



סביבה ואנרגיה

מיקרוגריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר ואנרגיות מתחדשות פורום אנרגיה 39

פרופ' גרשון גרוסמן
יגאל עברון
נעמה שפירא



תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

מדע
וטכנולוגיה



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 התוויית 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

כתובת אתר האינטרנט : www.neaman.org.il

מיקרוגריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר ואנרגיות מתחדשות

סיכום והמלצות דיון

פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן

הטכניון

מיום 9.2.2017

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

יגאל עברון

נעמה שפירא

אפריל 2017



רשימת משתתפי הפורום :

תפקיד	שם פרטי	שם משפחה	תואר
הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל	עודד	אגמון	מר
אילת אילות	נועם	אילן	מר
משרד האנרגיה והמים - ראש אגף שימור אנרגיה	אדי	בית-הזבדי	מר
יועצת סביבתית	טל	גולדרט	ד"ר
מוסד שמואל נאמן והפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	גרשון	גרוסמן	פרופ'
ארנסט את יאנג	איתי	זיטלני	מר
גלובל פאוור בע"מ	ניסן	כספי	מר
מוטורולה בע"מ	מרק	מורן	מר
General Engineers Ltd.	אריה	מיכאל	מר
איסקון בע"מ	אילן	סולימאן	ד"ר
מיקרוגרید ישראל	דניאל	ספו	מר
מוסד שמואל נאמן	יגאל	עברון	מר
המרכז הבינתחומי הרצליה	יעל	פרג	ד"ר
משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים	גדעון	פרידמן	ד"ר
גלובל פאוור בע"מ	אלון	רוזנפלד	מר
חברת "יישום" – האוניברסיטה העברית	דב	רייכמן	ד"ר
S.U.iT.S	רפי	רייש	מר
לשכת המדען הראשי, משרד התמ"ת	גיל	שאקי	מר
מנכ"ל האיגוד הישראלי לאנרגיה חכמה	אלעד	שביב	מר
Brightmerge	דניאל	שוואב	מר
מוסד שמואל נאמן	נעמה	שפירא	גב'

הבעת תודה

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

תוכן העניינים

1.....	תקציר מנהלים
5.....	פרק 2 : רקע
7.....	פרק 3 : מידע בנושא : מיקרוגרید ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר
23.....	פרק 4 : דיון
40.....	פרק 5 : סיכום והמלצות
42.....	פרק 6 : רשימת מקורות

נספחים

נספח 1 – תכנית פורום אנרגיה : מיקרוגרید ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר
ואנרגיות מתחדשות

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.

תקציר מנהלים

רשת חשמל חכמה (smart grid) הולכת ומתפתחת במקומות רבים בעולם במטרה להחליף את רשת אספקת החשמל הקונבנציונאלית. זהו אחד הנושאים המובילים במשק אנרגיה מודרני וזוכה לעדיפויות לאומיות ולהשקעות מסיביות. גם בישראל נמצא הנושא בעדיפות גבוהה על סדר היום האנרגטי הלאומי, למרות שהנושא עדיין בחיתוליו. רשת חשמל חכמה מספקת חשמל מיצרנים לצרכנים בשילוב תקשורת מהירה ודו-כיוונית המאפשרת התאמת הצריכה לכושר הייצור והפעלה של תכניות לניהול צריכה (Demand Side Management). בכך ניתן להשיג ייעול, חיסכון, צמצום עלויות, שרידות, שיתופיות והגברת אמינות. הרשת החכמה מצטיינת ביכולת לנתב את אספקת החשמל בדרך אופטימאלית כדי להגיב למגוון רחב של מצבים, לעודד את המשתמשים לשנות את אופן הצריכה (כגון עידוד שימוש בשעות השפל) ולגבות פרמיה מצרכנים המשתמשים באנרגיה בשעות השיא. כאשר עלות החשמל בשפל, רשת חכמה יכולה להציע ללקוח להפעיל מכשירי חשמל ביתיים עתירי צריכה כגון מכונות כביסה, או תהליכים במפעל המסוגל לפעול בשעות כלשהן. בשעות השיא הרשת החכמה יכולה, בתיאום עם הלקוח, לכבות מכשירים נבחרים כדי להפחית את הביקוש.

אחת המטרות שמשרתת רשת חשמל חכמה היא הכנסת אנרגיות מתחדשות פעילות לסירוגין לרשת, כגון שמש ורוח, בהיותן זמינות, והחלפה באמצעותן של ייצור חשמל ע"י שריפת דלקים מחצביים. לצד היתרון הרב שיש בניצול מקורות אלה, בהיותם נקיים וידידותיים לסביבה, השימוש בהם יוצר קושי מבחינת הרשת עקב האופי הבלתי רציף ולפעמים גם הבלתי צפוי שלהם. אחד האתגרים החשובים בפיתוח רשת החכמה הוא מציאת הדרכים לשילוב מקורות אלה ברשת, למרות בעיות אלה.

מטרה חשובה נוספת היא ניהול טעינת הרכבים החשמליים. הרכבים החשמליים הם צרכני חשמל גדולים, ובעיקר צרכני זרם בשעת טעינה. רשת חשמל עתידית, בהנתן חדירה משמעותית של רכבים חשמליים, תצטרך לנהל את טעינת הרכב החשמלי באופן מושכל. מצד שני הרכבים יכולים לשמש גם כתחנות אגירה ולספק חשמל בשעת הצורך. בדומה ניתן יהיה לנהל, או לקבל שירותים מסוללות המותקנות בבתים בהם יש ייצור חשמל מקומי – למשל סולארי.

בתחילת פיתוחה של הרשת החכמה הושם הדגש על מנייה חכמה (smart metering). כיום קיים דגש נוסף ורב על ייצור חשמל מבוזר – שילוב ברשת של חשמל המיוצר ע"י יצרנים שונים ומגוונים (מעבר לחברת החשמל) ועל שילוב נכון ביניהם. מבנה הרשת החכמה יוכל להיות מבוסס על רשתות מקומיות קטנות (מיקרו-גרידים). מיקרוגריד הוא אוסף של אלמנטים שמייצרים חשמל, אלמנטים שצורכים חשמל וחלק שגם מייצרים וגם צורכים, המקושרים ביניהם במערכת ניהול, בד"כ במרחב גאוגרפי מוגדר. זהו אוסף של אלמנטים המייצרים אנרגיה (כגון גנרטור, מנוע גז או ביוגז, קוגנרציה, טריגנרציה, מתקנים סולאריים, טורבינות רוח, מיקרו-טורבינות), אלמנטים המאפשרים אחסון אנרגיה (כגון אנרגיה חשמלית, תרמית), וכן אלמנטים שונים שהם גם צרכן וגם יצרן ומנוהלים על ידי מונים חכמים. כל מיקרוגריד הוא אוטונומי במידה רבה, ויכול לפעול כ"א"י מבודד, אך בדרך כלל הוא מקושר ליצרני החשמל החיצוניים ובמידת הצורך – גם למיקרוגרידים אחרים.

התועלות הפוטנציאליות של המיקרוגריד הן ביכולתו להגדיל את אמינות האספקה לאלמנטים קריטיים, היכולת לנהל את המערך, כולל מתן תיעודף בזמן תקלות, וחיסכון בעלויות, תוך אינטגרציה ואופטימיזציה של כל מערך הייצור. הוא מאפשר לנהל את הצריכה, תוך הסתכלות על הצרכן הבודד. ניתן לפעול במספר צורות: עלות מינימלית, מינימום פליטות, מקסימום זמינות ו- load shaving or peak shaving. ניתן לבחור מידי יום את הצורה בה רוצים לעבוד.

מעבר לתועלות הפוטנציאליות למערכת החשמל עצמה מבחינת אמינות האספקה ושרידות המערכת, מיקרוגרידים יכולים לתרום בצורה משמעותית להשגת יעדי הפחתת פליטות פחמן דו-חמצני כחלק מההתמודדות עם שינוי אקלים. זאת בשל האפשרויות שהם פותחים לשילוב מייטבי של מקורות אנרגיה מבוזרים (DER) ומערכות ייצור קטנות ובינוניות שיכולות לספק בנוסף לחשמל גם שירותי חום/קור, ובכך גם משפרות את יעילות המרת האנרגיה לשירותי אנרגיה רצויים וגם מפחיתות את הביקושים לחשמל.

התועלת במיקרוגריד שונה במקרים שונים. התנהגות של אוכלוסייה קיבוצית אינה זהה להתנהגות של קמפוס אוניברסיטאי. הוצגה הערכה לחמישה סוגי מיקרוגרידים שונים באופיים: בית חולים, קיבוץ או קולקטיב כפרי, אזור תעשייה גדול, שכונת מגורים גדולה ואוניברסיטה.

המלצות:

1. אחד הנעלמים שיש לבחון הוא היחס עלות-תועלת במיקרוגריד. יש לבצע פיילוטס במצבי אמת ואל מול צרכני אמת, אצל סוגי צרכנים שונים, כמות צרכנים (ויצרנים) שונה, ובאזורים שונים, ולבצע מיפוי חסמים ותועלות לפי סוגי המיקרוגרידים השונים. יש לפעול בצורה מתודולוגית, לבדוק את כל התועלות והעלויות הפוטנציאליים ולבצע סקרי היתכנות תוך איתור קנה המידה, וסוג הצרכנים המיטבי מבחינה כלכלית ומבחינה אסטרטגית (חוסן, שרידות וכלכליות). ברמת הניהול - המחיר אינו צריך להיות גבוה, וזה ייתן כלים לרגולטור לראות מה יהיה הרווח משחרור כסף או שחרור רגולציה. את הפיילוטס יקימו חברות פרטיות, במימון לא גבוה, ובמידע שיתקבל צפויה תועלת רבה.
2. מוצע לבצע סקרי ישימות למיקרוגריד ע"י מענקים ו/או מכרזים במימון הממשלה (משרד האנרגיה) בדומה לסקרים, הממוסדים זה שנים, לגבי התייעלות אנרגטית.
3. במסגרת תכנית האב למשק החשמל, הנמצאת בדיונים בתקופה זו, מוצע לאתר ולהתקין תקנות וכללים רגולטוריים שיאפשרו הקמת רשת חשמל חכמה בדגש על שילוב מיקרוגרידים בצורה אופטימלית.

4. מוצע מודל לבעלות והפעלה של חלקים מן הרשת הלאומית ע"י יצרני חשמל פרטיים שיקראו Independent Grid Operator (IGO). הממשלה תזמין חברות כאלה להציע מבנה עתידי לרשת החשמל החכמה, בהסתמך על טכנולוגיות קיימות או שיהיו קיימות בעתיד הקרוב, להקמת מיקרוגרידים (10-100 MW) בכל הארץ. למציע הזוכה יוענק זיכיון לניהול תכנית מיקרוגריד/רשת חכמה עבור הממשלה, לבחון מיקרוגרידים. המטרה תהיה להדגים הוזלה משמעותית ויציבות המחיר למשך תקופת הזיכיון. בהסתמך על המלצות ההצעה הזוכה הנ"ל, הממשלה תעניק רישיונות למשך 25 שנה לבעלות והפעלה (own and operate) של חלקים מרשת החשמל בארץ. בידי חח"י תישאר בעלות רק על קווי הולכה במתח גבוה וכושר ייצור מספיק לגיבוי עבור שירותים חיוניים. בעלי הרישיונות ישלמו לחח"י עבור שירותים אלה. מודל זה אינו מקובל על כל המשתתפים ונטען כי מודלים אחרים עשויים להתאים יותר.

פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן לחקר מדיניות לאומית, 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 הודן בנושא: "מיקרוגריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר ואנרגיות מתחדשות", התקיים ב-9 בפברואר 2017 בטכניון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום הרשת החכמה בישראל. המפגש נערך בשיתוף פעולה עם האיגוד הישראלי לאנרגיה חכמה.

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: [אתר מוסד שמואל נאמן](#) (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 צעדים ליישום מיקרוגרידים ורשת חשמל חכמה בישראל.

פרק 2: רקע

רשת חשמל חכמה (smart grid) הולכת ומתפתחת במקומות רבים בעולם במטרה להחליף את רשת אספקת החשמל הקונבנציונאלית. זהו אחד הנושאים המובילים במשק אנרגיה מודרני וזוכה לעדיפויות לאומיות ולהשקעות מסיביות. גם בישראל נמצא הנושא בעדיפות גבוהה על סדר היום האנרגטי הלאומי, למרות שהנושא עדיין בחיתוליו. רשת חשמל חכמה מספקת חשמל מיצרנים לצרכנים בשילוב תקשורת מהירה ודו-כיוונית המאפשרת שליטה על הצריכה בכמות ובזמן והתאמתה לכושר הייצור. בכך ניתן להשיג ייעול, חיסכון, צמצום עלויות והגברת אמינות. הרשת החכמה מצטיינת ביכולת לנתב את אספקת החשמל בדרך אופטימאלית כדי להגיב למגוון רחב של מצבים, לעודד את המשתמשים בשעות השפל ולגבות פרמיה מצרכנים המשתמשים באנרגיה בשעות השיא. כאשר עלות החשמל בשפל, רשת חכמה יכולה להציע ללקוח להפעיל מכשירי חשמל ביתיים עתירי צריכה כגון מכונות כביסה, או תהליכים במפעל המסוגל לפעול בשעות כלשהן. בשעות השיא הרשת החכמה יכולה, בתיאום עם הלקוח, לכבות מכשירים נבחרים כדי להפחית את הביקוש.

אחת המטרות שמשרתת רשת חשמל חכמה היא שילוב אנרגיות מתחדשות כגון שמש ורוח ברשת, בהיותן זמינות, והחלפה באמצעותן של ייצור חשמל ע"י שריפת דלק. לצד היתרון הרב שיש בניצול מקורות אלה, בהיותם נקיים וידידותיים לסביבה, השימוש בהם יוצר קושי מבחינת הרשת עקב האופי הבלתי רציף ולפעמים גם הבלתי צפוי שלהם. אחד האתגרים החשובים בפיתוח רשת החכמה הוא מציאת הדרכים לשילוב מקורות אלה ברשת, למרות בעיות אלה.

רשתות חשמל חכמות מבוזרות (שבהם הייצור הינו מקומי ובקרבת הצרכנים), הינן בעלות יתרונות ברורים:

- שיפור עצמאות כלכלית
- שיפור החוסן והשרידות של צרכנים אסטרטגיים לאור יכולת להתנהל כ"אי" והפניית ייצור למוקדים אלו (כגון בתי חולים ומתקני חרום, מפעלים חיוניים, בתי ספר, תאורת רחוב ועוד)
- הורדת יוקר המחייה (לאור יכולת לווסת ולהפחית צריכה והשתלבות כיצרך מקומי)
- הורדת עלויות משקיות לאור צמצום רשת ההולכה ואובדנים ברשת
- צמצום פליטות פחמן ומזהמים לאור הפוטנציאל לשילוב משמעותי של אנרגיות מתחדשות
- שיפור ניהול רשת החשמל, בדגש על ניהול ביקושים והפחתת עומסים בשעות השיא

מטרה חשובה נוספת היא ניהול טעינת הרכבים החשמליים. הרכבים החשמליים הם צרכני חשמל גדולים, ובעיקר צרכני זרם בשעת טעינה. רשת חשמל עתידית, בהנתן חדירה משמעותית של רכבים חשמליים, תצטרך לנהל את טעינת הרכב החשמלי באופן מושכל. לצד האתגר הנ"ל, רכבים חשמליים הינם בעלי פוטנציאל לשמש גם כתחנות אגירה ולספק חשמל בשעת הצורך. בדומה ניתן יהיה לנהל, או לקבל שירותים מסוללות המותקנות בבתים בהם יש ייצור חשמל מקומי – למשל סולארי.

בתחילת פיתוחה של הרשת החכמה (בישראל) הושם הדגש על מנייה חכמה (smart metering). כיום קיים דגש נוסף ורב על ייצור חשמל מבוזר – שילוב ברשת של חשמל המיוצר ע"י יצרנים שונים ומגוונים (מעבר לחברת החשמל) ועל שילוב נכון ביניהם. מבנה הרשת החכמה יהיה מבוסס על רשתות מקומיות קטנות (מיקרו-גרידים). מיקרוגריד הוא אוסף של אלמנטים שמייצרים חשמל, אלמנטים שצורכים חשמל וחלק שגם מייצרים וגם צורכים, המקושרים ביניהם. זהו אוסף של אלמנטים כגון גנרטור, מנוע גז או ביוגז, קוגנרציה, טריגנרציה, מתקנים סולאריים, אגירת אנרגיה, טורבינות רוח, מיקרו טורבינות ואלמנטים שונים שהם גם צרכן וגם יצרן ומנוהלים על ידי מונים חכמים. כל מיקרוגריד הוא אוטונומי במידה רבה, אך מקושר ליצרני החשמל החיצוניים ובמידת הצורך – גם למיקרוגרידים אחרים.

מעבר לתועלות הפוטנציאליות למערכת החשמל עצמה מבחינת אמינות האספקה ושרידות המערכת, מיקרוגרידים יכולים לתרום בצורה משמעותית להשגת יעדי הפחתת פליטות פחמן דו-חמצני כחלק מההתמודדות עם שינוי אקלים. זאת בשל האפשרויות שהם פותחים לשילוב מייטבי של מקורות אנרגיה מבוזרים (DER) ומערכות ייצור קטנות ובינוניות שיכולות לספק בנוסף לחשמל גם שירותי חום/קור, ובכך גם משפרות את יעילות המרת האנרגיה לשירותי אנרגיה רצויים וגם מפחיתות את הביקושים לחשמל.

חשוב לציין שרשויות רבות בעולם, ובהן ארגונים בינלאומיים כגון הבנק העולמי, ארגון הדיור של האו"ם, איקל"י (ארגון הערים המקיימות בעולם) ואחרים מציינים שעתיד התשתיות העירוניות (ולא רק בתחום האנרגיה) טמון במעבר לרשתות שכונתיות/קהילתיות.

