הקיטור השנתית בטון קיטור לפי ענפי התעשייה הרלבנטיים ליישום טכנולוגיית הקוגנרציה נכון לשנת 2003:

תעשייה	צריכה שנתית (טון קיטור)
תעשיית כימיקלים ומוצרים כימיים	8,826,196
תעשיית מוצרי מזון, משקאות וטבק	1,090,941
תעשיית נייר ומוצריו	1,061,973
תעשיית טקסטיל, מוצרי הלבשה, נעליים, עור ומוצריו	331,313
<b>סה"כ</b>	<b>11,310,000</b>

טבלה מספר 8: צריכת קיטור שנתית לפי ענפים<sup>8</sup>.

רשימה זו היא רשימה חלקית בלבד, של צריכת הקיטור בלבד, של ענפי התעשייה הרלבנטיים. המידע כאמור לשנת 2003.

חלק משמעותי, ייתכן כי למעלה מ-50%, מצריכה זו מיוצר על ידי המפעלים הגדולים בישראל (נייר, בתי זיקוק, מכתשים, אגן, מפעלי ים המלח, אלון תבור, רמת גבריאל) ולכן לצרכי שמרנות נניח כי צריכת הגז הטבעי שיכולה להיחסך אך ורק על ידי הקמת תחנות כח קוגנרציה שיחסכו את ייצור הקיטור תהיה בהיקף של 30%, יחד עם זאת סביר שהצריכה התפתחה ב-12 השנים האחרונות אך לא את כולה יכולה תחנת כח קטנה בטכנולוגיית הקוגנרציה להחליף (מגבלות כמו הספק, טמפרטורה).

<sup>8</sup> מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, התפלגות צריכת דלקים במשק לפי ענפי כלכלה, 2003.

הנחנו גם כי לצורך ייצור טון קיטור נדרשים כ- 2.85 יחידות MMBtu של גז טבעי, הטבלה שלהלן מציגה את כמות הגז הטבעי הנחסכת כתוצאה מהקמת תחנות כח קטנות בטכנולוגיית הקוגנרציה במוקדי ייצור האנרגיה הטרמית:

טון קיטור	11,310,000	סה"כ צריכת קיטור שנתית
טון קיטור	3,393,000	אומדן לצריכה הניתנת לאספקה מתחנות כח קטנות
MMBtu	12,893,400	סה"כ גז טבעי הנחסך מהקמת תחנות כח קטנות
מ"ק	354,568,500	

טבלה מספר 9: כמות הגז הטבעי הנחסכת כתוצאה מהקמת תחנות כח קטנות.

כמות הגז הטבעי הנחסכת, כ- 355 מיליון מ"ק בשנה, היא שוות ערך לכ- 4% מצריכת הדלקים השנתית בישראל לתחבורה בשנת 2010°. לתקופת צריכה של 25 שנים זהו חיסכון של כ-8.75 BCM. בהתאם למחירים המוצעים במתווה הגז הטבעי הנוכחי, כ- 5.4 דולר ארה"ב ל- MMBtu, זהו חיסכון שנתי של כ- 70 מיליון דולר ארה"ב או סך של 260 מיליון ש"ח לשנה ולתקופת צריכה של כ- 25 שנים זהו חיסכון של כ- 1.7 מיליארד דולר ארה"ב או סך של 6.5 מיליארד ש"ח.

שימור משאב הגז הטבעי למשק הישראלי הוא אינטרס לאומי מהמעלה הראשונה המאפשר עצמאות אנרגטית למשק הישראלי, מקנה לתעשייה הישראלית יתרון תחרותי על ידי מחירי אנרגיה זולים ואספקה רציפה ויוריד את יוקר המחיה הן על ידי הפחתת עלויות הייצור לתעשייה אשר יחלחלו לכיסי הצרכנים והן על ידי הפחתת עלויות ישירות לצרכן (חשמל, גז לחימום ובישול).

#### 4.4. איכות סביבה

ייצור אנרגיה בתחנת כח מייצר מפגעים סביבתיים; זיהום אוויר, חתימת נוף ורעש. טכנולוגיות רבות נוספו עם השנים כדי לצמצם ככל שניתן מפגעים אלו אך הם עדיין קיימים.

ייצור אנרגיה בתחנות כח בהספק מותקן גבוה של 400 מגה וואט או יותר, יוצר מוקדי זיהום משמעותיים ומשפיע על הסביבה במידה ניכרת מאחר ומתקיימת שריפת דלקים

<sup>9</sup> מקור: מרכז המחקר והמידע המחלקה לפיקוח תקציבי, הכנסת, ניתוח מרווחי המיסים והשיווק בשוק הדלק

מוגברת בנקודת ייצור בודדת היוצרת זיהום אוויר כבד המרוכז באזור ספציפי (נוסף על זיהום האוויר השולי במוקדי ייצור האנרגיה הטרמית). ראו למשל ההשקעות המשמעותיות אותן צפויה להשקיע חח"י על מנת לשפר את פליטות האוויר של תחנות הכח המונעות פחם.

