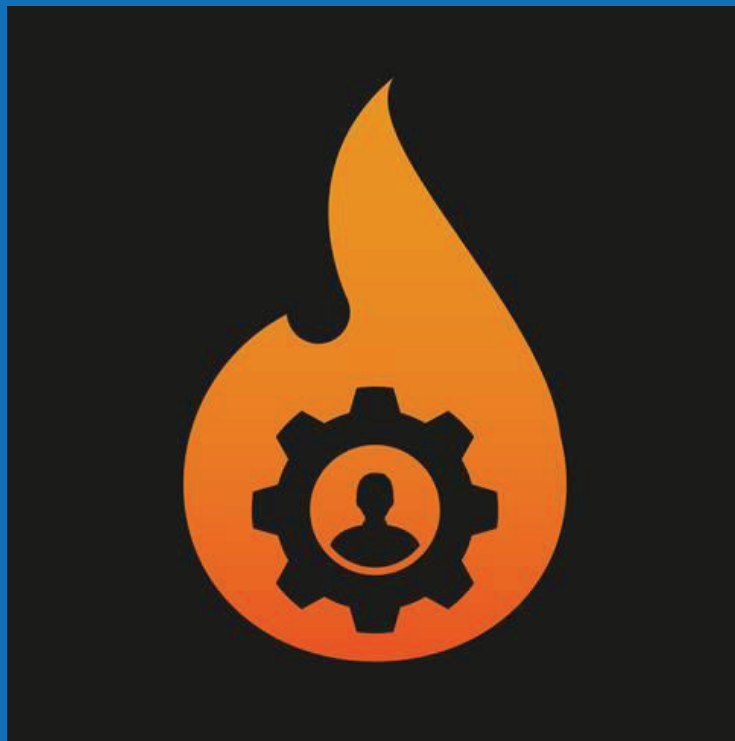




## ייצור משולב של חום וחשמל



סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 34



## אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (סם) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי החלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התווית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגת באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ס - מגנ"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה, רפואה, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים אחרים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' עמרי רנד.



כתובת המוסד:

מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8292329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: [info@neaman.org.il](mailto:info@neaman.org.il)

כתובת אתר האינטרנט: [www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il)

# ייצור משולב של חום וחשמל

סיכום והמלצות דיון  
פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן  
הטכניון  
מיום 3.3.2015

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

יגאל עברון

מאי 2015



---

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור. הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.



## רשימת משתתפי הפורום:

הרשות לשירותים ציבוריים חשמל	עודד	אגמון	מר
משרד התשתיות, האנרגיה והמים, אגף שימור אנרגיה	אדי	בית-הזבדי	מר
חברת החשמל	יורם	בלומנפלד	מר
א. חפץ ושות'	מאיר	בן יוסף	מר
ערבה אנרגיה בע"מ	שחר	בן מויאל	מר
סיגמה אפסילון בע"מ	עלי	ברנע	ד"ר
המשרד להגנת הסביבה	יבגניה	ברנשטיין	ד"ר
הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון, ומוסד נאמן – יו"ר	גרשון	גרוסמן	פרופ'
מהנדס יועץ אנרגיה ובקרה	משה דן	הירש	ד"ר
יועץ אנרגיה	דן	וינשטוק	ד"ר
יועץ לתחנות כח וקוגנרציה	אברהם	זבדי	מר
גלובל פאוור בע"מ	ניסן	כספי	מר
The Levon Group LLC	מרים ופרי	לב-און	ד"ר
Ledico – Green Energy	רפי	מגן	מר
טכנולוגיות לשימור הסביבה בע"מ	יחיאל	מנוחין	מר
חברת "פארטו"	יוסף	סוקולר	מר
מוסד נאמן	יגאל	עברון	מר
Qnergy בע"מ	נחמן	פונדק	מר
יועץ לתחנות כח וקוגנרציה	זאב	צימרמן	מר
משרד האנרגיה והמים	סבטלנה	קושניר	גב'
אגר אנרגטיקה בע"מ	גבריאל	קינן	מר
Ledico – Green Energy	יהודה	רבינוביץ	מר

## הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח.

## תוכן העניינים

### עמוד

4	תקציר מנהלים
7	פרק 1 : הקדמה
8	פרק 2 : רקע
10	פרק 3 : מידע בנושא : ייצור משולב של חום וחשמל
22	פרק 4 : דיון
47	פרק 5 : סיכום והמלצות

### נספחים

- נספח 1 : תכנית פורום אנרגיה : ייצור משולב של חום וחשמל, 3.3.2015
- נספח 2 : החלטות ממשלה בנושא שילוב יצרנים פרטיים במשק החשמל ובנושא קוגנרציה

## תקציר מנהלים

בעת ייצור חשמל ממקורות חום בטמפרטורה גבוהה (כגון זו המתקבלת משריפת דלקים שונים או אנרגיה גרעינית) נוצרת כמות נכבדה של חום שיורי הנפלט בטמפרטורה נמוכה. כמות החום השיורי, הנתפס לכאורה כ"בזבוז" אנרגיה, נקבעת משיקולים תרמודינמיים ותלויה בין השאר בטמפרטורות העבודה, כפי שיוסבר להלן.

בתחנות כוח מרכזיות כגון אלה המופעלות ע"י חברת החשמל, החום השיורי מנוצל לצורך ייצור קיטור וממנו לייצור חשמל נוסף (מחזור משולב - Combined Cycle) או שכלל שלא ניתן לעשות שימוש בחום השיורי, שערכו התרמודינמי נמוך, הוא נפלט לים או לאוויר הסביבה ליד תחנת הכוח. במקרים אחרים מוצע להשתמש בחום השיורי להתפלת מים או להסקה מרכזית (District Heating) בארצות קרות, או להפקת מים קרים לקירור מרכזי (District Cooling) בארצות חמות.

לעומת זאת, יצרן פרטי של אנרגיה (חשמל ואנרגיה תרמית) שהינו צרכן גם של חום וגם של חשמל, יכול לעשות שימוש בחום השיורי ולהגדיל במידה ניכרת את היעילות האנרגטית של ניצול מקור החום הראשוני. כדוגמה לכך ישמש מפעל תעשייתי הזקוק לחום תהליך (למשל, קיטור), בנוסף לחשמל, או מלון המשתמש גם בחשמל וגם בחום - לחימום בחורף ולמיזוג אוויר בקיץ. במקרה כזה יש יתרון לצרכן פרטי זה לייצר לעצמו את החשמל, במקום לרכשו מחברת החשמל, ולהשתמש בחום השיורי ועל ידי כך להפחית משמעותית את סך כל עלות האנרגיה שלו. ייצור משולב של חשמל וחום (CHP = Combined Heat and Power) ידוע גם בשם קוגנרציה (Co-Generation).

נצילות ייצור החשמל ממקור החום הראשוני (שבטמפרטורה הגבוהה) מוגדרת כיחס בין כמות החשמל המתקבלת לבין כמות החום המושקעת, ומהווה שיקול מרכזי בבחירת התהליך. בקביעת נצילות ייצור החשמל מתעלמים מערכו של החום השיורי, הנפלט לסביבה כשמדובר בתחנות כוח מרכזיות. במתקני קוגנרציה, לעומת זאת, מצטרף החום השיורי המנוצל לחשבון היעילות האנרגטית הכוללת אצל הצרכן. לכך מתלווה חיסכון באנרגיה למשק הלאומי, הקטנת התלות בדלק מיובא, יישור שיאי ביקוש ויצירת רוזבה הולמת במשק החשמל וכמובן, חיסכון בזיהום. על כן קוגנרציה אינה רק אינטרס של היצרן/צרכן הפרטי אלא גם של המשק הלאומי, והמדינה מעודדת פעולות כאלה.

ממשלת ישראל קיבלה בעבר שתי החלטות, אשר תכליתן לקדם ייצור חשמל ע"י יצרנים פרטיים בכלל (1999) ושימוש בקוגנרציה בפרט (2004). לאור החלטות אלה נדרש משרד התשתיות הלאומיות לתקן תקנות בנושא עידוד היצרנים הפרטיים בכלל ויצרנים בקוגנרציה בפרט. התקנות נועדו להסדרה של הכללים הנוגעים לייצור חשמל פרטי בישראל, להגדיל את כושר הייצור של החשמל ולייצר רוזבה במשק החשמל בארץ.

מטרת התקנות הדנות בקוגנרציה היא לעודד ולתמרץ הקמתם והפעלתם של מתקני קוגנרציה תוך שמירה על הנצילות הקבועה בתקנות ותוך שמירה על יתרונות נוספים המשמשים לטובת הציבור, הגלומים בייצור באמצעות מתקן הקוגנרציה לעומת מתקני ייצור חשמל אחרים.

הסדרת מכירת החשמל לרשת מבוצעת ע"י הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל. הרשות פועלת בשני תחומים: הענקת רישיונות ייצור עפ"י סוג היצרן ואופן ההתחברות לרשת. היצרן יכול להיות יצרן עצמי, יצרן קונבנציונאלי, יצרן בקונגרציה או יצרן אנרגיה מתחדשת, ואופן ההתחברות יכול להיות במתח עליון, גבוה או נמוך.

מערכות קונגרציה הינן בעלות פוטנציאל לחיסכון ושימור אנרגיה גדול מזה של כל אמצעי אחר הידוע כיום, כולל זה של האנרגיות המתחדשות. התועלת שבאמצעי זה מתבטאת לא רק בחיסכון אנרגטי לצרכן אלא גם בחיסכון באנרגיה למשק הלאומי, הקטנה התלות בדלק מיובא, הקטנת פליטות מזהמים ויתרון אסטרטגי הכולל שיפור האמינות עקב הביזור. כמו כן, מתקני CHP אינם תלויים בקרבה למתקני ייצור חשמל, וניתן למקם אותם במקומות מרוחקים. לפי תחזית הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, בשנת 2020 קונגרציה עשויה להוות נתח של כ-1GW מהיקף ההספק המותקן במדינת ישראל, בהיקף של כ-18% מתפוקת משק החשמל. למרות גידול ניכר בהיקף הקונגרציה בישראל בעשור האחרון, קיימים מספר חסמים לכך שהנושא אינו "ממריא" וביניהם חוסר תיאום בין רשויות רגולטוריות שונות, מחסור באספקת גז טבעי, והתנגדות הציבור החושש מפליטת מזהמים.

## המלצות:

1. יש להבטיח מערכת רגולטורית מתואמת, יציבה וברורה ליצרנים בקונגרציה (וליה"פים בכלל). כיום אין התאמה ברגולציה בין רשויות הממשלה השונות, ולא פעם יש סתירות בין רגולטורים. מומלץ לבנות מהלך אישור שיהיה מקובל על כל המשרדים והרשויות הקשורות לאישור למתקן חדש, ושהאינטרס של כל אחד מהמשרדים והמוסדות יהיה בו. מהלך זה וסדר השלבים צריכים להיות ברורים. מוצע ליישם זאת ע"י הקמת פורום שולחן עגול, שסביבו ישבו הרגולטורים ונציגי המשרדים השונים, ילבנו בעיות ויגיעו לפתרון מוסכם.
2. יש לעודד הקמת מתקני קונגרציה באזורי תעשייה אשר ישרתו באופן סינרגטי מספר מפעלים. בכל אזור תעשייה יש משבצת שירותים; מוצע להגדיר אותה כמשבצת אנרגיה, ולהקים שם מערכת שיודעת לקנות את הגז הטבעי במרוכז, לייצר חשמל, מים חמים, מים קרים, קיטור והתפלת מים אם יש צורך, ולמכור לצרכנים קטנים כאלו שלא היה סיכוי שיכנסו מעצמם לשימוש בגז טבעי. הצרכן מקבל את כל צרכי האנרגיה שלו, במחירים זולים יותר, בלי דאגה לתחזוקה ובלי שינוי במערכות הקיימות.
3. יש לעשות קטגוריזציה של מתקני קונגרציה, כי העיסוק באחוזי הנצילות בא למנוע ניצול לרעה של הסדרות התעריפים. יש לסווג יצרנים בקונגרציה ברמות תפוקה שונות. אפשר להגדיר פונקציה רציפה של נצילות - היא צריכה להגיע ל-50% או אפילו ל-45% בסף התחתון שלה (ליצרנים הקטנים), ולעלות עד 70% בקצה העליון שלה (ליצרנים הגדולים).



4. יש לפתור את בעיית הפעלת מערכת קוגנרציה בסופי שבוע, מתוך הכרה בתנאים המיוחדים של מדינת ישראל. יש לאפשר ניצול מקסימלי של ההשקעות שבוצעו במערכת ולאפשר הפעלת הציוד גם בסופי שבוע, במקום שמתאים. במקביל, יש לבצע חישוב הנצילות על בסיס 5.5 ימים במקום 7, לצורך מתן התמריצים הממשלתיים.
5. יש להקים מערך של מרכזי ידע ותמיכה שיאפשרו ליזמים לקבל מידע טכני עדכני וגם הנחיות בדבר תקנות ורישיונות בכדי לעודד גם מפעלים קטנים ומוסדות ליישם מערכות קוגנרציה. ניתן ללמוד רבות בנושא זה מן הנעשה בעולם, ובמיוחד בארה"ב ובאירופה.
6. יש להאיץ פיתוח תשתית הגז הטבעי ולעשותו זמין למשתמשים פוטנציאליים בקוגנרציה.
7. יש לעשות לשיפור ההסברה ומודעות הציבור. במקרים רבים נמנעת הקמת תחנת כוח, גם כזו הרחוקה קילומטרים מאזור מגורים, מסיבות לא-ענייניות בגלל התנגדות התושבים, שאין לה הצדקה. הבעיה הגדולה בישראל זה שנים היא חוסר הסברה נכון בכל המובנים, גם בשטחים האלה.

## פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלבנטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציגן בפני מקבלי החלטות.

המפגש הדרן בנושא: "ייצור משולב של חום וחשמל", התקיים ב-3 במרץ 2015 בטכניון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום משק האנרגיה בכלל, ובנושא קו-גנרציה בפרט.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות באתר מוסד שמואל נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתכנית הפורום (נספח 1).

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי החלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים והפעולות הנדרשות על מנת לבחון את האפשרויות השונות לגבי ייצור משולב של חום וחשמל בישראל.

## פרק 2: רקע

בעת ייצור חשמל ממקורות חום בטמפרטורה גבוהה (כגון זו המתקבלת משריפת דלקים שונים או אנרגיה גרעינית) נוצרת כמות נכבדה של חום שיורי הנפלט בטמפרטורה נמוכה. כמות החום השיורי, הנתפס לכאורה כ"בזבוז" אנרגיה, נקבעת משיקולים תרמודינמיים ותלויה בין השאר בטמפרטורות העבודה, כפי שיוסבר להלן.

בתחנות כוח מרכזיות כגון אלה המופעלות ע"י חברת החשמל, החום השיורי מנוצל לצורך ייצור קיטור וממנו לייצור חשמל נוסף (מחזור משולב (Combined Cycle) או שככל שלא ניתן לעשות שימוש בחום השיורי, שערכו התרמודינמי נמוך, והוא נפלט לים או לאוויר הסביבה ליד תחנת הכח. במקרים אחרים מוצע להשתמש בחום השיורי להתפלת מים או להסקה מרכזית (District Heating) בארצות קרות או לקירור מרכזי (District Cooling) בארצות חמות.

לעומת זאת, יצרן פרטי של אנרגיה (חשמל ואנרגיה תרמית) שהינו צרכן גם של חום וגם של חשמל, יכול לעשות שימוש בחום השיורי ולהגדיל במידה ניכרת את היעילות האנרגטית של ניצול מקור החום הראשוני. כדוגמה לכך ישמש מפעל תעשייתי הזקוק לחום תהליך (למשל, קיטור), בנוסף לחשמל, או מלון המשתמש גם בחשמל וגם בחום - לחימום בחורף ולמיזוג אוויר בקיץ. במקרה כזה יש יתרון לצרכן פרטי זה לייצר לעצמו את החשמל, במקום לרכשו מחברת החשמל, להשתמש בחום השיורי ועל ידי כך להפחית משמעותית את סך כל עלות האנרגיה שלו. ייצור משולב של חשמל וחום (CHP = Combined Heat and Power) ידוע גם בשם קוגנרציה (Co-Generation).

נצילות ייצור החשמל ממקור החום הראשוני (שבטמפרטורה הגבוהה) מוגדרת כיחס בין כמות החשמל המתקבלת לבין כמות החום המושקעת, ומהווה שיקול מרכזי בבחירת התהליך. הגבול העליון לנצילות התרמית (הידוע כנצילות Carnot) נקבע משיקולים תרמודינמיים ותלוי בטמפרטורות העבודה: הנצילות משתפרת ככל שטמפרטורת אספקת החום גבוהה יותר וככל שטמפרטורת גריעת החום נמוכה יותר. הנצילות המעשית נמוכה מן הנצילות התרמית וכמובן מן הגבול העליון הנ"ל, עקב שיקולים מעשיים. בקביעת נצילות ייצור החשמל מתעלמים מערכו של החום השיורי, שכאמור נפלט לסביבה כשמדובר בתחנות כוח מרכזיות. במתקני קוגנרציה, מצטרף החום השיורי לחשבון היעילות האנרגטית הכוללת אצל הצרכן. לכך מתלווה חיסכון באנרגיה למשק הלאומי, הקטנת התלות בדלק מיובא, יישור שיאי ביקוש ויצירת רוזבה הולמת במשק החשמל וכמובן, חיסכון בזיהום. על כן קוגנרציה אינה רק אינטרס של היצרן/צרכן הפרטי אלא גם של המשק הלאומי, והמדינה מעודדת פעולות כאלה.

ממשלת ישראל קיבלה בעבר שתי החלטות, אשר תכליתן לקדם ייצור חשמל ע"י יצרנים פרטיים בכלל (1999) ושימוש בקוגנרציה בפרט (2004). נוסח מקוצר של ההחלטות מובא בנספח מס' 2. לאור החלטות אלה נדרש משרד התשתיות הלאומיות לתקן תקנות בנושא עידוד היצרנים הפרטיים בכלל ויצרנים בקוגנרציה בפרט. התקנות נועדו להסדרה של הכללים הנוגעים לייצור חשמל פרטי בישראל, להגדיל את כושר הייצור של החשמל ולייצר רוזבה במשק החשמל בארץ.

מטרת התקנות הדנות בקוגנרציה היא לעודד ולתמרץ הקמתם והפעלתם של מתקני קוגנרציה תוך שמירה על הנצילות הקבועה בתקנות ותוך שמירה על יתרונות נוספים המשמשים לטובת הציבור,

הגלומים בייצור באמצעות מתקן הקוגנרציה לעומת מתקני ייצור חשמל אחרים. חישוב נצילותו של מתקן קוגנרציה, לצורך קבלת התמריצים הממשלתיים, ייעשה לפי הנוסחה הבאה :

סך כל האנרגיה החשמלית השנתית המיוצרת [קוט"ש] \* 860

+ סך כל האנרגיה התרמית השימושית שנתית [קק"ל]

= נצילות

---

(סך כל הדלק השנתי [יח'] \* ערך קלורי תחתון [קק"ל ליחידה])

הסדרת מכירת החשמל לרשת מבוצעת ע"י הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל. הרשות פועלת בשני תחומים : הענקת רישיונות ייצור עפ"י סוג היצרן ואופן ההתחברות לרשת. היצרן יכול להיות עצמי, קונבנציונאלי, יצרן בקוגנרציה או יצרן אנרגיה מתחדשת ואופן ההתחברות יכול להיות במתח עליון, גבוה או בכל הרמות.

### פרק 3: מידע בנושא: יצור משולב של חום וחשמל

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגים, כאמור, באתר מוסד שמואל נאמן (<http://www.neaman.org.il>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

**ד"ר משה דן הירש, מהנדס יועץ אנרגיה ובקרה:**

#### **סקירת התפתחות בישראל משלב מהפיכת ייצור חשמל פרטי בדגש על מאיצים ובלמים**

אפתח במעט היסטוריה כפי שמוכרת לי מתוך עבודתי במשרד האנרגיה בשנות ה-80 כיועץ ומרכז תכנית ניצול אנרגיית הרוח ומתוך עבודותיי כיועץ אנרגיה במגזרי המשק השונים, כולל, בין השאר, גם בתחומי ייצור חשמל פרטי מאנרגיה מתחדשת וקוגנרציה.

