

בית הספר: "מעלה שחרות"

סמל מוסד: 770602

טלפון: 08-6355930

כתובת: קיבוץ יטבתה ד.ג. חבל אילות 88820



עצמאות אנרגטית על בסיס אנרגיות מתחדשות במרחב אילת וחבל אילות - היתכנות כלכלית, סביבתית וחברתית

מדעי כדור הארץ והסביבה
2016

פרטי המנחה

ת.ז: 022629687

שם: דורית בנט

תואר אקדמי: תואר שני

מקום עבודה: החברה לאנרגיה מתחדשת אילת אילות

טלפון בעבודה: 08-6371717

כתובת פרטית: קיבוץ יהל

טלפון נייד: 053-2291026

מייל: dorit@eilot.org.il

פרטי התלמידה

ת.ז: 0206060899

שם: גל ספיר

תאריך סיום: ינואר 2016

טלפון: 054-9798563

כתובת: קיבוץ יטבתה

מייל: galsapir23@gmail.com

תקציר

הצורך בשימוש באנרגיות מתחדשות הינו תוצאה של הזיהום הסביבתי הכבד הנפלט, ברובו, מייצור אנרגיה ממיןרלים מתכלים, מההתחממות הגלובאלית הנובעת מפעילות זו וכן מהתלות הכלכלית והגיאופוליטית הרבה של מדינות רבות בעולם במספר מצומצם של מדינות, שלהן המשאבים והמיןרלים מהם מייצרים אנרגיה.

העולם כולו מנסה למצוא פתרונות בהם ניתן לספק כמה שיותר אנרגיה זמינה ואמינה 24 שעות, 7 ימים בשבוע לאורך שנים מאנרגיות מתחדשות - "אנרגיה בת קיימא".

שאלת החקר שלי עוסקת בהיתכנות הכלכלית, חברתית וסביבתית להגיע ל-100% עצמאות אנרגטית במרחב אילת וחבל אילות ממקורות מתחדשים, כמנוף לפתוח אזורי.

העבודה מבוססת על ניתוח נתוני צריכת החשמל באזור אילת ובשלושה מקיבוצי הערבה אל מול ניתוח נתוני ייצור החשמל הסולארי באזור ומציאת פתרונות שלהם היתכנות כלכלית וסביבתית להשלמת הפערים הקיימים בין השניים, בתקווה שיצליחו להביא את האזור לעצמאות אנרגטית מלאה.

מרחב אילת והערבה צורכים 165 מגה ואט בזמן שיא ואילו הספק החשמל הסולארי המיוצר באזור צפוי להגיע ל-166 מגה ואט. עם זאת, אין התאמה במשך כל שעות היום, ובטח בשעות הלילה, כאשר הייצור נפסק כליל. נראה כי ניתן לגשר על כל הפערים הנוצרים, הן ברמה טכנולוגית והן ברמת מדיניות, מבלי לערער את המבנה הכלכלי של משק החשמל או לגרום להתייקרות החשמל. למציאת פתרונות אלה משמעות חשובה בפתוח מרחב אילת-אילות, ולא רק למשק החשמל אלא לכל מבנה התעסוקה והכלכלה המקומית.

אני ממליצה להמשיך ולייצר אנרגיה מהשמש (בעיקר דרך עוקבי שמש פוטוולטאים), להסיט עומסים ע"י עידוד צריכה מוגברת בשעות היום וייצור מוגבר של חשמל מאנרגית שמש, גם לצורכי אגירה לשעות אחר הצהרים והערב. שיטות האגירה עליהן אני ממליצה, הן "אגירה שאובה" להיקפי אגירה גדולים (השיטה הזולה והיעילה ביותר נכון להיום), ואגירת במצברים ביתיים, להיקפי אגירה קטנים, בשיטת "מונה נטו". הדרך הטובה ביותר לחיסכון משמעותי באנרגיה הנה, עידוד בניה ירוקה מבודדת (ראיתי שרוב צריכת החשמל במרחב הינה בקיץ על קירור) ומתן תמריצים מחברת החשמל על כל קילואט שלא נצרך.

בנוסף לכך יש להרחיב את מקורות ייצור האנרגיה הנקיים בשעות שאין שמש, כמו ייצור אנרגיה מביומסה ורוח. חשוב לציין, שהטמעת ייצור אנרגיה מרוח, כרגע אינה כלכלית בישראל ויש חשש כבד לפגיעה במערכת הצפרות העולמית, הרי בקעת הערבה הנה מסלול נדידה מרכזי של ציפורים מאפריקה לאירופה והפוך.

מרחב אילת-אילות יכול להפוך "לעמק הסיליקון" לאנרגיות מתחדשות, ולהוות מרכז פיתוח ויישום עולמי, שהיתרונות הגדולים שלו הם הניתוק והריחוק ממרכז הארץ, שמש, שטחים, מדיניות אזורית תומכת ורצון גדול של האוכלוסייה להיות חלק מתהליך חלוצי זה.

רשימת איורים, גרפים, טבלאות ונספחים

פרק 1

איורים:

איור 1- טמפרטורה עולמית ממוצעת שנתית וריכוז של Co2 - ממשיך לטפס

איור 2 - פליטת הפחמן השנתית לפי יבשות

איור 3 - הפוטנציאל בהפחתת פלטות לאוויר על פי IEA

איור 4 - המדע של ארגון 350.org

איור 5- תא וולטאי או תא סולארי

איור 6- מערכות CPV

איור 7 - כיצד שוקת פרבולית עובדת?

איור 8 - שקתות פרבוליות בערדום

איור 9 - מגדל השמש בסמר

איור 10- כיצד מגדל שמש עובד?

איור 11 - מערכת עקיבה עונתית

איור 12 - מערכת עקיבה חד-צירית

איור 13 - מערכת עקיבה דו-צירית

איור 14- מערכת חימום

איור 15 - מערכת מיזוג סולארית

איור 16- כיצד טורבינת רוח עובדת

איור 17- טורבינת רוח, ציר סיבוב אופקי

איור 18- תחנת כוח הידרואלקטרית בסכר

איור 19- כיצד אגירה שאובה עובדת

איור 20- כיצד אנרגיה מגלי ים עובדת

איור 21- אנרגיה גיאותרמית

איור 22- מערכת חימום/קירור גיאותרמי

איור 23- מתקן לטיפול בשפכים של מחלבת יטבתה ורפת ערבה

איור 24- הערבה הדרומית

גרפים:

גרף 1- חלוקת מקורות אנרגיה בישראל 2015

גרף 2- חלוקת מקורות אנרגיה בישראל 2008

פרק 3

איורים:

איור 25- גרף התנהגות של צריכת חשמל בישראל

גרפים:

גרף 3- צריכת חשמל באילת ועד צומת סדום בשנת 2013

גרף 4- צריכת חשמל באילת ועד צומת סדום בשנת 2014

גרף 5- צריכת חשמל בקיבוץ גרופית בשנת 2013

גרף 6- צריכת חשמל בקיבוץ קטורה בשנת 2013

גרף 7- צריכת חשמל בקיבוץ יטבתה בשנת 2013

גרף 8- נתוני ייצור חשמל במתקן PV בערבה במגה וואט (שדה של 5 מגה וואט, קטורה "סאן")

גרף 9- נתוני ייצור חשמל אילת והערבה במגה וואט מחושבים (לפי כל השדות הקיימים 106 מגה וואט מותקנים)

גרף 10- נתוני ייצור חשמל אילת והערבה במגה וואט מחושבים (לפי שדות קיימים ולקראת הקמה 166 מגה וואט מותקנים)

גרף 11- הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה 2013 בשדה סולארי 106 מגה וואט

גרף 12- הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה 2014 בשדה סולארי 106 מגה וואט

גרף 13- הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה 2013 בשדה סולארי 166 מגה וואט

גרף 14- הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה 2014 בשדה סולארי 166 מגה וואט

גרף 15- הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה בפסגת שיא (12:00-13:00)

טבלאות:

טבלה 1- עיבוד נתוני צריכת חשמל מאילת ועד צומת סדום 2013 במגה וואט (חברת חשמל, נספח מספר 1)

טבלה 2- עיבוד נתוני צריכת חשמל מאילת ועד צומת סדום 2014 במגה וואט (חברת חשמל, נספח מספר 1)