איך שוק החשמל /או המדינה יכולים לקדם נושא זה? מהם החסמים, איך נדרש או מומלץ לתעל את המאמצים בנושא ומה צריכה להיות המעורבות הציבורית הישירה בנושא? אלה הן חלק מן השאלות שעליהן אמור לענות הדיון בפורום זה.

פרק 3: מידע בנושא: מיקרוגריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר

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 ([אתר מוסד שמואל נאמן](#)). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תכנית הפרום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

ניסן כספי, גלובל פאוור בע"מ:

ייצור מבוזר - מיקרו-ייצור חשמל ואנרגיה תרמית

חברת קפסטון (Capstone) היא יצרנית אמריקאית של מיקרו טורבינות. ניתן לתאר בית דירות מחובר למיקרו טורבינה שתופסת בסביבות 5 מ"ר בתוספת מתקן CHP של עוד 5 מ"ר. יחידה זו מסוגלת לספק את כל ההספק הדרוש למבנה. מיקרו טורבינה בהספק מינימלי היא כ-35 קילוואט וההספק המקסימלי הוא כ-1 מגה וואט (יחידה מרובת יחידות ייצור). מספר יחידות מקבילות מספקות את כל החימום, הקירור והחשמל למבנה, והוא יכול להיות בלתי תלוי באספקה מבחוץ. הטורבינה ללא מערכות עזר כיחידה בודדת של 65 קילוואט היא בגודל 2 מ' (אורך), 2 מ' (גובה), 0.75 מ' (רוחב). היחידה נטו היא 2 מ"ר ודרושים עוד כמה מטרים רבועים לגישה מסביב, ועל ידי כך מקבלים פתרון מלא וכולל.

נחזור להתחלה: עולם החשמל השתנה לגמרי. אם עד לפני עשר שנים היו יצרן וצרכן, היום עם כניסת האנרגיות המתחדשות ובעיקר כניסת המערכות הפוטו וולטאיות, יש אינסוף יצרנים וצרכנים, וכולם מדברים עם כולם כל הזמן. השאלה היא: מה יהיה תפקיד חברות החשמל (Utilities) הגדולות בעתיד? האם הן בכלל יתקיימו ויתפקדו כ-Utilities? התפקיד שלהן כפי שהיה עד לפני 5-10 שנים השתנה לחלוטין.

אחד המניעים הגדולים של השינוי בא, כאמור, מעולם האנרגיה המתחדשת. אנרגיה מתחדשת היא בעלת תנודתיות ייצור מאוד גבוהה, ויחידות הכוח הגדולות אינן מסוגלות להגיב לשינויים האלה. לכן מתפתחות יכולות בהספקים קטנים עם יכולות גמישות ונצילות גבוהה (CHP, CCHP). בנוסף, עלות הרשת הופכת להיות רכיב יותר ויותר מהותי בעלות החשמל. בישראל, ברמת המתח הנמוך בתעריף תעו"ז, בשעות שפל, עלות תשתית הרשת גדולה מ-50%. בגרמניה עלות הרשת יכולה להגיע ל-70%. לכן, לא רק שצריך להגיב מהר ודרושות יחידות בעלות יכולת תגובה מהירה, אלא גם עלות הרשת הולכת וגדלה. מניעת הצורך ברשת יוצרת יתרון מאוד גדול. לכן מחפשים מניעת עלות תשתית עד כמה שרק אפשר, ומנסים להגיע לנצילות גבוהות ככל האפשר.

כאן נכנס לתמונה עולם הקוגנרציה, יחד עם עולם של גמישות ייצור. ניתן עם יחידת ייצור של 65 קילוואט או 200 קילוואט לענות על כלל צריכת האנרגיה של מבנה בין 1,000 עד 5,000 מ"ר, לתעשייה

או למגורים. אם גם מנהלים אותו נכון, ניתן להגיע לפתרון יוצא מן הכלל. הקיבוץ, למשל, הוא המעבדה המשוכללת ביותר בעולם למיקרוגריד.

אחד הנושאים החשובים הוא גמישות תפעולית. משמעותה - מהירות הכניסה והיציאה של יחידות ייצור חשמל אל ומן הרשת, מהירות שבה ניתן להגיב כלפי הייצור של אנרגיה מתחדשת. לפני כחודש גרמניה יצאה בבקשה לתושבים בימים מסוימים לצרוך חשמל. גרמניה יצאה את כל עודף החשמל לאיטליה ולהולנד ולאגירה השאובה בשוויץ, ועדיין היה להם עודף חשמל אותו ביקשו מהתושבים לצרוך. מהירות רשת גבוהה נתונה אך ורק ליחידות קטנות; יחידות גדולות אינן מסוגלות להגיב במהירות לתנודות הייצור ברשת. במקרה הטוב הן יגיבו תוך רבע שעה, במקרה הרע תוך מספר שעות. לכן הביקוש לגמישות תפעולית רבה ככל האפשר.

לגבי הנצילות - כבר היום יש יחידות כוח גדולות, למשל סדרות H של GE או של סימנס, הפועלות באופיין Combined Cycle Single Shaft מסוגלות להגיע לנצילות הדקים של 60% בתנאי ISO (טמפי חוץ בת 15 מ"צ קבועה, בגובה פני הים). למעשה ברוב המקרים, למשל בישראל, הנצילות יורדת מאד בקיץ כתוצאה מהשפעת טמפי הסביבה. כלומר - נצילות של 60% שהינה State of the art - היא רק במעבדות. כשמגיעים לשטח הנצילות בקיץ (יולי אוגוסט) היא בסביבות 52%, ואם ננכה את ההפסדים ברשת - הנצילות האמיתית אצל הצרכן היא ברמות של 45-48%. בעולם של מיקרו ייצור, לדוגמא, הנצילות החשמלית של מנועי דיזל (שריפה פנימית - GenSet) במחזור פתוח, היא 48-49% ללא תלות בתנאי האקלים ועומס העבודה. הנצילות של מיקרו-טורבינות הרבה יותר נמוכה, 34-35% מקסימום (הבעיות של גובה וטמפי פחותות בהרבה). ניתן לנצל את העודף התרמי - החום השיורי בעזרת מערכות CHP (Combined Heat and Power) או CCHP (Combined Cooling, Heat and Power). כיום, קיימות יחידות כאלה בגודל של 40 קילוואט. בישראל, שהיא מדינה חמה, במערכות CCHP יש בעיקר ביקוש ל-Cooling.

קיימים יתרונות נוספים אך אותם לא אפרט, בעיקר בצד הרשת מאחר והם אינם חלק מהדיון: גיבוי, הפחתת פליטות, הפחתת חתימת הנוף ועוד, שהם תופעות לוואי (רצויות) של המיקרוגריד.

יחידות הבסיס של מיקרו טורבינות עובדות ברמה מ-20 עד 200 קילוואט ליחידה. כל היחידות שמעבר לגודל זה מורכבות מפעולה במקביל (Cascade), כלומר - מחברים יותר מיחידה אחת כדי לקבל הספקים גבוהים יותר. קיימות מערכות של עד 2 מגה וואט המבוססות על Multiple Units. מערכות מרובות יחידות מאפשר גמישות תפעולית גבוהה, יתירות (Redundancy) ושרידות.

אחד המאפיינים של מיקרו-טורבינות הוא מהירות סיבוב מאוד גבוהה - כ-80 אלף סיבובים בדקה. מהירות הסיבוב הגבוהה היא אחת התכונות המאפשרות למיקרו טורבינות להיות קומפקטיות ולכן הן גם מסוגלות להגיב במהירות יחסית מאד גבוהה. הן מסוגלות להיות מאד גמישות ודורשות תחזוקה נמוכה.

גדעון פרידמן: מהם זמני התגובה?

ניסן כספי: שניות בודדות. הן מצריכות תחזוקה נמוכה, בעלות יתירות גבוהה, אם לוקחים יותר מיחידה אחת. בנוסף, יש מיקרו טורבינות רב-דלקיות (Multi Fuel). ככל שנתקין יותר מזרקי דלק (Injectors) לתא השריפה, נוכל לקבל יותר ויותר דלקים והמעבר הוא on the fly : לא חייבים לעצור, לעבור לדלק אחר ולהמשיך, אלא יכולים לעבור תוך כדי העבודה מדלק לדלק ולהמשיך את הייצור בצורה רציפה. קומפקטיות ומשקל קל מאד חשובות, לצורך שירות.

בישראל, מפותחת מיקרו טורבינה שיחידת היסוד המבוססת על טכנולוגיה של רפאל היא בעלת משקל יחסי מאד נמוך. המשמעות היא יכולת שירות גבוהה. כך למשל, טכנאי בודד יכול לספק שירות. טכנאי אחד יכול להגיע עם יחידה, להחליף, לקחת למעבדה את הקודמת ולהחזיר, ואפשר לקבל טיפול מלא. הספק יחידה יסודית מהסוג הזה הוא 40 קילוואט, ממנה תפותח מיקרו טורבינה נוספת בהספק של ל-200 קילוואט.

יעל פרג : לכמה מגיעה הנצילות הכוללת של CCHP?

ניסן כספי : הנצילות הכוללת, עם טורבינה של קפסטון, יכולה להגיע ל 77-80% אם נעבוד ב-Baseload כל הזמן. בדרך כלל לא ניתן לעבוד באופן רציף ב-Baseload ולכן ניתן לעבור שיעור נצילות כוללת של 65% בקלות רבה.

אדי בית הזבדי : ללא קוגנרציה?

ניסן כספי : הנצילות החשמלית (Electric Efficiency) הנקובה היא 29-33% ; זו נצילות נמוכה. ללא CHP אנחנו בבעיה, אבל אין בעיה ליישם CHP. לא צריך Retrofit מסובך, זו התקנה יחסית פשוטה. באיור 1 מוצגת מיקרו טורבינה המפותחת בישראל על ידי צוות פיתוח של יוצאי רפאל. יחידה זו נמצאת על ה-Test Bench, וכבר רצה ב-55 אלף סיבובים, ובקרוב היא תגיע ל-80 אלף סיבובים. מיקרו טורבינה זו מסוגלת לייצר 38 קילוואט, ויכולה להגיע לנצילות בשיעור של 36%, ובעלת מספר יתרונות איכותיים. גם המחיר למיקרו טורבינה המתוכנן בהספק של 200 קילוואט מאוד תחרותי. מבחינת הגודל - המשקל ליחידה הקטנה של Capstone הוא כ-1 טון ולגדולה יותר כ-3.5 טון, כאשר ליחידה שמפותחת בישראל המשקל המתוכנן למיקרו טורבינה הקטנה הוא 280 ק"ג או 520 ק"ג.



איור 1 : טורבינת גז המפותחת בישראל, ע"י טורבו גז אנרגיה נקיה בע"מ © Global Power Ltd

דוגמה ליישום CHP : מיקרו טורבינה של Capstone בהספק מותקן של 65 קילוואט, המסוגלת לייצר 61 קילוואט חשמל; משתמשים בחום גזי הפליטה כמקור חום למקרר ספיגה (Absorption Chiller) ומייצרים מי קירור, שניתן לנצלם בתהליך תעשייתי או למיזוג אוויר. כלומר, ניתן לספק במחזור הראשון את כל צריכת החשמל ואת מיזוג האוויר עם 31 טון קירור. כלל אצבע באקלים של ישראל - טון קירור מספיק ל-20 מ"ר שטח רצפה, כלומר יחידה מסוג זה מסוגלת לספק את מיזוג האוויר לשטח רצפה של כ-600 מ"ר; כלומר, מבנה של 1000 מ"ר ברוטו יכול לקבל את אספקת האנרגיה המלאה שלו. במחזור השני אחרי שהשתמשנו במים, אחרי מקרר הספיגה, נוכל להשתמש במים החמים למקלחות. בחורף, במקום מקרר הספיגה נשתמש באוויר החם לחימום. בישראל, מבנה של 1000 מ"ר, אשר בדרך כלל כולל 10 דירות לפי הסטנדרטים של 100 מ"ר לדירה; קיבלנו יחידה עצמאית ל-10 דירות, כלומר 6 קילוואט ליחידה. זו בערך צריכת השיא בישראל לדירה. יישום של מיקרו טורבינה יכול לאפשר ניהול מערך האנרגיה של המבנה באופן עצמאי, הרשת תתמוך בגיבוי, ואם רוצים לתמוך ברשת כשצריך.

ישנן דוגמאות רבות של התקנות בארה"ב ובאירופה.

יעל פרג : האם מוכרים גם לרשת?

ניסן כספי : יכולים. אבל המטרה היא לייעל את הצריכה העצמית, למנוע תלות ברשת. המהפכה הגדולה בניו יורק באה בעקבות לילות עלטה. לכן, היום במרבית המגדלים בניו יורק יש יחידת ייצור עצמאית בין 5-10 מגה וואט ויש קומה מכנית המחזיקה באופן קבוע את מערכת הייצור. זה כמו אספקת חירום למעליות - לא בגלל תקנה עירונית אלא שכך המגדל בלתי תלוי ברשת החשמל ויכול לספק רמת שירות גבוהה לדיירים, תדמית חיובית גבוהה.

נועם אילן : האם זה מיועד רק לחירום או שמשתמשים ביום-יום?

ניסן כספי : במגדלים לא משתמשים בזה ביום-יום. בשימושים אחרים, כגון בבתי מלון, משתמשים ביום-יום. על ידי ריבוי יחידות, אין בעיה של יתירות, למשל, מלון Four Seasons. גם אם מיקרו טורבינה אחת יצאה מייצור בשל תקלה, יש זמן לתקן אותה. בהתקנה של מתקן מרובה יחידות עם 10 יחידות הצרכן יכול לאבד עד 8% מכושר הייצור, יקבל שרות תוך 4-8 שעות ויחזור לתפוקה המקורית. הצרכן עצמאי, מקבל את כל החשמל, המים החמים והקרים ואת כל מיזוג האוויר. הצרכן גם יכול להיות Multi Fuel - אם נפל הגז הטבעי ונפסק הייצור הוא יכול לעבוד על סולר עוד 10-12 שעות.

מרק מורן : האם מוכרים עודפי חשמל?

ניסן כספי : מטרת הצרכן אינה מכירת עודפים, אלא אם כן הצרכן פועל ב- CHP. במצב זה, אם הוא זקוק לקיטור ויש לו עודף חשמל - הוא יעלה אותו לרשת. כאמור, זו לא המטרה שלו.

בעולם, ובמיוחד במקום כמו ישראל שבה קיימת ביולי-אוגוסט צריכת מיזוג שיא, עד כדי 30%-40 מצריכת החשמל - מערכות CCHP כאלה מהוות את ה-Peak Shaver האופטימלי. כאשר צריך את החשמל אי אפשר לספק אותו כי היחידות הגדולות מגיעות לרוויה, ובדיק ברגע הזה יחידות מבוזרות מבוססות מיקרו טורבינות יכולות לספק את מקסימום הקירור, ואז לא צריך תוספת של מערכות אספקת חשמל לשיאי ביקוש. CCHP נותן את זה מעצמו.

גדעון פרידמן : מה היעילות הכוללת כשזה עובד ב-Mode של קירור?

ניסן כספי : בסביבות 65%. מערכות קירור בספיגה (Absorption Chiller) מגיעות כיום לרמות COP של 1.2 אולי 1.4, בטמפי האלה.

גרשון גרוסמן : במערכת ספיגה ליתיום ברומיד (למיזוג אוויר) חד-שלבית משיגים COP של כ-0.7. במערכת דו-שלבית ניתן לקבל אולי 1.1. דרושה טמפי מספיק גבוהה כדי להפעיל מערכת דו שלבית.

ניסן כספי : אין בעיה, הגזים ביציאה מן הטורבינה הם ב-400 מ"צ; זה הרבה מעבר למה שנדרש למקררי הספיגה. המערכות האלה פועלות כבר שנים רבות. מה שכרגע אנחנו מפתחים בישראל היא יחידה עוד יותר קומפקטית, עם נצילות ויכולת שירות יותר טובים.

דניאל ספז: יש טכנולוגיה שבה בין הטורבינה ל-Chiller יש אגירת חום בלבנים או כדומה. זה יכול לתת עוד מימד של יעילות.

דניאל ספז, מיקרוגרید ישראל:

An innovative Microgrid in Israel

אני אציג פרויקט חדש בתחום המיקרוגרید בישראל, כרגע בהתהוותו.

מיקרוגרید הוא אוסף (או מטריצה) של אלמנטים שמייצרים חשמל, אלמנטים שצורכים חשמל וחלק שגם מייצרים וגם צורכים, המקושרים ביניהם. זה חייב להיות באזור גיאוגרפי מסויים ותחת בעל עניין אחד. אם זה באזור גיאוגרפי אחד אבל לאף אחד אין עניין לנהל במשותף, אין בזה תועלת מיקרוגרידית. זהו אוסף של אלמנטים כגון גנרטור, מנוע גז או ביוגז, CHP או CCHP – משהו שמייצר דבר נוסף, קוונרציה, טריגנרציה, שמייצר יותר מחשמל; מתקנים סולאריים, אגירת אנרגיה, טורבינות רוח, מיקרו טורבינות וכל מיני אלמנטים שהם גם צרכן וגם יצרן ומנוהלים על ידי מונים חכמים. יש ביניהם תעשייתיים ויש כאלה שהם pure DC. כמובן שיש גורמים המשרתים חלק מן המטריצה: מים, דלק, גז. בכל אלמנט יש ממשק בקרתי שמדבר עם הבקר הראשי, והכל תחת נקודה אחת שמחוברת לרשת. כמובן שהכול מתקשר (למשל דרך ענן) למקום שמאפשר לראות מה קורה בתוך הרשת - מערכת שבדקת שכל האמצעים מוגנים מפני התקפה חיצונית. קיימים חיישנים בכל מקום ברשת. זוהי הגדרה של מיקרוגרید בצורה הכללית ביותר.