בעבר היה צרכן מחובר לחברת החשמל או לגנרטור חרום וכשחברת החשמל מתנתקת, הגנרטור נכנס לפעולה. כך תמיד היה ותמיד יהיה; זה המצב הקיים. במחצית השנייה של שנות ה-70, לאחר הקמת משרד האנרגיה, החלה להינתן על ידו תמיכה בפרויקטים באנרגיה מתחדשת תרמית (חימום וקירור) ומהמחצית הראשונה של שנות ה-80 גם בפרויקטים של ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת ע"י צרכנים מקומיים לצריכתם העצמית. נמצא אתנו אדי בית הזבדי, המנהל הנוכחי של אגף שימור האנרגיה במשרד האנרגיה, אגף אשר היה חוד החנית של פרויקטים בתחום של שימור אנרגיה וייצור חשמל עוד מהתקופות הנ"ל בהן כיהן יוסי נוברסקי כמנהל האגף, בין השאר. דוגמאות לפרויקטים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת מאותה התקופה בתמיכת משרד האנרגיה ובשת"פ ומימון חלקי של גורמים מקומיים: טורבינת רוח כמתקן הדגמה לייצור חשמל עבור מפעל "ישקר" במעלות (מתקן חלוץ במסגרת תכנית ניצול אנרגיית הרוח בשת"פ מפעל ישקר), טורבינה הידרואלקטרית כמתקן הדגמה לייצור חשמל בקיבוץ הגושרים (במסגרת תכנית ניצול אנרגיה במשק המים בשת"פ הקיבוץ), תחנת כוח הידרואלקטרית לייצור חשמל עבור קיבוץ מעיין ברוך (אף היא במסגרת תכנית ניצול אנרגיה מתחדשת במשק המים בשת"פ עם מפעלי המים גליל עליון). כל אלה היו תחנות שייצרו את החשמל רק לצריכה עצמית, כאמור, ללא אפשרות לנצל ייצור חשמל עודף לטובת אספקתו לרשת החשמל הארצית. זו הייתה מגבלה משמעותית מכיוון שמונופול חברת החשמל לא איפשר לייצור המקומי למכור עודפים לרשת ולכן חייב התקנת אמצעים והשקעה להולכת חשמל מאתר המשאב אל הצרכן, והשקעה כספית בהם, דבר שהוריד את כדאיות הפרויקטים ובד"כ לא איפשר לנצל עד תום את הפוטנציאל של אותו משאב. זיהוי כלל ארצי של הבעיה במסגרת תכנית ניצול אנרגיית הרוח וזיהוי היתרון של ביזור מקורות אספקת אנרגיה חשמלית מאנרגיה מתחדשת הביא ליוזמה ב-1982, מתוך תכנית זו באנרגיית הרוח אותה ריכזתי, לפריצת הדרך לייצור חשמל פרטי ואספקתו לרשת החשמל הארצית. לאחר מאמצים הוקמה בעקבות יוזמה זאת ועדה משותפת של משרד האנרגיה וחברת החשמל אשר סללה את הדרך. הפרויקט הראשון במשפחת יצרני חשמל פרטיים בישראל, אשר הדרך הובילה אליו, היה טורבינת רוח

הדגמה בתל קטיף ברמת הגולן (ליד הישוב אלוני הבשן). פרויקט זה הוקם ב- 1985 ביוזמה מקדמית משותפת של משרד האנרגיה והישוב אלוני הבשן ובהמשך, בשיתוף פעולה טכני ומימוני מצד משרד האנרגיה ואגודת המים "מי גולן" של ישובי רמת הגולן.

בתקופה הראשונה, מ- 1985, יושם ייצור חשמל פרטי לאנרגיה מתחדשת, דהיינו, אנרגיה נקיה. בהמשך הורחב היישום לקוגנרציה אשר אמנם אינה בהכרח נקייה אך בנצילות אנרגטית גבוהה יחסית לתחנות חשמל קונבנציונליות ברשת החשמל הארצית (מתוך כושרה להפיק חשמל וחום במשולב) משיגה יתרון אנרגטי על פניהן בהיבט של המשק הלאומי. על מנת להבטיח יתרון אנרגטי יחסי במידה משמעותית הוגבלה הנצילות האנרגטית הכוללת (לחשמל וחום) של קוגנרציה לערך מינימלי של 70% במסגרת הסדר של משרד האנרגיה וחברת החשמל. אחד הפרויקטים החלוציים בקוגנרציה כיצרן חשמל פרטי, בכלל, והחלוץ בשימוש בטכנולוגיה על בסיס דיזל גנרטור עם ניצול חום שיורי להפקת קיטור ומים חמים, בפרט, הוקם בתחילת שנות ה-90 במפעל טקסטיל לצביעה ואשפרה "ק.א.נ." בראשלי"צ. הפרויקט הוקם בשנת 1985 של משרד האנרגיה/אגף שימור אנרגיה - בהכרתו את הפרויקט כמתקן הדגמה חלוצי למגזר התעשייתי, במענק כספי כמתקן הדגמה ובתמיכה בהכרתו כיצרן חשמל פרטי - והמפעל, הופעל ותוחזק ע"י המפעל במשך 14 שנים. הפרויקט ייצר חשמל בהספק שהגיע לכ- 1,200 קילו-וואט אשר סופק בחלקו למפעל כצרכן (1/3 מהתפוקה) ובחלקו העודף (כ- 2/3 מהתפוקה) לרשת החשמל הארצית בהסדר מכירה עם חברת חשמל בחסות משרד האנרגיה. במקביל סיפק הפרויקט קיטור לתהליכי הצביעה והאשפרה ומים חמים לתהליכי הצביעה. לאורך כל תקופת ההפעלה הושגה נצילות כוללת בערכים הגבוהים מ- 80%. הפרויקט הוכיח את עצמו כלכלית הן למפעל והן למשק הלאומי. לפני מספר שנים נסגר המפעל מסיבות הקשורות לענף תעשיית הטקסטיל בישראל.

עם הזמן, בהמשך, במחצית הראשונה של שנות ה-90, נזנחה המדיניות להגבלת הנצילות לערך המינימלי של 70% וחלה התעוררות להקמת פרויקטים בייצור חשמל פרטי. יזמים נוספים קיבלו השראה מההצלחה של המפעל והרעיפו בקשות למשרד האנרגיה וחברת החשמל לאשרם כיצרני חשמל פרטיים, לאו דווקא כקוגנרציה אלא אפילו כחשמל בלבד, בהיקף מצטבר בסדר גודל מוגזם (לאותה התקופה) של 2,900 מגה-וואט במצטבר. לאור היקף (מוגזם) זה החליטו להקים את ועדת ברובינדר (ע"ש ד"ר שלמה ברובינדר, שכהן באותה העת כמנהל מינהל החשמל במשרד האנרגיה) "לעשות סדר", במסגרתו הוחלט לפעול בשיטה של מכרזים לייצור חשמל פרטי (לא רק עבור קוגנרציה), הן לתחנות פרטיות גדולות (בסדר גודל הספקים של מאות מגה-וואט כ"א) והן לתחנות כוח פרטיות קטנות (עד 10 מגה-וואט). במכרז למספר תחנות כוח קטנות אשר התקיים ב- 1994 ע"י חברת החשמל בחסות מינהל החשמל במשרד האנרגיה זכו מספר יזמים אך בסיכומו של עניין לא הוקם דבר, בחלקו העיקרי מסיבה אופיינית של התערבויות מנע ע"י רשויות אחרות, מסיבות מוצדקות מבחינתן (ענייני סביבה, טבע, ביטחון, פנים וכו'), ואשר לא היו מעורבות בהכנת המכרז.

ב- 2001 הוקמה וועדה במשרד האנרגיה, תחת כנפי מינהל החשמל ואגף שימור אנרגיה, במטרה לנסח תקנה אשר תקבע כללים עבור יצרני חשמל פרטיים מאנרגיות מתחדשות וקוגנרציה. כחבר יועץ בוועדה המלצתי להוריד את הגבלת הנצילות המינימלית בקוגנרציה המבוססת על דיזל גנרטורים מ-70% ל-60% בשוט, ובשנה הראשונה להפעלה אפילו ל-55% על מנת לאפשר לתחנות חדשות בטכנולוגיה זו לעמוד על הרגליים. זאת על רקע העובדה שלא חלה התקדמות משמעותית בהקמת תחנות קוגנרציה

בהספקים קטנים יחסית ועל רקע העובדה שבאותה התקופה עדיין פעלו ברשת החשמל הארצית תחנות כוח קונבנציונליות בעלות נצילות אנרגטית נמוכה בהרבה (גז טבעי ומחז"מים עדיין לא כיכבו אז). ב-2004 יצאה התקנה ובה נקבעה הגבלה של 60% נצילות לקוגנרציה על בסיס דיזל גנרטורים. במשך השנים מאז, עם כניסת גז טבעי לשימוש ובעיקר עם כניסת המחז"מים למשק החשמל, הסטנדרטים עלו, ובעקבות זאת עודכנה ב-2014 התקנה ובה, בין השאר, הדרישה לנצילות מינימלית של 70%.

#### דוגמאות למאיצים ובלמים:

בפרויקט דוגמת מפעל ק.א.נ. המאיץ הראשון היה המוטיבציה של הגורם המקומי, כלומר מישהו מתוך הארגון שדוחף את הנושא מול ההנהלה והרשויות וכו', אחרת זה לא מתקדם (במקרה הספציפי של מפעל ק.א.נ. הגורם הדוחף היה גם ההנהלה וגם הבעלים). מאיצים נוספים היו מענקים ממשלתיים, מחירי דלק נמוכים (אפילו יותר מהגז הטבעי היום) ונצילות גבוהה. מנגד, כדוגמה לבולם – נדרשו מחברת החשמל מחירים מוגזמים לחיבור בהיותם מתייחסים לכלל היקף ייצור החשמל של תחנת הקוגנרציה ולא רק לעודף החשמל שהתחנה "מייצאת" לרשת.

הקיבוץ הראשון שיישם קוגנרציה (מתקן הדגמה) היה קיבוץ שובל בעזרת אגף שימור אנרגיה של משרד האנרגיה. אף כאן, אחד המאיצים המשמעותיים היה מי שדחף את הנושא מתוך הקיבוץ. לפעמים פרויקטים בקיבוצים נופלים כי אסיפת הקיבוץ מתנגדת מכל מיני סיבות, לפעמים "פוליטיות". מאיצים נוספים היו התמיכה של משרד האנרגיה שהייתה אז בתוקף, כאמור, ומחירי הדלק הנמוכים.

בנושא של תחנות קוגנרציה יותר גדולות המשולבות במפעל גדול, אחת הבעיות היא שלמרות שייצור האנרגיה (חשמל וחום) בקוגנרציה עשוי להגיע לפוטנציאל נצילות גבוהה, הרי לעתים צד הצרכן עלול לצרוך אותה באופן בזבזני (היינו, מעבר לצריכה האמיתית בגין הפסדים) ובעלות גבוהה מעבר לעלות המינימלית הפוטנציאלית דבר הנגזר, בין היתר, מחוסר מיתאם אנרגטי וכספי בין צד הקוגנרציה לצד הצרכן. לפיכך יש לפעול, במסגרת פרויקט קוגנרציה, ליעול הצריכה ושיפור פרופילי הצריכה בצד הצרכן על מנת להשפיע גם על ייעול צד הקוגנרציה לגבי גודל ועלות, לגבי פרופילי ייצור, אספקת ונצילות אנרגיה ולגבי השילוב עם הצרכן ועם הרשת.

#### **אדי בית הזבדי, משרד התשתיות, האנרגיה והמים, אגף שימור אנרגיה:**

##### **קוגנרציה בעיר חכמה**

ד"ר משה הירש מלווה אותנו כבר כמעט 35 שנה, אני נמצא בשטח 29 שנים, ושנינו רצים למרחקים ארוכים - אני בצד הממשלה והוא בצד אלו שעובדים עם הממשלה. בנושא הקוגנרציה התחלנו בשנות ה-80, כאשר המתקנים הראשונים היו מתקנים של ניצול חום שיורי מבתי זיקוק. הצלחנו להרים פרויקטים מ-300 kW ועד 150 MW בים המלח. מערכות אלה עבדו ועובדות וחלקן אפילו התחדשו וחדשו. היו לנו עד שנת 2000 יותר מ-18 מתקנים מכל הסוגים, הטכנולוגיות, והספקים.

בשנת 2000 עלו מחירי הסולר ואז כל הפרויקטים שהוקמו זה מכבר, או שעמדו לקום, קרסו - למשל חיפה כימיקלים ומילואות, וזה אחד הדברים שאנו מצרים עליהם עד היום. ניסינו לעבוד מול המשרדים השונים, בעיקר האוצר והמיסוי - ללא הצלחה. אם יכנס גז טבעי למשק כשחקן ראשי, (וכלנו כאן

מכירים את המחירים והנצילות של גז טבעי), אנו מעוניינים לקדם את הנושא בצורה הרבה יותר חכמה. להערכתי אם יש לנו גז טבעי שיספיק עד 45 שנים, ונעבוד נכון ונשתמש בקוגנרציה, ולא רק בקנה מידה גדול כמו למשל במפעל סוגת, אלא גם אצל צרכנים בינוניים וקטנים, נוכל לקבל מורטוריום (כלומר – דחיה של כלות מלאי הגז) של עוד 10-15 שנה.

**עודד אגמון:** אתה אומר שאם תשתמש בקוגנרציה הגז יספיק לך במקום 30 שנה, לכמה זמן?

**אדי בית הזבדי:** אם מדברים על 40 שנה, אני אומר שניתן לקבל מורטוריום של לפחות עוד 10 שנים הודות לשימוש בקוגנרציה.

**עודד אגמון:** אנחנו נשמח לקבל הוכחה כזאת.

**אדי בית הזבדי:** ניסיתי לקדם מול משרד האוצר - אגף רשות המיסים את הנושא של פחת מואץ. סיימנו את העבודה לפני 4 שנים. זה תקוע במחלקה המשפטית של רשות לשירותים ציבוריים. פחת מואץ למתקנים חוסכי אנרגיה, כולל קוגנרציה, מערכות ספיגה, וכדומה - לדאבוני הרב זה בבעיה. לאחרונה נוצר קשר נוסף עם רשות המיסים ועם המכס להגדיר מקררי ספיגה בצורה אחרת, על מנת לאפשר הפחתה במיסוי לציילרים כאלו.

כאשר מדברים על קוגנרציה יש מתקנים של מאות מגה וואטים שבדרך כלל מתייחסים אליהם. אני לא מדבר על מתקנים שיש להם פוטנציאל מוכח; אני מדבר על מתקנים שלא יכולים להיות קשורים בקצה השני שלהם לחברת גז משום שהם צרכנים קטנים. דיברתי עם משרד הכלכלה וסיכמנו שנבדוק אפשרות לעשות אבחון של צרכים באזורי תעשייה. בכל אזור תעשייה יש משבצת שירותים; מוצע להגדיר אותה כמשבצת אנרגיה, ולהביא לשם מערכת שיודעת לקנות את הגז במרוכז, לייצר חשמל, מים חמים, מים קרים, קיטור והתפלת מים אם יש צורך, ולמכור לצרכנים הקטנים כאלו שלא היה סיכוי שיכנסו מעצמם לשימוש בגז. אתם בוודאי יודעים מה החסמים להתחברות לגז; ואני עדיין לא מדבר על שדרוג המערכות להתאמה לגז, ואני לא מתכוון רק לדודים והשריפה; יש הרבה נושאים מעבר לזה. פה הצרכן מקבל את כל צרכי האנרגיה שלו, חשמל, מים חמים, מים קרים, במחירים זולים יותר, בלי דאגה לתחזוקה ובלי שינוי במערכות הקיימות.

אנו מבצעים כרגע בדיקת היתכנות טכנו-כלכלית יסודית באזור ים המלח לכל בתי המלון שם, עם אפשרות להרחבת הנושא לעוד 3000 חדרי מלון שייבנו באזור, תוך התייחסות לנושא הסביבתי, האנרגטי, התשתיתי, הרגולטורי (לא רק הרשות לשירותים ציבוריים, אלא גם איכות סביבה, תכנון ובניה, רישוי וכדומה). אני מעריך שבעוד 7-8 חודשים נעלה לאתר המשרד שלנו ספר שיפרט למי שעומד לעשות קוגנרציה בצורה זו, למה לצפות, מה לבדוק ואיך. כמובן, אם מישהו מעוניין להרים את הפרויקט הזה ולהקים מפעל כזה באזור ים המלח אנחנו אומנם מממנים את הפרויקט הזה, אבל בשיתוף עם החברה להגנות ים המלח ומשרד התיירות. החברה שנבחרה לעשות את זה היא הלוי דואק; יש להם ניסיון בנושא, והם הגישו את ההצעה הטובה ביותר מתוך שבע, ולא רק מבחינת עלות.



זה לא סוד שקיימים חילוקי דעות במשרד האנרגיה. משה הירש ציין שהכוונה היא להאריך את מגבלת הנצילות של 70% לעוד שנה. יש הסבורים שצריך להוריד ל-65%. יש החושבים שצריך להעלות ל-75% כדי לחסום מתקנים לא יעילים.

לנגד עיני עומדים סוגיות כמו smart city, energy cloud, consumer ו-energy in the city. המושגים הני"ל הם מושגים שגורים היום בעולם. Consumer – צרכנים נכנסים ויוצאים, כל אחד קונה או מוכר אנרגיה מתי שהוא צריך, ולא רק חשמל; כל שווה ערך חשמל, כולל אנרגיה תרמית, PV, רוח ואגירה. זה כמובן חלק מה-Energy Cloud, שזה פריסת אתרי ייצור אשר מנוהלים במרוכז, בדומה לענן הקיברנטי. זאת גם הגישה שלי; אני ראש מנהלת ערים חכמות, ואני מנסה לקדם את העניין הזה ברמה של המנהלת כאשר הדגש הוא לייצר את האנרגיה במקום שמשתמשים בה. אם כבר יש גישה לגז טבעי, אין צורך לייצר את החשמל בתחנת כוח באשקלון כדי שבראש העין יקבלו חשמל. אם ניתן לייצר את החשמל בשכונה חדשה בראש העין שבחלק מהיום תספק לאזור התעשייה בראש העין את מלוא צריכת האנרגיה, אזי בחלק השני של היום, כאשר הפעילות באזור התעשייה יורדת, האנרגיה תתועל לאזור המגורים החדש שבונים שם. אני חושב שבצורה כזאת נגיע רחוק, ואני בהחלט חושב שנוכל להוסיף מורטוריום של עוד מספר שנים. אפשר לעשות את החשבון הזה ואני מוכן לשבת אתך, אדוני מהרשות לשירותים ציבוריים חשמל (עודד אגמון). אנחנו באותה מרכבה – אני גם מעוניין להוריד את המגבלה ל-65% נצילות. נכון שיש קול אחד שמתנגד אבל הוא לא הקובע.

**ד"ר דן וינשטוק, יועץ אנרגיה:**

#### **ייצור משולב של חום וחשמל כמענה לאיומים על מערכת החשמל**

במכון למחקרי בטחון לאומי שבמסגרתו נעשית עבודה (העומדת לקראת סיום) על בטחון מערכת החשמל, זיהינו ארבעה איומים. אנסה להסביר כיצד ייצור חשמל מבוזר הוא מענה סביר למרבית האיומים הללו. המכון למחקרי בטחון לאומי (אשר עד לא מזמן עמד בראשו האלוף עמוס ידלין) הינו בעל נוכחות תקשורתית בולטת בהקשרים של סוגיות בטחון, מדיניות חוץ, וכדומה. זה אינו מסוג הנושאים שהקהל פה עוסק בהם. אבל המכון הזה זיהה לפני כ-3 שנים שבמובן הרחב יותר, בטחון לאומי לא כולל רק צבא ומדיניות חוץ, אלא גם את חוזקו של העורף אשר תלוי בין השאר בתשתיות, ואני חושב שכולם יסכימו שהתשתית אולי החשובה ביותר היא החשמל. לכן המכון הקים בתוכו גוף הנקרא 'החזית האזרחית' והוא התחיל לעסוק במחקרים שונים בהקשר של בטחון לאומי, אבל עם דגש על נושאים יותר עורפיים.

המחקר הראשון הוא על בטחון מערכת החשמל. בראש הצוות עומד תת אלוף במילי מאיר אלרון שהיה בעבר סגן ראש אמ"ן בתקופתו של אמנון ליפקין שחק ז"ל, ובצוות עצמו השתתפו מספר אנשים מהמכון – ד"ר אהוד גנני שהיה מנכ"ל התעשייה האווירית, המדענית הראשית של משרד להגנת הסביבה ד"ר סינייה נתניהו, ועוד כמה מומחים לנושאים כמו סייבר, EMP, וגם עבדכם הנאמן. המחקר בנושא החשמל הוא המחקר הראשון בסדרה אבל בהחלט לא האחרון. המחקר הבא שכבר החל, ואני משתתף גם בו, הוא המחקר בנושא גז טבעי שגם על זה אני מניח שקיימת הסכמה שהוא נושא חשוב.

העבודה זיהתה ארבעה סוגים עיקריים של איומים על מערכת החשמל. האיום הראשון - איום עתידי שכולנו חושבים עליו – התקפה של טילים ארקטות. לאויבנו יש הרבה כאלו והם הולכים ונעשים יותר מדויקים. בעבר זה היה נשק סטטיסטי, והפגיעה במתקן כוח לא הייתה סבירה; אבל כשהנשק מדויק, ישנו מספר לא גדול של נקודות מפתח שאם פוגעים בהן אפשר לחולל נזק גדול עד כדי השבתה של מערכת החשמל בישראל.

איום מהסוג השני הם אסונות טבע. כמובן, בקצה העליון ישנם התרחישים של רעידות אדמה וצונאמי, ובקצה התחתון יש פגעי מזג אוויר. במקומות אחרים בעולם אולי לא היו מתארים את חורף 2013 כאיום טבע, אבל זה גרם לכמה עשרות אלפי אנשים להיות בלי חשמל כמה ימים. כלומר, למרות שישראל לא נמצאת באזור אקלים קיצוני, בגלל חוסר ההיערכות – זה הופך להיות איום.

האיום השלישי הוא הסייבר. ישראל נחשבת אולי כחזקה בתחום הזה כתוקפת, אבל אנחנו די מאוימים. הנושא האחרון הוא פולס אלקטרו מגנטי (EMP), שעלול להיות גם איום טבע כתוצאה מסערות גיאומגנטיות בשמש שקורות לעיתים רחוקות, אבל זה גם עלול להיות ממתקן מעשה ידי אדם. למשל, האיראנים לפני מספר שנים שלחו טיל שהתפוצץ לאחר כ-30 ק"מ. בימים הראשונים המערב חגג על הניסוי הכושל. אבל הניסוי לא נכשל, זה נשק מהסוג הזה.