### הפחתת פליטות זיהום אוויר

הקמתן של תחנות כח בהספקים מותקנים גבוהים אינה מונעת את ייצור האנרגיה הטרמית של המפעלים או צרכני האנרגיה הטרמית ולכן נוסף על שריפת הדלקים בתחנות הכח אלו נדרשת שריפת דלקים במפעלי התעשייה על מנת להפיק את מוצרי האנרגיה הטרמית הנדרשים כתשומות לתעשייה.

ייצור אנרגיה מבוזר בתחנות כח קטנות בטכנולוגיית קוגנרציה מפזר את מוקדי הזיהום הסיבתיים כך שאין להם כמעט השפעה מבחינה סביבתית. בפועל, תחנות כח ברשת מבוזרת מחליפות את שריפת הדלקים לצורך ייצור קיטור ומוצרי אנרגיה טרמית נוספים במפעלי התעשייה ולמעשה כמעט ולא מוסיפות מפגעים ואף מפחיתות על אלה אשר היו נוצרים אילו האנרגיה הטרמית הייתה מיוצרת באמצעות שריפת דלקים בדוודים ייעודיים, כאמור. כך נחסכים למעשה המפגעים הסיבתיים המשמעותיים שהוזכרו לעיל בתוספת שולית של זיהום אוויר, אם בכלל, הפזורה על אתרי הייצור השונים.

**בדוח הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות בראשות פרופ' יוג'ין קנדל<sup>10</sup> משנת 2012 נאמדו עלויות פליטות המזהמים על פי דלקים. בהנחה וכלל צריכת הקיטור הניתנת לאספקה מתחנות כח קטנות תיוצר בהימנע משריפת דלקים מסעיף מספר 4.3 היקף שריפת הגז הטבעי שייחסך, כ- 355 מיליון מ"ק בשנה, תחסוך למשק הישראלי כ- 117 מיליון ש"ח בשנה.**

בהמשך לאומדן לצריכת הקיטור הניתנת לאספקה מתחנות כח קטנות תוך מניעת ייצור הקיטור על ידי שריפת דלקים מסעיף מספר 4.3, כ- 3,393,000 טון קיטור בשנה, ייצור טון קיטור בגז טבעי (האפשרות הכי פחות מזהמת) פולט כ- 200 ק"ג CO<sub>2</sub> כך שהקמתן של תחנות כח קטנות בטכנולוגיית הקוגנרציה שיחליפו את ייצור הקיטור על ידי שריפת גז טבעי תמנע פליטה של כ- 0.7 מיליון טון CO<sub>2</sub> בשנה. להשוואה, בשנת 2004 כלל ענפי התעשייה פלטו כ- 49 מיליון טון CO<sub>2</sub><sup>11</sup>.

מכונית פרטית פולטת כ- 150 גרם CO<sub>2</sub> לכל ק"מ נסיעה. בהתאם לכך הפחתת פליטת CO<sub>2</sub> זו שוות ערך ל- 4.5 מיליון ק"מ נסיעה של מכוניות פרטיות בישראל. מכונית

<sup>10</sup> מקור: הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות, משרד ראש הממשלה.

<sup>11</sup> מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פליטות פחמן דו-חמצני, 2004.

**פרטית בישראל נוסעת כ- 15,000 ק"מ בשנה ולכן מניעת פליטה זו שוות ערך להורדת כ- 302 מכוניות בשנה בישראל.**

עד שנת 2007, סייעה ותמכה שותפות הקוגנרציה של הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA - Environmental Protection Agency) בהקמת 335 תחנות כח בטכנולוגיית קוגנרציה אשר סייעו בחסכון בפליטת CO<sub>2</sub> בהיקף השווה ערך להורדת כ- 2 מיליון מכוניות מהכביש או לנטיעת כ- 2.4 מיליון דונם של יערות<sup>12</sup>.

**ממדים וחתימת נוף**

תחנות כח קטנות, כשמון הן, תחנות כח אלו הן צרכניות קרקע שוליות בחצר הצרכנים בהם תחנות הכח מוקמות. לתחנות כח קטנות חתימת נוף שולית ואף ניתן להכניסן לתוך מבני התעשייה אותם הן משרתות כך שלא יוסיפו כלל על חתימת הנוף הקיימת ובנוסף הן אינן מוסיפות על רעשי הרקע הודות למגוון אמצעים אקוסטיים להחרשת פעילותן.

גובה ארובה בתחנת כח בהספק של 16 מגה וולט אמפר הוא עד 17 מטר - מבנה בן 3 עד 4 קומות, לעומת לפחות 44 מטר בתחנות בהספק מותקן העולה על 100 מגה וואט - מגדל מגורים של כ- 13 קומות.