טבלה 3- נתוני צריכה בגרופית 2013 במגה וואט (קיבוץ גרופית, נספח מספר 2)

טבלה 4- נתוני צריכה בקטורה 2013 במגה וואט (קיבוץ קטורה, נספח מספר 3)

- טבלה 5-** נתוני צריכה ביטבתה 2013 במגה וואט (קיבוץ יטבתה, נספח מספר 4)
- טבלה 6-** נתוני ייצור חשמל במתקן PV בערבה (שדה של קטורה סאן, נספח מספר 5)
- טבלה 7-** נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגה וואט שעה מחושבים (לפי כל השדות הקיימים 106 מגה וואט מותקנים)
- טבלה 8-** נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגוואט שעה מחושבים (לפי שדות קיימים ולקראת הקמה 166 מגה וואט מותקנים)
- טבלה 9-** צריכה אל מול ייצור של 106 מגה וואט סולארי
- טבלה 10-** טבלה 10: אחוזי ייצור חשמל סולארי של 106 מגה וואט אל מול צריכה
- טבלה 11-** צריכה אל מול ייצור של 166 מגה וואט סולארי
- טבלה 12-** אחוזי ייצור חשמל סולארי של 166 מגה וואט אל מול צריכה
- טבלה 13-** נתוני צריכה וייצור של פסגת שיא (12:00-13:00) וההפרש ביניהם

נספחים

- נספח 1 -** נתוני צריכת חשמל 2013-2014 מחברת חשמל
- נספח 2 -** נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ גרופית
- נספח 3 -** נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ קטורה
- נספח 4 -** נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ יטבתה
- נספח 5 -** נתוני ייצור חשמל סולארי 2013-2014 אילת והערבה משדה של קטורה סאן
- נספח 6 -** סיכום ראיון עם ירון ליב

תוכן עניינים

7	פתיח
8-10	פרק 1- שיטות המחקר
	פרק 2- סקירת ספרות מחקרית
11-13	• 2א. התחממות גלובלית וזיהום אויר כתוצאה מייצור וצריכה באנרגיה בעולם
14-18	• 2ב. הסכמים ואמנות בינלאומיות להפחתת פליטות לאטמוספירה, הטמעת ההסכמים בעולם ומחויבותה של ישראל לתהליך
19-26	• 2ג. אנרגיה מתחדשת
27-31	• 2ד. מדיניות ומבנה משק החשמל בישראל
32-33	• 2ה. גיאוגרפיה ואקלים באזור הערבה ואילת כפלטפורמה ליישום אנרגיות מתחדשות וההתאמה של התחום למינוף פתוח אזורי
	פרק 3- תוצאות
34-39	• 3א. נתוני צריכת חשמל
40-42	• 3ב. נתוני ייצור חשמל סולארי
43-47	• 3ג. השוואת נתוני ייצור חשמל אל מול נתוני צריכת חשמל במרחב אילת והערבה
	פרק 4 - דיון
48-49	• 4א. השוואה בין נתוני הצריכה והייצור על פני שעות היממה והשנה כולה וניתוח הפערים בין צריכת החשמל לייצור הסולארי המקומי
50-54	• 4ב. הצגת טכנולוגיות ושיטות ניהול לצמצום הפערים המתגלים בין הייצור לצריכה המותאמים לאזור הערבה ואילת
54-56	• 4ג. עלויות ייצור חשמל מהטכנולוגיות השונות
57-59	פרק 5 - מסקנות והמלצות
60	סוף דבר
61-62	ביבליוגרפיה
63-67	נספחים

פתיח

עם המהפכה התעשייתית, האדם החל לצרוך כמויות אדירות של אנרגיה, אתה הוא משתמש לכל דבר בחייו. האנרגיה הטבעית אינה מספיקה, ולכן החל לייצר אנרגיה בעצמו. תהליך ייצור האנרגיה משבש את האיזון בכדור הארץ וגורם לזיהום האוויר והתחממות כלל-עולמית המשפיעים על כלל החיים בכדור הארץ.

ב-1992, "פסגת ריו", מנהיגי העולם כונסו לראשונה ועם סיוע של מדענים, הגיעו להבנה שיש לשנות את אופן הייצור וצריכת האנרגיה כדי למנוע את שיבוש האיזון בכדה"א ולייצב את החיים העתידיים בכדור הארץ מבחינה כלכלית, סביבתית וחברתית. אחת המסקנות העיקריות שהובאה בכינוס, הייתה לייצר "אנרגיה מתחדשת".

מדינת ישראל שותפה פאסיבית לתהליך עולמי זה (ישראל נחשבת למזהמת מהקטנות בעולם - ארץ ענייה בתעשייה כבדה ובחמרי חציבה וכרייה), אך בשל השאיפה שלה להיות חלק ממדינות ה OECD נכנסה גם היא לתהליך מאד איטי ולא יעיל של הפחתת פליטות. לקראת ועידת פריס העולמית, דצמבר 2015, אשרו משרדי הממשלה (אנרגיה, סביבה ואוצר) יעדים של 13% אנרגיות מתחדשות עד 2025 וצמצום צריכת החשמל בשיעור של לפחות 17% עד שנת 2030 (גבאי, שטייניץ וכחלון 2015). בערבה ואילת, המהווים 13% משטח המדינה יש שטח לרוב ושמש הזורחת כ-350 יום בשנה, מה שהוביל להחלטה אסטרטגית שאנרגיה מתחדשת תהווה מנוף לפתוח אזורי, עם ולמרות מדיניות מזגזגת ומורכבת של המדינה. תוך רתימת אידיאולוגיה ונחישות רבה, האזור הופך להיות תחנת הכוח הסולארית המבוצרת הגדולה בישראל המספקת 64% מצריכת החשמל מאילת ועד צומת סדום בשעות היום.

בעבודה זו אבדוק את ההיתכנות הפיזית והכלכלית להפוך את אזור אילת והערבה (עד צומת סדום) לאזור עצמאי אנרגטית, המוזן מאנרגיות מתחדשות 24 שעות ביממה, 7 ימים בשבוע. במידה ותוכנית זו תצא לפועל במלואה, אזי זה יהיה מודל עולמי ייחודי שיציג ייצור אנרגיה נקייה בהלימה מלאה לצרכי הכלכלה והאוכלוסייה באזור.

העבודה מבוססת על ניתוח נתוני צריכת החשמל באזור אל מול ניתוח נתוני ייצור החשמל הנקי באזור ומציאת פתרונות שלהם היתכנות כלכלית וסביבתית להשלמת הפערים הקיימים בין השניים, בתקווה שיצליחו להביא את האזור לעצמאות אנרגטית מלאה. עצמאות זו, מעבר לעובדה שהיא מייצרת חשמל נקי, יכולה לייצר הרבה מאד מקומות תעסוקה ואף לתרום לכלכלת מדינת ישראל ולעידוד ייצוא טכנולוגיות וחדשנות לעולם כולו.

פרק 1 - שיטות המחקר

מטרת המחקר

המטרה בעבודת החקר הייתה בדיקת ההיתכנות להספקה וייצור 100% אנרגיה נקייה/ מתחדשת למרחב אילת וחבל אילות במחיר כלכלי לכל הצרכים והצרכנים בכל שעות היממה לאורך כל השנה ובמינימום פגיעה בסביבה לדורות. כלומר, אזור אילת והערבה יהיו עצמאים אנרגטית על בסיס אנרגיות מתחדשות, תוך התייחסות כלכלית, סביבתית וחברתית.

שיטות המחקר

1. **איסוף** חומר ביבליוגרפי לצורך כתיבת מבוא והבנת המצב העולמי, הישראלי והמקומי (ערבה ואילת) בכל הנוגע לייצור וצריכה של חשמל, וכן לצורך הבנת תחום האנרגיה המתחדשת (חשיבות, יכולת טכנולוגית ויישום).

2. **ביקור** בחברת חשמל באילת. **ראיון** עם בעל מקצוע - ירון ליב, מהנדס חשמל ראשי של תחנת הכח באילת. בראיון קיבלתי סקירה על אופן ייצור וצריכת החשמל באילת והקשר שלו לייצור הכללי בישראל (ראה נספח מספר 6).