במסגרת העבודה אנחנו לא רק סוקרים איומים אלא גם מנסים לראות מה ניתן לעשות בנידון ומה נעשה. הנושא של איומים על רשת החשמל מתפתח מאד בתקופה האחרונה, בעיקר בעולם האנגלו-סקסי (ארה"ב ובריטניה). וכמו בהרבה נושאים, ישראל מקבלת כבוד (אולי יותר ממה שמגיע לה באמת); היא נחשבת כמומחית בענייני בטחון. אני לא בטוח שההיערכות אצלנו עד כדי כך רצינית אבל אנחנו מוזמנים של כבוד בכל הכנסים הללו. בעולם האנגלו-סקסי לוקחים את זה מאוד ברצינות; ועדות של הקונגרס ושל הפרלמנט הבריטי עוסקות בנושא הזה. השתתפתי בכנס ביוני האחרון בנושא הזה בלונדון, היה מאוד מעניין ויש מגוון של פתרונות.

זה מביא אותי לנושא שלנו – לדעתי ייצור חשמל מבוזר יכול לתת מענה, לפחות חלקי, לכל האיומים הנ"ל. נתחיל באיומי טילים ארקטות; יושב כאן ניסן כספי, מנכ"ל גלובל פאוור (גילוי נאות – אני יועץ שלו), ויש לו פרויקט מאוד מעניין, 1.7 מגה וואט ביו-גז בחדרה. צריך להיות פרנואיז חסר תקנה כדי לחשוב שנסראללה מתכנן איך להוריד את המתקן הזה. סביר הרבה יותר להניח שהוא מתכנן לפגוע בתחנות הכוח הגדולות. זאת אומרת שאם באמת תהיה פגיעה משמעותית בתחנות הגדולות, סביר להניח שהתחנה הזאת לא תיפגע, וגם אם כן, הנזק לתשתית כולה יהיה פחות משמעותי למערכת הגדולה היותר שתהיה מורכבת ממאות תחנות נוספות, שאני מקווה שתקומנה. כלומר - זה כנראה פתרון סביר לנושא של התקיפות. בקיצור: ביזור.

האיום השני, אסונות טבע, כנ"ל. צונמי בים התיכון אמנם עלול להזיק מאוד לתחנת כוח בחיפה, אבל תחנות אחרות תוכלנה להמשיך לעבוד. כנ"ל לגבי רעידות אדמה.

גם בנושא סייבר, האקרים כנראה לא יתכננו לפגוע בתחנה קטנה, ואפילו EMP הוא בעיקר איום על השנאים הגדולים בתחנות המיתוג ובתחנות המשנה, והרבה פחות על מתקני ייצור קטנים.

בשורה התחתונה, אני חושב שהעיסוק במתקני ייצור חשמל קטנים יכול לתת מענה לבעיות הנ"ל. וכדי שלא יגידו שאני מתעלם גם מהחסרונות, אוסיף גם שכמובן שמתקני קונגרציה ברובם יעבדו על גז טבעי ולכן הם תלויים בצנרת הגז שעליה יש איום רציני. אין ספק בכך. אבל למיטב ידיעתי, רבים מצרכני

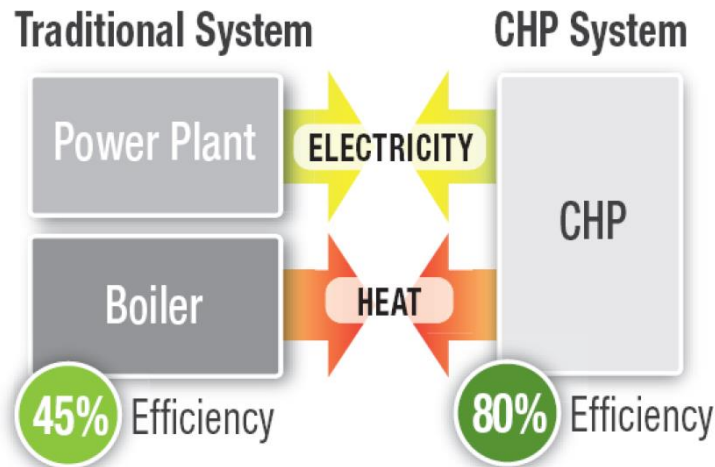
החום במתקנים בהם יקומו מתקני הקוגנרציה לא בהכרח יפסיקו לפעול במקרים של הפסקת אספקת גז טבעי. יש אפשרויות להשתמש בדלקים מן הסוגים שהיו לפני שהיה גז טבעי.

ד"ר פרי לב-און, קבוצת לב-און LLC:

נקודת מבט מארה"ב בנושא האפשרויות והחסמים של יישום CHP.

תרשים זרימה כללי (ראה איור 1) מציג את העובדה שמערכת ייצור חשמל כללית בארה"ב היא בעלת ניצולת של 45% בעוד שמערכת משולבת של חשמל וחום יש לה ניצולת של 80%.

### CHP Process Flow Diagram



Source: American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) 'Combined Heat and Power Playbook', October 2014

איור 1: ייצור משולב של חום וחשמל (CHP) – סקירה כללית

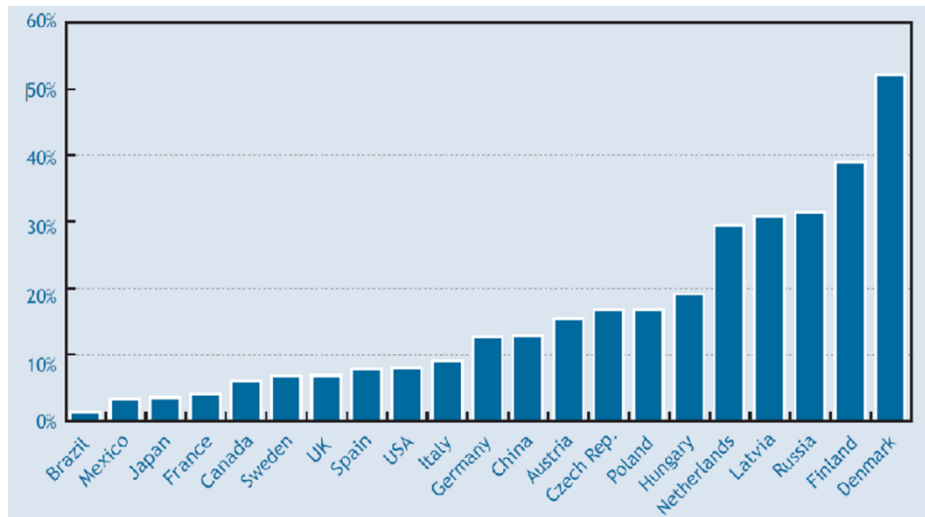
היתרונות ביישום של CHP ידועים; אעבור עליהם בקצרה: יתרונות כלכליים, אנרגטיים, וסביבתיים. מוריד את עלויות האנרגיה, משפר את האמינות, מפחית את תצרוכת האנרגיה, בריא יותר לסביבה בכך שמפחית פליטת מזהמים וכו'. כמו כן מתקני CHP אינם תלויים בקרבתם למתקני ייצור חשמל, ניתן למקם אותם במקומות מרוחקים יותר.

יש לשים לב למספר נושאים: מתקני CHP עלולים להיות מאוד מורכבים, יש הרבה מאוד גופים המשחקים תפקיד בשטח בארה"ב ויש להיות מודעים לכך. המתכננים בישראל צריכים לדעת לתכנן את המערכות כך שיעמדו ברגולציות הספציפיות בארץ. כמו כן יש לציין שמערכות אלה עלולות לא לספק את הביצועים המתוכננים ויש להיות מודעים ומוכנים לכך. יש להקפיד לבצע בדיקות כדי לוודא שהמערכות עובדות כפי שתוכננו, וזה לא פשוט. יש להיערך לזה ולדעת להתמודד עם בעיות העלולות להתעורר בדרך.

### חסמים ביישום מערכות CHP:

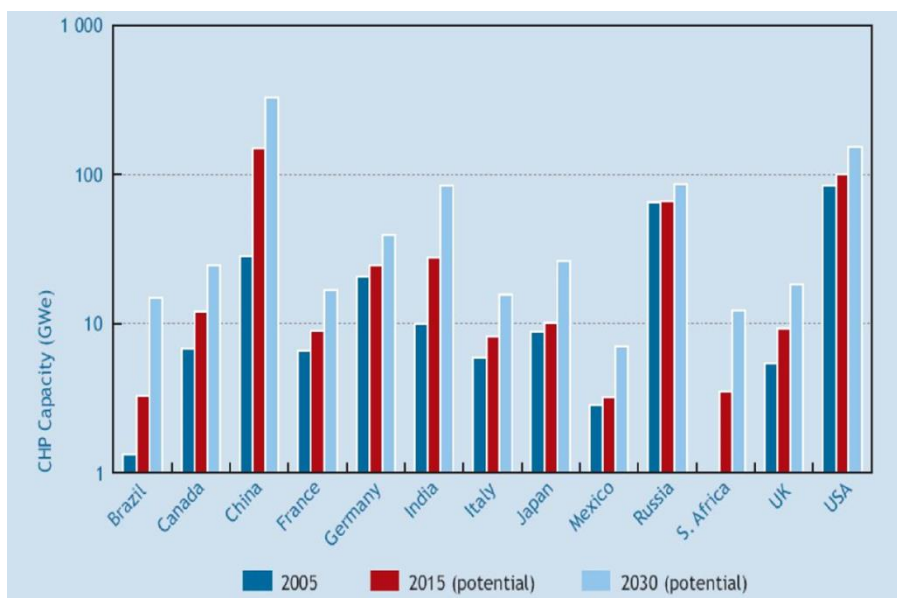
- למדינות שונות בארה"ב יש חוקים שונים ואין בהכרח התאמה בין מדינה למדינה, מה שמהווה בעיה שהינה למעשה אחד החסמים העיקרים.
- מחירים גבוהים ליציאה מהרשת ("exit fees"), כלומר יש לשלם על יציאה מהרשת, כמו גם "standby fees" שהן העלויות של כוננות הרשת לספק חשמל במקרה הצורך. כלומר מחירי חשמל גבוהים עבור קניית חשמל לתקופה זמנית בכדי לפצות על החשמל שלא מיוצר בתחנת הכוח בזמן שהיא משודרגת למערכת CHP, או שביצועי המערכת נמוכים מהתכנון.
- רגולציות מחמירות לגבי פליטות מזהמים.

באזור 2 מתואר הנתח של CHP מייצור החשמל הכולל במדינות שונות נכון ל-2008. דנמרק מובילה וארה"ב נמצאת במקום די נמוך. בארה"ב מדובר במתקנים מאוד גדולים. באזור 3 מתואר הפוטנציאל של CHP במדינות שונות בעולם בשנים 2015 ו-2030. הפוטנציאל בארה"ב הוא די גבוה, ובסין אפילו הרבה יותר. יש קורלציה בין המדינות הקרות לחמות; במדינות קרות קל יותר ונפוץ יותר לממש CHP. כיום יש בארה"ב 82GW של תפוקת CHP ב-4,100 אתרים שונים. למרות ש-87% מתפוקה זו מיושמת בתעשייה, יש תכנון ליישם יותר גם בסקטורים אחרים. ההערכות עומדות על פוטנציאל למימוש 130GW נוספים.



Source: CHP share of total national power production. © OECD/IEA, 2008 (IEA 2009)

איור 2: הנתח של CHP מייצור החשמל הכולל במדינות שונות נכון ל-2008



איור 3 : הפוטנציאל של CHP במדינות שונות בעולם בשנים 2015 ו-2030

במשרד האנרגיה של ארה"ב (DOE) יש תכנית תמיכה בשם CHP Technical Assistance Partnership (TAPS)<sup>1</sup>. מדובר בתוכנית התומכת ביזמים של CHP, והיום מדובר בסכומים לא קטנים. בנוסף הם עושים אנליזות שוק, מפיצים אינפורמציה למקבלי החלטות ומספקים תמיכה טכנית. ברצוני להדגיש שני דברים נוספים. ישנו גוף שנקרא U.S. DOE Midwest Clean Energy Application Center, שמטרתו לקדם CHP בשוק, בדגש על הפצת אינפורמציה. באיור 4 ניתן לראות כיצד מתפלג היישום של CHP ב-Midwest בארה"ב. הנתח הגדול ביותר הוא בתעשייה הכימית. בקליפורניה גם כן נעשה הרבה; חשוב להדגיש שה-California Air Resources Board שם למטרה 4 GW של תוספת ייצור CHP עד 2020 ועכשיו המושל ג'רי בראון החליט להעלות את המטרה הזו ולהוסיף עוד 6.5GW עד 2030.

לסיכום:

יתרונות CHP עבור עסקים בארה"ב:

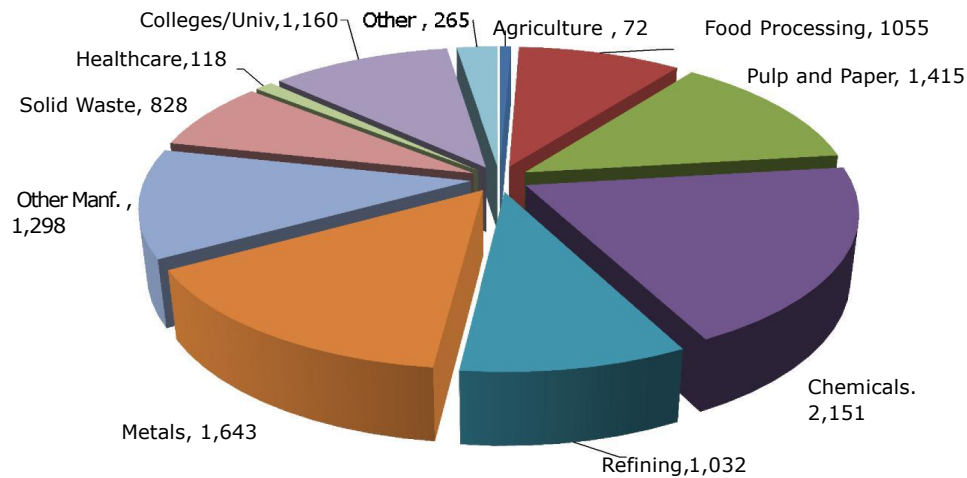
- הורדת מחירי האנרגיה עבור המשתמש

<sup>1</sup> <http://www.energy.gov/eere/amo/chp-technical-assistance-partnerships-chp-taps>

- הפחתת הסיכון לשיבושים ברשת החשמל ושיפור האמינות של הרשת
- שיפור היציבות במחירי החשמל

יתרונות CHP עבור ארה"ב בכלל:

- עידוד התחרות בתעשייה - מחירים נמוכים יותר לייצור חשמל
- הפחתה בפליטות מזהמים (נקודה מאוד חשובה עבורנו אישית היות ואנו עוסקים בזאת הרבה).
- מפחית את הצורך בהתקנת תשתיות להובלת חשמל לאזורים מרוחקים מהרשת
- שימוש באנרגיה זמינה ונקיה



U.S. DEPARTMENT OF ENERGY  
Clean Energy Application Centers

Source: ICF International

איור 4: פילוג היישום של CHP ב-Midwest בארה"ב (11,000 MW מותקן)

**עודד אגמון, הרשות לשירותים ציבוריים חשמל:**

**הסדרות המשך למתקני קוגנרציה ברשת ההולכה ורשת החלוקה**

אני מקווה שלא אקלקל לכולם את השמחה, אהיה עדין. כמובן שקוגנרציה זה טוב ונכון ומתאים, אבל אני רוצה לתת תמונה כללית לתאר איך משק החשמל עומד להיראות, כי קוגנרציה היא חלק ממשק החשמל. אם נסתכל על העתיד הקרוב, בשנת 2020,

קוגנרציה יכולה לקחת נתח של כ- 1GW במדינת ישראל הקטנה. מדובר ברזרבה שעומדת להיות בהיקפים של 18% במשק החשמל בשנת 2020.

מה שבאמת חסר בישראל זה תכנית פיתוח ארוכת-טווח למשק החשמל, כי זה יכול לתת מנוע או נקודת עוגן להסתמך עליה לכל הרגולטורים האחרים על מנת לפתח את התחום כמו שאנו מבינים. הרי איך התפתחו אנרגיות מתחדשות? בדיוק באותו אופן. הייתה החלטת ממשלה שהחליטה כי 10% מן החשמל ייוצר מאנרגיה מתחדשת. קובעים מדיניות, יושבים הרגולטורים יחד, ואז הכול מסתנכרן היטב. מנהל מקרקעי ישראל יודע כמה צריך לקחת על הקרקע, ורשות המיסים נרתמת למהלך ונותנת העדפה, ובמשרד האנרגיה, במקום אוסף דעות שלא מוביל לשום מקום, החלטת הממשלה מהווה מצפן שלפיו כולם מתכוונים.

החלטת הממשלה דיברה על 20% יצור חשמל ממקורות פרטיים. אבל את החלוקה הפנימית המשרד כמוכן עוד לא יצר. זה פוגע ביכולת של המתקנים המבוזרים לדאוג לביטחון של אספקת חשמל, וזה חלק מהשיקולים שמשרד האנרגיה היה צריך לקחת על עצמו, ולהחליט למשל שרשות החשמל תסדיר כמות מסוימת של מגה וואטים למחז"מים, לפיקרים (peakers), לקוגנרציה קטנה וגדולה, והכל היה נראה הרבה יותר ברור, עם הסתכלות ארוכת טווח נכונה עבור כולם. נוצר פה מצב שאנחנו צריכים לכוון את המספרים על מנת להימנע מעודף ייצור, כי שימו לב מה יקרה – לחברת החשמל יש גנרציה, ככל שמתקנים של קוגנרציה יכנסו, בלי פיקוח שלנו על הכמות, כמות הרזרבה תעלה במשק, וזה גורם לעליה בתעריפים לכלל צרכני החשמל. צריך לדעת לנהל את זה ולנווט לכיוון שאנחנו רוצים להגיע אליו, ובשביל זה צריך תכנית אב ארוכת טווח, שאם הייתה נמצאת היה הרבה יותר פשוט לכל המגזרים השונים במשק להתכוון לפיה. אבל זה לא המצב, ועכשיו אנחנו נמצאים בתוכנית הנוכחית שבה אנחנו צריכים לייצר מתקני קוגנרציה קטנים ולא ברור לי מדוע? למה לא מתקנים גדולים? למה לא ללכת על האופטימום?

אם נסתכל רק על קוגנרציה גדולה, ישראל היא לא מדינת תעשייה ואני חושב שאנחנו בדרך למצות את הקוגנרציה הגדולה (בהיקפים של עשרות מגה וואטים). לדעתנו אין הרבה תעשיות שיכולות להשתלב פנימה. ועבור המתקנים האלה גם יצרנו מנגנוני הגנות ינוקא כאלה ואחרים שהיו מופרזים לכל הדעות. התעריף היה מאוד גבוה (36 אגורות לקווי"ש בהסדר הקודם, והיום 24 אגורות לקווי"ש, תעריף שיוצר עלויות עודפות למשק בשיעור מאוד משמעותי) כדי לאפשר להם להיכנס. יש אמות מידה תומכות מימון למקרה שנופל עליו הטיל של דן וינשטוק ואם זה קורה בשנה הנכונה זה אפילו משתלם כי הם יקבלו את החוב הבכיר בחזרה. בקיצור, ייצרנו פה הגנות כדי שזה יקרה, אחרת זה לא היה קורה. ולמרות ההגנות האלה, במפעלי נייר חדרה זה עדיין לא קרה. אפילו ייצרנו הסדר דיפולט למקרה שהצרכן יורד בכמות צריכת הקיטור, ניתן לעשות עסקאות בילטרליות פיסיות ולקבל תשלומי זמינות שעמלנו רבות כדי להוציא אותם ואני מקווה שבה זה יסתיים.

אם נסתכל על קוגנרציה בעולם: לא קיימות ההטבות שיש כאן בארץ, והכל מתנהל בצורה מאוד כלכלית. אין feed in tariff לקוגנרציה, הם עובדים עם הרשת במחיר הרגיל. לכן אם נסתכל על חסכון בצריכת הגז המשקית, אני לא יודע למה אומרים כאן עליה מ-30 שנה ל-45 שנה, להערכתנו זה לא כצקתה. כי האלטרנטיבה של מפעל היא לשרוף גז בדודים ולקנות חשמל מדליה, ובה קוגנרציה צריכה להתחרות. לכן חשוב לראות מבחינה משקית שהם צורכים פחות גז. אבל לא ב-70% נצילות, כי זה רף

שמוציא את כולם מהמשחק לחלוטין. לדעתי היום צריך להפסיק לדבר על 70%, או שנדבר על אחוזים נמוכים יותר, או שבמקרה של קוגנרציה, לא נתסכל על המתקן כולו אלא אם הוא מוכר קיטור, נסתכל רק על חלק ממתקן הקוגנרציה ונספק הגנות על החלק היחסי הזה, אם אפשר. אבל כרגע, אל מול האלטרנטיבה של לשרוף דלק ולקנות חשמל מדליה, עם האיבודים בדודים ובדרך לצרכן, מתקן קוגנרציה צריך להגיע לכ-65% נצילות כוללת, שזה כ-4% אחוז יותר טוב מהאלטרנטיבה ועל הכמות הזאת של הגז אנחנו מוכנים להתחשב כהפחתת פליטות, וגם הגז יישאר לדורות הבאים כמשאב טבע שנוכל להשתמש בו. כל זה לא עולה הרבה כסף. תרומה לרציפות תפקודית של המדינה יש, אבל קשה מאוד להעריך את זה. תרומה לאמינות הרשת אכן יש, קוגנרציה מייצבת את הרשת. בעיקר ברשת החלוקה, ברשת ההולכה קצת פחות. בנוגע לחסכון בעלויות הקמת תשתית, לא מצאנו תועלות בתחום הזה.