לולא תקנות בטיחות מחמירות ביותר, הקרקע השולית הנדרשת לצורך הקמתן של תחנות כח ברשת החלוקה עד להספק מותקן של 16 מגה וולט אמפר הייתה לא יותר מ- 500 מ"ר. בשל דרישות בטיחות מחמירות, כיבוי אש בעיקר, נדרש שטח קרקע גדול יותר אשר יכול להגיע לשטח של כ- 1,500 מ"ר. שטח זה עדיין מהווה חלק מהקרקע השולית של מרבית המפעלים בישראל. תחנות כח קטנות יכולות לקום במקום חוות הגנרטורים לגיבוי של הלקוח בשל יכולת הגיבוי של תחנת הכח (ראו פירוט מטה בסעיף מספר 4.5 להלן) ולא להוות צרכן שטח נוסף כלל.

בשונה מתחנות הכח מחוברות מתח עליון, חיבורן של תחנות כח קטנות ברשת החלוקה של רשת החשמל הוא על ידי שנאי יציאה יחיד וללא כל מערך חיבור מורכב ולכן הן צרכניות שטח מצומצם יחסית מאחר ולא נדרש שטח קרקע יקר לצורך מערך החיבור לרשת החשמל כפי שנדרש בתחנות כח בחיבור ברשת ההולכה של החשמל (מתח עליון) המהווה צרכן (זולל) שטח רב לצרכי החיבור לרשת ההולכה.

תחנות כח בהספק מותקן גבוה הממוקמות במרכז הארץ וצפונה עושות שימוש בהיקף גדול של קרקע ובמיוחד בקרקעות יקרות שחלקן המהותי צמוד חוף ים (עשרות רבות של דונמים). בשל ההספק המותקן הגבוה, תחנות כח אלו מטילות גם מגבלות בנייה משמעותיות על סביבתן הקרובה ובכך בפועל מהוות צרכניות קרקע הרבה מעבר לצריכת

---

<sup>12</sup> מקור: International Energy Agency, Cogeneration and District Energy, 2009

הקרקע הישירה. כך למשל, לצורך הקמתה של תחנת כח בהספק של 400 מגה וואט נדרש שטח של כ- 60,000 מ"ר. אזי מגבלות הקרקע המוטלות על הסביבה, למשל צינור הגז בלחץ גבוה הנדרש להזנת תחנת הכח, או רשת המתח העליון לצורך הוצאת ההספק מתחנת הכח אל רשת החשמל, יוצרות עומס ביקוש ובזבוז קרקע של למעלה מ- 200,000 מ"ר ובמקרים רבים גם יותר במיוחד בשל הזיהום הנקודתי המשמעותי של אותן תחנות כח (ראו להלן הפחתת פליטות וזיהום אוויר).

תחנות כח קטנות ברשת החלוקה של רשת החשמל (מתח גבוה) אינן נדרשות למרחקי הפרדה מהותיים ולכן יעילות גם בתחום צריכת משאב הקרקע המהווה תשומה במחסור ברמה הלאומית של מדינת ישראל.

#### 4.5. תרומה לרשת החשמל - יתירות, גיבוי, שרידות ויציבות

**יתירות** – קיומה של תחנת כח באתר הצרכן מהווה גיבוי נוסף עבור הצרכן ויוצרת רשת ביטחון לצריכת החשמל. במקרה של נפילת רשת החשמל של חח"י ניתן לנתק את תחנת הכח מרשת החשמל באופן אוטומטי או ידני ולעבור לעבודה במצב Island Mode כיחידת ייצור עצמאית מנותקת מהרשת ובכך לאפשר אספקת חשמל סדירה גם במצב של נפילת הרשת כיחידת גיבוי כוללת לכלל צרכי האנרגיה של הצרכן וסביבתו הקרובה. כיום, צרכנים רבים מתחזקים מערך גיבוי עצמי כגון מערכות אל-פסק וגנרטורים קטנים לייצור חשמל המהווים נטל כלכלי ותפעולי כבד עבור צרכני התעשייה ובנוסף מפגע סביבתי מזהם בכל הפעלה שלהם (הגנרטורים מבוססי סולר ומזוט ובעלי ערכי פליטה גבוהים משמעותית משל תחנת כח מוסקת גז טבעי).

כלומר, תחנת הכח בחצר הצרכן מהווה יחידת גיבוי המאפשרת לצרכן חיסכון משמעותי בהשקעה ביחידות גיבוי, הפניית ההשקעות לליבת העסקים של הצרכן והשגת יכולת ייצור תחרותית.

**גיבוי** - למערך תחנות כח קטנות מבוזר יכולת גיבוי עצמית אינהרנטית בעלת הסתברות אפסית לכשל.

בימים אלו מתקיים דיון ציבורי בנושא קצב הגידול של הביקוש לחשמל בישראל. יחד עם זאת, בטווח הארוך אין חולק כי תידרש למשק הישראלי תוספת הספק מותקן של כ- 400 מגה וואט, המהווה כ- 2.6% מכלל ההספק המותקן נכון למועד עבודה זו.