3. **עיבוד** נתוני צריכה שעתיים שהתקבלו מחברת חשמל ונתוני ייצור חשמל סולארי שעתיים מחברת APC (חברה בעלת מספר תחנות כוח סולאריות בערבה). חברת חשמל העבירה לידי טבלת נתונים שעתיים של כמות צריכת החשמל במגוואטים לאורך שנתיים (2013-2014)

- **בטבלאות 14 ו-15** (ראה נספח מספר 1) ניתן לראות את נתוני הצריכה המצטברים של כל חודש בכל שנה בחלוקה לקטגוריות של גבע בוקר (שעות 7:00-10:00), פסגה (10:00-17:00), גבע אחר הצהריים (17:00-21:00) ושפל (7:00-21:00). חלוקת שעות זו מייצגת, על פי המחיר, את הביקושים בארץ המשתנים לאורך שעות היממה.

- **בטבלאות 1 ו-2** (ראה פרק תוצאות) סכמתי את כמות החשמל הנצרכת בכל חודש על פי הקטגוריות: פסגה, שפל וגבע, חילקתי במספר הימים בחודש וסה"כ השעות של כל קטגוריה (גבע בוקר = 4 שעות, פסגה = 8 שעות, גבע אחה"צ = 4 שעות, שפל = 10 שעות) וקיבלתי את ממוצע הצריכה השעתי בחודש - הספק החשמל בגבע בוקר, פסגה, גבע אחה"צ ושפל.

לאחר שבניתי את מסד הנתונים של צריכת החשמל המדויקת במרחב, עברתי לבדוק את כמות ייצור החשמל הסולארי המיוצר באזור, נכון ל-2015, וכן חישבתי את כמות החשמל הסולארי שתהיה מיוצרת ב-2017 (על בסיס אישורי הקמה לשדות החדשים), וזאת במטרה להבין את הפער הקיים (כמות והשתרעות לאורך היממה) בין הייצור הנקי המקומי לבין הצריכה המקומית.

קיבלתי נתונים מדגמיים משדה סולארי בשם "קטורה סאן" בעל הספק מותקן של 5 מגה וואט מחברת APC, בעלת השדה. לא קיבלתי נתונים רציפים של שנתיים בשל חיסיון מסחרי. מכאן

שנאלצתי להתבסס על עיבוד נתונים מחושב של שבוע בארבעה חודשים המייצגים עונות שנה שונות:
אוקטובר - סתיו, ינואר- חורף, אפריל - אביב, יולי - קיץ.

• **טבלה 6 -** (ראה פרק תוצאות) מציגה ייצור סולארי, ממוצע שעתי לפי פסגה, גבע ושפל

במגוואטים משדה של 5 מגה וואט (סולארי "סאן" בקטורה)

על מנת להגיע לממוצע השעתי (בהתאם לקטגוריות היממה: שפל, גבע, פסגה) חיברתי את כמויות ייצור החשמל בכל אותן שעות הקטגוריה (לדוגמה 8 שעות של ייצור בפסגה, 4 שעות גבע וכו.. ראה בכתורות הטבלה) לאורך כל השבוע בכל רבעון שנה: אפריל, אוקטובר, יולי וינואר (ע"פ מסד הנתונים שהתקבל). את הסכום שהתקבל, חילקתי במספר הימים והשעות של כל קטגוריה ביממה.

• **טבלה 7 -** (ראה פרק תוצאות) מציגה את **החישוב** הממוצע השעתי המתייחס לכל 106

המגוואטים המותקנים הקיימים במרחב על בסיס נתונים קטורה "סאן" (שדה של 5 מגה וואט)

5 מגה וואט - קטורה "סאן"	X%
106 מגה וואט - כל שדות סולארים בערבה	100%



5% מגה וואט סולארי
מהווים 4.7% מכלל ייצור
החשמל הסולארי בערבה!
 $100 \div 106 \times 5 = 4.7\%$

דוגמא לאופן ההמרה של כמות מגוואט שעה מקטורה "סאן" לכלל 106 מגה וואט מותקנים

שיש באזור:

1.58 מגה וואט - קטורה "סאן"	4.7%
?	100%



ממוצע שעתי של ינואר
בגבע בוקר,
בהיקף ייצור של 106 מגה
ואט שעה
 $100 \times 1.58 \div 4.7 = 33.6$

• **טבלה 8 -** (ראה פרק תוצאות) מתוך ידיעה שאושרו להקמה עוד 60 מגה, הם יהיו מחוברים

לרשת בעוד שנתיים, הנחתי את הממוצע השעתי ל-166 מגה וואטים העתידיים.

5 מגה וואט - קטורה "סאן"	X%
166 מגה וואט - כל שדות סולארים בערבה	100%



5% מגה וואט סולארי
מהווים 3.01% מכלל ייצור
החשמל הסולארי בערבה!
 $100 \div 166 \times 5 = 3.01\%$

- דוגמה לאופן החישוב (הממוצע השבועי המחושב, לקחתי כממוצע חודשי):

1.58 מגה וואט - קטורה "סאן" _____ 3.01 %
 ? _____ 100%



ממוצע שעותי של ינואר,
 גבע בקר
 בהיקף יצור של 166 מגה
 ואט שעה

$$100 \times 1.58 \div 3.01 = 52.5$$

בדקתי גם את מסד הנתונים של שלושה קיבוצים בערבה, שהם חלק ממסד הנתונים הכללי של מרחב אילת והערבה כפי שמופיעים בטבלאות 1-4 (ראה פרק תוצאות). כל קיבוץ מהווה 0.6% בערך מכלל הצריכה במרחב אילת והערבה, אבל עדיין, רציתי לבדוק, האם גרף הצריכה בקיבוצים דומה לגרף הצריכה העירוני באילת, ובמידה ויש שוני בהתנהגות האם הוא תומך ברצון שלנו להגיע לעצמאות אנרגטית בערבה.

קיבלתי נתונים חודשיים במשך שנת 2013 משלושת הקיבוצים, לפי חלוקה של שעות גבע, פסגה ושפל (שעות אלה מייצגות על פי המחיר את הביקושים בארץ המשתנים לאורך שעות היממה):

טבלה 3 - טבלת צריכת חשמל בגרופית לפי קטגוריות גבע שפל ופסגה לאורך שנת 2013

טבלה 4 - צריכת חשמל בקטורה לפי קטגוריות גבע שפל ופסגה לאורך שנת 2013

טבלה 5 - צריכת חשמל ביטבתה לפי קטגוריות גבע שפל ופסגה לאורך שנת 2013

4. הסקת מסקנות לגבי כמויות חשמל חסרות על בסיס צריכה וייצור סולארי

5. מציאת פתרונות שלהם היתכנות טכנולוגית כלכלית וסביבתית

פרק 2- סקירת ספרות מחקרית

2א. התחממות גלובלית וזיהום אויר כתוצאה מייצור וצריכה באנרגיה בעולם

אנרגיה מהווה את הבסיס לכלכלה האנושית המודרנית. המין האנושי צורך אנרגיה להפעלה של כל המערכות הביתיות, תחבורה, צרכנות, תעשיות, אספקת מים, הפעלת מערכות בנקאיות וכו'. אין כמעט פרט אחד בחיינו שאינו דרוש צריכת אנרגיה להפעלתו ולשימוש בו.

במקביל לייצור אנרגיה מלאכותית ע"י האדם, אנחנו מקבלים שירותי אנרגיה "חינמיים" מהשמש ומהמערכות הגיאופיזיות, הביולוגיות והאקולוגיות של הטבע: אור וחום מהשמש, מערכות ביולוגיות הקולטות פחמן ויוצרות פוטוסינתזה (שהיא אחד מהמרכיבים הבסיסיים של שרשרת הצומח והחי), ושירותי סילוק פסולת שהם היסוד האנרגטי לחיים. הטבע יודע לספק לנו גם את מקורות האנרגיה שהאדם רותם לחייו: שמש, רוח, מאובנים למיניהם (נפט, גז ופחם).