עד עכשיו דיברנו על רשת ההולכה; עכשיו בנוגע לרשת החלוקה - בגישה המודרנית מדובר על ייצור מבוזר, קרוב לצרכן, ניתן לנצל חום שיורי, זה הכיוון הנכון, ואנחנו רוצים להתקדם לשם, אבל צריך למצוא מה הן התועלות.

לגבי חלוקת הגז אני לא ארוחב. כל הרישיונות כבר ניתנו. יש כאן החלטות של רשות הגז הטבעי שרוצה לקדם את הנושא, וזה טוב.

אם נסתכל על מתקני ייצור ברשת החלוקה ונחפש את התועלות שלהן, וזו עבודה שנעשתה לאחרונה, ואתחיל בקריאה חוזרת לכל היזמים שוב כדי לשמוע באמת איפה התועלות במתקנים האלה; אנחנו מתקשים למצוא את התועלות ולראות איך מתקן כזה יכול לשרוד או לקום מבחינה פיננסית, מתקשים לראות איך יתמודד מול האלטרנטיבות, אבל זה פתוח לדיון אחרי שסיימנו את העבודה שלנו. יצאנו בקול קורא לפני חצי שנה, קיבלנו תגובות, נפגשנו עם אנשים, עשינו עבודה מאוד מקיפה, נראה לאן זה יתקדם מכאן.

תועלות משימוש יעיל במשאבי הגז הטבעי – אנחנו מכירים בהן, זה מתבטא במעט מאוד כסף. צמצום זיהום אוויר – יש באמת ניצול יותר יעיל של הגז וצמצום זיהום אוויר. אבל הכל ביחד לא מגיע לסכומים משמעותיים.

אי שימוש ברשת החלוקה וההולכה – כאן יש ויכוח. למשל יש כאן בעיה עם רשות החשמל, כשיש צרכנים מקומיים ברשת החלוקה המייצרים לעצמם חשמל, הם לא משתמשים בתשתית, ולא צורכים קוט"שים מחברת החשמל, ולכן היא מתקשה לכסות את עלויות אותה תשתית. עוד סוגיה היא העלויות המערכתיות, כמו למשל העלויות של אנרגיות מתחדשות שהן בסה"כ יקרות מאוד. דוגמה נוספת זה גיבוי, צריך לשלם גיבוי, לא רק על הקו, אלא גם על הגנרציה. כשמשיתים את כל זה על המתקנים הקטנים האלה, תהיה להם בעיה להתממן וצריך לנהל דיון משמעותי, דיון של מדיניות, לא של כלכלה. הגברת אמינות המערכת – אי אספקת חשמל לתעשייה עולה 88 ₪ לכל קווי"ש. מתקן קוגנרציה ידע לחסוך את זה. הרבה פחות דקות של אי-אספקה לאותם מפעלים וזה יתרון שאנחנו יודעים לכמת. ייצוב מערכת החשמל – קשה לנו לכמת, אני בספק שנצליח בזמן הקרוב. צמצום מפגע נופי – גם כאן יש יתרון. לא ארוחב.



## פרק 4: דיון

בחלק השני של הפרורום התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- מהם המכשולים העומדים בפני ייצור משולב של חשמל וחום במערכות קוגנרציה בארץ?
- מדוע הנושא אינו "ממריא", למרות התקנות הממשלתיות לעידוד הנמצאות בתוקף?
- מה ידוע על תכניות לעידוד קוגנרציה בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
- מה ניתן ללמוד מפרויקטים בתחום הקוגנרציה שהוקמו בארץ, כאלו שהצליחו וכאלו שנכשלו, על הגורמים להצלחה ועל הגורמים לכישלון?
- מהן ההגנות הדרושות ליזם בקוגנרציה לצרכי מימון?
- מהי קוגנרציה ראויה (יחסי תרמי/חשמלי ונצילות)?
- האם על הרגולציה להבחין בין הקמה/הסבה כחלק מתהליך תרמי קיים לבין מתקן ותהליך חדש? (בקיים, חלק ניכר בהשקעה החדשה בא לשחזר תפוקות שמושגות בציוד שכבר הושקע)
- בעיית קונפליקטים עם התייעלות אנרגטית ועם מחויבויות בהתקשרויות של צרכן-יצרן
- בעיית אי ודאויות (תעריפי חשמל, מחירי גז, מדיניות, צריכה, וכיו"ב)
- בעיית אספקת גז (תשתיות, אמינות וזמינות וכיו"ב)

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

**ניסן כספי:** שמחתי מאוד על מה שאמר אדי בית הזבדי. גלובל פאוור מנסה כבר זמן רב לפתח כ-20 פרויקטים שונים בתוך מפעלים. עודד אגמון מכיר את הניסיונות שלנו כבר יותר מכמה שנים ואנחנו עוסקים בדיונים טובים ושוב מול רשות החשמל ומול רשות הגז הטבעי, ומאוד קשה לנו. נדבר על זה בהמשך.

קוגנרציה מאופיינת בעובדה שהיא מספקת שני סוגי אנרגיה בו זמנית, כלומר גם חשמל וגם אנרגיה תרמית. אבל כדי לספק את האנרגיה התרמית, היא חייבת לייצר את החשמל. בנוסף, קיים יחס קבוע בין האנרגיה החשמלית לבין האנרגיה התרמית, כלומר כדי להגיע לאותה אנרגיה תרמית, יש להגיע לאנרגיה חשמלית מסוימת. מכך נובע כי כדי למקסם את היעילות של תחנת הכוח, יש לתכנן אותה כך שתגיע לנקודה בה תספק את שיא הצריכה התרמית, כאשר היתרה של ייצור האנרגיה היא חשמל, ובדרי"כ צריכת החשמל של אותו צרכן היא הרבה יותר נמוכה ממה שאותה תחנת כוח מייצרת. כלומר נוצר עודף חשמל, אשר אמור להיות מוזן לרשת אלא אם כן פועלים בשיטת פעולה אחרת, אבל זה הרבה פחות יעיל.

ההיתכנות המימונית של תחנת כוח למעשה כפופה למבנה מימון שהוא יחס בין הון עצמי לחוב בכיר (בדרך כלל מימון פרויקט תשתית יעשה על תמהיל (יחס) של הון עצמי וחוב זר (הלוואה)). פירעון החוב, ההלוואה יבוצע קודם להחזר ההון ולכן הוא בכיר (עדיף) בסדר הפירעון על ההון העצמי). יחס זה נע בין 20 ל-30 אחוז הון עצמי, ו-70 עד 80%, היתרה, כחוב בכיר. בהינתן זמינות של ההון העצמי אצל

המשקיע, הגיוס הוא גיוס של חוב בכיר, והיכולת לגייס אותו נגזרת מתזרים המזומנים של הפרויקט, כאשר יש כל מיני מגבלות שמטיל המלווה, למשל יחס כיסוי חוב (היחס בין תזרים המזומנים החופשי השנתי אותו יכול הפרויקט ליצר לבין סכום פירעון השנתי של החוב הבכיר) שהוא אולי הקריטריון החשוב ביותר בתהליך המימון.

הסגירה הפיננסית היא נקודה קריטית בעולם הפרויקטים. כשהגיע הפרויקט לנקודה זו, באותו רגע למעשה התממשו מרבית התנאים כדי שתחנת הכוח המדוברת תוכל לקום ולפעול. כלומר, אנחנו יודעים איך לנהל את מרבית המשתנים המסוכנים, מקבעים אותם לתקופת המימון, ואז בתום התקופה כולם יודעים כ- going concern לאן הם יגיעו ברמת בטחון יחסית גבוהה.

מהן ההגנות הנדרשות ליזם קוגנרציה במימון? כל ההגנות מסתכמות באחת – ודאות. אנו נמצאים בעולם לא וודאי לחלוטין, במיוחד בשנים האחרונות כשמדובר על קוגנרציה. אם מדובר ברשתות מבוזרות מטעמי בטחון או יעילות, אנו מדברים על רשתות מבוזרות שהמשמעות שלהן ברמת קוגנרציה משתנה ויש להתאים את הקוגנרציה לעולם הטכנולוגי. לא כל קוגנרציה יכולה להגיע לרמה של 70% נצילות; רק מתקנים מאוד גדולים יכולים להגיע לשיעור זה.

כדי שנוכל להגיע להגנות, למתקנים בדרך כלל יהיה עודף חשמלי שנובע מהעובדה שהפרויקט חייב לפעול כדי לספק את ההספק התרמי הדרוש, ולכן יש צורך להבטיח מנגנון שבו העודף החשמלי יוכל להירכש, כי הוא חלק מתזרים המזומנים של הפרויקט. רצוי מאוד שיהיה ניתן לקבוע איך קונים את אותו עודף, גם בכמות וגם במחיר. בהיסטורית עולם החשמל בישראל, ניתנו הגנות ינוקא ולמעשה ישנן הסדרות שמדברות על איך מבצעים רכישה כזו בצורה נכונה.

אם מדובר במתקני קוגנרציה קטנים, להגיע ל-70% נצילות זה כמעט דמיוני. קוגנרציה מעל ל-70% נצילות יכולה להתקיים באירופה הקרה, ששם אפשר לנצל את ההספק התרמי גם בטמפרטורות של 60°C ב-district heating. אבל בישראל, שהיא מדינה מאוד חמה, לא ניתן להגיע בשום פנים ואופן במתקנים קטנים לנצילות כאלו גבוהות. בקושי ניתן להגיע לנצילות של 60%.

ישנו סיכון שנובע מהצרכן. הקוגנרציה מבוססת על הצרכן התרמי. אם אותו צרכן הוא חדל פירעון, באותו רגע כל התשתית הפיננסית של אותו יצרן נעלמה ולכן נכס הבסיס לצורך מימון אותו פרויקט מבוסס על ניתוח הסיכון של הצרכן. לקוגנרציה קטנה היום אין רגולציה וזה לא מאפשר להתקדם בתחום.

יש גם עודף רגולציה. והכי חשוב – יציבות הרגולציה. רגולציה שמשתנה לאורך הזמן משמעותה שונות גדולה, כלומר סיכון גבוה, כלומר ריבית גבוהה, כלומר אין פרויקט. לכן גם כשישנה רגולציה, מאוד חשוב לשמר את המבנה שלה לטווח הארוך כך שתהליך שמתחיל יוכל להיגמר במצב ידוע. לצערנו בישראל התהליך של הקמת תחנת כוח הוא בין פי 5 ל-10 ארוך מהמקובל בעולם. זמן התכנון והיזום של תחנת כוח בעולם בהספק של 100 MW ומעלה לא עולה על 3 שנים במקרה הגרוע, ובישראל - בסביבות 10 שנים. בתחנות כוח קטנות יותר בעולם, ב-3 עד 6 חודשים גומרים את כל התהליך; בישראל התהליכים נמשכים 4 עד 5 שנים.

נושא נוסף שמפריע מאוד, גם בנוגע לרגולציה, הוא הסתירות בין רגולטורים. למשל, רשות הגז הטבעי יכולה להוציא הוראה מסוימת, ורשות החשמל תוציא הוראה אחרת, ומשרד הגנת הסביבה יוציא

הוראה נוספת, וכך רגולטורים שונים מוציאים הוראות שונות שלעיתים קיימות סתירות ביניהן, והפתרון הוא לפעמים בלתי אפשרי ועוצר את הפרויקט – זה סיכון שאף מממן לא מוכן לקחת על עצמו.

**עלי ברנע:** לדוגמא - היו 3 חודשים שדליה איבדה, מתוך 10 שנים, כי הממונה על ההגבלים העסקיים התעקש שלא יעשו חוזה אספקת גז ליותר מ-5 שנים שמא יופיעו ספקי גז חדשים ולא יהיה להם למי למכור. זאת כאשר ברור לגמרי שלפי הדרישות של רשות החשמל, כדי שפרויקט יהיה ריאלי יש לממן ל-18 שנה, ואז הגורם הממן דורש אספקת גז ל-19 שנה. אז אני מודה שהמתמטיקה שלי קצת חלודה - אבל מספר שהוא בו זמנית קטן מ-5 ויותר גבוה מ-19, עוד לא מצאתי.

**ניסן כספי (ממשיך):** הממונה על ההגבלים העסקיים רוצה תקופה קצרה, ורשות אחרת רוצה תקופה מאוד ארוכה. שתי הדרישות האלה לא יכולות להתקיים ביחד. ישנה בעיה של סנכרון בין התהליך הרגולטורי לסטטוטורי. לדוגמא: רישוי תחנת כוח עד 5 MW שייך לוועדה המקומית (תהליך אישור של עד שנה וחצי), ומעל 5 MW - לוועדה המחוזית (תהליך של יותר מ-5 שנים). אנחנו למשל כרגע נמצאים בתהליך של תחנת כוח בחצרים לספק לקיבוץ נטפים את כל מי הקירור לתהליך יצור הפלסטיק (1,400 טון לשעה). מי הקירור מופקים מהחום המסולק מהמנוע. 4-5 MW חשמל מסופק לקיבוץ, ואת העודף נמכור לצרכנים קרובים כי זה יתרון גדול של הרשת; הרי אנו מעוניינים בשימוש יעיל ברשת. אבל יש רשויות שמתווכחות איתי כבר שלוש שנים על כלכלה אלמנטרית.

חשובה גם ההרמוניזציה של התנאים והמגבלות בוועדות התכנון. הוועדה לתכנון מחוז חיפה עשתה עבודה מאוד יפה, ישבה עם המשרד להגנת הסביבה, והוציאו נוהל: אם עומדים בתנאים מסוימים ניתן להקים תחנות כוח, אם לא אז לא. סוף סוף עשו משהו עם מחשבה מראש; אני חושב שזה היה מצוי, וזה נכון ונותן אפשרויות עבודה נכונות.

שוק הקוגנרציה הקטנה בישראל יכול להיות בהספק מאוד גדול. כל הפיתוח של עולם החשמל בגז טבעי היום באירופה ובארה"ב הוא במתקנים של עד 20 מגה וואט. אין מתקנים גדולים יותר. ויותר חשוב מהכל, ה-hype החזק ביותר שיש היום בצפון אמריקה, הוא מיקרו-קוגנרציה. הונדה יצאה עם מתקן 1.5 קילוואט בחימום לבית ובשנה האחרונה נמכרו 60,000 מערכות.

**משה זן הירש:** אני רוצה לדבר על בעיית קונפליקטים (וגם ההיפך, סינרגיה), התייעלות אנרגטית, מחויבות והתקשרויות של צרכן-יצרן.

סוגי קונפליקטים שקיימים - אחד זה אינטרסים מנוגדים, זאת אומרת יצרן (אם הוא BOT) האינטרס שלו זה למכור כמה שיותר אנרגיה לצרכן, והאינטרס של הצרכן זה לשלם כמה שפחות. מהניסיון שלי, כשצרכנים מקבלים אנרגיה זולה, המודעות שלהם להתייעלות אנרגטית יורדת, כלומר זה כאילו קונפליקט של הצרכן מול עצמו. צריך לדאוג שצרכנים בזבזנים יתייעלו. כמו אדם שבא לקנות חליפה - אם הוא שמן יש צורך בהרבה בד; חייט אובייקטיבי יאמר לבחור לעשות דיאטה כדי שיוכל לתפור לו חליפה יפה בפחות בד ופחות עבודה.

**עודד אגמון:** אבל אז גם הצרכן וגם היצרן יפסידו.

**משה דן הירש:** הם לא יפסידו, ואני אסביר מדוע. מניסיון שלי, יש מקרים בהם היצרן (נגיד במסגרת BOT) מספק כמות מסוימת של קיטור, והצרכן צורך אותה. לימים קורה שהצרכן מתייעל ואז יש לו צורך בפחות קיטור והיצרן מפסיד ונפגשים בבית משפט. לכן הספק צריך לעשות שעורי בית. בדרי"כ ספקים באים למפעלים ומבקשים דו"ח על הצריכה החודשית, או השנתית, וזה לא נכון; זה ממוצע וזה לא מספיק. צריך לבצע בדיקה יסודית, כמו א.ק.ג. שעושים אצל רופא – יש לעשות פרופיל מפורט במשך תקופה, מול תחזיות ייצור ולדעת בדיוק מהו פרופיל צריכת האנרגיה, אפילו ברמה השעתית, לא ממוצעת יומית ולא ממוצעת חודשית. כך ניתן לזהות את עקב אכילס בכל מיני תקופות. הצרכן והיצרן צריכים לשבת יחד ולשתף פעולה, למצוא את האופטימום ורק אז ללכת על זה. אחרת תהינה הפתעות ופגישות בבתי משפט. זה קורה עכשיו הרבה עם ספקים של משאבות חום או קוגנרציה; אחרי ההתחייבות מסתבר שחלק מהתקופה אין צורך במים החמים וכו'. לכן ההמלצה שלי היא: לחייב ספק ויצרן לשתף פעולה ולדון בנושאים של התייעלות אנרגטית שיכולים להשפיע על הקוגנרציה שתהיה כמה שיותר קומפקטית ומותאמת לדרישות הצרכן.

**עלי ברנע:** אני אדבר בעיקר בנוגע לרגולציה. אני שמח שעודד אגמון כאן. אתן המלצות קונקרטיות המבוססות על ניסיון. מבין מתקני הקוגנרציה היותר גדולים ברשימה של עודד, אני יזמתי שלושה. זהו מספר די מכובד באחוזים ויש לי הניסיון המצטבר בבעייתיות בכל אחד מהם. קודם כל אספר לגבריאל קינן, שמכיר את ההתחלה של ההיסטוריה שלי בקוגנרציה, שאחת המסקנות שלי מזה שלא הצליח במפעלי נייר חדרה היא שאנחנו עם לא מפרגן. אני עומד אחד על אחד ושקוף לגמרי מול מישהו שעושה את החשבון והוא נכנס לקונפליקט – "אם זה טוב, אני אעשה לבד, למה שאחר ירוויח כסף?". ובסוף הוא לא עושה כלום. המסקנות שלי מהניסיון הזה הולידו קונספט שלדעתי הוא חשוב וכל שלושת המתקנים שאנחנו מעורבים בהם עכשיו עונים על הקונספט הזה – מרכז אנרגיה לאזור תעשייה. דיברו על זה גם אחרים מבין הדוברים, אבל הם דיברו על מתקנים יותר קטנים שבהם באמת יש בעיה שאדבר עליה. לדעתי זה בין הנושאים החשובים ביותר שיש לי להדגיש לרגולטור.

**גרשון גרוסמן:** מה זה קטנים? כמה מגה וואט?

**עלי ברנע:** קודם כל אגדיר מהו הקונספט של מרכז אנרגיה לאזור תעשייה. ניתן לחפש אזור תעשייה שבו בסה"כ דרישת החום של כל המפעלים ודרישת החשמל מספיקה למתקן שאני קורא לו אופטימלי, כאשר אין אף מפעל אחד שהוא לבדו מגיע לגודל אופטימלי.

הדגמה נהדרת הייתה באזור התעשייה רמת גביראל. מפעל נילית שנים חלם על קוגנרציה; הוא צרכן גדול גם של חשמל וגם של קיטור, 25 טון קיטור לשעה, ובערך 25 מגה וואט – גם היחס ביניהם הוא טוב. היה לנילית הסכם חתום שמישהו יבנה להם מתקן קוגנרציה; וחילטו את הערבות כי הנ"ל לא בנה. יש סיבות לכך שמתקנים לא נבנים. מתקן בנילית לבד לא עונה על ההגדרה שלי של אופטימלי. אני חושב שאופטימלי בסדר גודל הזה של קוגנרציה הוא סביב ה-50 MW. כל המפעלים האלה שאני מדבר

עליהם ברמת גביראל - אלון תבור, סוגת, הם 50 MW אם הם במחזור פתוח ו- 70 MW בערך אם הם במחזור משולב. כשמתסכלים על קוגנרציה בכלל, השאלה הראשונה שצריך לשאול היא אם זה טוב או לא למשק. כשמתסכלים על כל מקרה בנפרד התמונה פחות חדה מזו המתקבלת אם נסתכל על המכלול. עודד אגמון אמר נכון - החיסכון בדלק עצמו אולי הוא לא רב ביותר - כשמתחשבים בכול זה יוצא בין 5 ל-10 אחוז, לא סדר גודל משנה סדרי עולם. אבל כשמתסכלים על זה גם בהיבט הסביבתי, את אותם 5-10 אחוז מרוויחים בפליטות, והקוגנרציות לא מקבלות קרדיט על החיסכון בפליטות יחסית למצב קונבנציונאלי, וחבל.

הכי חשוב, כשמתסכלים על מה שדן וינשטוק דיבר – אני חושב שהביזור הוא בנפשנו. אומר לכם דבר אחד: תחנת הכוח דליה הייתה יכולה כנראה להקדים בחודש את לוח הזמנים. אבל היא הייתה מטווחת במבצע "צוק איתן", כל הזמן נחתו עליה רקטות, ואני משוכנע שהם בכלל לא כיוונו לדליה, אלא לתחנת המיתוג הענקית שיש שם מכיוון ששם אוטוסטרדת החשמל צפון-דרום חותכת את אוטוסטרדת מזרח-מערב; כמו צומת כביש 6 - כביש 1, אם משתקים אותה התנועה במדינה סובלת מאוד. איך זה עלה לנו בחודש? – היינו צריכים להגביל את העבודה רק לקומת הקרקע כי משם היה זמן להגיע למכסה בהישמע האזעקה וזה גרם לעיכוב ומכאן אני מבין כמה דן וינשטוק צודק. אומנם כיפת ברזל הצליחה להתמודד עם זה יפה וצה"ל לא מספר לנו אבל אני מניח שנתנו עדיפות לאזור זה מבחינת כיסוי כיפת ברזל, כי היה רע מאד אם לא. התועלת הביטחונית בביזור היא ענקית.