לצורך בחינת יכולת הגיבוי נבחן את הסתברות לכשל של מערך ייצור מבוזר מול כשל של יחידת ייצור בודדת בהספק מותקן של 400 מגה וואט.

**הסתברות לכשל של מערך ייצור מבוזר בהספק מותקן של 400 מגה וואט - נבחן את**  
ההסתברות לכשל של מערך ייצור מבוזר בהספק מותקן כולל של 400 מגה וואט. מערך  
מבוזר בהספק מותקן של 400 מגה וואט יהיה מורכב ממערך של לפחות 25 תחנות כח  
קטנות בהספק כולל זהה של 16 מגה וולט אמפר. הערכת מספר תחנות הכח היא בכפוף  
למגבלת ההספק המותקן של רשת החלוקה (מתח גבוה), 16 מגה וולט אמפר (על בסיס  
הנחה פשטנית של מגה וואט שווה מגה וולט אמפר).

הסתברות לכשל של כל תחנת כח במערך מבוזר היא משתנה בדיד ובלתי תלוי שכן  
התרחשות הכשל בתחנת כח אחת אינה תלויה בכשל של כל אחת מתחנות הכח האחרות  
במערך המבוזר (ללא השפעת רשת החשמל). לכן על פי תורת ההסתברות, ההסתברות  
לכשל היא מכפלה של ההסתברויות לכשל עבור כל מאורע – ההסתברות לכשל בחזקת  
מספר תחנות הכח במערך המבוזר.

טבלה מספר 10 להלן מתארת את ההסתברות לכשל בכלל תחנות הכח במערך ייצור  
מבוזר על פי מספר תחנות הכח במערך ייצור מבוזר:

מספר תחנות הכח (n)	ההסתברות לכשל בכלל תחנות הכח
1	8%
2	0.64%
3	0.0512%
4	0.0041%
5	0.00033%
10	0.00000001%
20	0.00000000000000000001%
25	0.000000000000000000000004%

טבלה מספר 10: ההסתברות לכשל בכלל תחנות הכח במערך ייצור מבוזר לפי מספר תחנות הכח.

כלומר, ההסתברות לכשל עבור מערך ייצור מבוזר של 5 תחנות כח בהספק זהה עומדת  
על כ- 0.00033% בלבד ועבור מערך מבוזר של 25 תחנות כח בהספק זהה ההסתברות  
לכשל היא אפסית.

יתרה מכך, לכל תחנת כח במערך הייצור המבוזר קיימת יתרה ממוצעת של כ- 15%  
מההספק המותקן אשר מיועדת למכירה לרשת החשמל ומשמשת כרשת הביטחון של  
תחנת הכח כדי שתוכל לספק את מלוא צריכת החשמל של צרכן העוגן. ולכן, באירוע

כשל של תחנת כח במערך ייצור מבוזר בן 7 תחנות כח ומעלה, קיימת יכולת גיבוי עצמית פנימית של כלל המערך ובוודאי שבמערכים של 25 תחנות כח יכולת הגיבוי העצמית היא וודאית.

**הסתברות לכשל של יחידת ייצור בודדת בהספק מותקן של 400 מגה וואט - נבחן את ההסתברות לכשל של תחנת כח בהספק מותקן של 400 מגה וואט לעומת מערך בן 25 תחנות כח קטנות בהספק כולל זהה.**

כדי לקבל אומדן אמין וריאלי להסתברות לכשל עבור תחנת כח בהספק של 400 מגה וואט, ניתן להתבסס על התחייבות הזמינות המינימלית של יצרן הציוד הנובעת מתחזוקה שוטפת או תחזוקת שבר ועומדת על כ- 92% או הסתברות לכשל של כ- 8%.

למערך ייצור חשמל מבוזר הסתברות נמוכה משמעותית לכשל שכן הוא מורכב ממספר גבוה של תחנות כח ובעל יכולת גיבוי עצמית. יכולת הגיבוי העצמית היא בעלת משמעות כלכלית גדולה, עלות רזרבת יכולת הייצור הוערכה על ידי רשות החשמל בשימוע ביחס לתעריפים של שירותי ניהול מערכת החשמל (תעריפים מערכתיים) שפורסם ביום ה- 26.8.2014 בכ- 1.24 אגורות לקוט"ש. **כך למעשה מערך תחנות הכח קטנות בהספק של כ- 400 מגה וואט בעל יכולת גיבוי עצמי והסתברות אפסית לכשל הפועל כ- 8,000 שעות בשנה חוסך למשק כ- 40 מיליון ש"ח בשנה בעלויות הרזרבה ליכולת הייצור בהשוואה לתחנת כח מחוברת מתח עליון בעלת הסתברות לכשל של כ- 8%, ועבור מערך תחנות כח קטנות בהספק מותקן של כ- 1,000 מגה וואט זהו חיסכון של כ- 100 מיליון ש"ח בשנה.**

**שרידות** – אחת הבעיות המרכזיות של מדינת ישראל היא שרידות מערך החשמל במקרה של אירוע בטחוני משמעותי. מערכת החשמל בישראל היא אחת מהמטרות החשובות לפגיעה בשעת אירוע בטחוני משמעותי. הסיכון מורכב הן מסיכון הייצור, פגיעה בתחנת כח, והן מסיכון הרשת, פגיעה ברשת ההולכה בעיקר. אמנם מערכת הביטחון מחזיקה מערך גנרטורים לחירום אולם מערך זה מוגבל ושולי.