אנו מקימים מערכת (ניסיונית) בקיבוץ מעלה גלבוע. זו אולי חדשה לרוב האנשים – הקיבוץ הוא המיקרוגרید היחיד שקיים בארץ. בעולם אין מיקרוגרידים; יש חלקי מיקרוגרידים או מיקרוגרידים שיצרו בשביל האקדמיה או בשביל ה-Department of Energy. הקיבוץ הוא המקום היחיד בעולם שיש לו נקודת חיבור לרשת ומתחתיו כל סוגי הצרכנים והיצרנים, ואנשים שיש להם אינטרס משותף. יש קולחוזים אבל הם נגמרים ברוסיה - הם אפילו שכחו שהם קולחוזים. הקיבוץ נבחר בגלל זה, וזאת גילינו כאשר חיפשנו חברות שרוצות לעבוד אתנו; וזה עניין אותם יותר מכמה אלפי שקלים ששילמנו להם. זה עניין אותם כי בניו יורק כדי לעשות מיקרוגרید צריך להתחנן למפקד המשטרה, למנהל בית הספר, לאחראי על הספרייה העירונית - בואו נחבר ביניכם כדי ליצור מיקרוגרید ולראות את ההתנהגויות המיקרוגרידיות. כאן זה בא כמו מתנה. קיבוץ מעלה גלבוע הוא בעל מוטיבציה מאד גבוהה. אלה אנשים שמדברים אנרגיה. יש שם כל סוגי התשתיות - גם רוח, גם אגירה שאובה, סולארי מכל הרגולציות וכו'.

נבדוק את המצב לפני ואחרי ההתקנה. מה היה בקיבוץ לפני שהתקנו את המערכת? כמו בכל קיבוץ, יש חיבור לרשת, יש בתים, בהם התקינו מערכות מניה מיושנות כדי לחייב עבור השימוש, יש מתקנים סולאריים שנכנסו לפי האסדרות השונות 2011, 2012, 2014 כל אחת לפי תעריף אחר; יש להם מערכות קריטיות (cowshed, industry), אותן משרת גנרטור דיזל; יש טורבינת רוח שנמצאת מתחת למונה.

ואז, במימון ובעזרה של משרד התשתיות האנרגיה והמים - אנחנו, חברת מיקרוגרید ישראל, התקנו מערכת מיקרוגריד.

מה עשינו? ראשית כל - כדי לנהל צריך לראות, ו-90% מן הניהול הוא לנתח מה שראית. לכן התקנו חיישנים בכל נקודה על רשת החשמל. חיישנים אלה מבצעים שני תפקידים: מנטרים את הרשת ומספקים נתונים לבקר הראשי, אשר מנתח את המערכת. יש גם הגנה מפני התקפות. לא חששנו מתקיפות ע"י מדינות אויב, אבל כשאתה נותן מקלדת לחבר קיבוץ, זה צינור להכניס תקלות הנובעות מטעויות אנוש. מערכות הסייבר באות להגן מפני טעויות אנוש. בנוסף, שידרגנו את מערכות המנייה החכמה. התקנו מוני דור 3 מאד חכמים, שיכולים להמשיך לתת חיובים באותו תקן שחברת חשמל קבעה, והוספנו ניטור של התנהגות כל צרכן וצרכן בנוסף למערכת המנייה החכמה. כמובן שגם המונים החכמים האלה נותנים מידע לבקר. חשוב לציין שהחיישנים מספקים מידע כל שנייה; הם מסוגלים לתת מידע בזמן אמת, כי זו לא חכמה להגיד לרפתן שכבר הוריד את המגפיים, או שהוא כבר בבית כנסת אחרי המשמרת שלו, "שכחת לכבות את הקומפרסור". מונה חכם נותן אינפורמציה כל 15 דקות, והחיישנים קיימים כדי לתאר התנהגות אמת בזמן אמת. בנוסף לזה, הצענו להצמיד מאגר אנרגיה לאלמנטים קריטיים שאספקת החשמל אליהם מגובה ע"י גנרטור דיזל. במידה ויש תקלה, וניתק החשמל, במקום לתת פקודה לגנרטור דיזל דרך ה-automatic transfer switch, פורקים את מאגר האנרגיה במשך 20 דקות. מרוויחים מכל הכיוונים: קודם כל מצמצמים פליטות. שנית, אין ירידת מתח, כי כשמפעילים גנרטור דיזל, קודם כל יש הפסקת חשמל ואז הדיזל עובד, ובסידור שהצענו – מאגר האנרגיה מחזיק את העומס במשך 20 דקות.

לגבי ספקי הציוד - אנחנו עובדים עם סימנס (בקר-controller), עם סייברקס, חברת EGM נתנה את החיישנים. את המערך של ה-MDM והמונים החכמים נותן סיגמטק בשיתוף מוביקס. יש פה הרבה חברות ישראליות וזה פרויקט מאד מעניין.

יעל פרג: האם אין חברה אחת היכולה לספק את כל המערכת?

דניאל ספז: לא. זה כל העניין, אין חברה אחת שעושה הכול. הכול עניין של אינטגרציה.

עודד אגמון: האם יש לך תחזית לגבי האנרגיה הסולארית והרוח?

דניאל ספז: אני אדבר על זה. התועלות של המיקרוגריד ביכולתו להגדיל את אמינות האספקה לאלמנטים קריטיים, וזה דבר מאד חשוב. אני מעריך שעל ציר הזמן, כאשר נמשיך לייבש את חברת החשמל, יהיה לה פחות כסף לתחזק את הרשת, וכאן תהיה עדיפות או יהיה מקום לשים אמצעים כמו אגירת אנרגיה או ייצור מקומי, כמו שניסן כספי דיבר קודם. אנחנו גם נהיה מסוגלים לנהל את המערך, כולל לתת תיעודף בזמן תקלות, ונחסוך בעלויות. מה שבעצם חשוב מאד הן אינטגרציה ואופטימיזציה של כל מערך הייצור הזה. אנחנו גם מנהלים את הצריכה, ומסתכלים על הצרכן הבודד. בכל יום אני בודק מה קרה ביום הקודם, ואני מדבר עם מנהל המפעל במעלה גלבווע ושואל אותו "האם היית צריך להפעיל את הקומפרסור בשעה 4, בדיוק כאשר השמש שוקעת והתעו"ז עדיין גבוה?" והוא אומר שפשוט לא ידע, לא אמרו לו, הוא עסוק בייצור, למכור כמה שיותר גזר, הרפתן רוצה שהפרה תהיה כמה שפחות

עצבנית, הם לא יודעים, זה לא במוקד העניין שלהם. ומערכת המיקרוגריד יכולה לעזור לגלות את הדברים האלה.

בקשר לתחזוקתיות – אנחנו מסוגלים להגיד: "תדע שבשעה הזאת, לפי הקרינה הזאת, היית צריך לספק כך וכך אנרגיה מטורבינת הרוח או כך וכך אנרגיה מהמערכת הסולארית". יש הבדל בין הצפוי למצוי; כנראה שהפנלים לא שטופים או הגנרטור של הטורבינה אינו תקין.

אנחנו עוסקים בניהול ואופטימיזציה, אנחנו מקיימים דו שיח עם האנשים, אנחנו מנסים להטמיע הרגלי צריכה, אך בשביל להטמיע אתה צריך לדעת מה הם היום ולאן אתה הותר הלאה. עוסקים בתיעדוף ו-peak shaving. אתן דוגמא מה אנחנו עושים בנושא: מבצעים תחזית לגבי מתי יהיה השיא הכלכלי הבא (שאינו בהכרח זהה לשיא האנרגיה, תלוי מה התעו"ז באותו רגע). מזהים את השיא וביום שלמחרת מכינים את מאגר האנרגיה שיהיה טעון במלואו לקראת השיא הזה, ואז פורקים אותו ל 5-10 דקות אלה ו"גילחנו" את השיא - פשוט לא קיים.

עודד אגמון: אין תמריץ כלכלי לעשות את זה.

דניאל ספז: אני לא בודק את הצד הרגולטורי, אלא את היכולת לבוא למשרד האנרגיה בדו"ח הסופי ולהגיד שאילו היה תמריץ, היה ניתן להרוויח כך וכך. אנחנו בודקים את המנגנונים הטכנולוגיים שיתנו קרקע פורייה לרגולציה.

יש אפשרות לפעול במספר צורות הפעלה (modes of operation). אחת היא עלות מינימלית - מנסים שפונקציית העלות תהיה כמה שיותר נמוכה. צורות אחרות הן מינימום פליטות, מקסימום זמינות ו-load shaving or peak shaving. ניתן לבחור בכל יום את הצורה שבה אנחנו רוצים לעבוד. פעם ראשונה בעולם, שפיתחנו מתודולוגיה, לכמת בצורה מספרית (input, output) את התועלות של המיקרוגריד.

נועם אילן: מה עם כלי להשוואת העומס? אתה יכול להגיד למנהל המפעל 'אני מוריד לך את המדחס לזמן מסוים?' כדי לטפל במצבים של שיא?

דניאל ספז: אני לא צריך לעשות זאת מכיוון שהוא בעל הקיבוץ, הוא בעל הנכס, הוא מחפש את החיסכון. פיתחנו מנגנון שבמסגרתו נפגשים פעם בשבוע. נוכל לזהות את ההזדמנויות ולהגיד לו כדי שהוא ישנה את הרגלי הצריכה שלו.

אילן סולימאן: זה גם יכול לעבוד מול מנהל המערכת, משום שיש לו עכשיו שליטה טובה על כל המערכות. הנושא של ניהול העומס, השלות עומס, נמצא בתוך המערכת, כתמריץ של הקיבוץ, של הבסיס הצבאי, של הטכניון.

דניאל שוואב: האם בנית מודל פיננסי של המערכת מבחינת ROI?

דניאל ספז: בשביל לבנות מודל פיננסי צריכים לראות את התועלות. כרגע בנינו את המתודולוגיה כדי לזהות את התועלות. הנתונים יעזרו לנו.

Smart policy for Urban Integrated Microgrids & Localized Smart Infrastructure

אחת הטרנדיות הגדולות של קידום חדשנות במרחב הבנוי, היא בכך שלא מבינים שזה לא רק טכנולוגיה אלא יש מספר שחקנים ובעלי עניין שנדרשים לתת את דעתם על מנת שזה יצליח. בתור מי שהיה רגולטור (מנהל אגף בכיר לבנייה במשרד הפנים) אני מודע ליריבויות שקיימות בין משרדי ממשלה ו/או בין לבין רשויות מקומיות והמגזר העסקי, המונעות או מקשות על קידום יוזמות חדשניות, ובד"כ מגיעים לחסמים (ולמענה עליהן) רק בשלב מאוחר- לעיתים מאוחר מידי כאשר האמון בין השחקנים נמצא בשפל, ולכן יוזמות אלו כושלות. אני אגע רק בדוגמא אחת, בסוגיה של הקמת מערכות פוטוולטאיות (PV) במרחב הבנוי. כשהנהיגו רגולציה והתקינו תקנות וכללים שכללו התייחסות לתכניות מתאר ולהיתרי בניה, פתאום הבינו שיש חסמים דרמטיים ליישום. יש כל כך הרבה בעיות ומורכבויות הנובעות מרגולציות אחרות (באותם משרדים - כגון רישוי עסקים, או משרדים אחרים - כגון משרד התשתיות/רשות החשמל, המשרד להגנת הסביבה, רמ"י ועוד) - חלקן הגבילו וצמצמו את האפשרויות ליישום וחלקן צמצמו את הכדאיות הכלכלית. השורה התחתונה היא שעד שלא עשינו סדר, שלוש שנים אחרי שכבר תיקנו את המסד הרגולטורי, כמעט אי אפשר היה לעשות שום דבר. היום אני בעצם מנסה לחבר בין העולם הטכנולוגי לעולם הרגולציה מבחוך בכל הנוגע לחדשנות עירונית. אגע בזה בהמשך.

אני נוגע כרגע בשלושה סוגי פרויקטים שאנחנו עוסקים בהם, שניים בתל אביב ואחד בחדרה, מרמת המתחם/קהילה ועד לקנה מידה עירוני כולל. יש חסמים רבים שכולם מדברים עליהם, אבל כמו שאמרתי, ריבוי של רגולציה הוא בעצם דרמטי כי זה משליך על הרבה גורמים אחרים, כגון הרצון של הצרכנים ו/או הרשויות להכנס ל"הרפתקאה" ושל בנקים ו/או גופים מממנים להוביל או להיות שותפים למהלך. לא מדובר פה על קיבוץ או על קמפוס אקדמי או מתקן בטחוני, אלא על מרחבי הצריכה המשמעותיים, קרי הערים שלנו. כאשר יש ריבוי שחקנים יש ריבוי רגולציות, החל מוועדת תכנון ובנייה ולאחר מכן איכות סביבה, וודאי שגם משרד התשתיות, וזה הופך להיות כמעט בלתי אפשרי. ועדיין אני לא מדבר על סוגיות קנייניות ובעלויות המהוות אתגר קשה מאוד לפיצוח.

התבקשנו על ידי משרד אדריכל העיר של עיריית תל אביב לפתח לעיר מדיניות בתחומי האנרגיה. השלב הראשון היה לבחון ערים שתיקנו מדיניות אנרגיה עירונית. בחנו ערים שמוגדרות כבירות ו/או בירות כלכליות כמו לונדון, סיאול, סן פרנסיסקו, ניו יורק וסידני (אוסטרליה) שהכינה תכנית אסטרטגית לאנרגיה ב-2013. מה שמייחד אותן הוא סדרה שלמה של כלים בתחומים שונים שהעירייה החליטה שהיא רוצה לקדם במטרה לעמוד בחזון וביעדים האנרגטיים לעיר. בכל תכנית עירונית יש סדרה של נושאים ומדדים; חלקם שונים זה מזה, אולם בכל הערים היו כלים רגולטורים, ומערכות מידע ומערכות בקרה שאפשרו להם להבין מה קיים ומה לא, ומה צריך לתקן. המאפיין השונה בתל אביב ובמדינת ישראל, הוא שבניגוד לערים האלה, שבכל אחת יש מערכת רגולציה עצמאית - הם כותבים מדיניות ומסוגלים לשנות רגולציה, ואילו אצלנו צריכים להתייחס לרגולציה שהמדינה קובעת - לא תמיד בהתאמה למאפיינים, לפוטנציאל ולצרכים של העיר. בשלב הזה בחנו את הכלים והאסטרטגיות

הטובות (והמתאימות) מכולם ואנחנו נמצאים בתהליך העבודה של התאמת התכנית לעירייה. השלב הראשון שנדרשנו אליו הוא - לא להחליט שרוצים לבצע אלא להחליט בעצם למה רוצים להכין תכנית. ה"למה" מגדיר אחר כך איזה סוגיות הן רלוונטיות לתל אביב ולמאפיינים של מדינת ישראל. הסוגיה של חוסן עירוני פתאום כבר רלוונטית גם לחברות עסקיות אבל גם לגופי החרום הלאומיים (כמו רח"ל - רשות חירום לאומית), אבל זה גם אומר עם מי לדבר ואיפה לתקצב את זה. הסוגיה של עוני אנרגטי (אחוז התושבים שויתרו על חימום וקירור הבתים שלהם לאור קשיים כלכליים) שהיה בבסיס התכנית של לונדון, הופכת להיות דרמטית היום גם בישראל. דו"ח העוני הישראלי או דו"ח פני האומה מ-2013 כבר מתחיל לדבר על עוני אנרגטי: לפי הדוח 56% מהאוכלוסייה בירושלים ו-27% מתושבי תל אביב סובלים מעוני אנרגטי. זה מאפיין דרמטי וזה גם משפיע על המוטיבציה של העירייה להשקיע בזה כסף, לפעול לשנות את הרגולציה המקומית. כמובן שהסוגיה של עצמאות כלכלית ואנרגטית מתחברים למלחמה ביוקר המחייה והאסטרטגיה לקידום חוסן עירוני. אחת התובנות המרכזיות העולות מכל הדו"חות האלה היא שחייבים לראות במיקרוגריד כלי מרכזי. זה עובר כחוט השני בכל העבודות שנעשות היום ברבות מהערים בעולם, שבלי ייצור אנרגיה מבזר ברמה העירונית אין זכות קיום כלל למדיניות אנרגיה. התכניות קוראות לחפש תהליכים וטכנולוגיות חדשניות וללמוד אותם ובמקביל לקדם רגולציה מספיק גמישה על מנת שזה יקרה.

אחת הדוגמאות לכלים שאנחנו מציעים לת"א הוא יצירת תהליך אסטרטגי דינמי ולא תהליך חד-חד ערכי - לקבוע מה רוצים ולמפות את הביקושים ואת ההיצע כדי לייצר את הוודאות, אבל גם לבחון איפה כדאי ונדרש להשקיע (באופן דינמי והמשכיל); להבין כל הזמן איפה החסמים ולבנות כלים המגיבים לצרכים ולהזדמנויות. מדובר פה על תהליך המשכי ולא על תהליך חד פעמי, ובהשוואה לרגולציה הממשלתית, שלוקחת מספר שנים להכנה (בין שנה לעשר שנים), ואז עד שהתכנית מאושרת - כל הנתונים הראשונים כבר לא רלוונטיים. זה מה שהופך מדינות אירופאיות עם רגולציה גמישה למקומות עם וודאות גדולה יותר והזדמנות רבה יותר לקידום מערכות מהסוג הזה.