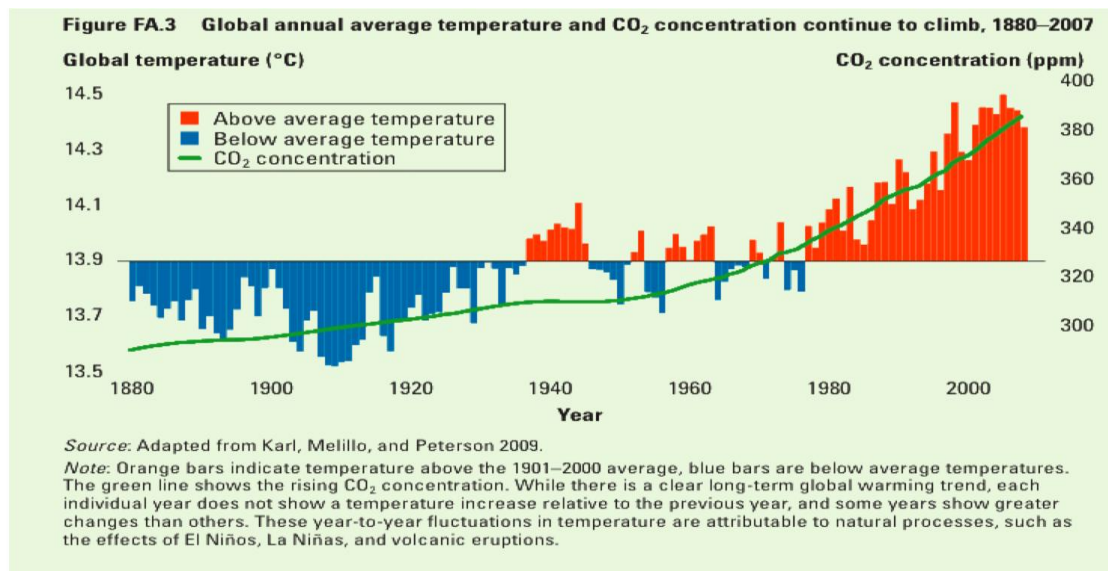
קצב ההתפתחות האינטנסיבי והמהיר של המין האנושי, גרם לכך שמאז המהפכה החקלאית ולאחריה המהפכה התעשייתית, מקורות האנרגיה הזמינים אינם מספיקים, והאדם החל מפיק את חומרי האנרגיה המאובנים, ובכך הפך אותם מאנרגיה פוטנציאלית לאנרגיה זמינה.

תהליך זה של הפיכת האנרגיה הפוטנציאלית לאנרגיה זמינה ייצר פלטות מזהמים רבות לאטמוספירה: פחמן דו חמצני, חנקות, זרחנים, מתאן ויסודות כימיים נוספים, אשר מערערים את המבנה המולקולארי של האטמוספירה ומשנים את תנאי החיים בכדור הארץ. אחד השינויים הגדולים והמדאיגים הנו תהליך התחממות האטמוספירה ושינוי האקלים בכדור הארץ.

התחממות עולמית או התחממות גלובלית, הנו מונח המשמש לתיאור עלייה בטמפרטורה הממוצעת של פני השטח של כדור הארץ במהלך כמאה חמישים השנים האחרונות. הקהילה המדעית דנה בשאלת הגורמים להתחממות, כאשר קימת מחלוקת בין קבוצת הרוב שדעתה מוצגת בדוחות הפנל הבין-ממשלתי לשינוי האקלים של האו"ם (IPCC) הטוענת שהתחממות היא תוצאה של פליטה מלאכותית של גזי חממה, לבין קבוצות מיעוט הטוענות שהתחממות נובעת משינויים פיזיים בחלל החיצון ובמערך הכוכבים מול השמש, ושאין קשורים לפלטת לגזי חממה ע"י המין האנושי. ההתחממות הצפויה עלולה להוביל לשינויי גיאוגרפיים משמעותיים הכוללים את עליית פני הים, לשינויים בכמויות המשקעים ואופן פיזורם. שינויים אלו עלולים גם להגדיל את התדירות ואת העוצמה של אירועי מזג אוויר קיצוניים, כמו שיטפונות, בצורות, גלי חום והוריקנים, לשנות את התנובה החקלאית, לגרום לאזרחים באזורים רבים לנדוד אחרי מזון (פליטי סביבה), לגרום לנסיגת קרחונים, להקטין את כמות המים הזורמים בנחלים, או לתרום להכחדת מינים ביולוגיים.

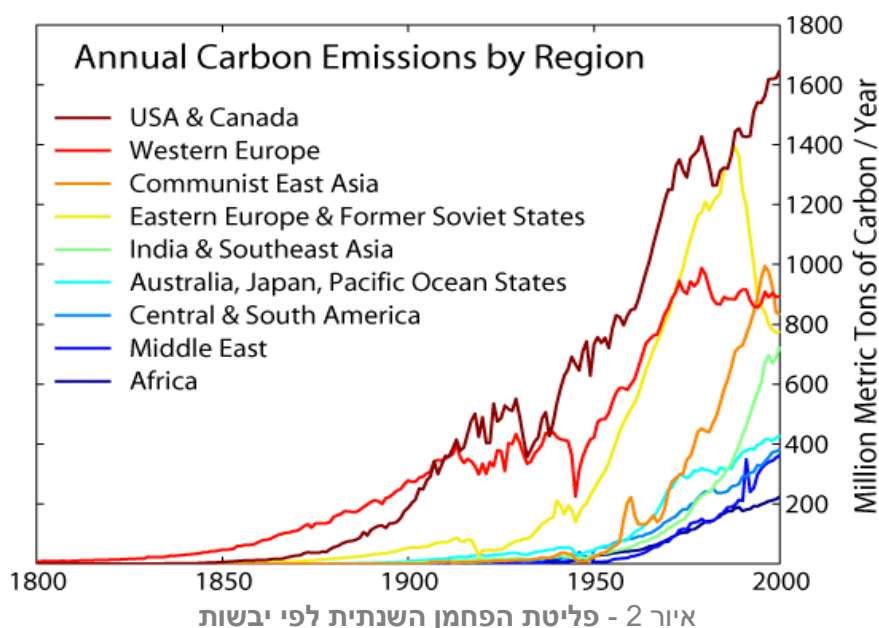
ההסכמה הכמעט כללית עם הטענה שהתחממות העולמית היא תוצאה של פליטה מלאכותית של גזי חממה, הובילה ללחץ על מנהיגי העולם לנקוט בצעדי חקיקה שיצמצמו את השימוש במקורות

אנרגיה מתכלים, יעודדו מעבר לשימוש במקורות אנרגיה חלופיים (שימוש ברוח, שמש, חום, תנועה וכו.. במקום במשאבים מאובניים כמו גז, נפט, פחם) ובאופן כללי יפחיתו את חותם הפחמן (כמות גזי החממה הנפלטים) של מדינות העולם (ראה איור 1+2).



איור 1 - טמפרטורה עולמית ממוצעת שנתית וריכוז של CO₂ - ממשיך לטפס

כחול - טמפרטורה מתחת לממוצע. אדום - טמפרטורה מעל הממוצע. הקו הירוק מסמן את כמות ה CO₂ באוויר. מהגרף אנו למדים שאם התפתחות העולם המודרני, כמות ה- CO₂ עולה בהתאמה לעליית הטמפרטורה. נראה כי 1980 הנה נקודת המפנה בה האטמוספירה הגיעה לרמה והעליה בטמפרטורה החלה. חשוב לציין כי הגרף מראה מדידות החל מתחילת המאה ה-20. סה"כ מ-1880 ועד היום חלה עליה של מעלה אחת צלזיוס, ועליה קטנה זו, מייצרת שינוי כה דרמטי. (הגרף לקוח מ- https://en.wikipedia.org/wiki/Attribution_of_recent_climate_change)



בגרף זה אנו רואים שכמות פליטת הפחמן עולה ככל שהמדינה מתועשת, מפותחת ומתקדמת ביחס למדינות האחרות. ארה"ב וקנדה הן מובילות עם כמות גבוהה של פליטת פחמן - 1650, לעומת יבשת אפריקה, שנמצאת עם כמות נמוכה של פליטת פחמן - 210.

משני הגרפים המוצגים כאן, ניתן לראות קשר ישיר (אולי לא היחידי..) שההתחממות הגלובאלית או שינויי האקלים נובעים מזיהום אוויר שהוא תוצאה ישירה ועקיפה של ייצור וצריכת אנרגיה של המין האנושי.