פיזור של תחנות כח קטנות ברשת החלוקה משפר את שרידות משק החשמל בשני אופנים, האחד, הקניית יכולת גיבוי מקומית לצרכני חשמל קריטיים כמפורט בסעיפי היתירות והגיבוי לעיל, והשני, מונע את מיקודן של תחנות כח אלו כיחידות אסטרטגיות ולכן פגיעותן נמוכה הרבה יותר עד אפסית, מאחר ואין הן מהוות מטרה לפגיעה במצב של עימות בטחוני בכלל ואירוע בטחוני משמעותי בפרט. לחליפין, גודלן של תחנות כח אלו (שטח התכסית של יחידת הייצור של תחנת כח בהספקים מותקנים אלו הוא כ- 200 עד 400 מ"ר) מהווה מטרת נקודה בלתי ניתנת להשגה ליירוט כמעט.

**יציבות הרשת** – נפילות מתח רגעיות הן תופעה שכיחה עבור צרכני חשמל מרוחקים ובעייתית ביותר עבור צרכני חשמל הרגישים לשינויים ברמת מתח האספקה. נפילות מתח רגעיות או חוסר יציבות אספקת החשמל גורמות להפסקות ייצור תכופות וממושכות ולנזקי ייצור או הון כבדים עבור מפעלי תעשייה רבים.

מצב רשת החשמל במדינת ישראל כיום מחייב את כלל צרכני החשמל בתחום התעשייה הרגישים לשינויים ברמת המתח לרכישת והפעלת אמצעים יקרים לגיבוי וייצור אנרגיה לצרכנים הקריטיים בתהליך הייצור (ראו פירוט בסעיף יתירות לעיל).

הקמתן של תחנות כח קטנות במוקדי צריכת האנרגיה הטרמית, הממוקמות פעמים רבות בקצה רשת החשמל (התעשייה בדרך כלל ממוקמת באזורים רחוקים מהמרכז), משפרת משמעותית את איכות החשמל ויציבות המתח לכלל מוקדי צריכת החשמל הסמוכים.

נוסף על כך, תחנות הכח הקטנות תורמות רבות ליציבות הרשת, בעיקר בתחומים הבאים:

#### מהירות תגובה

תחנות כח קטנות מבוססות מנועים יכולות להגיע למלוא תפוקת הייצור בתוך 2 עד 5 דקות בלבד בעוד שהזמן הנדרש עבור תחנת כח מבוססת הטורבינות המתקדמות ביותר (Aero Derivative) להגיע למלוא תפוקת הייצור הוא לפחות 15 דקות. רק לטכנולוגיית ייצור חשמל באגירה שאובה יכולת כניסה מהירה יותר לייצור חשמל (אשר למעשה היא אגירה ואינה ייצור). לפיכך, תחנות כח קטנות מבוססות מנועים יכולות לשמש את מנהל המערכת כיחידות גיבוי בתגובה מהירה לנפילות חדות של יכולת הייצור של היצרנים השונים או של עליה חדה בביקוש החשמל.

תופעה זו מוצאת את ביטויה באופן עולה בהתמדה עם התפתחות ייצור החשמל על ידי טכנולוגיות של אנרגיה מתחדשת הנתונות להשפעות הטבע. כך למשל בגרמניה תנאי מזג האוויר יוצרים שינויים חדים ביכולת הייצור של אנרגיית הרוח או האנרגיה הסולארית במיוחד (עננות). ככל שסקטור זה יתפתח בישראל עשויה להיות לו השפעה גוברת עם העלייה בהספק המותקן של יחידות ייצור חשמל באנרגיה המתחדשת (אמנם נמוכה יותר בשל יציבות מזג האוויר) על תנודתיות הייצור ולכן למהירות הכניסה של תחנות הכח למערך ייצור החשמל יכולה להיות חשיבות רבה ביותר.

לפיכך, הקמת מערכת מבוזרת של תחנות כח קטנות תהווה נדבך חשוב לצורך גיבוי מערך ייצור החשמל כפי שכאמור מתרחש באירופה.

תחנות כח קטנות ברשת מבוזרת בעלות הספק מותקן נמוך מהוות יכולת ייצור מבוזרת אשר יכולה לתמוך כיחידת ייצור בשעות השיא (Peak) בדומה להסדרי השלת עומס שהיו נהוגים בישראל עד לאחרונה.