על מנת לאפשר שינוי הכרחי זה, צריך שמשדד ממשלתי אחד יהיה אחראי על כל המכלול, אם זה משרד האוצר, משרד הפנים, משרד התשתיות או כל גוף אחר שצריך, מהם המרחבים המשותפים (ולמה). הגדרנו כמה סוגי פיילוטים: **בשכונות חדשות** - שדה דב ותכנית 3700 (אנחנו לא אחראים על התכנית אבל נטפל בסוגיות הרגולטוריות והיכולת להתאימן לתכניות ומרקמים אחרים); **בשכונות קיימות** - שכונת מעוז אביב שהיא שכונה קיימת עם מאפיינים של קיבוץ (בגלל סוגיה היסטורית מרבית המבנים בה מוגדרים כבית משותף ולכן אין בעיות קנייניות הנובעות מיצירת תשתיות משותפות); וגם **במתחמים כלכליים** - מקומות שיש בהם אינטרס כלכלי בלבד כמו מתחמי המלונות על קו הים ומתחם עירוני משמעותי כגון הקריה, ונמל תל אביב/יפו. הפיילוטים השונים נועדו לאפשר הבנה אמיתית של הסוגיות, המשמעויות הארגוניות, החברתיות והכלכליות, החסמים והמשמעויות הרגולטוריות ואז לפנות למשרדי הממשלה במידת הצורך עם תובנות אמיתיות ולגרום לשינוי. בשנים האחרונות עושים מהלכים דומים בלא מעט מקומות בעולם, ולאחרונה הושם דגש על district heating/cooling. יש מסמך מנחה של האו"ם וארגון ICLEI שיצא בשנה האחרונה.

בעולם רואים דוגמאות רבות, וכולן דוגמאות עירוניות, לא כפריות. אני אגע בשני פרויקטים שאנו משולבים בהם: בשכונת מעוז אביב, שם יש מעט מאוד בעיות רגולטוריות, ובחדרה, בה אנחנו בשלבי אישור מחוזי של תכנית מתאר מפורטת; בחדרה אנו למעשה מסדירים את הסוגיות של הקמת מיקרוגרידים, אולם ההחלטה הטכנולוגית (איזה פתרון ייבחר) תתקבל בעוד שנתיים-שלוש ולא עכשיו. שכונת מעוז אביב – כאמור, הינה שכונה שלמעט שני מבנים מוגדרת כבית משותף, הוועד הוא סטוטורי, ולכן סוגיות קנייניות וסוגיות מרחביות לא רלוונטיות שם. זה מאד דומה לקיבוץ, שלכאורה אני יכול לשים מונה אחד בכניסה ולטפל בחיובים הפרטניים. לכאורה, בניין הממשלה בת"א עושה את זה. יש כיום לא מעט שחקנים פרטיים שמקבלים את האישורים ועושים את זה.

אילן סולימאן: האם הזכות הקניינית היא גם על כל הקרקע הציבורית?

רפי רייש: כן. יש כאן שתי רגולציות שונות ומקבילות. רגולציה מרחבית שקשורה לבעלות, שקשורה לייעודי קרקע ושימושים. נכון להיום אני לא יכול לעשות מיקרוגריד במרחב עירוני, כי בעצם כאשר אני מחבר שני בניינים אני הופך אותם ליצרני אנרגיה ואני צריך שימוש קרקעי תואם (מתקנים הנדסיים וכן אישורים של כל המשרדים בהתאם להנחיות ותקנות העוסקות בייצור אנרגיה), כלומר נדרש אישור בתכנית מתאר שתאפשר שזה יקרה. לכן אנחנו אומרים: במקום לטפל רק ברגולציה של משק החשמל, יש עוד רגולציות שצריך לטפל בהן, ומעוז אביב ייחודית בכך שהרגולציות האלה לא חלות (כביכול) ולכן כבר ניתנים ליישום. מה שזה דורש היא הסכמה של הוועד.

עודד אגמון: מה התכנון? האם חיבור אחד?

רפי רייש: התפיסה היא של רשת תשתית משותפת לאנרגיה, מים ופסולת, כאשר העלויות הגדולות הן מערכות הניהול ותשתית. חסם מרכזי בשלב זה הוא אישור של הוועד בשם כל הדיירים. העירייה מקדמת כעת מדיניות כוללת לשכונה, הכוללת תוספת של בינוי באזורים ששייכים לעירייה והסדרת הזדמנויות שכונתיות כמו המקרה הנ"ל. העירייה, בשיתוף עם התושבים, מקדמת מדיניות שגם מייצרת כספים למימון חלק מהתהליכים, והתבקשנו להציע את המודל האפשרי ליצירת תשתיות קהילתיות על מנת להביא את האישור של הרשות המקומית.

אילן סולימאן: מי יבנה את התשתית?

רפי רייש: מי שיזכה במכרז. העירייה תתכן אבל בסופו של דבר שיהיה קונסורציום משותף של העירייה, של הדיירים ושל היזם שיבנה. המטרה - שמתקני האנרגיה יהיו בשטח העירוני, ככל הנראה באזור שבו אמורה להיות סוללה אקוסטית שתסתיר את הרכבת מהשכונה. השכונה מתאפיינת ב"שכונת רכבות", מבנים של שלוש קומות, שיהיו שותפים מבחינת ייצור אנרגיה, והכוונה היא להרחיב גם לנושא של מים, פסולת ותקשורת. כל השטחים הירוקים באמצע הם בבעלות משותפת, הם משלמים על האחזקה שלהם ועל המים, וגם על הפסולת. במקרה הזה אנחנו גם מבטלים את הצורך באגירה, כי יש מספיק שחקנים גדולים כמו גני התערוכה שמתמשים באנרגיה בשעות אחרות. להבדיל מקיבוצים - מדובר על רשת שבכל מקרה תתחבר לרשת המקומית. ברגע שהכנסנו גם תקשורת - מדובר בעצם על פוטנציאל ליצירת הזדמנויות קהילתיות אחרות, כולל הקמת מרכזי תעסוקה, מו"פ וחדשנות. הוועד בהתחלה לא רצה את זה, כי חשבו שראש העיר ירוויח מזה (אפרופו מי שלא מבין שסוגיות חברתיות

ותרבותיות במיקרוגרד הן קריטיות). הוועד עכשיו השתנה וביקש להיכנס למהלך הזה. לאחר מכן זה הולך לאישור תכניות מתאר.

שכונת רובע הים בחדרה הינה שכונה חדשה בשלבי תכנון, בין שכונת אולגה לתחנת הכח - יהיו בה כעשרת אלפים יחידות דיור, בתי מלון, תעסוקה ומסחר והרבה מאד שטחים פתוחים. התבקשנו לקחת את התכנית הקיימת ולהפוך אותה לתכנית חכמה. בשכונה בגודל הזה, גם אם יקבלו אישורים לייצור אנרגיה, לאגירת מים או לייצור מים על ידי רשות המים, עדיין הסוגיות המרחביות הן קריטיות, ואם לא עושים את זה נכון ובזמן - מדובר על לפחות עשר שנים של עיכוב. לכן אנחנו כרגע מייצרים רגולציה מאפשרת, שמגדירה אזורים למנהרות תשתית, למרכזי אנרגיה, מגדירה את החלוקה לתת-אזורים בתוך התכניות, מגדירה מרחבים לאגירת קור, מגדירה חיבורים לאזורי תעשייה ובתי חולים כדי שהם יהיו צרכני משנה, וגם מקומות שמיועדים למו"פ והתנסות טכנולוגית. ללא הסדרה, אם נרצה מחר להתקין חיישנים במרחב הציבורי נדרש לתכנית ולהיתר בנייה, ולא נקבל אותו במרחב הציבורי. לכן, לענין זה, הגדרנו סדרה שלמה של מו"פים, כולל מו"פ (אפשרי) בים של אנרגיה מגלי ים. כל משרדי הממשלה מבינים שהרגולציה המאפשרת היא לא רגולציה מחייבת מבחינתם, כי מה שמחייב זה התכנון המפורט, אבל בלי שמגדירים את זה ומייעדים מקומות מראש - זה בלתי אפשרי ולכן יש תגובות מאוד חיוביות ממשרדים שרגילים לחשוש ולהתנגד. הבעיה המרכזית - כאשר עוסקים בטכנולוגיה ומדברים על משהו שוודאות ההקמה שלו היא בין שלוש שנים ל-15 שנה, גם אם מאשרים מתארת, לא ברור מתי בעלי הקרקע יחליטו אם הם רוצים להכין תכניות מפורטות, ולא יודעים מתי המבנים יבנו. לכן כאשר מדובר על טכנולוגיה - הפרשים אדירים בזמן, בין המועד שבו אנחנו מאשרים את התכניות לבין הטכנולוגיה הנכונה הינם משמעותיים, ולכן מייצרים רגולציה גמישה מאד, לא מכניסים הגדרות של סוגי טכנולוגיה אלא מדברים על תפקוד וסוגיות של בטיחות. מדברים על סדרה של כלים לתנאי ההיתר וטופס 4. ומי שלא יפעל באופן דומה, אין סיכוי שיוכל לקדם מערכות, לא רק מיקרוגרדים, אלא גם מערכות ייצור מקומיות. למשל: מערכות פוטו-וולטאיות אנחנו מאשרים בכל מבני הציבור (על כל שטח המגרשים, עד קו המגרש). בניגוד לבניינים עצמם, שם צריך לשמור על המרחקים - מבחינת ייצור על גגות, מאפשרים על כל המגרש; ברגע שאישרתי את כל השטח לא צריך לחזור להכין תכנית אלא רק, במקרה זה, לרשות החשמל.

עודד אגמון, הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל:

רגולציה לחיבור מתקני ייצור חשמל לרשת החלוקה

אני אדבר על ייצור חשמל מבזר קונבנציונלי (גז טבעי ודלקים פוסיליים) כי רשות החשמל כבר יישמה את האסדרות של אנרגיות מתחדשות (PV, רוח, ביוגז). הגורם שיכול לתת דחיפה משמעותית לתחום המיקרוגרד הוא הנושא של הייצור והייצור המבזר, ואנחנו דנים על האסדרה שלו ברשות החשמל. גם מתקני הקוגנרציה הגדולים כבר סודרו, מתקנים כאלה קמו וקמים, לטובת מפעלים שמייצרים גם קיטור וגם חשמל, בנצילות של כ-70%, שהן מאד גבוהות ביחס למנועים הקטנים ולטורבינות הקטנות

הנמצאים בייצור המבוזר. הטכנולוגיה נמצאת בחסם מסוים, ואנחנו מנסים לראות אם ההסדרים העתידיים שלנו יכולים להסיר את אותו חסם ולאפשר התקנה של המתקנים הקטנים.

המצב כיום הוא שיש ייצור קיטור במפעלים באמצעות מזוט וסולר. החסם המרכזי היא רשת חלוקת הגז. אם הגז הטבעי יוכל להגיע למפעלים, לשכונות, לערים - ברגע שרשת החלוקה תתפתח ניתן יהיה גם לשדרג ולהכניס מתקנים לייצור חשמל, חום וקור. הפוטנציאל גדול מאד.

השינוי הגדול בייצור חשמל: בעבר, הייצור היה בתחנות כוח גדולות והתפזר לצרכנים דרך רשת ההולכה והחלוקה. היום ייצור חשמל נמצא יותר ויותר במקום של הצרכנות, וזה יוצר אתגרים גדולים גם למי שמנהל את הרשת (ההולכה והחלוקה) וגם למי שמייצר. חברת החשמל אינה מורגלת בזה והיא לומדת את הנושא עכשיו. נכון להיום יש כ-500 מגה וואט PV שנמצאים ברשת החלוקה. זה מאתגר מאד את חברת החשמל מבחינת איזון הביקושים, זרמים ברשת, והתפתחות הרשת. איך לייצר עתודה סובבת כדי לטפל בשינויים בייצור החשמל בעקבות שינויים בקרינת השמש או ברוח? זו משימה מאתגרת ומורכבת וכמובן שהמיקרוגריד יבוא וייתן את הפתרון גם לזה.

היתרון לקוגנרציה – באותה כמות של גז ודלק ניתן לייצר גם יותר חשמל וגם יותר קיטור לעומת האלטרנטיבה. רשות החשמל רואה לנגד עיניה שתי אלטרנטיבות: אלטרנטיבה ראשונה – המצב יישאר כקדמותו, כלומר, נקים מחז"מים גדולים בנצילות קרובה ל-60% שיספקו חשמל לרשת. הקוגנרציה לא תהיה במפעלים עצמם, והצרכנים שיתחברו לגז טבעי ייצרו לעצמם קיטור או קירור או חימום. אלטרנטיבה שנייה – מתקן קוגנרציה קטן בחצר המפעל שמסוגל להפיק גם קור וגם חום. והשאלה היא: האם יש למשק תועלת להימצא באלטרנטיבה הראשונה או השנייה? האם המטרה היא להתרכז בייצור מרוכז או מבוזר? מהם היתרונות? יש לנתח משקית אם נכון ללכת בכיוון זה או אחר.

בעבודה שלנו הסתכלנו על טכנולוגיה קיימת מוכרת ויישומית (פחות בדקנו מיקרו טורבינות, יש פחות מידע היום, אך אני מבין שזה מה שמתפתח ואולי כדאי שנתחדש בנתונים האלה). מדובר על טורבינות ומנועי גז, רוב התעשייה מתרכזת סביב המנועים, יש להם יתרון בולט במשטר העבודה, שלא צריך להפעילם 24/7 אפשר לכבות ולהדליק אותם. הם זולים ביחס לטורבינות הגז ובנוסף היחס קיטור/חשמל שלהם מתאים למפעלים שבד"כ לוקחים הרבה קיטור ומעט חשמל ולא רוצים להימצא בעודף של חשמל שזורקים לרשת. יש איבודים יותר קטנים והם עובדים יותר טוב בשינויי טמפרטורה.

אלעד שביב: מה ההבדל בין מנוע לבין טורבינה?

עודד אגמון: מנוע הוא מנוע בוכנה, שריפה פנימית, בדומה למנוע של מכונית. הוא מייצר חשמל ע"י סיבוב גנרטור וכמו כן משתמשים בחום שיוצא בגזי הפליטה. טורבינה היא כמו טורבינה גדולה תעשייתית, רק בממדים אחרים. היתרון הגדול במנוע הוא שאינו מאבד את ההספק שלו כאשר הטמפרטורה עולה. אנחנו יודעים שמחז"מים וטורבינות גז, דווקא בתקופה שצריך את החשמל כאשר מאד חם בחוץ, ההספק יכול לרדת משמעותית. במנוע זה לא קורה.

באנו והגדרנו את החלופות: חלופה ראשונה - ייצור קטן ומבוזר במתקנים של עד 5 מגה וואט או במתקנים של עד 10 מגה וואט, לעומת החלופה השנייה - ייצור מרוכז במחז"מים גדולים ובמפעלים עצמם להשתמש בדודי קיטור.

המספרים נמצאים בבחינה ברשות, אך בדקנו מבחינת עלויות הייצור:

עלויות הקמה – נמוכות יותר בייצור מרוכז

עלויות תפעול ותחזוקה – שונות מאוד בין החלופות אך גם כאן יתרון לייצור המרוכז

עלויות הגז – יש שאלה לגבי מחיר הגז, יש יתרון לרכישת כמויות גדולות יותר

עלויות חיבור לרשת החשמל והגז

נצילות חשמלית ותרמית – צריך לראות האם המנועים מסוגלים להגיע לאותן נצילות כמו המחז"מים ישנן גם עלויות / תועלות חיצוניות:

פליטת מזהמים – יש שאלה גדולה בנידון ואנחנו בדו שיח עם המשרד להגנ"ס. מתקנים קטנים הם בעלי ארובות נמוכות וקרובים יותר לאנשים. זאת עדיין שאלה פתוחה.

פיתוח רשת ההולכה – האם יש בזה חסכון או עלויות נוספות? באזור תל אביב נדרשים להפעיל את רידינג בשעות בהן לא ניתן לספק את הביקושים, ייתכן כי מתקנים קטנים שיוקמו שם יוכלו לחסוך בעלויות ההולכה והחלוקה, אך זה לא תמיד נכון ולא בכל מקום. נעשית כרגע עבודה יחד עם חברת החשמל לצורך זיהוי מיקומים שעדיף ונכון בהם להציב את מתקני האנרגיה המבוזרת. בייצור מרוכז יש 2-3% הפסדים על הקווים, וניתן לחסוך אותם כאשר מייצרים במקום הצריכה.

תפעול ותחזוקה של רשת ההולכה – יש יתרון ליצור מבוזר לעומת מרוכז.

עלות התאמת רשת החלוקה – זו שאלה שעוד לא הצלחנו לענות עליה, האם יש הפחתה או תוספות לרשת החלוקה כאשר מייצרים באופן מבוזר. זאת כי צריך לטפל בפערים של החשמל, לעיתים להעלות עודפי חשמל לרשת ההולכה, וצריך לדעת לנהל את רשת החלוקה שאינה מותאמת כיום לייצור מבוזר.

אמינות – ברוב המקרים מצאנו שייצור מבוזר מגדיל את האמינות של אספקת החשמל

אילן סולימאן: אתה מסתכל רק מנקודת מבט משקית?

עודד אגמון: מסתכלים מנקודת מבט משקית כי היתרון של הצרכן ברור - אם ישים מתקן לייצור חשמל וקיטור בחצר שלו - יש לו יתרון מובנה בפתרון הזה. השאלה היא אם יש יתרון למשק. ואם יש יתרון למשק אנחנו נרצה להעביר אותו כדי להעצים אותו. אם אין בזה יתרון אלא יש בזה עלויות, נצטרך להטיל אותן על השחקנים שרוצים לייצר במתקנים עצמאיים. למעשה, מתקן בייצור עצמי מפסיק לשלם בשלב כלשהו את עלות התשתית שלו; יש לו קו מחובר שמישהו הקים אותו ויש לו גם תחזוקה, ומישהו יצטרך לשלם את העלות של זה, וצריך לייצר מנגנון שמשית עליו את העלות הזאת. כיום מי שמייצר לעצמו גם לא משלם עלויות מערכתיות לפי החלטת הרשות. החלטה זאת נמצאת בבחינה מחודשת, כיוון שיש עלויות מערכתיות – חברת החשמל מחזיקה עתודה סובבת וגיבויים. יצרן עצמאי

יכול להחליט לא לייצר במשך חודשיים, והמערכת צריכה להיות זמינה לספק לו את החשמל. נשאלת השאלה: מי מממן את הגיבויים האלה? נקווה שבחודשיים הקרובים ימצא לזה פתרון ברשות החשמל, ונצא עם הסדר מתאים.