זיהום אוויר הנו שם כולל למצב שבו לאוויר נוספים חומרים כימיים וביולוגיים שאינם נכללים בהרכבו הטבעי, או שכמותו של מרכיב הנכלל בהרכבו הטבעי עולה יתר על המידה. המילה "זיהום" משקפת את העובדה שחומרים אלה מזיקים, במידה זו או אחרת, לחי ולצומח. זיהום אוויר נגרם משני סוגים של מקורות: זיהום מעשה ידי אדם, כלומר כזה הנגרם מתיעוש, תחבורה, ועוד (בלועזית, זיהום אנתרופוגני), וזיהום שמקורו בתופעות טבע (התפרצויות הר געש, שריפות טבעיות). מקורות זיהום עיקריים:

זיהום ממקורות טבעיים

- פעילות געשית
 - אבק ממקורות טבעיים, כדוגמה של אבק חול המגיע מהסהרה גם לישראל, בעזרת הרוח.
 - גזים, כגון מתאן, הנפלטים במהלך פעולת העיכול של בעלי חיים (בעיקר בקר וצאן).
 - עשן שמקורו בשריפות חורש ועשביה טבעיות.
- זיהום מעשה ידי אדם:
- זיהום מתחנות כח כתוצאה משריפת כמויות גדולות של דלק.
 - זיהום ממתקני תעשייה שונים, מפעלי מתכת, מפעלי פלסטיקה, מפעלים פטרוכימיים מפעלים לייצור חומרי הדברה ועוד. הרכב הזיהום משתנה בהתאם לתהליך בכל מפעל.
 - זיהום ממבני ציבור (בתי חולים, בנייני משרדים וכו') כתוצאה משריפת דלק להסקה.
 - גזים ואירוסולים (לדוגמה, כתוצאה מריסוס חומרי הדברה) שמקורם בחקלאות ושריפת פסולת חקלאית. ריסוס חומרי הדברה מייצר בסופו של דבר גם מזהמים משניים, כאשר חומרי ההדברה מייצרים חומרים מזיקים לא פחות במורד הרוח.
 - שריפת מצבורי אשפה, לרבות זבל עירוני, מוצרי פלסטיקה ומחשבים ישנים, ניילונים, כאבלים ואחרים.
 - זיהום מכלי רכב בעלי מנועי שריפה פנימית.
 - זיהום כתוצאה משריפת פחם או עצים להסקה ביתית.

2ב. הסכמים ואמנות בינלאומיות להפחתת פליטות לאטמוספירה, הטמעת ההסכמים בעולם ומחויבותה של ישראל להתליך

אמנת האו"ם בדבר שינויי אקלים נחתמה בוועידת כדור הארץ הראשונה בריו דה ז'נרו בשנת 1992, במטרה להניע את אומות העולם במאמץ משותף להפחתת פליטות גזי החממה ולהתמודדות עם שינויי האקלים. עיקר האחריות נפלה על המדינות המתועשות והמפותחות, שכן הן האחראיות במידה הרבה ביותר לפליטת גזי החממה. מדינת ישראל הצטרפה לאמנה בשנת 1998, וכיום חברות בה 196 מדינות. בוועידת האקלים השנתית האחרונה שנערכה בפרו, הסכימו כל המדינות להתחייב למסגרת של הסכם רשמי, אשר יחתם בוועידה הבאה שתתקיים בפריז בסוף 2015. מסגרת ההסכם קבעה, כי כל מדינה תגבש את היעד הלאומי שלה להפחתת פליטות, ותמסור אותו למזכירות האו"ם עד אמצע 2015. דיווח זה יכלול בסיס נתונים, הנחות יסוד ומתודולוגיות לבחינת פוטנציאל ההפחתה, הרציונל לבחירת היעד שנקבע וכיו"ב. ההסכם החדש יכנס לתוקפו בשנת 2020, ויאחד את כל מדינות העולם במאמץ הגלובלי המשותף. לקראת הוועידה בפריז בדצמבר 2015, ממשלת ישראל אישרה ביום א' 20.09.15 את היעד הלאומי להפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק: **7.7 טון פליטות גזי חממה לנפש ב- 2030 מתרחיש עסקים כרגיל של 10 טון לנפש, שמשמעותם: הפחתת כ-25% מפליטות גזי החממה עד - 2030; 17 התייעלות אנרגטית בצריכת חשמל; 17% ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות; 20% הפחתה בנסועה פרטית (גבאי ואחרים, 2015).**

בוועידת קופנהאגן בשנת 2009 הכריזה ממשלת ישראל, כי עד שנת 2020 תפחית את פליטות גזי החממה שלה ב-20 אחוזים ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" (עסקים כרגיל הינו מונח המתאר מצב בו המדינות ממשיכות לפעול כרגיל ללא כל הפחתת מזהמים). דו"ח שנערך באותה שנה על ידי חברת מקינזי, בהזמנת המשרד להגנת הסביבה, העריך כי עד שנת 2020 צפויות הפליטות של ישראל להגיע ל-109 מיליון טון CO₂ בשנה (לעומת 78 מיליון טון בשנת 2008). דו"ח של חברת א. חפץ שהוגש גם הוא למשרד, העלה כי מתוך פליטות גזי החממה בישראל (על-פי נתוני 2006) 64% הגיעו מסקטור האנרגיה, 19% מתחבורה, 10% מסקטור הפסולת, 4% מהתעשייה ו-3% מהחקלאות. ב-2010, אישרה הממשלה ואף תקצבה את "התוכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה", שכל מרכיב בה נבחן ואושר בוועדה בינמשרדית ובאגף התקציבים. ואולם, במסגרת קיצוצי התקציב של שנת 2013, ולמרות מחאות מצד התאחדות התעשיינים, מרכז השלטון המקומי, משרדי ממשלה וארגוני הסביבה, הוקפאה התכנית לשלוש שנים. הפוטנציאל בתכנית, במידה והייתה מיושמת במלואה, היה להפחתה של כ-16 מיליון טון CO₂ עד שנת 2020, ותועלות כספיות הגדולות פי 15 מההשקעה. (ארגוני הסביבה, 2015).

ישנו מספר גדול של הסכמים ואמנות בינלאומיות אשר נכתבו בין חלק ממדינות העולם ובהם מוסכמות מספר דרכים להפחתת כמות הפלטות לאטמוספירה. בפרק זה ארחיב על 3 אמנות בינלאומיות בנושא התחממות כדה"א והקשר של אמנה זו לישראל:

פרוטוקול קיוטו

פרוטוקול קיוטו הידוע גם בשם אמנת קיוטו (הוא תוספת לאמנת היסוד של האומות המאוחדות לשינויי אקלים, UNFCCC) אמנה בינלאומית בנושא התחממות כדור הארץ. מדינות שחתמו על הפרוטוקול, מתחייבות להפחית פליטת פחמן דו-חמצני וחמישה גזי חממה אחרים וכל עיסוק שעשוי להגביר פליטת גזים הקשורים להתחממות כדור הארץ. אם ייושם פרוטוקול קיוטו בהצלחה, האומות המאוחדות חוזות ירידה של 0.02 עד 0.28 מעלות צלזיוס בטמפרטורה הגלובלית עד שנת 2050. הפרוטוקול נדון בעיר קיוטו ביפן בדצמבר 1997, הוצע לחתימה ב-16 במרץ 1998 ונחתם שנה אחת אחר כך, ב-15 במרץ 1999. בוועידה השתתפו 161 מדינות.

משלת ישראל אישרה את אמנת האקלים בספטמבר 1996 וחתמה על פרוטוקול קיוטו בשנת 1998. בפברואר 2004 אושר הפרוטוקול על ידי ממשלת ישראל. ישראל מוגדרת באמנה כמדינה מתפתחת, על כן, לא חלות עליה הגבלות לעניין פליטת גזי חממה. עם זאת, השוואת פליטות פחמן דו-חמצני בין ישראל למדינות אחרות מראה כי ישראל נמצאת ברמה אחת עם המדינות המפותחות.

פרויקט שיקום חירייה והפיכתו לפארק, תוך כדי שאיבת הגז מהמטמנה, נעשה בתמיכת כספים שהגיעו מ"בורסת גזי חממה" שנוסדה כחלק מהכלים המעשיים שאפשר פרוטוקול קיוטו.