כשמתסכלים על האגרגט גם של החיסכון בדלק (שהוא חיסכון בכסף - הוצאות תפעול לפחות), וגם על היתרון של חיסכון בפליטות, וגם על היתרון האסטרטגי – אני מגיע למסקנה, שלמרות כל מה ששמענו מעודד אגמון שחושב שהעידוד שנותנים בארץ הוא אולי תחרותי מול מקומות אחרים, אבל מקומות אחרים לא מופגזים בטילים. אנחנו במצב מיוחד, והעידוד מתאים אך לא מספיק. אפרט באיזה נקודות הוא לא מספיק: כשנכנסתי לנושא של מרכז אנרגיה באזור תעשייה הנחתי שעלות ההולכה תהיה בערך שליש מעלות ההולכה של תחנה באספקה רחוקה. והמסקנה שהגעתי אליה היא שאני מאוזן ברגע שאני מוכר לפחות 80% מהחשמל בתוך אזור התעשייה. אם איני עושה זאת ואני נאלץ לייצא החוצה זה עשוי "להחזיק מים" אבל פחות טוב, במיוחד אם מדובר בפחות מ- 50 MW. במתקן קוגנרציה, היתרון של מכירת אנרגיה תרמית הוא בין 15 ל-20 אחוז. החיסרון של עלות הון יותר גבוהה גם בגלל שהמתקן קטן (economy of scale), וגם ההשקעה בצידוד, יותר מאשר מקזז את היתרון של תוספת ההכנסה ממכירת אנרגיה תרמית, במיוחד במתקנים קטנים. אם בונים מתקן קוגנרציה עבור מפעל בודד יש לו יתרון גדול של הולכה, מכיוון שהוא מחובר ישירות למפעל. נילית לבדו לא הצליח לעשות קוגנרציה Tower Semiconductors לבדו, צרכן חשמל גדול, גם הוא לא יכול היה לבנות קוגנרציה, כי אין לו מספיק צריכה של אנרגיה תרמית. אולם אם ניקח את כל אזור התעשייה ככלל – הוא מאוד מצדיק קוגנרציה. כלומר: המדינה צריכה לעודד וגם להרחיב את הקוגנרציה גם לאזורי תעשייה שצריכים רק 25 MW מגה וואט. והיום לדעתי בגודל הזה, שהוא יותר גדול מרוב מה שניסן כספי עושה ויותר קטן מכל מה שאני עושה, אין פתרון. הדרך היחידה לאזן את חיסרון הגודל כאן היא לבזר, לעודד קוגנרציה מקומית.

**עודד אגמון:** יש כאן עוד נקודה אחת: זה גם ההולכה וגם התעריפים המערכתיים.

**עלי ברנע:** נכון. אבל אני אסתפק בדברים אלו בינתיים ואני מניח שניגע גם בזה בהמשך. מתוך רמת גבריאלי, אלון תבור וסוגת - שניהם מפעלי מזון, ומפעלי מזון במדינה שלנו עובדים חמישה וחצי ימים בשבוע מטעמי כשרות. הטורבינה נמצאת שם כל הזמן ואנחנו יורים לעצמנו ברגל כי כתוצאה מכך הנצילות מופחתת ב-5.5 חלקי 7. ניתן להפעיל את הטורבינה גם בסוף שבוע בתנאי שהיא נמצאת מחוץ לתחום המפעל הכשר, אבל אז לא ניתן יהיה למכור את החשמל. צריך לחשוב איך לנצל כמה שיותר את ההשקעות שבוצעו במשק. מישהו השקיע בטורבינה, למה להכריח אותו לא לעבוד בסופי שבוע וחגים, שהם לא מעט ימים אצלנו? לכן לדעתי צריך להגמיש פה בנוגע לקוגנרציה, להכיר בזה שהמדינה מיוחדת; בכל מקום אחר בעולם מפעלים כאלו עובדים שבעה ימים בשבוע, ואנחנו סוחבים נכות.

**גרשון גרוסמן:** אז מה אתה מציע? המדינה צריכה לפצות אותו?

**עלי ברנע:** לא, אני חושב שעבור מפעל כזה יש לחשב את הנצילות על בסיס 5.5 ימים במקום 7. אחרת, בהנחה שבכל מפעל כזה היזם רוצה לכסות את העלויות שלו, והוא לא יכול לעבוד בסופי שבוע, הוא מוכרח להעלות את מחירי האנרגיה התרמית והחשמלית שהוא מספק. אני מציע שחישוב נצילות של מפעל שעובד 5.5 ימים בשבוע יחושב על בסיס אותם 5.5 ימים, ולאפשר לו להפעיל את הציוד גם בסופי שבוע אם זה מתאים לו. בכך גם מנצלים את הציוד יותר טוב וגם מוזילים את מחירי השירותים שלו באזור התעשייה שלו. אני לא מבקש שהמדינה תפצה; אני רוצה שהיא תכיר בזה כקוגנרציה, כלומר שלא תדרוש ממני להשבית את המפעל בסופי שבוע כדי שיחשב כמפעל קוגנרציה. יש מצבים בהם חברת החשמל צריכה גם טורבינות של 50 MW, יש להן משקל. אני גם חושב שצריך פתרון למפעלים עונתיים.

אני רוצה גם להתייחס למה שעודד אגמון אמר לגבי take or pay. קשה מאוד למפעל תעשייתי לקחת התחייבויות לטווח ארוך; גם אם הוא קיים כבר 40 שנה ומרוויח מצוין, הוא לא יודע מה יקרה ב-20 השנה הבאות, ואתה רוצה ממנו התחייבויות על סדר גודל של 20 שנה. ההסכמים שלנו עם כל המפעלים בקוגנרציה היו מאד פשוטים – כל זמן שאני מייצר, כל מה שאתה צורך אתה חייב לקחת ממני, גם תרמי וגם חשמלי. זה הדבר היחיד שניתן להתחייב אליו בלי בעיות. היום הוא צריך 25 טון/שעה קיטור; מחר יכול להיות שפל כלכלי בעולם והוא יעבוד בתפוקה של 70% ויצרוך רק 18 טון/שעה קיטור. אם ידרשו ממנו שיתחייב ב- take or pay שהוא ייקח 25, הוא יגיד "לא מספיק שיש שפל כלכלי, עכשיו אני אשים את היד בכיס ואשלם על חשמל שאני לא משתמש בו? לא צריך את זה. אל תבנה לי מתקן". צריך להבין שה- take or pay אינו ריאלי כשמדובר במפעל תעשייתי. ואני אומר את זה בתור ספק, והייתי מאוד רוצה לקבל את זה.

**גרשון גרוסמן:** אז מה אתה מציע, אם take-or-pay אינו כדאי?

**עלי ברנע:** אני הצלחתי לשכנע את הבנקים שאם מפעל, כמו נילית או תנובה, מתחייב לקחת ממך את כל החשמל והקיטור שהוא צריך זו התחייבות מספיק טובה וברוב הסיכויים, היות והאוכלוסייה בארץ גדלה ומי שמכיר את המחלבה באלון תבור (שהיא הכי גדולה באירופה דרך אגב), הצריכה כנראה רק תגדל ואין דאגה.

**עודד אגמון:** אינך אומר זאת נכון. לא צריך לדאוג מאחר שמי שלקח את הסיכון היא המדינה, כלומר הציבור.

**אדי בית הזבדי:** אני אעלה כמה נקודות גם בהתייחסות למה שנאמר. אנחנו, יחד עם משרד הכלכלה, עושים, ועשינו, ונמשיך לעשות עבודה, לבדוק באזורי תעשייה מה הפוטנציאל כולל התפלגות של זמני השימוש, ואילו צרכנים קיימים. למעט באזור של דימונה ששם אזור התעשייה התרוקן לגמרי, רוב אזורי התעשייה רק גדלים, יוצא צרכן ונכנס צרכן. יש לנו דוגמה קרובה פה במת"מ, בנו מתקן לאגירת קור – והוא רק גדל כל השנים.

לגבי חסמים רגולטורים וסביבתיים – אין לי ספק שאנו צריכים לשבת כממשלה, כרגולטורים, עם משרד הפנים ואיכות הסביבה וכל מי שצריך, אולי פרופסור גרשון גרוסמן ומוסד נאמן יהיו שותפים, כדי לנסות להחליט מה צריך לעשות כדי לקדם את הנושא הזה. נכון, צריך שמישהו ידפוק על השולחן ויגיד: זה מה שאני רוצה עקב הסיבות שצינו הדוברים שלפני. כולנו לא חיים בשכונה כזו שניתן להקים תחנות כוח היכן שרוצים ושום דבר לא יקרה. צנרת של גז כבר מגיעה כמעט לכל מקום ולאחרונה גם מדובר על כך שתגיע לאזור ירושלים. כלומר גם בדברים האלה צריכים להיות יותר פתוחים; אי אפשר להסתכל אחורה ולהגיד "בנו תחנות כוח על שפת הים, 1000, 2000, 3000 מגה וואט וככה זה ימשיך להיות תמיד". כמעט בכל מקום בעולם באזורי תעשייה יש מערכות של ייצור אנרגיה. אנחנו בודקים את זה גם מבחינה רגולטורית. יש היום דבר שנקרא 'משבצת שירותים'; איך להגדיר את המשבצת הזאת כמשבצת אנרגיה. חימום וקירור אזורי זו מילת מפתח. על כל קוטי"ש שאני מייצר בטורבינה, אפשר להשיג עוד 0.7 – 0.8 טון קירור ועוד אנרגיה תרמית של מים חמים בטמפרטורה של עד 70°C או 80°C, שאני יכול לספק. על אחת כמה וכמה באזורים שיש בהם צרכנים כאלה – בתי חולים, בתי מלון, מוסדות אישפוז, וכו'. אני לא מדבר על נקודה לנקודה, כלומר צרכן אחד מול ספק אחד, אני מדבר על אזור תעשייה. הרי באזור התעשייה של קיסריה יש כללים לגבי מי יכול להיכנס לאזור התעשייה, מבחינת ייצור וצריכה של אנרגיה ומים וכו'. גם כאן ניתן לעשות זאת. אפשר להגדיר באזור תעשייה שכל האנרגיה נרכשת ממקום מסוים. כל מה שקשור בפתיחות יש לקדם. אי אפשר להמשיך להתנהל כמו חצר ביזנטית – פז, סונול ודלק מחזיקים את המדינה. צריכים לחשוב בצורה מתקדמת כמו שקורה בעולם, אני לא רוצה להיות שונה. אנחנו יחד עם האוצר מנסים לקדם מהלך של בחינת האפשרויות של ESCO והתייעלות אנרגטית. אמרתי במשך הרבה שנים שלמדינה אין כסף לתת כל שנה להתייעלות אנרגטית. המדינה צריכה לתת ערבות בנקאית במכרז לבנק כלשהו, נגיד 150 מיליון ₪, ניתן לקבל על זה 1.5 מיליארד ₪ כסף זמין להתייעלות אנרגטית, קוגנרציה קטנה וכו', כאשר הערבות של המדינה נותנת ביטחון ואין צורך שהמדינה תיתן כסף כל שנה. אנחנו מכירים שנים בהם הוצאנו הרבה כספים ונתנו אותם בתור מענקים כי המדינה לא רצתה להקשיב. אני לא מבקר, למדינה יש את השיקולים

שלה. אנחנו בודקים את האפשרות הזאת בצורה רצינית, פעם זה היה רק הקול שלנו במשרד האנרגיה, היום מי שמבצע את העבודה זו חברת Giza עבור משרד האוצר כאשר אנחנו מגבים ודוחפים. המשרד להגנת הסביבה לוקח חלק בזה, משרד הכלכלה לוקח חלק בזה, ואני מאוד מקווה שהאסימון הולך ונופל גם בכיוון הזה. הדברים שאמרתי במשך השנים לאט לאט קורים, לשמחתי.

צריך לבצע אופטימיזציה של מים חמים, חשמל, כל המוצרים, ולהתייחס לזה כאל *commodity*, כי זה מה שזה, זה מוצר, ורק ככה נשנה את התפיסה שלנו. אני יודע שמשרד הכלכלה תומך, אני יודע שזה מאוד חיובי לנושא הסביבה. יש חסמים, ואנחנו בעבודה שעושה עבורנו חברת הלוי דואק נאלץ להעלות את כל החסמים האלה על הכתב ולראות מה צריך לעשות. מבחינתי זו עבודת חקר לקראת מה שאני מתכנן לעתיד. לא רק אזור ים המלח, ששם דרך אגב צפויה צריכה של 18-20 מגה וואט, בחשמל בלבד. אני חושב שעם קוגנרציה נוכל לצמצם לפחות בחצי. גם לא חייבים לספק את מלוא ההספק, ניתן לספק גם כ- 70% ולהמשיך לצרוך מחברת החשמל את העודף. אנחנו לא עושים שינויים במערכות המתקנים הקיימים; אנחנו נכנסים עם צינור של מים קרים וחממים וחייב לחשמל. אנחנו כבר שם - רק היום קראתי שנכנסו עם חברה חדשה לקדם את הנושא הזה. יש דיונים עמוקים במשרד שלנו על העניין הזה. נכון, יש כאלה שחושבים אחרת מאתנו (שימור אנרגיה ושאר המשרד), אבל בעיקר אנף תכנון ומדיניות מבין את החשיבות ואת הצורך בפתיחת החשיבה במשרד גם לדברים אחרים. אני מהאנשים האופטימיים, אחרת לא הייתי נשאר במשרד 29 שנים.

**יבגניה ברנשטיין:** ברצוני להבהיר מספר נקודות בהקשר לאיכות והגנת הסביבה. אתחיל מדוגמה של ד"ר משה הירש. פעם, לפני 17 - 18 שנה, המדינה פרסמה מכרז לתחנות כוח קטנות על בסיס דיזל גנרטור בהספק של 5 MW חשמל (לא קוגנרציה). היה יזם שרצה להקים תחנה קטנה באזור קריית שמונה, והתושבים התנגדו - לא רצו לראות את הארובות בטענה שזה גורם לזיהום אוויר. בפועל לא הייתה שום סכנה או אף בעיה של זיהום אוויר. למרות כל המכתבים שכתבנו בהם הסברנו שאין בעיית זיהום אוויר, זה לא עזר. בסוף היזם התייאש והפסיק. לכן חשוב להבדיל בין דרישות לגיטימיות המיועדות להגן על חיי ובריאות אזרחי המדינה ועל הסביבה לבין ספקולציות ושמיעות בדבר.

לגבי הנושאים הרציניים - חלק אמר אדי בית הזבדי, אנחנו כן עוסקים בהתייעלות אנרגטית וכמובן מעודדים את קידומה. אנחנו גם מתחילים, מכוח חוק אוויר נקי, הדורש שימוש יעיל באנרגיה, להכניס דרישה להתייעלות להיתרי פליטה למפעלים גדולים המחויבים בקבלת היתרי פליטה. זה מצד אחד; מן הצד השני קיימות כמובן דרישות בתחומים סביבתיות שונים. חובת המשרד לבחון כל מפעל (קיים או חדש) ולבדוק האם הוא עומד או יכול לעמוד בערכים הסביבתיים. אף אחד לא יאשר מתקן ייצור כזה או אחר שעלול לגרום לתמותה ותחלואה עודפת של אנשים.

אני רוצה לדבר על מרכז אנרגיה בצפון. אני חושבת שזה רעיון מאוד טוב, אבל למיטב ידיעתי, אין התחייבות מאף צרכן קיטור. יצרן החשמל לחוסם מגיש בקשה להיתר פליטה ומציין בה ההספק של המתקן ונצילותו. כאשר מתחילים לבדוק את הבקשה מתברר שאין שום התחייבות מצרכן כלשהו לקנות חום זה ולכן לא באמת ידוע מה ההספק התרמי של המתקן ואיך להתייחס אליו כמתקן שעומד בדרישות מכוח חוק אוויר נקי ועושה שימוש יעיל באנרגיה.



**עלי ברנע:** דיברנו על זה. יש התחייבות. למשל, אם נילית מתחייב לרכוש את האנרגיה התרמית רק ממך, כמה שהוא צריך, אז זו התחייבות. מבחינת איכות סביבה, היום נילית שורף 16 אלף טון מזוט בשנה, ובכל ההסכמים שגלובל פאוור חותמת יש הסכם take or pay של לפחות 12 שנה.

**יבגניה ברנשטיין:** אנחנו לא נפתור כאן את כל הבעיות. ברור שהחלפת מזוט בטורבינת גז שמספקת חשמל וחום היא מועדפת. אבל מה שאני מנסה להבהיר זה שאין התחייבות ברורה שיהיה שימוש תמיד בחום. הקשבתי למה שאמרת. אני חוזרת ומדגישה כי בעצם ליצרן החשמל/קו-גנרציה חסרה ודאות לגבי מכירת קיטור. כל עוד צרכן קיטור צריך אותו, הוא רוכש וצורך את הקיטור, אבל הוא לא מתחייב להיות צרכן לאורך זמן ובכלל להתקיים. המדינה חייבת לפתור את הבעיה הזאת, אי אפשר להמשיך ככה בחוסר ודאות.

יש קונפליקט נוסף – לאחרונה גם משרד התשתיות וגם רשות החשמל הבינו שבמדינה קיימים יותר מדי מחז"מים, וצריך להקים טורבינות גז פיקרים (Peakers). ואז במקום מחז"מ יעיל בנצילות של 58%, צריך טורבינה פיקרית עם 38% נצילות. זה טוב? זה רע? איך אנחנו במשרד להגנת הסביבה צריכים להתייחס לזה? לדוגמה: במקום, בו אושרה טורבינה של 70 MW, או מחז"מ של 100 MW, פתאום רוצים להקים שתי טורבינות של 70 MW לטיפול בשיאי ביקוש, באותו מקום ועם זיהום כפול? מה נעשה עם זה? נכון, מדובר רק בשיא הביקוש אבל זה שינויי מדיניות בדרך ולא ידוע איך לקבל את זה. אני מדברת על יצרנים פרטיים.

דבר נוסף, שכבר נאמר כאן: באמת אין התאמה ברגולציה בין המשרדים השונים. לדוגמה, רשות החשמל דורשת מהיזמים לקבל אישור מאתנו לפני סגירה פיננסית, לפני שהיא נותנת רישיון מותנה. מה שהרשות רוצה ומה שהיזם רוצה זה לדעת האם הוא באמת יכול להקים מתקן במקום הנבחר, לפני שהוא מגיש תכנית למוסד סטטוטורי, ולפני שהוא מגיש בקשה להיתר פליטה. על סמך מה אנחנו צריכים לבדוק את הפרויקט? או שהוא ייקח סיכון על עצמו, או שירכוש עבודה של יועץ סביבתי ויבדוק את הפרויקט בכוחות עצמו כדי להיות בטוח שהוא יוכל להתקדם. גם משרד הפנים, גם משרד התשתיות האנרגיה והמים, גם רשות החשמל וגם אנחנו צריכים לייצר מהלך ידוע מראש והגיוני שיעזור לכל הגופים, הממשלה והיזם, לדעת מה לעשות בדיוק, לפי איזה סדר ולהימנע ממצבים כאלה בהם אנחנו למעשה תקועים היום.

**גרשון גרוסמן:** אז מה את ממליצה?

**יבגניה ברנשטיין:** אני ממליצה על בניית מהלך אישור שיהיה מקובל על כל המשרדים והרשויות הקשורות למתן אישורים למתקנים חדשים. מהלך זה צריך להיות ברור, וכן סדר השלבים צריך להיות ברור. האינטרס והדרישות של כל אחד ממוסדות אלה אמור להיות שמור במסמך הזה. עוד דבר, אמנם לא מקובל, אולי קשה להטיל את זה על המדינה, אבל אני חושבת שצריכה להיות איזושהי התחייבות לזמן מינימלי של צרכן החום. כי מכריזים על מתקן כקוגנרציה, אבל בסופו של דבר הוא לא קוגנרציה כי אף אחד לא מתחייב לקנות ממנו חום.

**עלי ברנע:** איך הוא יכול לדעת בוודאות מה יהיה בעתיד?

**רפי מגן:** זה סטטיסטי. אם ייבנו עכשיו 20 מפעלי תעשייה, ניקח מראש בחשבון שאחד או שניים יסגרו, והשאר יישארו. אפשר להניח אותה סטטיסטיקה ולפעול לפיה.

**גבריאל קינן:** זו התחייבות שאין לה מקום. אף אחד לא יכול לחתום על זה שהצרכן יהיה קיים תמיד, גם לא 5 שנים. אם הבנק מקבל שההתחייבות היא – 'כל עוד אני קיים אני אשתמש'...

**יבגניה ברנשטיין:** אם זה קיים, למה לא מגישים זאת לנו כאשר בודקים היתר פליטה? אומרים שאין, ולא יכול להיות. אני מסתמכת על מה שאני יודעת.

**גרשון גרוסמן:** זה צריך להיות חלק מהמנגנון שאת הצעת, שיהיה חלק מאותו מסמך.

**עלי ברנע:** לפעמים התפוקה יורדת גם בגלל שינויים במצב בשוק העולמי, בגלל תחרות. הצרכן לא יכול להתחייב לטווח ארוך. את צריכה להסתכל על זה ממשקפיים של יזם. זה קל מאוד לקבוע רגולציות, אבל כך לא יבנו כלום. אסור להקשות על זה, חייבים לחשוב איך מקלים אחרת נבריא מפה את היזמות ונשאר עם זיהום אוויר של מפעלים ששורפים מזוט.

**יבגניה ברנשטיין:** לא התכוונתי לזה. הקשבתי היטב למה שאמרת. אתה רוצה שיהיה עידוד לקוגנרציה בגלל החיסכון בפליטות מחד, ומאידך אתה לא מתחייב לקוגנרציה. זה לא עובד ככה.

**עלי ברנע:** לא. העידוד בגלל החיסכון בפליטות הוא מאוד פשוט. אפשר למדוד כמה חסכתי כל שנה – לא חסכתי, לא קיבלתי. אין בעיה.