עלויות חיצוניות לא מתומחרות:

פיתוח רשת חלוקת הגז – צפוי שמתקני קוגנרציה ברשת החלוקה יתרמו משמעותית לפיתוח רשת חלוקת הגז. ככל שנגביר את השימוש בגז טבעי במפעלים, זה ייתן יתרון לפיתוח רשת חלוקת הגז ולחיבורים אפשריים נוספים.

צמצום המפגע הנופי – קשה לתמחר.

הוספה אינקרמנטלית לייצור – עם מתקנים קטנים יותר קל להדביק שינויים בהיצע ובביקוש. עם מתקנים גדולים (400-600 מגה וואט) נשארים בתקופות מסוימות עם המון רזרבה בשוק עד שהביקוש מתפתחים.

אילווצים של must run – זה אילוץ שנצטרך להתמודד אתו. בייצור מבוזר, כאשר מתקנים קטנים פועלים וצריכים לספק את הקיטור או המים הקרים, יהיה להם אילוץ בכך שהם חייבים לייצר גם את החשמל, ואת החשמל העודף נצטרך להעלות לרשת. לא ברור אם זה יתרון או חסרון.

דניאל ספז: אגירה תרמית פותרת את הבעיה הזאת.

עודד אגמון: נכון, אבל אגירה תרמית עולה כסף. אנחנו מכירים את הטכנולוגיה כיום, את הפרויקט של "ברנמילר אנרגיה". לא ראינו פרויקטים כאלה שמתממשים.

דניאל ספז: לא רק ברנמילר, זה קיים מ-1923. ברוסיה יש הרבה אגירה תרמית.

עודד אגמון: אי יכולת לעבוד בדו-דלקיות היא גם כן שאלה שאנחנו מתייחסים אליה, כיוון שמשק החשמל הוא משק חיוני וצריך יהיה לייצר את החשמל גם אם לא יהיה פה גז. הטורבינות יודעות טוב יחסית להתמודד עם דו-דלקיות, המנועים פחות. כנראה שהעלות היא מאד גבוהה למתקן קטן כדי שיוכל לעבוד גם בדלק חלופי כמו סולר.

מגמות עולמיות – משקים עוברים לאט-לאט לייצור מבוזר. אי אפשר לעצור את המגמה הזאת והיא קיימת גם פה בישראל. לא גמרנו את ההסדרים וכבר רואים מפעלים שמפעילים קו-גנרציה. משיחות עם רגולטורים בעולם אנחנו מבינים שצריכים להסדיר כללים חדשים במשק עם חשמל מבוזר. זה שונה מהתפיסות ההיסטוריות, וצריך לשנות את החשיבה ולראות איך ניתן לאפשר את זה, ולצד זה לא לייצר סיבסודים בין טכנולוגיות ובין צרכנים.

דמוקרטיזציה של החשמל – מושג מקובל בארה"ב. כאשר מישהו רוצה לייצר לעצמו חשמל לא ניתן לסרב לו, אבל צריך לראות שזה לא פוגע באחרים וליצור את התמריצים הנכונים לכך.

תועלות סביבתיות – ברגע שנראה שיש תועלות סביבתיות לייצור המבוזר, נצטרך להעביר את התועלת הזאת לצרכנים על מנת לאפשר זאת.

בשוק הישראלי יש עודף גנרציה בשנים הקרובות, וצריך להבין שאם מעודדים עוד מתקנים קטנים, בסופו של דבר יישארו יותר רזרבות במשק, ויש לכך עלויות. אנחנו לא רוצים מצד אחד להכניס גנרציה ולהוריד ביקושים מצד הצרכנים, ומצד שני להישאר עם גנרציה קיימת ועלויות של חברת החשמל שיושתו על כלל הצרכנים ויבואו לידי ביטוי בתעריפים המערכתיים.

פרק 4: דיון

לאחר מצגות המשתתפים התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג, ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- מהם הצעדים שיש לנקוט לקידום רשת חשמל חכמה בישראל?
- מה ידוע על יישום רשתות חכמות במדינות העולם?
- מה השתנה בנושא יישום רשת חכמה וייצור מבוזר בארץ ובעולם בארבע השנים האחרונות?
- יישומי מיקרוגרید - בעד ונגד
- מצב הרגולציה בישראל והמלצות לגבי יישומי מיקרוגרידים

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה, לאחר שעברו ביקורת ע"י אומריהם.

גדעון פרידמן: אדבר על מגמות כלליות. דיברו הרבה על ייצור מבוזר, שהוא מגמה כלל עולמית. זה קשור גם לייצור קונבנציונאלי וגם לאנרגיה מתחדשת, ואני מציע לעודד אגמון להוסיף לתכנית העבודה גם את המיקרו-ייצור, שאנו רואים נטייה חזקה אליו. יש מגמה מאד חזקה של חדירת אנרגיה מתחדשת, שהיא ייצור מבוזר בעל מאפיינים מאד ייחודיים. שמש ורוח הם בעייתיים מבחינת רשת החשמל.

יש מגמה נוספת של רכבים חשמליים שיחדרו יותר ויותר. הם צרכני חשמל משמעותיים ויותר מכך - טעינה של רכבים חשמליים צורכת זרמים גבוהים לשם טעינה מהירה. Tesla הקימה מאות תחנות טעינה מהירה שטוענות רכב לנסיעה של 270 ק"מ תוך 40 דקות. מדברים על זרמים של 500 אמפר לרכב אחד. אלה זרמים פנטסטיים, ולא ב-3 וולט אלא ב-110 וולט בארה"ב, 220 וולט בישראל. היום אנחנו רואים מכוניות חשמליות בודדות, אבל בעתיד מרבית המכוניות בעולם יהיו חשמליות וצריך לדעת להתמודד עם זה.

מגמה נוספת היא הבית החכם. במסגרת מהפכת המחשוב שעוברת עלינו, גם הבתים הופכים להיות יותר חכמים, ואנחנו רוצים שירותים שקשורים בכך.

כל המגמות האלה ואולי עוד אחרות דורשות ניהול חכם ומדוקדק של רשת החשמל, לא רק בדרגה הגבוהה של רשת ההולכה אלא גם ברמה הכי נמוכה של האספקה אל הבית, כדי לאפשר את כל הטכנולוגיות שדיברתי עליהן, וגם אחרות.

גרשון גרוסמן: טעינה ב-500 אמפר בבתי פרטים?

גדעון פרידמן: אולי לא בבתי פרטיים, אך נרצה לפזר ברחבי העיר עמדות של טעינה מהירה. שנאי חלוקה מקומי צריך לתת לזה מענה, או שיצטרכו להקים רשת מיוחדת לכך. צריך לנהל את זה; זה לא ייבלע ברשת הקיימת ללא שינויים מהותיים בצורה בה הרשת המקומית מתנהלת. כל הנושא של רשת חכמה היא תשתית שאני רוצה לקרוא לה enabling, שבלעדיה לא יתאפשר פיתוח הטכנולוגיות השונות.

לכן אני חושב שמצד הממשלה והרגולציה נדרשת תמיכה בהקמת רשת כזאת. שואלים לפעמים ובצדק מה הצד העסקי של מיקרוגרید? יש לכך כל מיני צדדים, אך אני רוצה להדגיש שזאת תשתית enabler שהממשלה תצטרך לקחת בה עמדה ולנסות להקים אותה בצורה מסודרת וכנראה גם בתמיכה מסויימת, כי מדובר פה על מונופול תשתיתי.

נועם אילן : אנחנו באילת-אילות בערבה עוסקים הרבה במיקרוגריד, גם ברמה הקיבוצית, גם ברמה של הדגמת קונספט לעולם המתפתח, וגם ברמה יותר גבוהה, וזה דבר ייחודי ברמה ארצית או עולמית. העובדה שאנחנו מייצרים באנרגיה מתחדשת, בעיקר מאנרגיה סולארית, במהלך היום אחוז ניכר מצריכת האנרגיה של אזור אילת-אילות, כולל אילת, היא בזכות המאמצים שעשינו בעבר, כולל רגולציה שגורמת לתפוקה רבה של אנרגיה סולארית בערבה. החזון שלנו הוא להפוך את כל הערבה למיקרוגריד גדול אזורי. אין כאן בעל בית אחד, אבל יש רמה מסויימת של אחידות. קיימת המנהלת של אילת-אילות, והקיבוצים, וכן שיתוף פעולה הדוק בין כל הגורמים. החסם היה נושא האגירה, שגם אתו מתמודדים, אך הטכנולוגיה עדיין לא זולה ולא מתאימה לכמויות כה גדולות. עכשיו אנחנו מקדמים בצורה משמעותית, ביחד עם חברת החשמל ובהסכמת רשות החשמל, את הנושא של מתקן אגירה שאובה באזור קיבוץ לוטן, שהספקו יהיה בסביבות 150 מגה וואט. מטרתו, בניגוד לכל מתקני האגירה השאובה האחרים, היא לאו דווקא לקחת את ה- base load של הלילה ולהעביר אותו ליום, אלא לדאוג לניהול הנושא הסולארי אצלנו באזור. הולכים לבנות עוד שדה סולארי בתמנע, ויש דברים נוספים, שמביאים אותנו למצב בו אנחנו מייצרים יותר אנרגיה סולארית מאשר הצריכה האזורית במשך היום. יש אפשרות להעביר את זה צפונה, אך האפשרות המועדפת עלינו היא להשאיר את זה באזור. גם חברת חשמל רואה את הצורך וההיגיון במתקן כזה, סוללה ענקית כזאת, על מנת לנהל את האזור הזה שהוא מרוחק מהרשת ויש בו הרבה אנרגיה סולארית. זה לא יקרה מחר אבל אנחנו מתקדמים לעבר מצב ייחודי של אנרגיה סולארית ברמת הניהול האזורי עם כל מיני טכנולוגיות אחרות בקנה מידה מאד גדול, שיכול להיות דוגמא מאד מעניינת בארץ ואולי גם ברמה העולמית. הגורמים שמכירים את הנושא מוזמנים לשתף פעולה ולהצטרף לחזון הזה.

דניאל ספיז : נהיה במתח שנתיים?

נועם אילן : לפחות שנתיים.

גדעון פרידמן : אבל אם תתקין את מתקן הסוללות, זה יכול להיות בעוד שנתיים.

נועם אילן : אני מדבר על אגירה שאובה. 150 מגה וואט בסוללות - אנחנו עדיין לא שם.

דניאל שוואב : אני רוצה להתייחס לשאלה הראשונה : מהם הצעדים שיש לנקוט לקידום רשת חשמל חכמה בישראל. כל הטכנולוגיות קיימות, קשה לי לראות את הצורך להתמודד עם שאלות טכנולוגיות כאשר מבנה השוק הוא השאלה העיקרית. מה מדינת ישראל רוצה לראות בתור שוק חשמל, האם להפריט את השוק או לא? זה מה שמעניין אותי בתור מפתח בתחום של מיקרוגריד. כי בלי הפרטה - חברת החשמל נשארת מונופול, ואני לא מאמין שאפשר לבנות מיקרוגרידים במצב הזה. בסופו של דבר, השאלה היא מי יהיה בעל הבית של המיקרוגריד. ניקח לדוגמא את אילת : אין מניעה טכנולוגית לבנות

מיקרוגרید באילת, השאלה רק מי בעל הבית שם. אם רוצים לעודד השקעות, וכניסה של גופים חדשים לשוק כמו בשוק הטלפוניה, צריך לקבל החלטה להפריט את השוק. אני חושב שצריך להתמקד בשאלה הזאת. בלי תשובה סופית אני לא מאמין שיהיה מיקרוגרید בארץ. אם יש מי שחולק עלי - אשמח לשמוע.

אילן סולימאן : אני חושב שהרגולטור כיום לא מספיק בשל, ואין לו יכולת משילות כדי להעביר את השוק למצב שבו הוא מתאים את עצמו להתחדשות הטכנולוגית. אין ספק, לפחות לי, בעניין של הכלכליות והנכונות לעבור לשוק מבוזר. בסופו של דבר עד היום אין תמיכה מהרגולציה לתהליך הזה ואם הוא מתרחש - כנראה שיש תמריץ כלכלי, כלומר, מבחינה טכנולוגית וכלכלית השוק הולך לשם. לכאורה, פעמים רבות צריך להגיד: רק שהרגולטור לא יפריע. יש כמה היבטים לסוגיה. ראשית, התמודדות מול חברת החשמל, וזה לא בא לידי ביטוי מספיק ברפורמה שמדברים עליה היום. אם קידום התחום יבוא לידי ביטוי - זה יהיה שינוי דרמטי ואני לא רואה כיום במערכת מישהו שמסוגל לקבל החלטות בנידון. יש לזה משקל עצום. עודד אגמון העלה את הנקודה שהיא קריטית לדעתי, העלות המשקית וההיבט הפרטי. בהיבט הפרטי - מה שיקרה הוא שבגלל שיקולים משקיים יתכן ויהיה ניסיון לחסום את התפתחות המיקרוגרید. אם אני רוצה לעשות מיקרוגרید ויש לי הצדקה כלכלית לכך - אני יכול לעשות זאת מחר בבוקר, אבל נוצרה מציאות של עלויות של רשת שהושקעו, ולחברת החשמל יש עלויות מן העבר, ואני חש שהמגמה היא לנסות להטיל את כל זה על המיקרוגרידים. הכלכליות לא תהיה בחינת המיקרוגריד שלי, אלא מה אצטרך לשלם אחורה על ההשקעות של חברת החשמל, וזאת סוגיה לא קלה לפתרון. אני לא בא באצבע מאשימה לרגולטור, אבל מישהו צריך להבין שלקבל החלטה כזו משמעותו אגינדה חדשה, ואיך פותרים את הבעיה. אף פעם לא האמנתי בגישה של הכנסת יזמות פרטית ולהפיל את חברת החשמל. זה לא חכם ולא נכון; זאת חברה שבסופו של דבר אנחנו צריכים אותה. אבל אין מי שחושב 15 שנה קדימה ושואל מה צריך להיות הכיוון אם עוקבים אחרי ההתפתחות הטכנולוגית. ברפורמה יש עשרות שאלות ובתוך כל הסוגיות - הנושא של רשת חכמה זוכה להתייחסות של שתי שורות, כאשר היזמים רצים פנימה עם השקעות פרטיות. אני גם לא מאמין שתהיה פה רפורמה גדולה; אני מאמין שיעשו צעדים באופן מאד הדרגתי, יתנו לגוף מסוים לנסות להקים מיקרוגריד, יבואו עם תעריפי איזון מערכת, ינהיגו אסדרה לייצור מבוזר, אבל אני לא רואה תמונה גדולה של מדינת ישראל הולכת בכיוון זה. זה יקרה לאט-לאט ובמאבקים; אם חיכינו עם הייצור הפרטי עשר שנים, במצב הנוכחי נחכה 5-6 שנים, אבל בסופו של דבר הטכנולוגיה והכלכלה ינצחו. אני חושב שלא יצליחו לעצור את זה לטווח ארוך.

דווקא בנושא של מיקרוגריד רוב ההחלטות שיכולות לקדם, הן החלטות רגולטוריות של כן ולא, ולא החלטות תשתיות. צריך למשל להחליט האם מי שמייצר במיקרוגריד יכול למכור את העודפים לרשת. זאת בניגוד לאנרגיה מתחדשת, שם נאמר כי אם לא יהיו קווי הולכה לדרום לא נוכל לקדם זאת; ניתקל בבעיות של סקרי חיבור ויכולת להתקין מתקנים, ואם לא יחליטו ב-2008 אז ב-2015 הבעיה תצוף. דווקא בנושא של מיקרוגריד ההחלטות הן של רגולציה: אפשר למכור לרשת, אפשר להשתמש בתשתית החשמל כדי ליצור מיקרוגריד שהוא צרכני ולא אזורי. אלה החלטות פוליטיות, מדיניות, ולכן אני חושב שההחלטות האלה יתקבלו אחת אחת; אבל אני לא רואה רפורמה כוללת.

גרשון גרוסמן : מי מחליט?

אילן סולימאן : משרד האנרגיה, רשות החשמל, אלה גופים שצריכים לקבל החלטה רגולטורית שמתקן המתנהל כמיקרוגרید, או יש לו ייצור מבוזר, יכול למכור בעלות השולית את האנרגיה העודפת לרשת. זה יוצר מנגנון שלם של אופטימיזציה הרבה יותר נכונה ממצב שבו אומרים למיקרוגרید, אל תוציא את החשמל החוצה כי לא יודעים לתת לזה מענה.

דניאל שוואב : ראינו מה קרה בשוק התקשורת, וכמה ירדו המחירים. למה זה לא יכול לקרות פה?

אילן סולימאן : אני חושב שאחת הבעיות היא בכך, שאף אחד לא מסתכל איך חח"י משתלבת במכלול הזה. אם נסתכל בראייה קדימה - יהיה פתרון. כרגע נלחמים ונאבקים על דברים שלדעתי לא כל כך רלוונטיים בקביעה לאן המשק הולך.

אדי בית-הזבדי : יש עשרות מקומות שהם רלוונטים למיקרוגרید, החל מים המלח ובתי מלון וקיבוצים ואזורי תעשייה, ובסופו של דבר זה מה שיקרה.