פעמים רבות חברות חשמל (Utilities) מחזיקות תחנות כח בהספק מותקן נמוך על מנת לשרת את מערכת הייצור בשעות ביקוש השיא (תחנות כח אלו מתאפיינות גם במהירות כניסה גבוהה לייצור, ראו לעיל).

לתחנות כח אלו המבוססות טכנולוגיות טורבינה במחזור פתוח נצילות מרבית של 34%. זוהי נצילות נמוכה מאוד במיוחד ביחס להשקעה ההונית המשמעותית הנדרשת לצורך הקמת תחנות כח אלו. לתחנות כח קטנות בהספק מותקן של עד 16 מגה וולט אמפר מבוססות טכנולוגיה של מנועים נצילות חשמלית של עד כ- 50% ולכן הן יכולות לשמש כתחנות כח לתמיכה בשעות השיא בנצילות גבוהה משמעותית.

כפי שהוזכר בסעיף מס' 4.1, פעילותן של מרבית תחנות הכח הקטנות כוללת גם אספקת אנרגיה טרמית (גם במקרה שבו אינן עונות לתנאי התקנות שנקבעו לתחנות כח בקוגנרציה) ולכן תחנות כח אלו מהוות רשת מבוזרת של תחנות כח אשר יכולות לתמוך כיחידת ייצור בשעות השיא.

ההספק המותקן הנמוך יחסית של תחנות הכח הקטנות יחד עם מהירות התגובה וההכנסה המהירה לעבודה (ראו פירוט בסעיף מהירות התגובה לעיל) מאפשר למנהל המערכת למעשה לבצע התאמה כמעט מידית ומלאה של הייצור לצריכה ולבצע "החלקה" כמעט מושלמת של עקומת הייצור בשונה מהתנעתה של יחידת ייצור בעלת הספק של מאות מגה וואטים אשר לה זמן התנעה ארוך משמעותית ועשויה לייצר הספק מעבר לנדרש בפועל ולגרום לעבודה בעומס חלקי ובנצילות נמוכה.

ליכולת השימוש בתחנות הכח הקטנות כתחנות כח פיקריות משמעות ככלכלית, בהתאם ללוחות תעריפים מספר 9.1-2 ו-9.2 עלות הסדרי השלת תדר והשלה מרצון עומדת על כ- 7 עד 20 ש"ח לכל קוט"ש מושל. לדוגמא, מערך תחנות כח קטנות בהספק של כ- 1,000 מגה וואט הפועלת בעומס של כ- 85% יכול למנוע את השלתם של כ- 150 מגה וואט שעה. במידה וההסדרה מופעלת כ- 100 שעות בשנה בלבד (כ-1% החיסכון השנתי למשק על פי תעריפי השלת עומס והשלה מרצון עומד על כ- 105 עד 300 מיליון ש"ח עבור מערך תחנות הכח).

#### 4.6. הפחתת השקעה בתשתית

כפי שהוצג בסעיף יציבות הרשת לעיל, מצב רשת החשמל במקטעי ההולכה, החלוקה והאספקה אינו מיטבי ומחייב הקמת תחנות מיתוג, תחנות משנה וקווי מתח נוספים כמו גם שדרוג צירי הולכת חשמל קיימים.

תוכניות חח"י לפיתוח מקטע ההולכה וההשנאה לשנים 2015-2019 כוללות הקמת כ- 510 ק"מ של קווי מתח עליון (400 קילו וולט) וכ- 680 ק"מ של קווי מתח עליון (161 קילו וולט), שדרוג או החלפה של כ- 830 ק"מ של קווי מתח עליון (161 קילו וולט) ויוטמנו כ- 75 ק"מ נוספים של קווי מתח עליון (161 קילו וולט). תקציב הפיתוח של מקטע ההולכה וההשנאה לשנת 2015 עומד על כ- 620 מיליון ש"ח. תוכנית חח"י לפיתוח מקטע החלוקה לשנים 2014-2018 כוללת הקמת כ- 6,400 ק"מ של קווי מתח גבוה עיליים ותת קרקעיים והחלפתם של כ- 1,100 ק"מ של קווי מתח גבוה קיימים. כמו כן, הקמתם של כ- 8,300 קווי מתח נמוך עיליים ותת קרקעיים והחלפתם של כ- 700 ק"מ של קווי מתח נמוך קיימים. תקציב הפיתוח של מקטע החלוקה לשנת 2015 עומד על כ- 1,231 מיליון ש"ח. בתכנית בת עשר שנים שגיבשה חח"י לחידוש רשת החלוקה נאמדת ההשקעה בכ- 7 מיליארד ש"ח<sup>13</sup>.

השקעה הונית גבוהה זו מעוכבת מתוקף מצבה הפיננסי של חח"י אשר משליך על דירוג האשראי שלה ומקשה על השגת מימון חיצוני<sup>14</sup>.