**גרשון גרוסמן:** אני חושב שזו המלצה מאוד מעניינת. לבנות את תהליך האישור הזה שיהיה מקובל על כל המשרדים ורשות החשמל, ושם יהיו כל הנושאים האלה.

**שחר בן מויאל:** אני אדבר מהפוזיציה היזמית של חברה שיזמה פרויקטים מאוד משמעותיים בתחום הסולארי ונמצאת ביזמות בתחום הקוגנרציה. אקפוץ ישר להמלצות ולא אשא נאומים. דבר ראשון, וזה עלה כאן, אני חושב שצריך שולחן עגול שסביבו יושבים המשרדים, הרגולטורים... הכנתי רשימה של שמונה בעלי עניין: מינהל מקרקעי ישראל, רשות המיסים, משרד האנרגיה, רשות החשמל, ועוד, שאגב בינם לבין עצמם לפעמים לא מדברים, והיזם מוצא את עצמו נאלץ ללכת בין הטיפות ולפעמים זה מגיע לדרישות בלתי סבירות. ניסן כספי ועודד אגמון נתנו דוגמאות, ועכשיו הייתה כאן דוגמה חיה: כשמגיעים למשרד להגנת הסביבה שאומר הכסף זה מישהו אחר. יבגניה ברנשטיין מסתכלת על איכות האוויר, ואני מבין אותה, אבל בשורה התחתונה, כשאני צריך לבוא בשלב הגשת הבקשה לרישיון

מותנה, (זהו שלב ראשוני ביזמות) וכבר אני נדרש להציג התייחסות להיבטים סביבתיים כשאינ לי שום דאות לקיום הפרויקט - זו דרישה לא סבירה.

**גרשון גרוסמן:** מי הם השמונה?

**שחר בן מויאל:** המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, רשות החשמל, מינהל מקרקעי ישראל, רשות המיסים, רשות הגז, משרד החקלאות וכל מוסדות התכנון והבנייה. מעבר מיזמות שדורשת 'רק' היתר בניה ליזמות שמחייבת תב"ע, מחייב שנה וחצי במקרה הטוב, וסביר להניח שיגיע ל-3 עד 5 שנים. אין סינכרון ותיאום בין העולם התכנוני שמאפשר הקמת מתקנים של עד 5 MW ללא צורך בתב"ע וחוק משק החשמל שקובע שמתקנים קטנים הם עד 5 MW; חייבים לסדר את זה אחרת היזמות פשוט נעצרת ולא תהיה קוגנרציה בישראל, וגם המעבר לגז טבעי ימשיך להתעכב. תחום הגז זה עולם ומלואו, אבל בשורה התחתונה אם לא תהיה הכוונה ממשלתית שתתחבר לדיון הזה, לא תהיה הגזה של מתקנים בישראל. לאחר כל הדיבורים על גז טבעי ומאגרים – בינתיים רק 14 מפעלים מחוברים.

**עלי ברנע:** זאת לא הבעיה. ב-2017 יהיה מחסור בגז טבעי למדינה כי כל התכניות להגדלת הקיבולת הוקפאו; זאת גם אם הם יופשרו מחר בבוקר.

**יורם בלומנפלד:** זה לא נכון, עובדים על זה.

**עלי ברנע:** תחנת המדחסים כן. אבל הצינור השלישי הוקפא. הוא היה אמור להגדיל את יכולת הייצור של תמר עד 20 BCM בשנה.

**שחר בן מויאל:** אני חושב שמוסד נאמן כגוף מחקרי מכובד יכול לנתח ולתת לקברניטים תמונת מצב אובייקטיבית ולהציע הצעות שיתרמו מבחינה חברתית ומשקית בתחום זה, כמו גם בתחומים אחרים. אני חושב שיש מקום להמלצה מכם בתחום הקוגנרציה, שתפרט החלטות אופרטיביות שעל בסיסן כולם יתיישרו. התועלת המשקית של ביזור – קשה לכמת אותה בכסף, אבל אם יש החלטה אסטרטגית שקבעה ביזור במדינת ישראל, אז מבצעים אותה. כרגע רשות החשמל מסתכלת רק על הפחתת עלויות לצרכנים. הם לא פותרים את כל הבעיות וזה לא תפקידם. כך לדוגמה, אנחנו טוענים שתחום הקוגנרציה יעודד תעסוקה ויסייע להורדת יוקר המחייה אך נושאים אלה אינם באחריות רשות החשמל אלא באחריות משרדי הכלכלה והאוצר, שאמונים על עידוד התעסוקה. אם טוענים שזה חוסך אנרגיה שולחים אותנו למשרד האנרגיה שיממן מתקציב התייעלות אנרגטית.

**גרשון גרוסמן:** כלומר, אתה אומר שהחלטת הביזור תהיה החלטה של הממשלה?

**שחר בן מויאל:** שתהיה החלטת ממשלה על שולחן עגול ובמסגרתה כל ההחלטות האלו יכנסו, וביזור זה אחד היתרונות.

בנוסף, אני חושב שהקביעה לגבי שיעור הניצולת בתקנות קוגנרציה אינה סבירה. דרישה לניצולת במתקן קוגנרציה קטן של 70% מובילה אותנו לפוטנציאל מאוד מצומצם ופוגעת באפשרות של פיתוח משמעותי של מתקני קוגנרציה. זה מוביל אותנו לסיטואציות שונות ומשונות בהן אנחנו מאלצים את עצמנו להקים מתקנים לא יעילים מבחינה משקית בגלל הרגולציה שאינה תומכת. אני אלך משני כיוונים, אחד הניצולת, והשני היתר בנייה. אם זה עד 5 MW, אני אעדיף להקים 5 MW כי זה מהיר יותר, ואני מגיע להחזר ההשקעה מהר יותר. אבל מצד שני הצריכה באותו אזור תעשייה, ב-base load מצדיקה הקמת מתקן בהספק של כ-7-8 MW ואז נדרשת תב"ע שכאמור תהליכי הוצאתה ארוכים מאד ויקרים.

אני חושב שצריך להוריד את דרישות הניצולת ל-65%. ידוע לנו כי יש מחלוקות מאוד קשות במשרד האנרגיה ויש שם קולות שרוצים אף להעלות את הדרישה מ-70 ל-75%, וזה אינו סביר. יש גם קולות אחרים.

**סבטלנה קושניר:** אני רוצה להתייחס לתפקיד של דמות אחת במשרד התשתיות שנקראת מינהל החשמל. בתפקידו להיות אחראי על משק החשמל כולו, ובמסגרת הזו מינהל החשמל קובע מדיניות למשק החשמל כולו ולא עבור ייצרן כלשהו.

**ניסן כספי:** אבל אתם מסתכלים רק הנדסית, אתם לא מסתכלים כלכלית, הניתוח הכלכלי שלכם מוטעה מיסודו, והוכחתי את זה בחישובים ועבודות.

**אברהם זבדי:** אתם צריכים ללמוד לעשות את החישוב. סליחה שאני אומר לך.

**סבטלנה קושניר:** ובהמשך, עם הטכנולוגיות החדשות למתקני המחז"מים הגדולים, אנחנו יכולים להגיע בלי קוגנרציה לניצולת בסדר גודל כ-58-59%. ואם לקחת בחשבון את הדודים עם ניצולת 85% (מאוד שמרני) שנמצאים ברשות צרכן אנרגיה תרמית ללא ייצור חשמל על ידו, יחד אפשר להגיע עם ניצולת חשמל 58% ודודים 85% - לניצולת כוללת קרובה ל-70%. זה מסביר את ראיית מינהל החשמל, ובפרט למתקני קוגנרציה, בזה שעלתה הדרישה לניצולת כוללת בתקנות הקוגנרציה מ-60% ל-70%.

**שחר בן מויאל:** בהקשר הזה, מה שהצוות של רשות החשמל במסגרת גיבוש ההסדרה למתקני קוגנרציה קטנים עושה זה להסתכל על התחנה היעילה ביותר ואז הוא מגיע למספרים האלה. הוא לא משקלל את כלל התחנות, מה שמטה את הנתונים.

בדיוק בגלל חילוקי הדעות בדיון פה, ישנו הצד המקצועי ובסוף הוא זה שמחליט, וישנו הצד היזמי. יכול להיות שכהמלצה, שאותה תכנית אב, אותה ועדה, תזמן שולחן עגול – יבואו המומחים, יסבירו, יתנו עובדות ובסוסים, ושתתקבל ההחלטה. כי כמו שזה היום, בסוף כשאני צריך להגיע לאותו מינהל החשמל, הוא זה שקובע, וכיזם, מה אני יכול לעשות?

בנוסף אני חושב שצריך לקבוע פרמיה לטובת ייצור במקום הצריכה שתשקלל את החיסכון או העלויות המערכתיות שלא צריך להשית אותם על אותם יצרנים. יתרה מזאת אנחנו גם סבורים שאין להשית את עלויות התשתית על יצרני קוגנרציה קטנים. בוודאי ליצרנים שמייצרים במקום הצריכה.

**יבגניה ברנשטיין:** לא נראה לי סביר.

**שחר בן מויאל:** למה לא? אם אני מייצר במקום הצריכה עצמו, חסכתי השקעה בהולכה, בתשתיות, בשנאים, בפריסה של קווי חלוקה. ועכשיו יעלה הטיעון הנגדי שיגיד לי שפוגעים בתשתית הגז הטבעי. בואו נסכם שיש לקבוע באותו שולחן עגול האם בייצור במקום הצריכה יש תועלות משקיות, כי כרגע זה בסימן שאלה. אנחנו כיוזמים חושבים שיש תועלות משקיות. הגורמים הכלכליים, ואני מבין שגם המקצועיים, חושבים שאין.

**יורם בלומנפלד:** אני רוצה לחזק את מה שד"ר ברנע אמר – בהתבסס על מקרה שאני בדקתי ב-2008, כאשר שלושה מפעלים - דור, יונידרס ובלובנד פנו אלינו לחברת החשמל בבקשה לבדוק את האפשרות של קוגנרציה אצלם בצורה משותפת. שלחו לנו את עקומות הקיטור והחשמל ובדקנו התאמה הדדית בזמנים. זה מקרה שממחיש שיש כאן בעיה מהותית. לתעשייה שלנו אין יכולות לקוגנרציה רציפה. עובדים אמנם 5 ימים בשבוע אבל ב-2 משמרות בשלושת המפעלים, ואז בלילה אין כמעט צריכה, גם של חשמל וגם של קיטור. בסוף שבוע אף אחד לא עובד, לפי חוק שעות עבודה ומנוחה. חשמל אמנם אפשר למכור לאחרים, אבל אין למי למכור את הקיטור. מתקן הקוגנרציה מתוכנן לעבוד כל הזמן, בצריכה של השיא (peak), גם מבחינת קיטור וגם מבחינת חשמל, אבל בסופי שבוע חורגים מהתכנון.

**ניסן כספי:** אז שלא ייצר חשמל. שידומם.

**יורם בלומנפלד:** אבל אז הוא צריך להחזיר את העלות של הציוד שלו תוך שימוש רק בחלק מהזמן. אני מדבר על 2008, עם נתוני גז טבעי בעלויות מסוימות שהנחנו, כי עוד לא היו אז נתונים כמו היום.

**ניסן כספי:** ב-2014 ו-2015 הוא מחזיר בלי בעיה.

**גרשון גרוסמן:** אז מה אתה ממליץ?

**יורם בלומנפלד:** אני חוזר להגדרה של קוגנרציה. צריך להתחשב בנושא של השישי-שבת, כפי שאמרנו, אני רק מחזק דברים אלה.

**סבטלנה קושניר:** אני עושה את חישובי הקוגנרציה. אני זאת שעשיתי לרמת גבריאל, וגם לנילית. הם נותנים לי את שעות העבודה של המפעל ואני מתייחסת אך ורק לשעות העבודה של המפעל הזה, ומחשבת את הנצילות בהתאם, ולא לפי סה"כ השעות בשנה.

**ניסן כספי:** אם כך אין בעיה.

**יורם בלומנפלד:** והם לא מייצרים חשמל בסוף שבוע?

**סבטלנה קושניר:** לא.

**יורם בלומנפלד:** ואת בודקת גם אם המתקן כלכלי?

**סבטלנה קושניר:** לא. אני בודקת רק את הנצילות.

**יורם בלומנפלד:** מבחינת הנצילות, בשעות העבודה הם יכולים לעמוד, כמו שאמרת. הבעיה היא כשמורידים יומיים בשבוע, אז החזר ההשקעה מתפרש על הרבה יותר זמן.

**אדי בית הזבדי:** אין ספק שדרושה מדיניות ממשלתית בעניין הזה. הממשלה צריכה להחליט מה לעשות.

**מרים לב-און:** אשתדל לקצר כי הרבה דברים כבר נאמרו, ואני באה מפרספקטיבה יותר רחבה - מארה"ב. אחד הדברים שדיברנו עליהם במצגת שלנו ורציתי להוסיף להמלצות: בארה"ב התהליך של הטמעת קוגנרציה הוא תהליך מאוד ארוך, ונמשך כבר הרבה שנים. יש אמנם פוטנציאל ייצור יותר גדול בתעשייה אבל אחד הדברים הכי חשובים היה שמשרד האנרגיה הקים מרכזי תמיכה אזוריים. כמו שדובר פה על אזורי תעשייה, או מרכזי אנרגיה לאזור תעשייה. כדי ליישם את זה צריך איזושהי תמיכה. אני לא יודעת אם זה משרד התשתיות או גוף ממשלתי אחר שיתן את ההדרכה המתאימה למפעלים ויעזור להם לזהות את הפוטנציאל שלהם מבחינת צריכת החשמל, הקיטור, והקיור. צריך שתהיה להם הדרכה גם מבחינה טכנית וגם מבחינה רגולטורית וכשהם יפנו לבנקים יהיו להם תשובות. אז זאת אחת ההמלצות שלנו - הקמה של מרכזי הדרכה - Technical Assistance Partnership.

**פרי לב-און:** בארה"ב זה בתמיכה של משרד האנרגיה האמריקאי, ה-DOE באמצעות ה-regional partnerships.

**גרשון גרוסמן:** אני זוכר שבארה"ב יש מה שנקרא CHP Roadmap.

**מרים לב-און:** יש בארה"ב מה שנקרא SEE - State and Local Energy Efficiency Action Network והם הוציאו ב-2013 מדריך למדינות בארה"ב:

Guide to the Successful Implementation of State Combined Heat and Power Policies.

[https://www4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/see\\_action\\_chp\\_policies\\_guide.pdf](https://www4.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/see_action_chp_policies_guide.pdf)

ואני חושבת שזה חשוב. אמנם יש הרבה ידע ורצון טוב אבל צריך משהו יותר מערכתי שייתן מענה, גם לכל הבעיות של הקונפליקטים בין הרגולטורים השונים, ויבדקו איך אפשר לקדם את הנושא. דבר נוסף הוא הפחתת פליטות. אני מתייחסת עכשיו לא רק להפחתה של פליטות מזהמים קונבנציונליים, אלא יותר ספציפית להפחתה של פליטות גזי חממה. מאוד חשוב שיהיה נוהל מסודר על אופן חישוב ההפחתה של פליטות גזי חממה שאפשר לצפות מתחנות של קוגנרציה. יש פה בעיה לוגית, כי המפעל שעושה את הקוגנרציה למעשה שורף יותר דלקים, אבל הוא תורם להפחתה לא ישירה ע"י ייצור משולב של חום וחשמל שהוא בעל נצילות גבוהה.

**רפי מגן:** במקום הצרכן.

**מרים לב-און:** אולי זה במקום צרכן אחר. אז צריך שאפשר יהיה להתחשב במה שאותו מתקן קוגנרציה חסך מהרשת. ויש בעיה לקבוע למי מגיעות הזכויות על ההפחתה הזאת. אנחנו מתמודדים עם זה גם במערך הדיווח הוולונטרי שמוסד שמואל נאמן מנהל עבור המשרד להגנת הסביבה, ואין לנו פתרון. עכשיו, כשאנחנו נכנסים לשלב של הסתכלות על הפחתת פליטות במדינה, ולא רק דיווח על הפליטות, אנחנו מתחילים להתמודד עם זה, וזה אחד הדברים שצריך עבורם נוהל מסודר. רציתי גם לחזק את מה שפרי לב-און אמר. אחד הנושאים שבהם נמצא פוטנציאל מבחינת משרד האנרגיה, וגם המדינות השונות בארה"ב, הוא לעודד הקמת מערכות של קוגנרציה בשלטון המקומי, לערב אותו בתהליך ולראות עד כמה ניתן ליהנות ממערכות כאלה, גם כדי לספק את צרכי האנרגיה של השלטון המקומי, וגם כאפשרות שהם יספקו חשמל וחום לתושבים.

**יבגניה ברנשטיין:** אני בספק. אם מדובר על איזו מועצה באזור כפרי זה יכול להיות, אבל לא אם את מדברת על עיר?

**מרים לב-און:** אני מעלה את זה בתור אחת האפשרויות בחלק מהתכנונים של אזורים חדשים, ואפילו בערים קיימות, אבל בוודאי באזור חדש שמתוכנן כחלק מבניה ירוקה או פעילויות אחרות של המועצה. אני לא יודעת אם זה טוב, זה לא יכול להיות רע.

**יבגניה ברנשטיין:** המצב הוא שתושבים מודאגים ומאוד קשה לאשר תחנת כוח, אפילו רחוקה ממגורים בכמה קילומטרים. אנחנו באמת בבעיה, כי אנחנו יודעים שניתן לאשר, אבל התושבים מתנגדים. אין הזדמנות לתחנת כוח פרטית שמשתמשת בדלק; אני לא מדברת על PV שגם בזה יש בעיות.

**מרים לב-און:** אני יכולה להבין את הבעיות עם פליטות של פיח מתחנות כוח ומחזי"מים שמבוססים על סולר, אבל גם עם שריפה של גז טבעי יש בעיות?

**יבגניה ברנשטיין:** כן, תחמוצות חנקן וחלקיקים בכמות קטנה נפליים. אני מתארת מצב אמיתי. אומרים שבאירופה מקימים גם משרפות לאשפה, אבל אצלנו לא.

**פרי לב-און:** וודאי שהתושבים יתנגדו לכל מפעל שעומדים להקים ליד מגורים, ובצדק, אבל יש אפשרות להקים ועדות של התושבים בשיתוף של החברות והמשרד להגנת הסביבה, לשבת ולדון ולהסביר. הבעיה הגדולה בישראל זה שנים היא חוסר הסברה נכונה בכל המובנים, גם בשטחים האלה.

**יבגניה ברנשטיין:** לא צריך ועדות. חוק אוויר נקי קובע שכל היתר פליטה צריך לקבל התייחסות מהציבור, טיוטת ההיתר מתפרסמת ופתוחה לציבור לכל התנגדות. אם התושבים נגד, לא יעזור לשבת איתם. היה מקרה של הקמת תחנת כוח פרטית בדרום, התושבים הגישו התנגדות לכנסת, והכנסת קיבלה את התשובות שלנו, שאין סכנה, לא מבחינת חומרים מסוכנים ולא מבחינת זיהום אוויר. זה לא עזר, התושבים המשיכו להתנגד.

**ניסן כספי:** בסוף בית משפט מחליט.

**יבגניה ברנשטיין:** באזור מגורים זה לא יקרה.

**רפי מגן:** אני לא מדבר על להכניס את זה בשיכון ל'.

**גרשון גרוסמן:** תודה רבה. יש הצעה, אני חושב שזאת המלצה טובה, להקים מנגנון שישתף את הציבור בצורה כזו או אחרת.

**יבגניה ברנשטיין:** הוא קיים. מנגנון זה קיים גם בתהליך סטטוטורי וגם בתהליך היתרי פליטה.

**גרשון גרוסמן:** מה שקיים זה הדרישה לקבל תגובות מהציבור, אבל לא קיים להקים ועדה.

**פרי לב-און:** בארה"ב זה נקרא (Community Advisory Program) CAP.

**גבריאל קינן:** יש גם בארץ. כנראה באותה תחנה שמדובר בה, בבאר טוביה, היו תהליכים של הידברות עם הציבור; זה לא עוצר אף אחד בציבור הזה מלהמשיך להתנגד. זה רק מאפשר הסברה יותר טובה, העובדות על השולחן, ומי שרוצה יסרס אותן.

**יבגניה ברנשטיין:** לא תמיד וועדות עוזרות, להביא 8 משרדי ממשלה ומוסדות אחרים זה יותר מדי. 4 לתחנות כוח זה מספיק, אם נביא 8, לא נגיע לשום דבר.



**רפי מגן:** בארץ למזלנו יש המון יזמים מאוד פעילים. יש כרגע עשרות פרויקטים בתחום הקוגנרציה בשלבי קידום כאלה ואחרים. עסקאות ראשונות נחתמו, יש כאלו שבשלבם מאוד מתקדמים, וזה למרות כל מה שאנחנו שומעים. זה מדהים. יש גם פרויקטים של טריגנרציה עם נצילות כוללת של מעל 80%. התחום קיים בעולם ומצליח בעולם וכך גם יהיה בישראל. למעשה לא צריך הרבה מהרגולטורים, בעיקר צריך שהתהליכים יזרמו, זה הכול. זאת לא בקשה כזאת גדולה.

**ניסן כספי:** אם אין הסדרה, איך אתה רוצה שיקימו תחנות כוח?

**רפי מגן:** ברור. זה פשוט אבסורד. רואים את זה בהסבות לגז, מפעלים נאנקים, והרי לא מדובר פה בפיתוח נשק גרעיני, בסה"כ מחברים צינורות, זו לא דרמה. זה לוקח שנים. סיפרו לי בחברת הנדסה שרשות הגז ביקשו מהם את הטמפרטורות בזמן ההסבה; נתנו להם את צפי הטמפרטורות, ואז התעקשו שיגידו להם מה תהיה הטמפרטורה ביום ההקמה. איך אפשר לדעת דבר כזה? לוקח שנים לעשות כל דבר קטן.