ועידת קופנהגן

ועידת האו"ם לשינויי האקלים המוכרת בשם ועידת קופנהגן היא ועידה של האומות המאוחדות שהתקיימה במרכז בלה (Bella Center) בקופנהגן דנמרק, בין ה-7 בדצמבר עד ה-18 בדצמבר, 2009. הוועידה הייתה הפגישה החמש-עשרה בין הצדדים החתומים על אמנת המסגרת של האו"ם בנוגע לשינויי האקלים והחמישית בין החתומים על פרוטוקול קיוטו. הסכם קופנהגן נוסח על ידי ארצות הברית, סין, הודו, ברזיל ודרום אפריקה ב-18 בדצמבר. המסמך זיהה כי ההתמודדות עם שינויי האקלים היא אחד האתגרים הגדולים ביותר של ימינו, וכי יש לנקוט פעולות כדי לשמור על עליית טמפרטורה מרבית של שתי מעלות צלזיוס. המסמך אינו מחייב מבחינה משפטית ואינו מכיל כל התחייבויות לצמצום פליטת פחמן דו-חמצני, ועל כן מדינות רבות וארגונים לא ממשלתיים התנגדו להסכם זה. משלחת רשמית מטעם ישראל, בראשה עמד גלעד ארדן, השר להגנת הסביבה, הגיעה לקופנהגן לצורך השתתפות בדיונים. המשלחת מנתה כ-30 חברים שרובם אנשי מקצוע מהמשרד להגנת הסביבה וכן אנשי גופים רלוונטיים נוספים. בהמשך הייתה אמורה להצטרף אליה משלחת ייצוגית גדולה בראשות ראש הממשלה בנימין נתניהו, משלחות של עיתונאים ישראלים עם חברים מהמשלחת, התברר כי אין לה כמעט כל השפעה מעשית בוועידה, משום שכל משלחת חברה לקבוצות אינטרסים שייצגו את עמדותיה ואילו ישראל לא. בין הבולטות בקבוצות: קבוצת המדינות

האפריקאיות, קבוצת מדינות האיים, קבוצת האיחוד האירופי, קבוצה של מדינות מתועשות ועשירות בה חברות ארצות הברית, קנדה, אוסטרליה ועוד.

מבחינת ישראל הועידה הזו היתה גורם מחולל שינוי, בה הנשיא לשעבר שמעון פרס הצהיר מעל הבמה הבינלאומית כי ישראל תפחית 20% גזי חממה ותייצר 10% אנרגיות מתחדשות, מה שלאחר הועידה אושר כהחלטות ממשלה.

ועידת קנקון

מפגש הצדדים ה-16 לאמנת האקלים והמפגש ה-6 של פרוטוקול קיוטו התקיים בקנקון, מקסיקו, בין 29 בנובמבר עד 10 דצמבר 2010. הועידה הצליחה להבטיח את המשך התהליך לגיבוש הסכמות למאבק בשינוי אקלים והפחתת פליטות גזי חממה. כזכור, לקראת ועידת קופנהגן שהתקיימה בדצמבר 2009, הייתה ציפייה כי המדינות החברות יאמצו הסכמות גלובליות חדשות לגבי תקופת פוסט-קיוטו, התקופה אחרי 2012. מטרת הסכמות אלה להטיל יעדי הפחתת פליטות גזי חממה, לוחות זמנים ודרכי יישום על כל המדינות, לרבות מדינות שכיום אינן נושאות במחויבויות הפחתה. ועידת קופנהגן הסתיימה בהכרה ב"הסכם קופנהגן", הסכם פוליטי בלבד שצורף להחלטת ה-COP כמסמך לא רשמי. למרות זאת, המסמך הווה בסיס חשוב להמשך הדיונים אשר התנהלו במשך שנת 2010 וכן בוועידת קנקון. להלן עיקרי ההסכם:

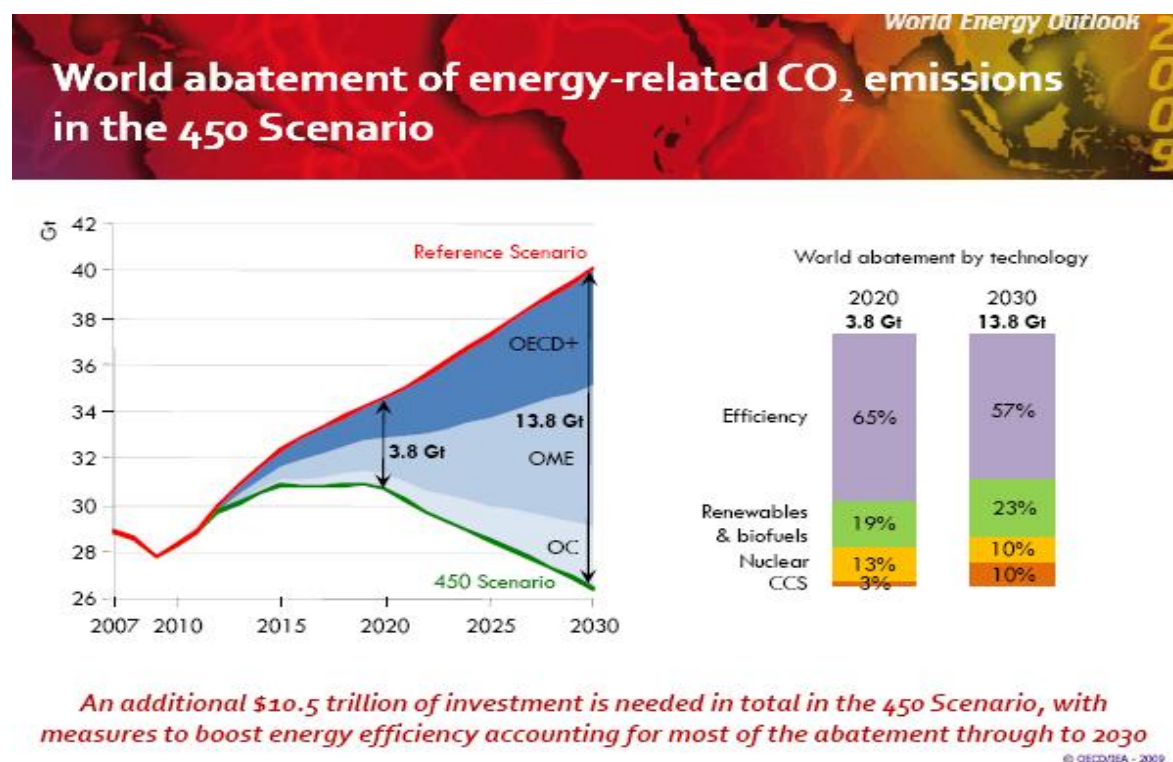
- יעד מוסכם של 2°C עליית טמפרטורה מרבית מעל הרמה הקדם תעשייתית.
 - המדינות המפותחות יגישו למזכירות האמנה יעדי הפחתת פליטות גזי חממה ל-2020.
 - המדינות המתפתחות יגישו פעולות הפחתה ל-2020.
 - חובת MRV - עקרון לדיווח על הפחתת פליטות (Monitoring, Reporting, Verification) עבור כל המדינות.
 - מימון מיידי ממדינות מפותחות לשנים 2010-2012 של 30 מיליארד דולר. גיוס מימון ארוך טווח של 100 מיליארד דולר לשנה (עד 2020) עבור המדינות המתפתחות.
 - הקמת קרן למימון הפעולות.
 - העברה ופיתוח טכנולוגיות ובניית יכולת למדינות המתפתחות.
- יש לציין כי עד ועידת קנקון, מעל 140 מדינות הביעו תמיכה בהסכם קופנהגן ומעל 80 מדינות הגישו למזכירות האמנה יעדי הפחתה ופעולות הפחתת פליטות גזי חממה. המשלחת הישראלית הרשמית מנתה כ-30 משתתפים וכללה נציגי משרדי הגנת הסביבה, חוץ, תשתיות לאומיות, תמ"ת, אוצר, הלמ"ס, נציגי קק"ל, הרשות המקומית וארגונים לא ממשלתיים. חלוקת העבודה בתוך המשלחת הייתה בהתאם לנושאי המומחיות והעניין של כל אחד. הסכמי קנקון נותנים תוקף רשמי לאלמנטים החשובים של הסכם קופנהגן. ההסכם מעגן את "ההתחייבויות הוולונטריות" – pledges - של מדינות העולם להפחתת פליטות גזי חממה בתהליך של האו"ם במטרה לשמור על עלייה מרבית של כדור הארץ ב- 2°C . ישראל הגישה למזכירות האמנה ב-31.1.10 את ה-pledge של 20%

הפחתה בפליטות גזי החממה עד 2020 (ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"). צוין במסמך כי הפעולות העיקריות להשגת היעד הן 10% אנרגיה מתחדשת ו- 20% צמצום בצריכת החשמל הצפויה.