הקמתן של תחנות כח קטנות מפחיתה את העומס על קווי ההולכה והחלוקה ועל תחנות המשנה שבתחומן הן ממוקמות משום שהחשמל המיוצר על ידן נצרך על ידי צרכן בחצר תחנת הכח או צרכנים סמוכים המחוברים לאותה תחנת משנה ולכן תפחית באופן משמעותי את ההשקעה הנדרשת בתשתית רשת החשמל ותמנע במידה ניכרת את ההשקעה הנדרשת בהנחת תשתית חדשה ובשדרוג או החלפת תשתית קיימת. כמו כן, כפי שהוצג בסעיף יציבות הרשת לעיל, צרכני תעשייה הממוקמים לרוב בקצה רשת החשמל סובלים ממצב תשתית החשמל הגורם לנפילות במתח האספקה. הקמתן של תחנות כח קטנות בקצוות הרשת תייצב את המתח במוקדים אלה ופריסתן באופן מבוזר תמנע את ההשקעה הנדרשת על ידי חח"י ולמעשה תמומן על ידי היזמים הפרטיים.

**לצורך הדוגמא בלבד, מתוך כלל תקציב הפיתוח של מקטעי ההולכה, ההשנאה והחלוקה לשנת 2015 העומד על כ- 1,851 מיליון ש"ח נניח כי הקמת תחנות כח קטנות במערך מבוזר תצמצם בכ- 30% רק את חידוש התשתיות הקיימות ותהווה כ- 6% בלבד מתקציב הפיתוח של חח"י המוזכר מעלה, זהו חיסכון למשק בסך של כ- 114 מיליון ש"ח לשנת 2015 בלבד.**

#### 4.7. פיתוח תשתית החלוקה של הגז הטבעי

<sup>13</sup> מקור: חברת חשמל לישראל בע"מ, דוח תקופתי לשנת 2014.

<sup>14</sup> מקור: המלצות צוות ההיגוי בנושא רפורמה בחברת החשמל ובמשק החשמל, 2014.

תשתית החלוקה של הגז הטבעי ההולכת ונפרסת בימים אלה לאורכה ולרוחבה של מדינת ישראל סובלת מאיחורים משמעותיים בהקמתה ביחס לתחזיות וללוחות הזמנים אשר פורסמו במכרזים החלוקה השונים בין היתר בשל עיכובים סטטוטוריים, בטיחותיים ואחרים. לראיה, בקשות לעדכוני לוחות הזמנים שהוגשו על ידי חברות החלוקה השונות חלקן עוד משנת 2013<sup>15</sup>. התאחדות התעשיינים טוענת כי בשנת 2014 מתוך 2,000 מפעלים אשר היו מתוכננים להתחבר לתשתית החלוקה של הגז הטבעי התחברו בפועל רק 11<sup>16</sup>.

זכיין החלוקה מחויב על פי רישיון החלוקה אותו קיבל לחבר כל צרכן בתקופה של תעלה על 24 חודשים מיום הזמנת חיבור הגז הטבעי על ידי הצרכן או המועד הקבוע ברישיון (המאוחר מבניהם), אולם זכיינים רבים צפויים לא לעמוד בלוח זמנים זה. הסיבה העיקרית לחוסר היכולת ו/או הרצון של זכייין החלוקה לחבר את הצרכנים במועד הדורש נובעת מכך שהזמנת חיבור הגז הטבעי כרוכה בתשלום דמי חיבור שעלותם יכולה לעמוד על מאות עלפי שקלים. מפעלי תעשייה קטנים עד בינוניים וצרכנים נוספים טרם הזמינו את חיבור הגז הטבעי וממתנינים עד שתיפרש תשתית החלוקה או שמועד פרישתה יהיה וודאי יותר. בכך נוצר מצב של ביצה ותרנגולת שמוביל לסטגנציה בשוק והסובלים מכך הם בראש ובראשונה מפעלי התעשייה הקטנים והבינוניים המשוועים לעלויות אנרגיה נמוכות יותר. רבות דובר על מפעלי תעשייה המאיימים להפסיק פעילותם ואף להיסגר עד להגעת הגז הטבעי לשעריהם.

תחנות הכח הקטנות הינן צרכניות גז טבעי מהותיות, רובן מהוות צרכן גדול עד גדול מאוד כהגדרת רשות הגז, ומהוות לקוח משמעותי המספק תזרים מזומנים קבוע מדמי חלוקה לזכייין החלוקה למשך כל תקופת הרישיון. על כן, הן מהוות זרז משמעותי לזכייני החלוקה לקידום פריסת תשתית החלוקה מהר ככל שניתן כדי ליהנות מכמה שיותר הכנסה עד למועד פקיעת הרישיון. הקדמת פרישת רשת חלוקת הגז הטבעי היא אינטרס לאומי להורדת יוקר המחייה ולשימור התעשייה בישראל.