עכשיו בנוגע לתהליכי רגולציה. שולחן עגול זה רעיון מצוין, אבל צריך כזה שנפגש כל שבוע, לא רבעוני. צריך גם SLA (Standard Level Agreement), משך זמן שמגדירים כסטנדרט לתגובה. והוא נמדד, ובאחוז מסוים מהמקרים צריך לעמוד בו. למשל, אם שולחים התנגדויות לחברת הנדסה, החברה עונה תוך 3 ימים ועכשיו יש עוד סיבוב של 2-3 חודשים. צריך הכל עם SLA, הכל ממועד, הכל נמדד. ככה עובדות חברות מצליחות והמדינה צריכה להתנהל אותו דבר.

**אדי בית הזבדי:** אפריע לך ואומר – כדי לקבל תגובות ציבור למשהו אנחנו צריכים לפחות חודש או חודש וחצי.

**סבטלנה קושניר:** 45 יום.

**רפי מגן:** אז זו תקלה. ישנו החלק אחרי זה של הרגולטור, שצריך להתייחס אליו מהר ולהריץ הלאה. בנוסף יש גם דברים קונקרטיים שאפשר לעשות. לא נקבע עדיין האם יושתו עלויות מערכתיות על תחנות קוגנרציה. אמנם הנושא עלה בשימוע, אבל זה לא מספיק. צריך להחליט. גם אם זה לא טוב, צריך שזה יקבע ושידעו.

אני חושב שגם צריך הגנת ינוקא שכאשר מגיעים ל-X מגה וואט יחול פטור מעלויות מערכתיות. שיהיו אפילו 30 MW, אבל איזושהי הגנה שתהיה. ובנוסף, לי לפחות לא ברור האם זה נמדד על הייצור בפועל או על התפוקה הכוללת.

**ניסן כספי:** ייצור בפועל.

**רפי מגן:** טוב מאד. דבר נוסף, אני חושב שצריך להחיל קונספט של מונה נטו, כמו שיש באנרגיה ירוקה, גם לתחנות קוגנרציה.

**אדי בית הזבדי:** אני מסכים אתך לחלוטין – לפי שווה ערך חשמל.

**גבריאל קינן:** אבל אתה צריך לקבל אז את העיקרון של ה-must run לגבי קוגנרציה, ואת זה לא קיבלו.

**עודד אגמון:** אפשר ללכת צעד אחד קדימה, להכיל בתוך 'אנרגיות מתחדשות' גם קוגנרציה ונגמור את העניין. יש מדינות שעושות את זה. והכוונה ל- must-run כלכלי.

**רפי מגן:** יש גם נושא של אבטחת אספקת גז לתחנות. כשאתה מקים תחנה, אם אתה לא בטוח שתקבל גז בהמשך בגלל חוסר קיבולת, זו בעיה. אם מספקים 95% מהביקוש המקומי, מה קורה בתחנה?

**ניסן כספי:** היא תעצור 5% מהזמן. אין ברירה.

**עלי ברנע:** מי שאומר שאי אפשר לאגור גז טבעי טועה. אפשר לאגור אותו במצב נוזלי וזה לא מידי יקר. החשבון שלי מראה שמאגר גז טבעי בתחנת כוח עולה 10% פחות ממאגר סולר שהרגולטור מחייב אותנו להקים (ל-100 שעות חירום). זה נשמע אבסורד ברגע הראשון, אבל צריך לזכור שכשאני מדבר על עלות אני מדבר על עלות של מיכל מלא. סגרנו עכשיו מכרז בדליה; עולה הרבה עשרות מיליוני שקלים רק למלא את המכלים בסולר. בטוח שאותו מיכל המיועד לגז הרבה יותר יקר; אבל כשהוא מלא בגז טבעי מנוזל, העלות יותר נמוכה לעומת סולר. וזה עונה על הצרכים של האבטחה. זה לא תחרותי מול גז מצינור.

**רפי מגן:** עוד נקודה. כמו שיש ביטוח סחר חוץ כנגד סכנה של פשיטת רגל של מפעל, הייתי מחיל את זה גם פה; לפחות אופציה לרכוש ביטוח סחר חוץ על המפעל, בדומה לסיכון אשראי. המפעל יודע להתחייב על זה שכל עוד הוא קיים הוא באמת יקנה את התוצרים של התחנה, רק צריך לבטח את קיומו. בזה המדינה מאוד יכולה לעזור לדעתי.

**ניסן כספי:** מי ישלם את הביטוח הזה?

**רפי מגן:** משרד התעשייה. בסופו של דבר החשיבות של הנושא היא הכי גדולה לתעשייה בישראל. מגבלת ה-5 MW היא כאב לב אמיתי. אני יכול להגיד לכם כנציג רולס רויס: מנוע של 5, 7.5 ו-9.5 מגה וואט עולים בערך אותו דבר.

**שחר בן מויאל:** כאן חשוב לציין שחוק משק החשמל קבע פעם שתחנת כוח זה מעל 5 MW.

**גבריאל קינן:** זה סף שרירותי.

**רפי מגן:** חבל מאוד שהסף הזה קיים. בעולם רולס רויס מוכרת בעיקר מנועים של לפחות 6.5 מגה וואט. בדרך כלל 7.5 ו-9.5 מגה וואט.

**ניסן כספי:** הורדתי הספקים כדי להיכנס מתחת לסף ולהתחיל לעבוד.

**גרשון גרוסמן:** אז אתה מציע שיעלו את הסף.

**שחר בן מויאל, סבטלנה קושניר:** זה שינוי חוק משק החשמל.

**ניסן כספי וגבריאל קינן:** זה התהליך הסטטוטורי, לא משק החשמל.

**רפי מגן:** דבר אחרון - יש אפשרות להקים תחנה במפעל אחד והוא ישרת את המפעל הסמוך לו. מה שחשוב כאן זה היכולת לחבר את החשמל, לא דרך רשת החשמל, בלי לשלם עלויות נוספות.

**סבטלנה קושניר:** זה מכוסה בתקנה 13.

**גבריאל קינן:** אני אגע בנושא של סיווג לקוגנרציה. החטאים שגרמו לוויכוח הזה - הייתי שותף להם, וגם עלי ברנע. בשנים הראשונות שהתפרסמה הקוגנרציה היו הזדמנויות למתקנים גדולים. מפעלי ים המלח היה שותף גדול לנושא הזה. הנצילות של 60% שחלה אז, והיה הגיוני כשקבעו אותה, גרמה לכוונות של ניצול לרעה, מאוד על ידי ים המלח והתוכניות שלהם דאז, כי עם 220 טון קיטור/שעה אפשר היה להמריא עם 60%. ועם 120-150 טון קיטור/שעה בחדרה גם כן אפשר להמריא למספרים גבוהים מאוד; והמראנו. ואז חטפנו סטירות מימין ומשמאל וחזרנו למוטב. אבל בתהליך הזה יצרנו שם רע לקוגנרציה, שתוקן על ידי ההזזה ל-70%, בעצם בשביל להגביל את היצרנים גדולים. ה-70% האלה, נשארו כעונש לא סביר לקוגנרציה הרצויה (בניגוד להזדמנותית) שבה מדובר על הרבה פחות מזה, על 50% ומטה. ההערה הראשונה שלי היא - לא יתכן שיהיה כלל אחיד לכל התחום רק מכיוון שיש בו המילה קוגנרציה. למרות, ופה מתחיל החטא השני, הבסיס להשוואה שעליו מסתמכים כשמכניסים מערכת חדשה למערכת צריך לעמוד מול המחז"מ - "60% כבר נהיה משהו סטנדרטי, תביא לנו משהו יותר טוב מזה, לפחות 70%, אחרת מה עשית?".

יש כאן שני חטאים. באחד דנו הרבה, והוא התמורה השולית לביזור שעולה עם הקוטר, כלומר ביזור עם הרבה אירועים חשוב יותר מביזור של כמה בלוקים גדולים מהחוטאים שדיברנו עליהם. העיסוק בביזור מיד אומר שמדברים על בסיס השוואה אחר מבחינה טכנולוגית, והוא - איך אפשר מביזור כזה בטכנולוגיה הטובה ביותר לעשות חשמל ללא קוגנרציה. ואז לבקש מדרגה. אם בביזור כזה ניתן להגיע לכ-42% בהפקת חשמל, אז ניתן לדרוש 55% או 60% לקוגנרציה. ולעומת זאת, לא לוותר לגדולים על ה-70%. אני חושב שזה הוגן. אבל ההכללה הזאת על כל התחום היא שגויה ואני חושב שצריך לקיים פה דיון מודרך.

**אדי בית הזבדי:** אנחנו מקיימים את הדיון הזה במשרד האנרגיה.

**גבריאל קינן:** אני אומר את התצפית שלי מפה. ואני מרגיש שאני מכה על חטא ממעורבות שהייתה לי בעבר בתהליכים האלה.

**עלי ברנע:** אני מצטרף.

**גבריאל קינן:** אני רוצה גם להעיר (לסבטלנה קושניר): כשאת עושה את החישובים את צריכה לראות לפניך את שיא ההפקה הצפוי. את לא יכולה לקחת רק את המחז"מ המצטיין היחיד שיופעל ב-base load כל הזמן, שגם אם הוא מצהיר במעבדה על 59%, עם כל הכבוד לכמה יצרנים ידועים, הוא לא עושה 59% במציאות; ומי שחותם על ההצהרה הזאת יודע שצריך לעשות חשבון ריאלי כי הוא ידווח כל שנה על התוצאה בפועל ויעמוד ויישפט לפי זה.

**אדי בית הזבדי:** אם תעשה אופיין של תחנת כוח, תוכל לראות את זה.

**גבריאל קינן:** שימו לב, המחז"מ המצטיין שנרשם עליו 59%, יעשה 53% במוצע שנתי בפועל, והצי (של תחנות הכוח) שקיים על ידו בשביל לספק את הדרישה בכל השעות, הצי המודרני, כולל הפיקרים, יעשה לא יותר מ-45% במוצע. לא צריך לעמוד מול הקצה, צריך לעמוד מול ממוצע הצי, ואני מדגיש, לא הצי הישן, הצי החדש. יש לתאר את הצי החדש באופן ריאלי והפוטנציאל צריך להישפט כלפי זה. כלומר גם השיפוט שעושה עודד אגמון בנושא הערך השולי צריך ללכת מול הצי לא מול השוליים. לא להיות אחיד במושג הקונגרציה, לגודל קטן וגדול, קודם כל. אנשים נאבקים על השתייכות לסיווג.

**יוסף סוקולר:** אתה מציע לעשות הפרדה בין הגדול לקטן ברפרנס? כלומר את הגדול אני משווה מול רפרנס גדול ואז את הקטן מול מה?

**גבריאל קינן:** קודם כל יש לעשות קטגוריזציה כי העיסוק באחוזי הנצילות בא למנוע ניצול לרעה, ואני מודה שזה כלי חשוב שהוכיח את עצמו, כי אכן הייתה כוונה לניצול לרעה. את ה-70%, או אפילו 75%, יש לשייך ליצרנים הגדולים. הגורם היחיד במערכת שרוצה לקבוע 75%, שואב מהמסמך האירופי שמעלה לאחרונה ל-75% אחרי ההנחות שהיו במשך הרבה שנים במטרה להניע את התעשייה לתחום. אני שומע מעמיתים שלי מאיטליה וספרד, כלומר בדרום אירופה בה אין שירותי חימום למגורים, שמתעלמים מזה לחלוטין. מפרים ולא מתייחסים לרגולציה הזאת כי מותר, תחת אותה רגולציה, לרמה המקומית, לקבוע קריטריון אחר וזה מה שיקרה שם בפועל. כלומר, מי שנאחז באירופה בתור בסיס ל-75% כדבר המודרני החדש, שישתכלל היטב איך זה מיושם במדינות דרום אירופה – זה לא אמיתי. זאת הייתה הערת שוליים. לעניינו – אני מציע להתייחס ל-3 קטגוריות. מה שמשמעותית מעל ה-50 מגה וואט (למשל 200 מגה וואט) צריך להישאר ב-70%, איפשהו בין ה-50 ל-5 מגה וואט יש לרדת מתחת ל-60%, ועבור מתקנים מתחת ל-5 מגה וואט, אם השימוש בחום הוא מהותי בשימושם, ולא מלאכותי

לצורך הסיווג כקוגנרטור, ניתן להסתפק גם ב-50%. כל זאת בהבנה החיונית שאנו עוסקים במדידת הנצילות הממוצעת השנתית ולא תופעות רגעיות (או בתנאי מעבדה).

**עלי ברנע:** צריך להסתכל על הציודים.

**גבריאל קינן:** אני לא סוכן של אף אחד ולכן איני יכול לקבוע את הסרגל לפי מוצרים.

**עודד אגמון:** למה אתה רוצה ללכת על משהו דיכוטומי, למה לא משהו רציף?

**גבריאל קינן:** אפשר לעשות פונקציה רציפה, אבל בגלל שיקולי הביזור, היא צריכה להגיע ל-50% או 45% אפילו בסף התחתון שלה, ולעלות עד 70% בקצה העליון שלה. זה נראה לי מאוד אלגנטי.

**יבגניה ברנשטיין:** ל-LCP (מתקני שרפה גדולים, Large Combustion Plant) לדוגמא יש פרק energy efficiency וככה זה נקבע באירופה. שם נקבעו כל הנצילות הנדרשות.

**ניסן כספי:** אבל הטמפרטורה בארץ היא לא כמו באירופה.

**יבגניה ברנשטיין:** התכוונתי שנשתמש בזה כבסיס, לא לקחת אחד לאחד.

**ניסן כספי:** אני מציע להשתמש במה שנקבע במדינות המפרץ הפרסי. שם יש קירור אזורי (district cooling) וזה מה שאנחנו צריכים. אסי שלגי, מנכ"ל משרד האנרגיה והתשתיות לשעבר, עשה פרויקט ענק בדובאי, לרבות עבודה כלכלית יוצאת דופן, ניתן למצוא עותקים שלה באינטרנט – מה זה קירור אזורי ואיך לעשות את זה. דרך אגב, זה היה בשיתוף עם מפעל התפלה מאוד מעניין וזה עובד מאוד יפה באיחוד האמירויות, עד היום. צריכים להתאים את זה לטמפרטורות בישראל. אנחנו חיים במדינה חמה.

**גרשון גרוסמן:** אז אתה אומר שהנצילות שמצטטים פה לא מתאימות לנו?

**ניסן כספי:** הן דמיוניות.

**גרשון גרוסמן:** אז מה כן צריך להיות?

**ד"ר עלי ברנע:** נצילות של טורבינת גז היא פונקציה של הטמפרטורה בסביבתה. אי אפשר לאמץ וגולציה אירופאית כי יש הבדלי טמפרטורות.

**ניסן כספי:** אני אסביר בקצרה. עם קוגנרציה באירופה אפשר לנצל את שולי החום עד לטמפרטורה יורדת של  $50^{\circ}\text{C}$ , כי אפשר להסיק בזה בתים. בישראל מנצלים את החום לקיטור, כלומר בטמפרטורות של  $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$ , ואחרי שהקיטור עשה את העבודה, נשארנו עם  $280^{\circ}\text{C}$ , וזה חום שיורי (waste heat). כלומר, כל פער הטמפרטורה מ- $280^{\circ}\text{C}$  ומטה הוא אובדן, אי אפשר לנצל אותו.

**גרשון גרוסמן:** למה? אי אפשר להשתמש בו להפקת קירור?

**ניסן כספי:** אפשר אם יש צרכן שיכול לעשות טריגנרציה.

**גבריאל קינן:** אבל עדיין לא תרד ל- $50^{\circ}\text{C}$  אם אתה רוצה COP מתקבל על הדעת.

**גרשון גרוסמן:** בטמפרטורות כאלה ניתן להגיע ל-COP של 0.7, זה לא רע.

**ניסן כספי:** אז אולי במקום ל- $280^{\circ}\text{C}$ , תרד ל- $160^{\circ}\text{C}$ . עדיין יותר מ- $100^{\circ}\text{C}$  אבדו. מאוד מאוד קשה ביחידות קטנות להגיע ל-70%.

אם רפי (מגן) יביא מנוע רולס-רויס של 5.6 MW הוא יצליח לייצר לא יותר מ-3 טון קיטור לשעה. הנצילות במקרה הטוב תגיע ל-63%, רגעית, אחרי שניצלו את הציוד עד תומו.

**שחר בן מויאל:** ההצעה האופרטיבית היא או פונקציה רציפה או מדרגות – קטנה, בינונית וגדולה.

**עלי ברנע:** המדרגות (במגה-וואט) שאני מציע זה 5 עד 20, 20 עד 110, ומ-110 ומעלה.

**ניסן כספי:** אין צרכנים כאלה בארץ.

**סבטלנה קושניר:** יש.

**ניסן כספי:** לגבי היתרון לגודל. יש אגדה אורבנית שאם תחנת הכוח היא מאוד גדולה אז יש לה יתרון בעלות ההתקנה. היום התפרסמה ב"דה מרקר" עלות ההתקנה של דוראד – 1.13 מיליארד דולר. כלומר 1.345 מיליון למגה-וואט. אין יתרון לגודל.

ליח' מגה-וואט אנחנו בערך באותו מחיר כי עלות התכנון של תחנה גדולה מאוד יקרה, עלות החיבור מאד יקרה, ועלות הקרקע מאוד יקרה. תחנת כוח קטנה מגיעה בתוך אריזה, מיוצרת במפעל ולכן גם יותר זול לייצר אותה ובשורה התחתונה זה מתאזן. כלומר כל היתרון לגודל זה אגדה אורבנית. תחנות הכוח הקטנות (לפחות אלו שאנחנו עוסקים בהן) נותנות הטבה כלכלית לתעשייה משמעותית יותר טובה מכל ספק חשמל רחוק. ספק חשמל רחוק היום מספק את החשמל לפי בסיס רכיב ייצור עם

הנחה על רכיב הייצור. יצרני החשמל הפרטיים בחצר נותנים 100% יותר הנחה (פי 2) על החשמל לאותו צרכן.

**גרשון גרוסמן:** מה נחשב לתחנה קטנה?

**ניסן כספי:** עד 14 MW, חיבור מתח גבוה.

**עלי ברנע:** גם 70 MW ניתן לתת ונותנים בפועל פי 2 הנחה לצרכן שבאותו אזור תעשייה.

**ניסן כספי:** אבל לא קוגנרציה. אני מדבר רק ביחס ליצרן מחז"מ גדול רחוק. אנחנו נותנים הנחה כפולה יחסית לדליה. קיטור – ההטבה שתחנת הכוח יכולה לתת למפעל בעלות הקיטור היא 25% לפחות יותר זול מאשר ייצור הקיטור על ידי שריפה בבוילר. כלומר, ההטבה הכלכלית היא למפעל. פה באה תאוריית החלחול – הרי אם למפעל תהיה אנרגיה יותר זולה, חלק מזה, לא הכול, יעבור לצרכן. אם המפעל הוא יצואן, סביר להניח שנחזק אותו בצורה משמעותית. אם הוא לדוגמה משרדי גוגל בישראל, וניתן לו את כל מיזוג האוויר כמים קרים מאוד זולים, היתרון התחרותי של ההיי-טק הישראלי יעלה משמעותית ואין ספק שאתם לא לוקחים בחשבון את העובדה שאנחנו גורם התחרות הרציני והחזק ביותר בשוק. כל ההסכמים שלנו הם הסכמים שכוללים take or pay, לפחות ל-5 שנים. אם המפעל פשט רגל אין מה לעשות, אין שום ביטוח שיחזיק אותו. אבל כל ההסכמים שלנו הם take or pay תרמי. לגבי הנושא של כדאיות הנדסית מול כדאיות כלכלית – אני בא מעולם ההנדסה קודם, ואחרי זה חשבונאות. לכן יש פער גדול מאוד בין העולם ההנדסי, שמסתכל תמיד במודל של worse case design, לבין העולם הכלכלה שמסתכל על ההתפלגות, החציון והמוצע. לכן נוצרים פערים, וכל עוד לא יהיה שולחן עגול שבו תהיה הידברות אמיתית בניסיון לסגור את הפערים האלה – זה לא ייסגר לעולם ונמשיך להיפגש בסימפוזיונים. זו פעילות מבורכת, נשמח אם יהיו עוד כאלה. לגבי פליטות – אם הולכים על האסטרטגיה שסבטלנה קושניר מבקשת – ניקח חשמל מחברת החשמל ובמפעל נבנה דוד קיטור.

**סבטלנה קושניר:** לא אמרתי חברת החשמל.

**ניסן כספי:** סליחה, 'עולם החשמל' יספק חשמל ובמפעל יוקם הדוד. נצילות הדוד 85%. אז אני אומר על זה שאובדני הרשת מאוד מאוד גדולים, כלומר אם הולכים ב-ISO, 59% ובפועל 55% ואובדן ברשת 3-4%, חזרנו לנצילות של מנוע פשוט 'חבר וסע'. דבר נוסף, יהיו פה שתי שריפות: במקום אחד נשרף דלק לייצור חשמל והוביל אותו רחוק, ובמקום שני נשרף דלק בדוד. כלומר, קיבלנו שני אתרים של פליטות ולדעתי זה מזיק לסביבה. אפשר להימנע מזה בקוגנרציה גם ברמות של 55%. זה הרבה יותר ריאלי.