בעקבות העובדה שאנרגיה מהווה 64% מגורם הזיהום ופלטות גזי חממה, הקים ארגון מדינות ה-OECD גוף בשם IEA (international energy exigency) (ראה איור 3). שתפקידו לייצר מדיניות הפחתת גזי חממה מאנרגיה שתהווה כלי עבודה שדרכו כל מדינה תפעל להפחתת פליטות, בהתאם לכל ההחלטות שנלקחו ויילקחו בוועידות השונות.

נקודת המוצא הבינלאומית היא, שעל מנת להגיע לעלייה רק של 2 מעלות צלזיוס בשנת 2050 צריכים להיות בין 350 ל 450 PPM (כמות החלקיקים של Co₂ על כל 1000 חלקיקים באטמוספירה). חשוב לציין שכיום יש באטמוספירה כבר 400 PPM פחמן דו חמצני.

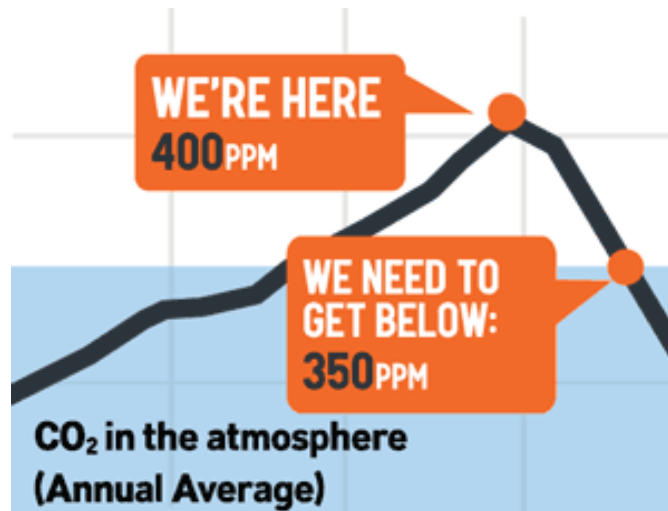
ארגון ה IEA מאמין כי יש להגיע למקסימום 450 PPM, בעוד ארגונים לא מוסדיים שונים, המפורסם והגדול ביניהם "350.org", מאמינים שיש לשמור על 350 PPM (המשמעות היא שיש גם לספח פחמן דו חמצני מהאטמוספירה) (ראה איור 4).



איור 3 - הפוטנציאל בהפחתת פלטות לאוויר על פי IEA

בגרף, הקו האדום מתאר את הסיטואציה שבה אם נמשיך "עסקים כרגיל", כמות הCo₂ באוויר, תעלה. לעומת זאת, ישנה סיטואציה שונה שאותה הקו הירוק מסמל - אם נפחית בפליטת פחמן ובנוסף לכך נספח פחמן דו חמצני מהאטמוספירה, כמות הCo₂ באוויר, תרד החל משנת 2020.

(הגרף לקוח מ- <http://www.tu.no/petroleum/2009/11/16/klimapolitikk-kan-knekke-oljen>)



איור 4 - המדע של ארגון 350.org

הגרף מציג את עליית כמות ה- CO_2 באטמוספירה. כיום אנו עומדים על 400 PPM. "PPM" הוא קיצור של "חלקים למיליון", דרך של מדידת היחס של מולקולות פחמן דו חמצני לכל המולקולות האחרות באטמוספירה. מדענים רבים, מומחי האקלים וממשלות לאומיות מתקדמות, החליטו ש-350 PPM הוא הגבול העליון של ריכוז CO_2 באטמוספירה שמאפשר ההתמודדות עם משבר האקלים, ולשם העולם שואף להגיע. (ארגון 350, ח"ת)

חשוב להבין שלישראל, כמדינה שעיקר כלכלתה מתבססת על ייבוא וייצוא (בעיקר למדינות מפותחות) ועל פתוח טכנולוגי פורץ דרך, חשוב מאד להיות בכל מדד שהוא בזירה הבינלאומית, ועל כן ישראל חתומה על הרבה מאד אמנות בינלאומיות (זכויות אדם, אמות מידה במשפט וכו...). וביניהן גם האמנות הקשורות בהפחתת פלטות והקטנת ההשפעה על התחממות גלובאלית.

להיות חתומים על אמנות הנו דבר המחייב לשנות ולהתאים מדיניות מקומית לסטנדרטיים עולמיים. במציאות הישראלית במזרח התיכון, לא תמיד סדרי העדיפויות הגלובאליים תואמים את סדרי העדיפות המקומיים, מה שגורם לישראל להטמיע מדיניות ויישום של שינויים אלה בקצב איטי או לא בהתאמה מלאה לקצב בו הדברים מיושמים בעולם המערבי. עם זאת, חשוב שקיים הסטנדרט העולמי אליו ישראל מנסה לכוון ונוצרת דינאמיקה של שינוי.

2.ג. אנרגיה מתחדשת

אנרגיה מתחדשת היא אנרגיה שמקורה בתהליכים טבעיים מתמשכים שאינם מתכלים כתוצאה מרתימת האנרגיה האצורה בהם. מקורות אנרגיה מתחדשים נבדלים ממקורות אנרגיה מתכלים כגון דלק מאובנים (נפט, פחם וגז טבעי), ואנרגיה גרעינית, שהשימוש בהם כרוך בהקטנה משמעותית של מאגר האנרגיה הזמינה האצורה בהם. מקורות אנרגיה אלה כוללים את האנרגיה הסולארית, אנרגיית רוח, אנרגיית מים, אנרגיה גיאותרמית (אנרגיה גאותרמית שמקורה במאגר החום הפנימי של כדור הארץ) ואנרגיית גאות ושפל כתוצאה מכוחות המשיכה של הירח והשמש. (אנרגיה מתחדשת, ח"ת) חשוב להדגיש, כי היתרון מצד אחד, והקושי מצד שני היא העובדה שלא ניתן להשתמש בכל סוגי האנרגיות המתחדשות בכל מקום. שימוש באנרגיות מתחדשות חייב להיות מותאם גיאוגרפית למקום בו מייצרים אותם.

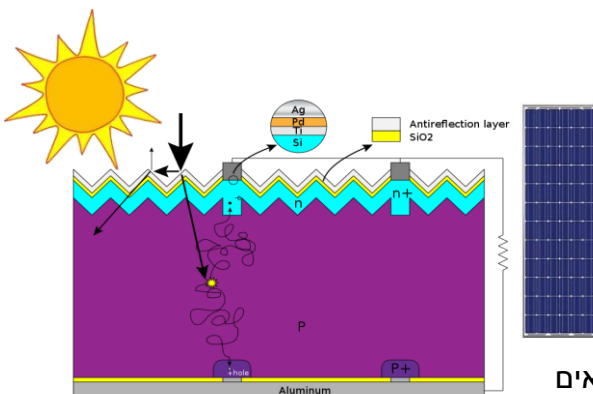
סוגי אנרגיה מתחדשת:

אנרגיה סולארית, אנרגיית רוח, ייצור אנרגיה מתנועת מים, אנרגיה גיאותרמית, ביואנרגיה - שרפה או התססה של חומר ביולוגי

אנרגיה סולארית

היא מקור של אנרגיה חלופית ומתחדשת שמקורה בקרינת השמש. עקב ההספק הגבוה של קרינת השמש על פני כדור הארץ, יש לשיטה זו פוטנציאל להפוך למרכיב משמעותי בשוק האנרגיה העולמי. בנוסף, קיימות אפשרויות להשתמש בקרינת השמש באופן בה הן מייטרות את השימוש בצריכת חשמל כמו: חימום, אידוי, קירור וייבוש.

1. תא פוטו-וולטאי (PV) או תא סולארי



איור 5- תא וולטאי או תא סולארי

המילה פוטו-וולטאי היא שילוב של המילה פוטו (Photo) במובן של אור והמילה וולט (Volt) במשמעות של חשמל (יחידת המתח החשמלי). מערכת סולארית הופכת את קרינת השמש לאנרגיה חשמלית (ראה איור 5). המרכיב העיקרי של כל מערכת סולארית הוא התאים הפוטו-וולטאים.