#### 4.8. תחרות מחירים

ייצור חשמל בתחנות כח קטנות בחצר הצרכן בכלל או בטכנולוגיית קוגנרציה בפרט, מאפשר הן לצרכן החצר והן לצרכנים סמוכים לתחנת הכח לצרוך חשמל יחד עם אנרגיה טרמית, חום וקור, במחירים תחרותיים ביחס לכל שיטת ייצור אלטרנטיבית משום

<sup>15</sup> מקור: חברת סופר אנג'י חברה לחלוקת גז טבעי בע"מ, נספח ג' לרישיון החלוקה, לוח זמנים מעודכן להקמת ופרישת רשת לחלוקה ולחיבור הצרכנים.

<sup>16</sup> מקור: Ynet, צבי לביא, גז טבעי? רק 11 מפעלים מ-2,000 מחוברים, 2014.

שמקור האנרגיה הוא בחצר הצרכן ויכולת ניצול החום השיורי הנפלט מתחנת הכח בתהליך ייצור החשמל היא גבוהה (ראו פירוט בסעיף מספר 4.1).

לצורך ההשוואה, מאזכורים בעיתונות<sup>17</sup> ניתן ללמוד כי תחנת כח מחוברת במתח עליון מציעה לצרכן הנחה של כ- 6% על תעריף החשמל המלא וללא יכולת אספקת אנרגיה טרמית במחירים מוזלים. מאזכורים בעיתונות<sup>18</sup> ומכרזים שפורסמו<sup>19</sup> להקמת תחנות כח קטנות ניתן ללמוד כי תחנות כח קטנות מציעות לצרכניהם הסמוכים הנחה של כ- 12% עד 15% על תעריף החשמל המלא יחד עם מחיר אנרגיה טרמית אטרקטיבי הנקבע בהתאם לאופיין הצריכה של הלקוח.

משום שמקור האנרגיה הוא בחצר הצרכן ויכולת ניצול החום השיורי הנפלט מתחנת הכח בתהליך ייצור החשמל היא גבוהה, תחנות כח קטנות מציעות הנחה הגבוהה בשיעור של עד 200% ביחס להנחה מתחנת כח מחוברת מתח עליון ובנוסף מחירי אנרגיה טרמית אטרקטיביים אשר יכולים להוות חיסכון גדול מהחיסכון בעלות החשמל עבור צרכני תעשייה.

ראיה לאטרקטיביות של תחנות כח קטנות עבור מפעלי תעשייה ניתן לראות בהודעת מפעל שניב תעשיות נייר בע"מ (שניב) לבורסה לניירות ערך בתל אביב<sup>20</sup> בעניין הקמת תחנת כח בשטח מפעל שניב באופקים להפחתת עלויות האנרגיה בתהליך ייצור הנייר של המפעל.

**לשם השוואה, מערך ייצור מבוזר מבוסס תחנות כח קטנות בהספק מותקן של 1,000 מגה וואט המעניק הנחה נוספת של 6% על צריכת החשמל ביחס להנחה הניתנת על ידי תחנת כח פרטית מחוברת מתח עליון חוסך לצרכניו סך כ- 180 מיליון ש"ח בשנה. בהנחה כי מפעל תעשייה בינוני הינו צרכן של כ- 5 מגה וואט שעה לשנה חשמל, זהו חיסכון שנתי של כ- 900,000 ש"ח לכ- 200 מפעלי תעשייה בינוניים.**

כאמור לעיל, אומדן האיבודים ברשת החשמל אשר יכולים להיחסך על ידי ייצור מבוזר בתחנות כח קטנות נאמד ע"י הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות בראשות פרופ' יוג'ין קנדל מטעם משרד ראש הממשלה בכ- 6% מסך ההספק החשמלי המיוצר או כ- 118 מיליון ש"ח בשנה לכל 1,000 מגה וואט הספק מותקן.

<sup>17</sup> מקור: כלכליסט, ליאור גוטמן, נמל אשדוד מתנתק מחברת החשמל, ירכוש חשמל מדליה אנרגיות, 2014.

<sup>18</sup> מקור: דה מרקר, אבי בר-אלי, יזמית החשמל גלובל פאוור תרכוש מתמר גז ב-400 מיליון דולר, 2014.

<sup>19</sup> מקור: מכרז 90/141-14, מכרז פומבי עם שלב מיון מוקדם לרכישת חשמל עבור בתי החולים ומוסדות שירותי

בריאות כללית, 2014.

<sup>20</sup> מקור: שניב תעשיות נייר בע"מ, דיווח לבורסה לניירות ערך בתל אביב, 15.5.2014.



תעריפים אלו הם מחוללי התחרות החשובים ביותר לכל משק חשמל בכלל ולמשק חשמל הישראלי בפרט. מחירי אנרגיה תחרותיים הם בסיס איתן לפיתוח תעשייה ישראלית ומקנים לה יתרון תחרותי ארוך טווח. יכולת תחרותית בשוקי היצוא מהווה את מנוע הצמיחה היחיד של כלכלת ישראל. כמו כן, ירידה בעלויות הייצור מובילה לירידת מחירים ולהורדת יוקר המחיה.