**מרים לב-און:** בגלל זה דיברתי על כך שצריך לקבוע נוהל מסודר שאפשר יהיה לחשב את הפליטה שנמנעה.

**סבטלנה קושניר:** אומר כמה מילים. קודם כל משרד התשתיות הלאומיות האנרגיה והמים מעודד יצרנים בקוגנרציה על ידי כוונות להארכת התקנות שתוקפן פג ב-31.12.2014. לצורך זה יצאנו בפניה לציבור לראות מה הפוטנציאל של קוגנרציה. התקנות פועלות כ-10 שנים, רישיונות אחרונים ניתנו ב-2011, חוץ מכמה רישיונות שבאו אלינו בסוף 2014. אני מדברת על כלל המתקנים, גדולים וקטנים.

**עודד אגמון:** מה את מסיקה מזה?

**גבריאל קינן:** הייתה תקופת הלם.

**שחר בן מויאל:** זו תקופה שבה המתינו לגז טבעי.

**סבטלנה קושניר:** הממשלה הוציאה את חוק משק החשמל ב-1996. מטרת החוק היא להסדיר את הפעילות במשק החשמל לטובת הציבור, כלל הציבור, לא רק התעשייה או המלונאות... הכלכלה באה אחרי ההנדסה. ולפי ההנדסה אנחנו רואים שהנצילות צריכה להיות מעל 70% כדי שמתקן יהיה כדאי למשק החשמל. אולי מתקן בנצילות יותר נמוכה כדאי למפעל הספציפי, אבל למשק החשמל הכללי זה לא משתלם.

**ניסן כספי:** אם הנצילות השולית הגבוה ביותר היא ISO 59%, ויש יצרן קוגנרציה עם 60% נצילות – האם לא עדיף?

**יוסף סוקולר:** לא, כי הנצילות החשמלית היא 59% אם מדובר במחז"מ, ויש נצילות של שריפה בדוד שהיא 85%, אז צריך לעשות ממוצע משוקלל, ולא להשוות בין 59% ל-60%, כי זו נצילות שכוללת חשמלית ותרמית.

**אברהם זבדי:** צריכים לרשום במסקנות שצריך ללמוד לעשות חשבון.

**גרשון גרוסמן:** מי שמערבב תרמי וחשמלי ביחד נותן תמונה לא נכונה. יש הבדל בערך התרמודינמי של קוט"ש חשמל לעומת קוט"ש חום. לדעתי, המדינה צריכה לחשב את ערכו למשק הלאומי של קוט"ש שמקבל תמריצים מהמדינה. ערכו של קוט"ש חשמל עולה בהרבה על זה של קוט"ש חום.

**סבטלנה קושניר:** אני עושה את החישובים בשווה ערך קילוואט חשמל.



בהתייחס למה שמרים לב-און אמרה בנוגע למרכז הדרכה ויעוץ: אנחנו לאחרונה, ממש בימים האחרונים, התחלנו בכתובת מדריך קוגנרציה עם הרגולציה החדשה לכל מי שמעוניין. אני מקווה מאוד שבקרוב הוא יפורסם.

**עודד אגמון:** אנחנו רוצים להתנתק מהעולם הזה של קונבנציונאלי – קוגנרציה. כל אחד יקים את המתקן שמתאים לו, וככל שהוא יעיל יותר, יקבל את התועלות שלו. ואם הוא פחות יעיל למשק, ישלם את הקנס על הזיהום. אין פה מספר אחד מוחלט. אני מסכים עם כל מה שניסן כספי אמר. המתקנים מאוד חשובים ואתם צריכים לעזור לנו בכימות התועלות האלו.

**ניסן כספי:** אנחנו מוכנים לעשות את הכימות.

**עודד אגמון:** בנוסף – העולם הזה של feed in tariff ועלויות משקיות מאוד כבדות שהנהגנו עד היום כדי לקלוט בשוק את אותם מתקנים – זה הולך ופוחת. המדיניות של המדינה היום היא לראות איפה התועלות ולעזור דרך התועלות. אם אין תועלת במתקן, שלא יקום.

**אדי בית הזבדי:** אני מסכים לחלוטין.

**עודד אגמון:** להכניס את הקוגנרציה תחת קטגוריות של 70% או 60% עם מגבלות שבאמת לא מחוברות למציאות – זה חסם שאי אפשר לשאת. גם לנו ברשות החשמל לקח שנה להבין את זה. צריכים להיות יותר גמישים בנקודות האלה.

**גרשון גרוסמן:** תודה רבה לכולם.

**אדי בית הזבדי:** לפני שתודה, אני רוצה לומר לך שאני מתחייב לשים את המסמך הזה על השולחן במשרד שלנו, ולא רק אצל המנכ"ל, גם אצל השר.

## פרק 5: סיכום והמלצות

מערכות קוגנרציה הינן בעלות פוטנציאל לחיסכון ושימור אנרגיה גדול מזה של כל אמצעי אחר הידוע כיום, כולל זה של האנרגיות המתחדשות. התועלת שבאמצעי זה מתבטאת לא רק בחיסכון אנרגטי לצרכן אלא גם בחיסכון באנרגיה למשק הלאומי, הקטנה התלות בדלק מיובא, הקטנת פליטות מזהמים ויתרון אסטרטגי הכולל שיפור האמינות עקב הביזור. כמו כן, מתקני CHP אינם תלויים בקרבה למתקני ייצור חשמל, וניתן למקם אותם במקומות מרוחקים. לפי תחזית הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, בשנת 2020 קוגנרציה עשויה להוות נתח של כ-1GW מהיקף ההספק המותקן במדינת ישראל, בהיקף של כ-18% מתפוקת משק החשמל. למרות גידול ניכר בהיקף הקוגנרציה בישראל בעשור האחרון, קיימים מספר חסמים לכך שהנושא אינו "ממריא" וביניהם חוסר תיאום בין רשויות רגולטוריות שונות, מחסור באספקת גז טבעי, והתנגדות הציבור החושש מפליטת מזהמים.

### המלצות:

1. יש להבטיח מערכת רגולטורית מתואמת, יציבה וברורה ליצרנים בקוגנרציה (וליו"פים בכלל). כיום אין התאמה ברגולציה בין רשויות הממשלה השונות, ולא פעם יש סתירות בין רגולטורים. מומלץ לבנות מהלך אישור שיהיה מקובל על כל המשרדים והרשויות הקשורות לאישור למתקן חדש, ושהאינטרס של כל אחד מהמשרדים והמוסדות יהיה בו. מהלך זה וסדר השלבים צריכים להיות ברורים. מוצע ליישם זאת ע"י הקמת פורום שולחן עגול, שסביבו ישבו הרגולטורים ונציגי המשרדים השונים, ילבנו בעיות ויגיעו לפתרון מוסכם.
2. יש לעודד הקמת מתקני קוגנרציה באזורי תעשייה אשר ישרתו באופן סינרגטי מספר מפעלים. בכל אזור תעשייה יש משבצת שירותים; מוצע להגדיר אותה כמשבצת אנרגיה, ולהקים שם מערכת שיודעת לקנות את הגז הטבעי במרוכז, לייצר חשמל, מים חמים, מים קרים, קיטור והתפלת מים אם יש צורך, ולמכור לצרכנים קטנים כאלו שלא היה סיכוי שיכנסו מעצמם לשימוש בגז טבעי. הצרכן מקבל את כל צרכי האנרגיה שלו, במחירים זולים יותר, בלי דאגה לתחזוקה ובלי שינוי במערכות הקיימות.
3. יש לעשות קטגוריזציה של מתקני קוגנרציה, כי העיסוק באחוזי הנצילות בא למנוע ניצול לרעה של הסדרות התעריפים. יש לסווג יצרנים בקוגנרציה ברמות תפוקה שונות. אפשר להגדיר פונקציה רציפה של נצילות - היא צריכה להגיע ל-50% או אפילו ל-45% בסף התחתון שלה (ליצרנים הקטנים), ולעלות עד 70% בקצה העליון שלה (ליצרנים הגדולים).
4. יש לפתור את בעיית הפעלת מערכת קוגנרציה בסופי שבוע, מתוך הכרה בתנאים המיוחדים של מדינת ישראל. יש לאפשר ניצול מקסימלי של ההשקעות שבוצעו במערכת ולאפשר הפעלת

הציוד גם בסופי שבוע, במקום שמתאים. במקביל, יש לבצע חישוב הנצילות על בסיס 5.5 ימים במקום 7, לצורך מתן התמריצים הממשלתיים.

5. יש להקים מערך של מרכזי ידע ותמיכה שיאפשרו ליזמים לקבל מידע טכני עדכני וגם הנחיות בדבר תקנות ורישיונות בכדי לעודד גם מפעלים קטנים ומוסדות ליישם מערכות קוגנרציה. ניתן ללמוד רבות בנושא זה מן הנעשה בעולם, ובמיוחד בארה"ב ובאירופה.

6. יש להאיץ פיתוח תשתית הגז הטבעי ולעשותו זמין למשתמשים פוטנציאליים בקוגנרציה.

7. יש לעשות לשיפור ההסברה ומודעות הציבור. במקרים רבים נמנעת הקמת תחנת כוח, גם כזו הרחוקה קילומטרים מאזור מגורים, מסיבות לא-ענייניות בגלל התנגדות התושבים, שאין לה הצדקה. הבעיה הגדולה בישראל זה שנים היא חוסר הסברה נכון בכל המובנים, גם בשטחים האלה.

## נספח 1: תכנית פרום אנרגיה: ייצור משולב של חום וחשמל

פתיחה	13: 10-13: 00
משה דן הירש, מהנדס יועץ אנרגיה ובקרה	: 13: 20-13: 10
סקירת התפתחות משלב מהפיכת יצור חשמל פרטי בישראל בדגש על מאיצים ובלמים	
אדי בית הזבדי, משרד התשתיות, האנרגיה והמים, אגף שימור אנרגיה	: 13: 40-13: 20
קוגנרציה בעיר חכמה	
ד"ר דן וינשטוק, יועץ אנרגיה	: 13: 50-13: 40
ייצור משולב של חום וחשמל כמענה לאיומים על מערכת החשמל	
ניסן כספי, גלובל פאוור בע"מ	: 14: 00-13: 50
מהן ההגנות הדרושות ליזם בקוגנרציה לצרכי מימון?	
ד"ר מרים וד"ר פרי לב-און, קבוצת לבאון LLC	: 14: 10-14: 00
Opportunities and Barriers for Implementing CHP for Energy Efficiency	
עודד אגמון, הרשות לשירותים ציבוריים חשמל	: 14: 20-14: 10
הסדרות המשך למתקני קוגנרציה ברשת ההולכה ורשת החלוקה	
הפסקה	: 14: 35-14: 20
דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות:	: 17: 00-14: 35
<p>מהם המכשולים העומדים בפני ייצור משולב של חשמל וחום במערכות קוגנרציה בארץ?  מדוע הנושא אינו "ממריא", למרות התקנות הממשלתיות לעידוד הנמצאות בתוקף?  מה ידוע על תכניות לעידוד קוגנרציה בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?  מה ניתן ללמוד מפרויקטים בתחום הקוגנרציה שהוקמו בארץ, כאלו שהצליחו וכאלו שנכשלו,  על הגורמים להצלחה ועל הגורמים לכישלון?  מהן ההגנות הדרושות ליזם בקוגנרציה לצרכי מימון?  מהי קוגנרציה ראויה (יחסי תרמי/חשמלי ונצילות)?  האם על הרגולציה להבחין בין הקמה/הסבה כחלק מתהליך תרמי קיים לבין מתקן ותהליך  חדש? (בקיים, חלק ניכר בהשקעה החדשה בא לשחזר תפוקות שמושגות בציוד שכבר הושקע)  בעיית קונפליקטים עם התייעלות אנרגטית ועם מחויבויות בהתקשרויות של צרכן-יצרן  בעיית אי ודאויות (תעריפי חשמל, מחירי גז, מדיניות, צריכה, וכיו"ב)  בעיית אספקת גז (תשתיות, אמינות וזמינות וכיו"ב)</p>	
סיום	: 17: 00

## נספח 2: החלטות ממשלה בנושא שילוב יצרנים פרטיים במשק החשמל ובנושא קוגנרציה

### I. שילוב יצרנים פרטיים במשק החשמל: החלטה מס. 123 של הממשלה מיום 22.08.1999.

מ ח ל י ט י ס:

בהמשך להחלטות מס. 4154 ומס. 4155 מיום 12.8.98, לקבוע מדיניות ממשלתית לעניין שילוב יצרנים פרטיים במשק החשמל ומתן רישיונות לייצור חשמל בהתאם לחוק משק החשמל התשנ"ו-1996, כדלקמן:

1. שר התשתיות הלאומיות יתקין, בתוך 30 יום, כללים בהתאם לסעיף 20(ב) לחוק משק החשמל בהתייעצות עם הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, בין היתר, על-פי העקרונות הבאים:

א. יוגדרו סוגי עסקאות בין יצרן פרטי וספק שירות חיוני:

1. מכירת חשמל במתכונת של אנרגיה (ENERGY) וזמינות (CAPACITY).
2. מכירת חשמל בשיגור חפשי לרשת עבור מתקנים בהיקף של עד 10 מגהוואט או 50 מגהוואט באנרגיות חלופיות.

ב. מחיר המכירה של חשמל לספק שירות חיוני ייקבע בין היתר בהתאם לעקרונות הבאים:

1. עבור עסקה מהסוג הראשון תיקבע עלות הזמינות והאנרגיה של היצרן הפרטי במכרז.
2. עבור מכירת חשמל בשיגור חפשי לרשת ייקבעו התעריפים במכרז או לפי עקרונות לקביעת התעריפים שיוגדרו על-ידי השרים בהתייעצות עם הרשות לשירותים ציבוריים חשמל.
- ג. מנגנון ההפעלה של היצרן הפרטי וכניסתו לרשת:

1. בעסקה של אנרגיה וזמינות, היצרן יהיה כפוף להוראות השיגור של מערכת השליטה המרכזית של מערכת החשמל (DISPATCH).

2. במכירת חשמל בשיגור חפשי לרשת, יעביר היצרן תכנית עבודה מפורטת לספק שירות חיוני ויתחייב לפעול בהתאם לאמור בתכנית זו. היצרן יהיה רשאי לשנות, מעת לעת, את תכנית העבודה.

2(א). להעניק רישיונות ייצור פרטיים למתקני כוח וחום, בהיקף של עד 75 מגהוואט לרישיון, ובלבד שהיצרן יתחייב שהיקף השימוש העצמי לא יפחת מ-60%. יתרת הכמות יכולה ותוצע למכירה. סה"כ המכירה בפועל שלא לצריכה עצמית, בהתאם לרישיונות שינתנו במסגרת זו לא יעלה על 200 מגהוואט.

2(ב). שר התשתיות הלאומיות יפעל להוצאת מכרז אחד נוסף, ליצרנים פרטיים, במהלך השנתיים הקרובות, באמצעות ועדת מכרזים שהוקמה בהתאם להחלטה מס. 2472 מיום 12.8.97. האמור בסעיף זה ייעשה בהתאם להחלטות מס. 4154 ומס. 4155 האמורות.

### II. מדיניות ייצור חשמל בקוגנרציה: החלטה מס. חכ/30 של ועדת השרים לעניני חברה וכלכלה

(קבינט חברתי-כלכלי) מיום 11.03.2002 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה וקבלה תוקף

של החלטת ממשלה ביום 21.03.2002 ומספרה הוא 1640(חכ/30).

מ ח ל י ט י ס :

א. לעודד הקמתם והפעלתם של מתקני שילוב כוח וחום (להלן - "מתקני קוגנרציה") לייצור חשמל על ידי יצרני חשמל פרטיים.

ב. מתקן לייצור חשמל יוגדר כמתקן קוגנרציה אם המיתקן מפיק בו זמנית אנרגיה חשמלית ואנרגיה תרמית שימושית, שאינה לצורכי ייצור חשמל ועומד בתנאים הבאים:  
(1) נצילות אנרגטית שנתית מינימלית תהא 55% בתחנות המבוססות על ייצור באמצעות דיזל-גנרטור, ו- 60% בכל מקרה אחר. חישוב הנצילות האנרגטית השנתית יבוצע לפי הנוסחה:

$\text{סך כל האנרגיה החשמלית השנתית המיוצרת [קוט"ש]} * 860 + \text{סך כל האנרגיה התרמית השימושית שנתית [קק"ל]} \text{ מחולק בכל הדלק השנתי (יח') * ערך קלורי תחתון [קק"ל ליחידה]}$
--

(2) מתוך האנרגיה המיוצרת במתקן, סך האנרגיה החשמלית לא תפחת מ-20% וסך האנרגיה התרמית השימושית לא תפחת מ-20%.

ג. יצרן חשמל באמצעות מתקן קוגנרציה (להלן: "היצרן") יקבל רישיון יצרן חשמל פרטי בהתאם לחוק משק החשמל, התשנ"ו-1996.

ד. על מכירה לבעל רישיון ספק שרות חיוני יחולו כללי משק חשמל (עסקאות עם בעל רישיון ספק שרות חיוני), התש"ס-2000 (להלן - "הכללים"). שיטת המכירה תהיה לפי שיטת מכירת אנרגיה כהגדרתה בכללים.

ה. שר התשתיות הלאומיות יתקן את הכללים בהתאם לאמור בסעיף ד' להחלטה זו.

ו. הולכת החשמל ממתקן הקוגנרציה תתבצע באמצעות רשת ההולכה של בעל רישיון ספק שרות חיוני, למעט חלוקת חשמל לתאגיד הנמנה עם תשלובת חברות שבמקרקעין שברשותם הוקם מתקן הקוגנרציה וחלוקת החשמל אינה עוברת דרך מקרקעין שלאותה תשלובת אין בהם זכויות. עלות החיבור לרשת ההולכה תחול על היצרן.

ז. ייצור בקוגנרציה לא ייכלל במכסת הייצור שיועדה ליצרנים פרטיים בגבולות ישראל בהחלטת הממשלה 2472 מיום 13.8.1997.

ח. המגבלה שנקבעה בסעיף 1(ב) בהחלטה מס' 4155 מיום 12.8.1998 האוסרת על הקמת מתקני

קוגנרציה על ידי בעל רישיון ספק שרות חיוני תצומצם ותוטל על חברת חשמל לישראל בלבד.

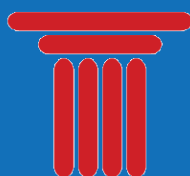
ט. סעיף 2(א) להחלטת ממשלה 123 מיום 22.8.99, סעיף 2 להחלטת הממשלה מספר 2185 מיום

16.8.2000 וסעיף 3 להחלטת הממשלה מספר 641 מיום 2.9.2001 - בטלים.

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן ([www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il))

שנה	פרויקט
2014	פורום האנרגיה ה- 33 : הרפורמה במשק החשמל בישראל
2014	פורום האנרגיה ה- 32 : ניצול מיטבי של הגז הטבעי המקומי, לרבות סוגיית היצוא
2014	פורום האנרגיה ה- 31 : ביומסה לאנרגיה בישראל
2013	פורום האנרגיה ה- 30 : חשמל מאנרגיה סולארית בישראל
2013	פורום האנרגיה ה- 29 : עיר חכמה
2013	פורום האנרגיה ה- 28 : תחבורה יבשתית בת קיימא : היבטי אנרגיה וסביבה
2013	פורום האנרגיה ה- 27 : רשת חשמל חכמה כמנוע צמיחה לתעשייה בישראל
2012	פורום האנרגיה ה- 26 : ניצול פצלי שמן בישראל
2012	פורום האנרגיה ה- 25 : משק האנרגיה בישראל - חזון 2028
2012	פורום האנרגיה ה- 24 : אנרגית שמש לבנייני מגורים בישראל
2011	פורום האנרגיה ה- 23 : ניצול אנרגית הרוח בישראל
2011	פורום האנרגיה ה- 22 : תחנת כוח גרעינית בישראל
2011	פורום האנרגיה ה- 21 : שיפוץ אנרגטי של בניינים
2011	פורום האנרגיה ה- 20 : מערכות פוטו וולטאיות מחוברות-רשת למגזר הביתי והמסחרי
2010	פורום האנרגיה ה- 19 : חיסכון באנרגיה במערכות תאורה
2010	פורום האנרגיה ה- 18 : מיזוג אוויר סולארי בישראל
2010	פורום האנרגיה ה- 17 : השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל
2010	פורום האנרגיה ה- 16 : רשת חשמל חכמה
2009	פורום האנרגיה ה- 15 : התייעלות אנרגטית ברשויות המקומיות בישראל
2009	פורום האנרגיה ה- 14 : רכב חשמלי והיברידי
2009	פורום האנרגיה ה- 13 : תחנות כוח סולאריות בישראל
2008	פורום האנרגיה ה- 12 : אנרגיה במשק המים
2008	פורום האנרגיה ה- 11 : בניה חסכונית באנרגיה
2008	פורום האנרגיה ה- 10 : השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל
2008	פורום האנרגיה ה- 9 : מקומה של ישראל בשוק הביואתנול העולמי
2007	פורום האנרגיה ה- 8 : ניהול ביקושים ואספקה
2007	פורום האנרגיה ה- 7 : ביודלקים להפקת אנרגיה
2007	פורום האנרגיה ה- 6 : חיסכון במערכות מיזוג אוויר
2007	פורום האנרגיה ה- 5 : צרכי המחקר באנרגיה חלופית בישראל
2007	פורום האנרגיה ה- 4 : אנרגיית השמש להפקת חום
2006	פורום האנרגיה ה- 3 : הפקת אנרגיה מפסולת
2006	פורום האנרגיה ה- 2 : מערכות משולבות ליצירת חום וחשמל (קוגנרציה)
2006	פורום האנרגיה ה- 1 : חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות





**מוסד שמואל נאמן**

למחקר מדיניות לאומית

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889

קרית הטכניון, חיפה 32000

[www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il)