דניאל ספז : יש פה עיוות המציאות: בואו ניצור את הבעיה בכדי לפתור אותה. קודם כל עובדתית, רגולטורית יש היום 500 מקומות שצורכים בין 3 ל-20 מיליון שקל בשנה, שמוגדרים בחוק מיקרוגרید. הם מקבלים תמריץ מהממשלה, מוגדרים כמיקרוגריד, כלומר, אתה מנהל את הרשת שלך לבדך. אנחנו המקום היחיד בעולם בו יש 500 מיקרוגרידים מוגדרים בחוק. מן הבחינה הזאת, יש כאן קרקע מאוד פורייה לעשות מיקרוגריד. אם אתה מייצר חשמל בפנים, מעט פחות ממה שאתה צורך, ואתה לוקח מחח"י כאשר חסר, אינך צריך לבקש מהם שום דבר. כוחות השוק יוכיחו אם כדאי או לא.

בואו נחזור לרפורמה. מדינת ישראל הצליחה ב-10 שנים לעבור ממצב פרימיטיבי של צריכת פחם למצב מתקדם של צריכת גז עם כ-30% של יצרנים פרטיים. זה קרה פה, בארץ שלנו. אמרו שחח"י לעולם לא תאפשר והעובדים יבואו בלילה וישרפו טורבינות של מתחרים, וכמובן שזה לא קרה, אבל זה מה שאמרו לפני עשר שנים. כל המדינה הזאת היא beta site למיקרוגריד. אנחנו נצליח בכוחות השוק לבצע את הרפורמה הזאת, כמו שהייתה רפורמה מדהימה לייצור פרטי. עם כל הבעיות, היום אנשים עושים כסף מייצור בקונרציה בגז. אני מאוד אופטימי.

דניאל שוואב : איך אפשר להתחרות מול חח"י מסובסד?

דניאל ספז : אמרו אותו הדבר ליצרנים הפרטיים. איך יכול להיות ש-OPC ירוויח כסף?

איתי זיטלני : אולי בארץ התשובה היא מן הצד של התעשייה, לא מן הצד של הרגולטור.

יעל פרג : מדברים כאן גם על שילוב של אנרגיות מתחדשות, וגם על פריסה של צינור גז. מה שנראה יותר רלוונטי הוא שימוש במיקרו-טורבינות שעובדות על גז טבעי או ביו גז, ולא כל כך אנרגיות מתחדשות, אם אני מבינה נכון. זה עונה יותר טוב על אספקת חוסן וקור וכדומה. אולי ניתן לקדם את שני הסוגים במקביל.

אני רוצה לשאול את דניאל ספז : אתה מדבר על 500 מיקרוגרידים ; האם מיקרוגריד זה כל מה ש-behind the meter מבחינתך?

דניאל ספז : כן, אבל צרכנים בין 1-10 מגה וואט. לא כל אחד שמחליט לעשות מיקרוגרید בבית, אלא צרכנים משמעותיים כמו בתי חולים, בסיסים צבאיים.

יעל פרג : כשמדברים על רשת חכמה צריכים לקחת בחשבון את הצרכנים הפעילים, את ה- demand response המשמעותי. אנחנו מאד מתמקדים בצד של הייצור ובצד של הביקושים : 'ניידע אותם', 'נראה להם'; אבל גם אם מדברים על הבעיה של עודף ייצור אז demand response, הפעלה וכיבוי, הסטת עומסים, אלה תכניות שאי אפשר להתעלם מהן. בוודאי אין להתעלם מפוטנציאל של תחנת כוח וירטואלית, גם אם קטנה.

אדי בית-הזבדי : אנסה להרחיב וגם לקשר בין מה שאמרו אחרים. הנושא של אנרגיה מבוזרת או שימוש מבוזר באנרגיה, או צרכנים/יצרנים - מה שנקרא prosumers, הולך ותופס כמעט בכל מקום בעולם. בין אם מייצרים ע"י PV או רוח, גלים או קוגנרציה. בפגישה שהייתה לי בעיריית ת"א עם מנהל התכנון והמהנדס הראשי זאת בדיוק הייתה הכוונה - להציג בפניהם את הנושא של רשת מקומית שמייצרת ע"י קוגנרציה מים חמים/קרים ומספקת אותם לבתים יחד עם חשמל. לדעתי, נרצה או לא נרצה, במוקדם או במאוחר נגיע לשם. בעצם אנחנו כבר שם.

הרשויות בגדה קונות חשמל ב-bulk ובעצם מתנהגות כמו רשת מקומית: הן קונות ב-bulk ומוכרות לבתים שם. זה גם מה שיהיה כאן, בין אם זה יהיה מסודר על ידי הממשלה ובין אם יהיה פיילוט ועוד פיילוט. בסוף מרוב פיילוטים יבין מי שצריך להבין שאין מה לעשות, וכך גם הרגולטור שלא תמיד מקדים, לפעמים אפילו מאחר.

אנחנו מנסים לקדם את נושא הקוגנרציה שנים רבות, מנסים להסדיר את הנושא של שווה ערך חשמל. כלומר, אם אני מייצר חשמל מקוגנרציה, ומחום שיורי אני מייצר תחליף לחשמל כמו מים קרים וזה מוריד לי את צריכת החשמל, אני צריך לקבל שיפוי, כמו שמקבלים שיפוי מ-PV למשל. את כל הדברים האלה אנחנו מנסים לעשות.

לפני 8 שנים התחלתי לקדם מהלך של ביטול המס על מכונות ספיגה, ציילרים בספיגה (absorption chillers). כל שנתיים-שלוש הנושא עולה, נכון להיום אנו עדיין בדיונים מול המכס.

גרשון גרוסמן : ציילר ספיגה או כל ציילר?

אדי בית-הזבדי : ציילר בספיגה. הצענו למכס שישלח אלינו את כל מי שמביא ציילר ספיגה, ואנחנו נבדוק אם מדובר בציילר בספיגה או ציילר רגיל. לא נלך לשטח אבל נראה לפי המסמכים והרכיבים. אנחנו מוכנים לתת את השירות הזה לרשות המיסוי על מנת שיבטלו את שיעור המס 10% על ציילרים בספיגה.

אני חושב שככל שנושא השימוש בגז טבעי יתקרב לתעשייה, למוסדות, לבתי מלון ולשכונות חדשות נהיה יותר קרובים למיקרוגרید. המיקרוגרید שלנו לא יהיה רק מיקרוגרید של חשמל, אלא גם של

commodities אחרים כמו מים חמים, מים קרים וכו'. כשיש קוגנרציה אפשר לעשות גם דברים אחרים
חוץ ממים קרים, חמים וחשמל. אני כמו דניאל ספז, אופטימי.

דניאל ספז: גם מס על הסוללות צריך להוריד. על סוללות ליתיום יש 18% מס.

אדי בית-הזבדי: תכתוב לי מכתב. אתם אולי לא יודעים, אבל לפני 25 שנה היו מטילים מס על PV, והסיבה לכך היא שיש לזה יחידה נגד שריפה, ולכן קראו לזה גנרטור, ועל גנרטורים יש מס. לצורך השוואה - על תחנת כוח גרעינית אין מס. הצלחנו אחרי שנתיים וחצי להוריד את המיסים.

גיל שאקי: אחד האתגרים הוא ליצור את השוק, להרגיל את השוק להתנסות, איך זה אמור לעבוד ומה הערך ללקוח, לרשת; להוריד את זה מרמת הדיבורים והתיאוריות והשקפים לרמת ההתנסות הממשית. כנראה שבישראל השיטה מהפרט אל הכלל פועלת לפעמים יותר טוב וצריך להבין ולזהות שזה חלק מאילוץ הפעילות. במקביל למהלך יותר גדול ומלמעלה, שצריך לכוון אליו, צריך לעשות מה שאנשי המיקרוגריד האלה עושים מלמטה. אנחנו מנסים להיות בתפר שבין חדשנות טכנולוגית להתפתחות השוק שמאפשר הטמעת הטכנולוגיה. יש חדשנות שמפתחים ועוד לא הוטמעה פה אבל הוטמעה במקומות אחרים, כל מיני סוגים של שוק מאד שמרן שצריך להטמיע משהו שונה ממה שהוא רגיל אליו. אנחנו יודעים שבתחומים של אנרגיה, קלינטק, תשתיות ועוד ישנו הקושי של החדירה לשוק של טכנולוגיות חדשניות, ואנחנו פועלים כדי ליצור פלטפורמות לחיבורים, כאשר אחד מהכיוונים הוא דווקא השוק הציבורי שהוא הכי שמרן, והכי קשה לפתוח אותו גם לדיאלוג והיכרות עם חברות טכנולוגיות. זה יכול להיות גם חברות שמפתחות טכנולוגיות, ועל אותה פלטפורמה של דיאלוג זה גם יכול להיות קונספטים חדשים, וגם להשתתף במימון של התנסות כזו, ככל שזה נוגע לעולמות של פיתוח. אני אתן דוגמא: הפיילוט הראשון הוא עם גוף כבד, בירוקרטי עם חסמי כניסה מאד מאתגרים, שהוא משרד הביטחון, שלו נכסים בכל רחבי הארץ. החיבור ביניהם לבין חברות טכנולוגיה ישראליות הוא מאד קשה; ממגוון סיבות הדיאלוג לא קורה מאליו. כמו כן, משרד הביטחון, כמו כל גוף ציבורי אחר, גם אם רוצה להתקשר עם חברה הוא לא יודע לעשות זאת, כי הוא צריך לציית לחוק חובת המכרזים. בחוק חובת המכרזים תנאי סף הוא שיהיו אלפיים התקנות בחמש יבשות, וזה לא רלוונטי, לפעמים אפילו לא לחברה בינונית, שלא לדבר על חברה סטארט אפ צעירה וחדשנית. יצרנו מסגרת של שת"פ עם משרד הביטחון ומקווים להשיק אותה בסוף מרץ 2017. לאחר שנה וחצי של דיאלוג איתם, שמתוך זה שנה ורבע היו על הצד המנגנוני, איך מתקשרים עם חברה סטארט אפ כדי לעשות הדגמה או פיילוט בתום המכרז. אז אנחנו נכנסים לתמונה עם חוק המו"פ, שזה בעצם דרך לרבע את המעגל.

אצלנו זה לא מכרז, אבל זה מצוין. כל מי שיכול לפעול וליצור חיבור או פלטפורמה, קודם כל לשיח, יבורך, כי הדבר החשוב הוא שיח בין אנשים שיודעים להציע קונספטים חדשים למערכת הביטחון. ה-networking הזה יכול להביא לכל מיני דברים שלא יקרו מאליהם, וגם מימון של פיילוטים. אנחנו במהלכים דומים מול מינהל הדיור הממשלתי בכל מה שקשור לנכסים הממשלתיים, ובמהלכים דומים מול פורום ה-15, משרד רוה"מ ומרכז השלטון המקומי כדי לפתוח את המגזר המוניציפלי להדגמות. יצרנו פלטפורמה תשתיתית כדי לאפשר את השיח, ואחר כך גם את ההתקשרות ואת ההתנסות עם מעט

כסף, בבחינת "דובדבן". כך יוצרים חיבור עם השוק, בין צד ההיצע לבין צד הביקוש. זה עדיין לא פותר את מה שדניאל שוואב אמר לגבי מבנה השוק שימשוך קדימה; זה דוחף לכיוונים האלה.

דניאל שוואב : אנחנו מפגרים. העולם רץ קדימה ואנחנו נשארים מאחור.

גיל שאקי : בצד של הרגולציה בישראל, חשוב שגוף כמו משרד הביטחון או משרד רוה"מ או החשב הכללי יתחילו להתנסות ולראות דברים. זה ההבדל בין מצגות של אינטרסנטים לבין התנסות ממשית של לקוחות מהמגזר הציבורי שיגידו 'זה מצוין, אנחנו רוצים את זה'. בנוסף אנחנו מרוויחים מכך שזה יכול לתת אופק עסקי לחברות טכנולוגיה ישראליות. קודם כל הן מקבלות משוב מלקוחות אמיתיים, יכול להתפתח מזה משהו בישראל וזה גם יוצר reference site שניתן להראות ללקוחות. זה לא נותן פתרון מלא, רחוק מכך.

דניאל שוואב : בואו נתמקד בבעיה העיקרית ובפתרונות עקרוניים שיובילו את המדינה לאן שאנחנו רוצים להגיע. נחשוב קצת גדול.

גיל שאקי : אנחנו משתדלים לחשוב בגדול, לפחות מן הזווית של הרשות לחדשנות, ולא דיברתי רק על מיקרוגריד אלא על עולם התשתיות. זה משהו מאד גנרי ומאד רחבי.

גדעון פרידמן : אני חושב שזה צעד מאוד נכון לעשות זאת גם דרך מנגנוני הרכש הממשלתיים. אכן עשינו את זה, אבל אני חייב להודות שלא כל כך הצלחנו. מדובר על מכרז ההדגמה של השנה שעברה. יש לנו הסכמה עם מנהל הדיור הממשלתי. אצלנו זה קצת יותר פשוט כי זה תהליכי מכרזי. לא קיבלנו הצעות אך אני מקווה שהשנה חברות יממשו את הפוטנציאל.

מילה לגבי הרפורמה: ניסיונות הרפורמה היו, שלא צלחו, אך אני חושב שעברנו את השלב הקשה. אם נסתכל על ההיסטוריה של הרפורמות, הן הלכו והתדרדרו מבחינת היקף הרפורמה, והרפורמה האחרונה של יוגב היא האחרונה ביותר שהוצעה להבנתי, אך אני מעריך שהתהליך יתהפך עכשיו בגלל היצרנות הפרטית שנכנסה בצורה מאד חזקה. גם אם זה לא יקרה בסיבוב הזה, זה יקרה בעוד כמה שנים, והלחץ הוא בסופו של דבר על חברת החשמל, שבוודאי מבינים שככל שהם ימתינו הם יקבלו פחות ופחות. זה מעכב את כולנו אבל רפורמה תקרה, משום שהיא באה מלמטה. אני חושב שחשובה מאוד רפורמה בצד אספקת החשמל. הנושא הזה מתקשר גם למיקרוגריד; בלי רפורמה בצד האספקה זה יעכב את העניין עוד כמה שנים.

לעניין המיקרו טורבינות: לא בכל מקום יהיה גז, וודאי לא בשנים הראשונות, ועד שיפרש הגז אני מעריך שאנרגיה מתחדשת תחדור בצורה עוד יותר חזקה מהיום, ותהיה אלטרנטיבה כלכלית קורצת בהרבה מאד מצבים. זה לא האחד במקום השני. היום מדברים על מיקרו טורבינה כי זו הטכנולוגיה הכי בשלה, אבל האנרגיה המתחדשת תגיע, ובכמויות יותר גדולות ממה שמצפים, להערכתי.

לעניין ה-demand response: לא ציינתי זאת במפורש, אבל כמובן שאחד היתרונות של הרשת החכמה היא היכולת לתת מענה יפה ל-demand response, שהוא לא רק השלת עומס מרצון, ברמה של on-off אלא ממש ניהול בכל הרמות האפשריות. מצד אחד קיימת נוחות המשתמש כדי שזה כמעט לא יהיה

מורגש, ומצד שני זה ייתן את השרות למערכת. אני מאד מקווה שניכנס לפיילוט בדבר הזה, ואני בהחלט אקדם את נושא ה-demand response.

עוד הערה: אדי בית-הזבדי דיבר על הגדה המערבית ואנחנו ביקרנו בחברת החשמל המזרח ירושלמית. מסתבר ששם התקינו מונים חכמים כבר אצל כ-30% מהצרכנים, כ-60 אלף מונים שכבר מותקנים. זה בא מצורך שלהם ונתן להם את היכולת לפקח; וזה בא במחירים מאוד מעניינים של 100 דולר למונה, כולל התקנה ותמיכה שלהם. בחברת החשמל שלנו המספרים הראשונים שהם נתנו היו בסביבות 1000 דולר; יתכן שירדו בינתיים קצת.

אילן סולימאן: כמה זה היום? 180-160:

גדעון פרידמן: הם מדברים היום לדעתי על 500 דולר למונה. אלה מספרים פנטסטיים.

הנושא של אספקת החשמל הוא קריטי לרשת חשמל חכמה. אם תהיה הפרטה בתחום הזה אנחנו נזנק קדימה.

רפי רייש: אם עושים השוואה מן העולם של בנייה ירוקה: כשהתחלנו את התהליכים האלה, לפני פחות מעשור, אז הקבלנים, הרשויות והיצרנים היו נגד, והיו המון חסמים, את חלקם אנחנו עוד מסירים היום; אבל כשהגיעו המקרים הראשונים של חברות שהתחילו את התהליך - השוק כבר עשה את שלו. כשהשוק התחיל לקדם זאת, פתאום אצל הרגולטור הבינו שרוצים קירות יותר עבים וזה לוקח אחוץ בניה וצריך לאפשר אותם. כשמתחילים לעשות, אפשר להתחיל לשנות רגולציה, אבל צריך מנגנון או "משוגע לדבר" שיושב בצד השני ויודע להעביר את הדברים ולגרום להם לקרות. אני חושש קצת מניסיונות במחנות צה"ל: שם אין בעיה רגולטורית, זה כמעט לא מדמה שום דבר, זה גם צרכן אחד לכאורה; כך שבעצם כל הבעיות הגדולות לא מתקיימות שם. אם יעשו זאת במקני צה"ל או בקמפוסים אקדמאיים, יעשו לפחות סימולציה ויעבדו עם תסריטים אמיתיים, אז יש סיכוי שזה יקרה. יש לי תחושה שזה יקרה מאד מהר; מספיק טיל אחד על תחנות כוח ובינו שצריך לדבר על השרידות של המערכת. אחרי סופת סינדי בארה"ב, 200 רשויות מקומיות חתמו בשבוע אחד על הסכם שהם רוצים להכין תכניות עירוניות לאנרגיה, ואח"כ התחילו לעשות מיקרוגרידים. אם נחכה שגם הרגולציה תתאים, וגם להתגבר על החשדנות של הרשויות (כי בעצם רשות מקומית לא עושה שום דבר שמישהו אחר לא עשה קודם), ואם גם לא יהיה ידע, אז שלושת הדברים ביחד לא יקרו לעולם. לכן צריך להתחיל את שני הראשונים ולראות איך עושים פיילוטים.

דניאל שוואב: אילות זו דוגמה.

רפי רייש: אילות זה מצוין, ועדיין זה מגזר כפרי. אני מקווה שמעוז אביב יצא לפועל, כי זאת דוגמה עירונית עם מרבית האתגרים ומרבית הצריכה, במדינה שמעל ל-90% מתושביה גרים במרחבים עירוניים.

דניאל שוואב: מדברים על אילת אילות.

רפי רייש : לא, מדברים על אילות; זה הרבה יותר קל. כשתגיע לעיר אילת זה יותר מורכב מכל דבר אחר. אולי מעוז אביב, אולי תכניות שדה דב 3700 בת"א, רובע הים בחדרה, מספר דוגמאות כאלה, כדי שיראו שאולי הרגולציה לא כל כך מסובכת, ומצד שני יש ידע, ולא רק ידע זר. אם איזה שר יחליט שזה מספיק מעניין אותו וייקח את האחריות, לפחות כל הידע יהיה בנמצא, ולא יהיה צורך לנסות רק ברגע שתחיל רפורמה, כי אז זה ייקח עשר שנים. בעולם הניסיון לא רב, אנחנו רואים דוגמאות מחמש השנים האחרונות במרחבים העירוניים. בישראל יודעים להדביק פיגור באופן מאוד מהיר, בגרמניה אם עושים ניסיון קטן מחכים שמונה שנים לראות אם זה פועל; אצלנו מנסים תוך כדי ביצוע, לכן אני לא מוטרד. צריך שיהיו מספיק דוגמאות עירוניות אמיתיות באירופה, ואנחנו נלמד מהם תוך כדי הליכה. הסכמי הגג (הסכמים בין המדינה לרשויות מקומיות שמקנים להן תקציבים גבוהים במטרה שאלו יאשרו ויפתחו שכונות חדשות בקנה מידה משמעותי של אלפי יחידות דיור) - אף אחד לא יודע איך זה ישפיע על תשתיות האנרגיה והמים, כשהערים ישלישו את גודלן, ואף אחד היום לא מחכה שיכפילו את הרשת. בעצם לא תהיה ברירה אלא לפנות להקמת רשתות מקומיות חכמות.

דניאל ספז : הרשת לא תוכל כי אין תקציבים.

רפי רייש : בזמנו כשהייתה הצעת חוק לשינוי חוק משק האנרגיה והגיעו אלי, הצעתי שיוסיפו סעיף שראש עיר יכול לייצר עד 20% מהאנרגיה שלו בעיר כספק. אבל לא הוסיפו. בהסכמי הגג, כיוון שלראש העיר אין סמכות בזה, הוא כלל לא מבקש את זה; הדבר היחיד שמבקשים הוא כביש עוקף או דברים כאלה ואחרים. בראש העין, שם התחיל לראשונה תהליך של בנייה מואצת, ראש העיר קיבל הרבה מאוד תלונות (שיכולות לפגוע בו פוליטית), כי כולם מתחילים להפגין שאין מספיק שירותים, ותחבורה ציבורית לא עובדת וכדומה. כאשר כל השכונות יתאכלסו פתאום, יראו שכל משק התשתיות לא מסוגל לטפל בנושא הזה ואז יבדקו מה קורה בעולם ויאשרו את זה.

מרק מורן : עד כמה שידוע לי יש תכניות להתחבר עם כבל תת ימי לאירופה. תהיתי איך זה ישפיע על המשק, האם זה דווקא יעודד מיקרוגרידים? אני לא יודע איך זה יעבוד, האם יש ספק אחד שמביא את החשמל מאירופה כשצריך או שצרכן בארץ יכול להתחבר דרך הכבל לכל ספק באירופה? זו שאלה של רגולציה.

גרשון גרוסמן : למי שייך הכבל?

מרק מורן : אם זו יוזמה פרטית של מישהו, אני מניח שיצטרכו לקנות הכול דרכו.

גרשון גרוסמן : נכון. האם הממשלה מתכוונת להניח את הקו הזה?

גדעון פרידמן : אני לא מעריך. חברת החשמל היא זו שהציעה את הרעיון הזה.

אדי בית-הזבדי : עד שזה יקרה יעבור זמן. האמת היא שזה מתבקש, כי אם יניחו קו של גז לקפריסין וליוון - מן הסתם יחברו אותנו, וזה רק ייתן לנו יתרון מסוים, כי אין חפיפה בין שעות הפסגה שלהם והשיא שלנו.

גדעון פרידמן : תחשוב על זה כמו על יצרן פרטי, אין פה שום הבדל.

דניאל שוואב : בדקנו את האפשרות לגשת למכרז של משרד האנרגיה, 2 מיליון שקל התייעלות אנרגטית, ורצייתי לקבל רעיונות. משקיעים מחפשים הזדמנויות. משקיע שרוצה להשקיע 10-20 מיליון דולר בפרויקט שמשמש בקונספט של מיקרוגרید, כולל חשמל משמש, מרוח, מצפה להגדרת פרויקט אמיתי עם גודל של 5-20 מגה וואט...

אדי בית-הזבדי : יש באתר שלנו עבודה שנעשתה באזור ים המלח בנושא של קוגנרציה וייצור ומכירה לבתי מלון של commodities : חשמל, מים חמים וקרים. זה פרויקט של כ- 10 מיליון דולר.

דניאל שוואב : מביאים את הכסף כדי להטמיע את הטכנולוגיה. אפשר לקרוא לזה בשם IPP (Independent Power Producer) כמו שמתקנים 100 מגה וואט של חשמל סולארי באשלים. תוציא לי מכרז, תגיד לי איפה אתם רוצים את זה ואנחנו נגיש הצעה.

גדעון פרידמן : יש לנו מכרז כללי לטכנולוגיות חדשניות.

דניאל שוואב : 250 קילו-וואט - זה קטן מידי. אני רק מסביר שאם רוצים לעודד השקעה בתחום של מיקרוגרید, בטכנולוגיות חדשות, צריך לבקש ממשקיעים לקחת סיכון ולתת להם הזדמנויות אמיתיות. אני חושב שזה הפתרון אם רוצים לראות מהפכה בתחום החשמל. כי אחרת לא תעודד משקיעים רציניים.

רפי רייש : בלונדון, לפני מספר שנים, ייצרו מפה עירונית של תשתיות החשופה לכולם, וסימנו באופן ברור איפה יש אינטרס ציבורי להקים רשתות מקומיות. היזמים יעשו לעצמם את הפיתוח העסקי, וכל מה שהעירייה אמרה הוא שאם יפותח באותם מקומות שסומנו, העירייה לא תתנגד. עדיין צריך לקבל את כל האישורים, אבל רואים שיש כאן לקוח פוטנציאלי. זה דומה למצב שבישראל עשו סקר היתכנות של אנרגית רוח, המדינה סימנה אזורים בהם יש היתכנות, וזו לדעתי פעולה שהמדינה יכולה לעשות בשלב הראשון, כי לא ייצרו רגולציה והקלות כאשר לא יודעים איך השוק יתפתח. ייקח זמן עד שיהיה שוק אמיתי, יהיו פרויקטים בודדים...

דניאל שוואב : אפילו פרויקט אחד גדול זה מספיק.

רפי רייש : זה לא יתחיל מפרויקטים גדולים, כי קיימים הרבה חסמים. הזכרתי לדוגמה את החסם של היתרי בניה, כאשר המשקיעים יגלו שאי אפשר מתאריית... מספיק שיהיה בעל קרקע אחד שלא יסכים, ותיעצר כל התכנית אם הוא במקום אסטרטגי באמצע התכנית.

גדעון פרידמן : המדינה אינה תומכת חזק במיזמים בשלבים מתקדמים. נעשתה במוסד שמואל נאמן עבודה על הבעיות בקידום טכנולוגיות ישראליות¹ שהצביעה על כך שמדינה מהססת להשקיע סכומים גדולים בפיתוח נושאים חדשניים. אני יכול גם להבין את זה.

דניאל שוואב : תן למשקיעים פרטיים לעשות זאת.

¹ תעשיית האנרגיות המתחדשות וההתייעלות האנרגטית בישראל, אוקטובר 2015.
<http://www.neaman.org.il/Neaman2011/userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=2&GID=4223>

גדעון פרידמן: אם אתה לא מבקש כסף, למה אתה צריך את הממשלה?

דניאל שוואב: כרגע כל יזם צריך לחפש בעצמו אחר הזדמנויות. יש הרבה חסמים. אני מציע שינהגו כמו באנרגיות מתחדשות, שם פתרו בעיות רגולטוריות ורשות החשמל נתנה מכסות. שהמדינה תגיד - בדקנו את שוק החשמל בארץ ומצאנו שבאזור אילת כדאי להקים מיקרוגריד ואנחנו ניתן את זה ל-IPP (Independent Power Producer), אבל לא רק להקים מתקן סולארי אלא לנהל את כל הרשת באזור הזה.

גדעון פרידמן: לפחות ב-30-40 שנה האחרונות המדינה נותנת ליזמים לבוא עם היוזמות ולא יוזמת את הפעילות מסוג זה בעצמה. אפשר לחלוק על המדיניות הזאת, אבל זה מה שיש.

גרשון גרוסמן: הייתי שמח לשמוע המלצות. מה ממליצים למקבלי ההחלטות?

אדי בית-הזבדי: הפחתת רגולציה איפה שצריך.

דניאל ספז: לא בכל מקום כדאי להקים מיקרוגריד. לא תמיד יש כדאיות כלכלית, כמו למשל בבית בכפר עם מכונת כביסה. כך גם במעונות לסטודנטים, שם לכל המבנה אותו אופיין צריכה, כי כולם מדליקים את החימום באותה שעה - אין מקום לאופטימיזציה. נצטרך לעשות פילוטס אמיתיים, באזורים שונים. התנהגות של אוכלוסייה קיבוצית אינה זהה להתנהגות של קמפוס של אוניברסיטה. אני מעריך שיש חמישה סוגי מיקרוגרידים שונים באופיים: בית חולים, קיבוץ או rural collective, אזור תעשייה גדול, שכונת מגורים גדולה ואוניברסיטה. צריך לבוא ולעשות ניסוי כמו שעושים במעלה גלבוע, בצורה מתדולוגית, ולבדוק את כל ההיבטים. ברמה של הניהול זה לא צריך להיות יקר. זה ייתן כלים לרגולטור לראות מה הוא ירוויח מזה שישחרר כסף או ישחרר רגולציה. יש ספק כרגע אם באמת יש תועלת, כמו שהיה פעם ב-smart metering. בשלב ראשון אם נפתח עוד חמישה כאלה זה יקדם החלטות וידברו על זה יותר. אני יודע את מידת החשיבות שיש למיקרוגריד קטן, שאני מראה ומדבר עליו ואנשים רואים ונחשפים לזה. אם יהיו עוד ארבעה כאלה, כולל בעיר, נדבר על זה לא רק באקדמיה אלא גם עם ראשי ערים, והדברים מחלחלים. מישהו יחלום על זה בלילה ויגיד - למה לי אין.

גרשון גרוסמן: מי יקים את הפיילוט הזה?

דניאל ספז: חברות פרטיות במימון קטן. הפרויקט של מעלה גלבוע עלה לממשלה מיליון וחצי ש. אם ננצל את כולו, הוא יעלה 1.2 מיליון. אנחנו לא הרווחנו מזה, אבל התועלת מאד גדולה, בבחינת יוצרים מציאות שיוצרת מציאות.

יעל פרג: במעלה גלבוע, אחרי שכבר התקנתם את המערכת, מהו האתגר הכי גדול?

דניאל ספז: אין שום אתגר הכי גדול. זה אוסף של אתגרים קטנים שבסוף בונים עננה של רווח או הפסד. זה אוסף של מסרים קטנים למשתמשים, למנהל המשק, לרכז הקיבוץ, שלאט לאט יוצרים מציאות חדשה. זה כל פעם עוד דבר קטן, עוד ממצא קטן, זה מעניין, אלה מהפכות קטנות, דברים שנעשים בתרבות, בתפיסה חדשה. מעניין מאד.

גרשון גרוסמן : אצלנו פה בטכניון עוסקים הרבה שנים בניסיון לעשות מיקרוגרד, וזה לא ממריא. איזו מניעה יכולה להיות כאן?

דניאל ספז : כשעושים משהו חדש זה לא צריך לבוא מצורך ; זה צריך לבוא מהתשוקה לנסות משהו חדש. אותו הדבר קורה באוניברסיטת חיפה.

גיל שאקי : ההתנסות הזאת יכולה להציף ערך.

גרשון גרוסמן : מי אומר שהטכניון לא רוצה? אם תראה שזה טוב אז כן ירצו.

דניאל ספז : אבל כשאתה עושה פיילוט, אתה הולך לחפש אם זה טוב.

אדי בית-הזבדי : כשאני דיברתי על הנושא של קוגנרציה בטכניון - היו כמה פרופסורים שכמעט העיפו אותי מהמדרגות.

גרשון גרוסמן : קוגנרציה זה נושא אחר. יום אחד כשיהיה פה גז, אפשר יהיה לדבר על קוגנרציה.

דניאל ספז : אבל אם לא תרצה קוגנרציה, לא יהיה פה גז. זה עניין של ביצה ותרנגולת.

גרשון גרוסמן : למה שלא ארצה? אני ארצה אם יהיה תחשיב שמראה שאני חוסך.

טל גולדרט : בטכניון, כמו בהרבה מקומות אחרים, ההחלטות מתקבלות ברמה הכלכלית לא ברמה התפעולית.

אלעד שביב : ישנו העניין של מי מקבל החלטות. אתמול דיברתי עם מנהלת אנרגיה בקולג' בארה"ב. היא הייתה מאוד פתוחה לנושא של מיקרוגרד ואמרה שהם בודקים את זה כרגע. אני הצעתי לה להסתכל על כל הקמפוס כמיקרוגרד. היא אמרה שלדעתה זה רעיון מצוין, אלא שהיא דיברה על הנושא עם מנהל האנרגיה של ביה"ח שנמצא גם הוא בקמפוס, שהוא צרכן יותר גדול מהם, ושאלה אם יהיה מוכן להסתכלות מחודשת על כל עניין האנרגיה, והוא אמר שאינו מבין למה הוא צריך את זה. ה-accounting משלם לו את חשבון החשמל, למה הוא צריך לעשות משהו? זאת בעיה שקיימת גם בישראל ובעולם, זה מאד אינדיבידואלי. ממונה האנרגיה לפעמים ירצה לבדוק מה אפשר לשפר, אך רבים מהם ירגישו שזה להכניס ראש בריא למיטה חולה. עד היום בשום מקום לא עשו את זה, ויכול להיות שזה יחסוך קצת כסף, אך זה לא מעניין אותי כיוון שיש לי כבר את התקציב הזה, ואני מעדיף לא לעבוד קשה.

אדי בית-הזבדי : לא רק שיש לו את הכסף - יש גם את הזיכוי ממס הכנסה. ההוצאה מוכרת לצרכי מס.

אלעד שביב : את מנהל האנרגיה לא מעניין שזה מוכר ; מישהו משלם לו את זה. הבוס שלו לא שאל למה הוא משלם 10% יותר למ"ר מאשר במקומות אחרים. הוא חושב : למה אני עכשיו אצטרך לא לשון, ואולי עשר דקות לא יהיה חשמל ויכעסו עלי, אם אף אחד לא בא ודרש את זה ממני. אלה לא אנשים שיש להם מוטיבציה לעשות זאת. מי שצריך לעשות את זה הוא אולי סמנכ"ל הכספים של הטכניון. במקומות רבים זה מאד מאפיין את הגישה. אתה לא רוצה להכניס את הדברים האלה עד שלא בא מישהו ואומר לך שאתה יכול לחסוך 10%.

גרשון גרוסמן: בקוגנרציה יש דוגמאות של קמפוסים שדומים לטכניון, למשל באוניברסיטה הטכנולוגית במינכן ובאוניברסיטת מרילנד, שני מקומות בהם ביקרתי, ואני בטוח שיש עוד. חוסכים הרבה כסף וחוסכים בהוצאות תפעול וישנם כל מיני יתרונות. כאשר הצעתי את זה בטכניון לפני עשר שנים לפחות, אמרו לי: בסדר, אבל איפה הדלק? אם יהיה לנו פה גז, נשמח לעשות קוגנרציה. אותו הדבר במיקרוגרד. מי שמחליט, אם מדברים אתו במונחים של כסף, אינו מתנגד. מיקרוגרד גם לא מייצר זיהום או בעיות אחרות שצריך לדאוג לגביהן כמו בקוגנרציה; אבל צריך לשכנע אותו.

אלעד שביב: אני מבין שקיימים תקציבים לביצוע בדיקת היתכנות להתייעלות אנרגטית. האם יש אפשרות לקבל תקציב לארגונים שרוצים לעשות סקר, למימון בדיקת היתכנות, גם כלכלית, למיקרוגרד?

אדי בית-הזבדי: סקר אנרגיה עושים לפי חוק. לגבי מיקרוגרד - יש דבר כזה באתר משרד האנרגיה, סקר היתכנות טכנו-כלכלי של מתקן כזה באזור ים המלח. זהו סקר שעשתה חברת הלוי-דואק במימון המשרד שלנו. זה עלה הרבה מאד כסף.

אלעד שביב: אבל זה בים המלח. אם אני בא למנהל האנרגיה של הטכניון, למשל, בשלב הראשון הוא צריך לבצע סקר היתכנות ספציפי על הארגון שלו. זה לא מאד יקר, אבל עולה כסף, והוא חושב שאינו צריך את זה, לכן לא רוצה להוציא על זה כסף משלו. אלה סכומים ממש קטנים, ואם יהיו זמינים, ניתן לפנות ל-20-30 ארגונים ולהציע להם השתתפות כדי לבצע סקר היתכנות. כתוצאה מכך יהיה מידע מ-20-30 מקומות אם זה כדאי או לא. בניו יורק עשו זאת, אלא שלדעתי בצורה לא נכונה, כי הם בדקו גם בעיות רגולטוריות. נתנו ל-83 פרויקטים 100 אלף דולר לכל אחד, לסקר היתכנות ראשוני. אני חושב שלא צריך סכום כזה לסקר היתכנות, אלא ששם הדרישה הייתה שזה יהיה community microgrid, והיה חייב לכלול כמה ישויות חוקיות (legal entities). בכל מקום היה צריך לשלב את חברות החשמל המקומיות. לכן זה היה מאד מסובך, ולדעתי זה בבחינת גולם שקם על יוצרו, אבל הרעיון היה נכון. השלב הראשון הוא תמיד בדיקה, ואם יתנו ל-20-30 מקומות, 50-100 אלף שקל לכל אחד - זה יחסית מעט; והתוצאה - שבמיליון או שני מיליון שקל פתאום יהיה מידע, שגם משרד האנרגיה, גם משרדים פרטיים וגם הארגונים עומדים מאחוריו. במנהטן ניתן, ברמה של בניין, לדעת מה הצריכה, האם זה גז או חשמל, וניתן ללכת על מפת חום (heat map) של כל אזור ניו יורק, אבל אלה פרויקטים אדירים. אני מדבר על משהו קטן.

גרשון גרוסמן: אתה ממליץ שמשדד האנרגיה יממן סקרים לשימוות מיקרוגרד?

דניאל שוואב: אני בעד. המלצה מעולה.

גרשון גרוסמן: אחרי שמשדד האנרגיה יקציב את הכסף, מי יעשה את הסקרים?

דניאל ספי: לא חסר.

אלעד שביב: זה פתוח לשוק.

רפי רייש : בדיקה טכנו-כלכלית של מה? ראשית צריך לאפיין את הסוגים השונים של מיקרוגרידים. שנית יש פה תהליך : כל הקולות הקוראים מתייחסים רק לטכנולוגיות ולא לתהליך. האזרח צריך להבין מהו התהליך מן הרגע שהחליט שהוא רוצה. כאשר רואים שהתהליך במדינת ישראל עובר כמות שחקנים בלתי סבירה, אפשר לשנותו בהחלטת ממשלה פשוטה, עם אפשרות לתיקונים עקיפים בחוקים, אבל זה כמובן דורש ראש ממשלה שיחליט. אבל בשביל זה דרושה הבנה מהו התהליך, מי השחקנים, מהם החסמים, וזה לא צריך עבודה טכנו-כלכלית אלא פשוט אנשים שמבינים את השוק.

דניאל ספז : לא הבנתי את ההצעה. שמישהו יכתוב תהליך?

רפי רייש : לא לכתוב, אלא להבין.

דניאל ספז : מי צריך להבין? מה ההצעה?

רפי רייש : המדינה. לצורך העניין, כשמשרד הכלכלה או משרד התשתיות מוציאים מכרז למו"פ, הם מתייחסים רק למה שנמצא אצלם ב'אזור', הם לא לוקחים בחשבון שדרושים אולי היתרי בנייה, רישיון עסק, אישור של משרד להגנת הסביבה.

אדי בית-הזבדי : כשעשינו את הבדיקה הטכנו-כלכלית של אזור ים המלח טיפלנו בכל הנושאים.

רפי רייש : ים המלח הוא אזור מאד ספציפי.

אדי בית-הזבדי : כשאנחנו עושים עבודה אנחנו עושים בדיקת היתכנות טכנו-כלכלית, והיבטים סביבתיים של הבאת הצינור וכל מה שרלבנטי.

דניאל ספז : הוא לא הסביר את עצמו. הוא אומר : קח את חמשת הטיפוסים שהגדרתי או שיוגדרו, והגדר עבור כל טיפוס כזה את התהליך שלו. כמו שעשיתם בים המלח, לעשות לבית חולים וכדומה.

רפי רייש : כל מה שאני אומר הוא שבסופו של דבר, אם משקיעים הרבה כסף במקום אחד, איבדת את כל שאר השוק. יש כמה טיפוסים, איני יודע אם זה חמישה או יותר, שבהם כמות השחקנים וכמות החסמים, כולל בנקים, מאד משמעותיים. דיברו על טורבינת רוח ופתאום הבינו שהוודאות הפיננסית דורשת קודם כל לדעת אם יש רוח, ובשביל לשים תורן בדיקה צריך תכנית מתאר שמאשרת. ברגע הזה, הבינו שהחסם המרכזי הוא בכלל משרד הפנים.

דניאל ספז : וחיל האוויר בגלל המסוקים.

רפי רייש : במקומות שצריך. ברמת הגולן זה המסוקים. ולכן אני אומר, כשעושים משהו, אם מחכים עד שיש פרויקט אמיתי ואז בודקים את זה - מאבדים את רוב השוק. אתה יודע שזה יכול לעבוד טכנית אבל אתה מגלה שיש לך 80% חסמים שבכלל אינם רלוונטיים לסוגיה הטכנית, אלא הם חסמים של רגולציה.

צריך לעשות מיפוי של החסמים, ולראות : יתכן שכל החסמים הם של אי-ידיעה, ואז אין בעיה, לוקחים דוגמאות ממקומות אחרים הדומים לערים בישראל, אם החסם היחידי הוא וודאות. אבל אם יש וודאות ויש רגולציות ויש לפעמים שלבי מימון של מערכות, לפעמים מגלים שיש שינויים התנהגותיים. אתמול דיברתי עם מנכ"ל חברת אנרגיה בהונג קונג שרוצה לעשות מיקרוגריד והם אמרו שהחסם היחיד

שלהם היא ההתנהגות של המשתמשים, וצריכים לנסות לייצר ערך לאנשים. לכן הם רוצים לעשות מערכת של בטחון אישי ו-smart buildings רק כדי שיוכלו לסלק את החסם הזה, ואז יוכלו לעשות מה שהם רוצים.

יעל פרג: לפי מה שאתה אומר, הפתרון הוא לעבוד עם משרד הפנים? החסמים התכנוניים שאתה מדבר עליהם נובעים ממשרד הפנים?

דניאל ספי: או מחברות ביטוח. לנו היה קשה לבטח כי לא הכירו את התחום הזה.

גדעון פרידמן: המלצות מעניינות, גם ההמלצה לעשות מיפוי חסמים לפי סוגי המיקרוגרידים השונים, וגם מאד מעניין לבצע סקרי היתכנות. אני חושב שצריכים ברמה של הרגולטור לקבוע יעדים, אולי במסגרת תכנית האב למשק החשמל שעכשיו נבנית, להגדיר מספר מטרות שיאפשרו הקמה של רשת חכמה, צעדים רגולטוריים שנדרשים לקידום הנושא. כיוון שתכנית האב נבנית עכשיו מחדש זה הזמן.

רפי רייש: באתר האינטרנט של משק האנרגיה, תכנית האב להתייעלות אנרגטית, אני הערתי וראיתי שאחרים העירו כמה הערות בנושאים האלה.

דניאל שוואב בקש להוסיף לדו"ח את הערותיו הבאות, המתייחסות לשאלה: "מהם הצעדים שיש לנקוט לקידום רשת חשמל חכמה בישראל?" במסגרת השאלות שהוכנו לקראת המפגש לשם מיקוד הדיון. ההערות נכתבו בשפה האנגלית, ומובאות כאן כפי שהוגשו וללא עריכה:

Adopt an Independent Power Producer (IPP) type model for the owning and operating of segments of the national grid. This could be called an Independent Grid Operator (IGO).

1. The government, should invite independent third party companies such as [smart green cities](#) to submit proposals for what the Israeli grid of the future should look like taking into account the technologies available today and in the near future for setting up microgrids (large scale, i.e. focus only on projects between 10MW and 100MW peak capacity) throughout the country. The winning proposal would then be awarded repayment for the costs of their submission plus a generous bonus that would compensate them for taking the risk of submitting a proposal at risk. They would automatically qualify to manage a multi-year microgrid/smart grid program for the government to oversee the role out of microgrids.

2. Define the goal that microgrids must demonstrate a significant cost reduction and ensure price stability for the duration of the license period.

3. Based on the recommendations of the above winning proposal, the government should issue 25 year own and operate licenses to private consortia of sub sections of the national distribution grid.

For example, each major city should have its own grid operator that would need to invest in the upgrading and installation of new equipment to achieve a lower cost stable/fixed price with a 99.999% reliability factor. If the grid operator fails to deliver on these parameters, based on a commercial default event, similar to a Power Purchase Agreement signed with IPP's today, such operator will lose its license and a new owner willing to provide the required services and financial support would take over the license.

4. Israel Electric Corporation (IEC) should maintain ownership only over high voltage transmission lines and sufficient generating backup capacity for essential services. License holders would be required to pay a fixed fee to IEC to pay for such service. (IEC should not be permitted to build any new generating capacity).

5. As a result of the competitive free market creativity dynamics, the above proposal is guaranteed to result in large scale private investment, job creation and activity that will drive innovation, lower the cost of energy, improve service levels and offer consumers many different types of services.

6. This top down approach is required so that such operator will be guaranteed market rule stability from the national government, without which investors will not invest the necessary capital into the systems.

As long as the electricity/energy markets are dominated by a monopoly such as IEC, Israel will remain a backwater in the field of smart energy systems.

יעל פרג בקשה להוסיף לדו"ח את הפסקה הבאה, המתייחסת לנושא הסביבתי, שלא הייתה אליו התייחסות מספקת במהלך המפגש :

מעבר לתועלות הפוטנציאליות למערכת החשמל עצמה מבחינת אמינות האספקה ושרידות המערכת, מיקרוגרידים יכולים לתרום בצורה משמעותית להשגת יעדי הפחתת פליטות פחמן דו-חמצני כחלק מההתמודדות עם שינוי אקלים. זאת בשל האפשרויות שהם פותחים לשילוב מייטבי של מקורות אנרגיה מבוזרים (DER) ומערכות ייצור קטנות ובינוניות שיכולות לספק בנוסף לחשמל גם שירותי

חוס/קור, ובכך גם משפרות את יעילות המרת האנרגיה לשירותי אנרגיה רצויים וגם מפחיתות את הביקושים לחשמל.

פרק 5: סיכום והמלצות

הרשת החכמה בישראל יצאה לדרך. צעדים ראשונים נעשו, ביניהם פיילוט המניה החכמה של חברת החשמל. הנושאים המרכזיים הדורשים התייחסות כיום הם ניצול הרשת החכמה לשילוב חשמל מאנרגיות מתחדשות, ומייצור מבוזר, שהוא מגמה כלל עולמית; ובניית הרשת ע"י שילוב של מיקרוגרידים.

פוטנציאל התועלות של המיקרוגריד הוא ביכולתו להגדיל את אמינות האספקה לאלמנטים קריטיים, היכולת לנהל את המערך, כולל מתן תיעדוף בזמן תקלות, וחיסכון בעלויות, תוך אינטגרציה ואופטימיזציה של כל מערך הייצור. הוא מאפשר לנהל את הצריכה, תוך הסתכלות על הצרכן הבודד. ניתן לפעול בזמנים שונים במספר צורות: עלות מינימלית, מינימום פליטות, מקסימום זמינות ו-load shaving or peak shaving. ניתן לבחור מידי יום את הצורה בה רוצים לעבוד.

התועלת במיקרוגריד שונה במקרים שונים. התנהגות של אוכלוסייה קיבוצית אינה זהה להתנהגות של קמפוס אוניברסיטאי. הוצגה הערכה לחמישה סוגי מיקרוגרידים שונים באופיים: בית חולים, קיבוץ או קולקטיב כפרי, אזור תעשייה גדול, שכונת מגורים גדולה ואוניברסיטה.

המלצות:

1. אחד הנעלמים שיש לבחון הוא היחס עלות-תועלת במיקרוגריד. יש לבצע פיילוטים במצבי אמת ואל מול צרכני אמת, אצל סוגי צרכנים שונים, כמות צרכנים (ויצרנים) שונה, ובאזורים שונים, ולבצע מיפוי חסמים ותועלות לפי סוגי המיקרוגרידים השונים. יש לפעול בצורה מתודולוגית, לבדוק את כל התועלות והעלויות הפוטנציאליים ולבצע סקרי היתכנות תוך איתור קנה המידה, וסוג הצרכנים המיטבי מבחינה כלכלית ומבחינה אסטרטגית (חוסן, שרידות וכלכליות). ברמת הניהול - המחיר אינו צריך להיות גבוה, וזה ייתן כלים לרגולטור לראות מה יהיה הרווח משחרור כסף או שחרור רגולציה. את הפיילוטים יקימו חברות פרטיות, במימון לא גבוה, ובמידע שיתקבל צפויה תועלת רבה.
2. מוצע לבצע סקרי ישימות למיקרוגריד ע"י מענקים ו/או מכרזים במימון הממשלה (משרד האנרגיה) בדומה לסקרים, הממוסדים זה שנים, לגבי התייעלות אנרגטית.
3. במסגרת תכנית האב למשק החשמל, הנמצאת בדיונים בתקופה זו, מוצע לאתר ולהתקין תקנות וכללים רגולטוריים שיאפשרו הקמת רשת חשמל חכמה בדגש על שילוב מיקרוגרידים בצורה אופטימלית.
4. מוצע מודל לבעלות והפעלה של חלקים מן הרשת הלאומית ע"י יצרני חשמל פרטיים שיקראו Independent Grid Operator (IGO). הממשלה תזמין חברות כאלה להציע מבנה עתידי לרשת החשמל החכמה, בהסתמך על טכנולוגיות קיימות או שיהיו קיימות בעתיד הקרוב,

להקמת מיקרוגרידים (MW 100-10) בכל הארץ. למציע הזוכה יוענק זיכיון לניהול תכנית מיקרוגריד/רשת חכמה עבור הממשלה, לבחון מיקרוגרידים. המטרה תהיה להדגים הוזלה משמעותית ויציבות המחיר למשך תקופת הזיכיון. בהסתמך על המלצות ההצעה הזוכה הנ"ל, הממשלה תעניק רישיונות למשך 25 שנה לבעלות והפעלה (own and operate) של חלקים מרשת החשמל בארץ. בידי חח"י תישאר בעלות רק על קווי הולכה במתח גבוה וכושר ייצור מספיק לגיבוי עבור שירותים חיוניים. בעלי הרישיונות ישלמו לחח"י עבור שירותים אלה. מודל זה אינו מקובל על כל המשתתפים ונטען כי מודלים אחרים עשויים להתאים יותר.

פרק 6: רשימת מקורות

1. [PowerMatching City - Smart Energy System](#)
2. Source: Q4 2015 Microgrid Deployment Tracker released by Navigant Research shows there are 1,437 microgrids worldwide, 13 GW installed around the world.
3. [Bridgeport microgrid](#)
4. [A list of 17 operating microgrids](#)
5. כתבה בנושא: "קריית הטכניון – מודל לעיר חכמה" המפורסמת באתר מרכז הקיימות של [\(אתר מכון קיימות בטכניון\)](#) הטכניון

**נספח 1 – תכנית פורום אנרגיה: מיקרוגרید ורשת חשמל בעידן של ייצור מבוזר
ואנרגיות מתחדשות**

שעה	תוכנית
13: 10-13: 00	פתיחה
: 13: 25-13: 10	ניסן כספי, גלובל פאוור בע"מ - מיקרו-ייצור בעידן המיקרוגרید
: 13: 40-13: 25	דניאל ספז, מיקרוגרید ישראל - An innovative Microgrid in Israel
13: 55-13: 40	רפי רייש, S.U.iT.S. - מדיניות מרחבית וכלים תכנוניים לקידום תשתיות חכמות בישראל
13: 55-14: 10	עודד אגמון, הרשות לשירותים ציבוריים חשמל - משמעויות לשילוב של מתקני ייצור ברשת חלוקת החשמל
: 14: 30-14: 10	הפסקה
: 17: 00-14: 30	דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות: <ul style="list-style-type: none"> • מהם הצעדים שיש לנקוט לקידום רשת חשמל חכמה בישראל? • מה ידוע על יישום רשתות חכמות במדינות העולם? • מה השתנה בנושא יישום רשת חכמה וייצור מבוזר בארץ ובעולם בארבע השנים האחרונות? • יישומי מיקרוגרید - בעד ונגד • מצב הרגולציה בישראל והמלצות לגבי יישומי מיקרוגרידים
: 17: 00	סיום

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן (www.neaman.org.il)

שנה	פריקט
2017	פורום האנרגיה ה-39: מיקרוגריד ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבוזר ואנרגיות מתחדשות
2016	פורום האנרגיה ה-38: צעדים ליישום לאחר אישור מתווה הגז בישראל
2016	פורום האנרגיה ה-37: ביטחון באספקת אנרגיה בישראל
2016	פורום האנרגיה ה-36: התייעלות אנרגטית בישראל: שדרוג מערכות
2015	פורום האנרגיה ה-35: אגירת אנרגיה בייצור חשמל
2015	פורום האנרגיה ה-34: ייצור משולב של חום וחשמל
2015+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 חדרת 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: בידולקים 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

סביבה ואנרגיה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il