תאים פוטו-וולטאים, הנקראים גם תאי שמש או תאים סולאריים, בנויים מחומרים מוליכים למחצה. החומרים המוליכים למחצה הם חומרים אשר איכות ההולכה שלהם מושפעת מהקרנה של אור עליהם. הנצילות של שיטה זו היא היכולת לנצל בצורה מרבית את אנרגיית השמש להפקת חשמל – וערכה נמדד באחוזים. פנל סולארי הוא הרכבה של תאים סולאריים ליחידה אחת. התאים הסולאריים מחוברים בטור ביניהם בקבוצה (חיבור בטור מגדיל את המתח). חיבור של מספר שרשראות במקביל

יוצר את הפנל הסולארי (חיבור במקביל מגדיל את הזרם). התאים בפנל מצופים בחומר מגן, ממוסגרים במסגרת אלומיניום ומכוסים בזכוכית שקופה. הפנל הסולארי נבנה כך שיהיה פעיל ויעיל במשך עשרות שנים. הפנל עמיד בפני גשם, רוח וברד. בדרך כלל ניתנת אחריות על הביצועים לתקופה של 25 שנה. הפנלים הסולאריים הם הרכיב העיקרי והיקר של כל מערכת סולארית. השמש מספקת לנו בשעות הצהריים ביום בהיר כ-1 קילוואט (1000 וואט) למטר מרובע, והנצילות של פנלים פוטו-וולטאיים מסחריים כיום היא בין 17%-20%.

2. ריכוז שמש Concentrated PV

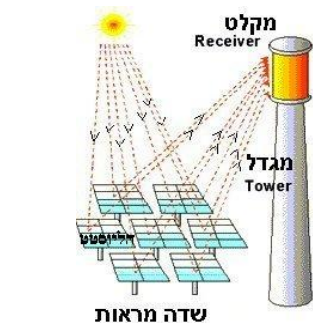


איור 6- מערכות CPV

ריכוז שמש או CPV הוא טכנולוגית פוטו שמייצרת חשמל מאור השמש. המערכת מבוססת על עיקרון של ריכוז קרני השמש בשיעור של פי 500 מעל תא סולארי מיוחד. תאים אלו משמשים בדרך כלל כמקור הפקת אנרגיה ללוחינים בחלל, וכיום הם מותאמים לשימוש קרקעי במערכות אנרגיה סולארית (ראה איור 6). בניגוד למערכות PV, הטכנולוגיה הזאת משתמשת בעדשות ומראות עקומות בכדי למקד את אור שמש אל מקום קטן, בעל נצילות גבוהה מאוד של כ-37%. בנוסף, מערכות CPV משתמשות בטכנולוגיה שבה המערכות עוקבות אחר השמש, ולפעמים ישנן מערכות קירור כדי להגביר את היעילות שלהם עוד יותר. (Concentrator photovoltaics, Wikipedia, n.d.)

3. אנרגיה תרמו סולארית

שיטה העושה שימוש ישיר בחום הנוצר מפגיעת קרני השמש. בשיטה זו ישנן דרכים מגוונות לרכז את קרינת השמש כך שהריכוז שלה יצליח לחמם בטמפ' גבוהות גז, אויר או נוזל, ובכך לייצר קיטור להפעלת טורבינות המפיקות חשמל. ישנן מספר שיטות לרכז את קרני השמש כמו: הליוסטטיים (מראות) מתכווננות המרכזות את הקרינה לנקודה מוגדרת בראש מגדל שמש (ראה איור 9+10) או שקתות פרבוליות המרכזות את קרינת השמש לצינור מרכזי הרץ במרכז השוקת (ראה איור 7+8) שגם היא עוקבת אחר השמש ממזרח למערב. נצילות של מערכות אלו מגיעה ל-33%, והיתרון הגדול שבה שניתן לאגור חום לשעות החשיכה ולהפעיל טורבינה בשעות הערב.



איור 10- כיצד מגדל שמש עובד?

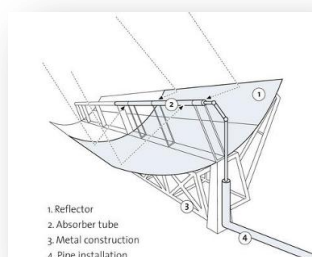


איור 9 - מגדל השמש בסמר

איור 9 - מגדל השמש בסמר. ישנן מספר שיטות לרכז את קרני השמש כמו: הליוסטטיים (מראות) מתכווננות המרכזות את הקרינה לנקודה מוגדרת בראש מגדל שמש (ראה איור 9+10) או שקתות פרבוליות המרכזות את קרינת השמש לצינור מרכזי הרץ במרכז השוקת (ראה איור 7+8) שגם היא עוקבת אחר השמש ממזרח למערב. נצילות של מערכות אלו



איור 8 - שקתות פרבוליות בערדום



איור 7 - כיצד שוקת פרבולית עובדת?

4. מערכות עקיבה פאנלים סולארים

כדי להתמודד עם ירידת התעריף ועדיין לשמור על כדאיות כלכלית, היזמים חייבים להעלות את נצילות המערכת עד כמה שאפשר. הפתרון הטבעי להגדלת הנצילות הוא השימוש במערכות עקיבה. מערכות אלו אמנם מייקרות את עלות הקנייה של המערכת, אבל תורמות לשיפור ניכר בתפוקת המערכת של עד 20%-30%, והן מחזירות את ההשקעה בזמן יחסית קצר. המטרה של שימוש במערכות עקיבה היא לאפס את הפרש הזוויות בין קרני השמש למשטח הפאנלים ול"רבע" (מלשון ריבוע) את עקומת הייצור, כלומר להגיע להספק גבוה במשך יותר שעות. סוגי מערכות עקיבה:

סוג א' – מערכת עקיבה חד צירית עונתית

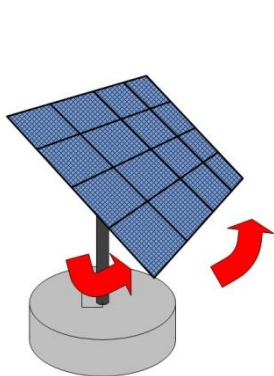
במערכת זו, זווית ההטיה של הפאנל מן הקרקע משתנה במהלך השנה לפי גובה השמש בשמיים. השיפור המתקבל בתפוקת המערכת הוא עד כ- 6% בחישוב שנתי. מערכות אילו אינן פופולאריות.

סוג ב' – מערכת עקיבה חד צירית יומית

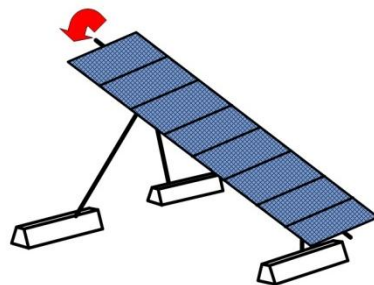
במערכת זו הפאנלים מתכווננים לכיוון השמש במהלך היום ממזרח למערב, כאשר זווית ההטיה שלהם כלפי דרום נשארת קבועה. מערכות אלו בד"כ מונעות ע"י בוכנה המסובבת את הפאנלים על ציר במהלך היום כך שיעקבו אחר מיקום השמש. השיפור המתקבל בתפוקת המערכת הוא עד 25% בחישוב שנתי. מערכות עקיבה אלו הן הפופולריות ביותר.

סוג ג' – מערכת עקיבה דו צירית

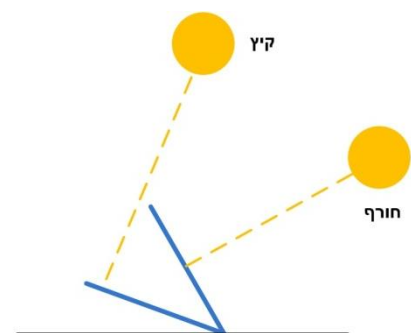
במערכת זו הפאנלים עוקבים אחר השמש במהלך היום ומשנים גם את זווית ההטיה שלהם ואת האזימוט שלהם. משטח הפאנל תמיד נמצא מאונך לקרני השמש. מערכות אלו בד"כ מונעות ע"י שני מנועים, בוכנה המשנה את זווית ההטיה ומנוע סיבובי המשנה את האזימוט. השיפור המתקבל בתפוקת המערכת הוא עד 45% בחישוב שנתי. מערכות עקיבה יקרות ומסובכות יותר מהמערכות החד ציריות. (גורפינקל, 2012)



איור 13- מערכת עקיבה דו-צירית

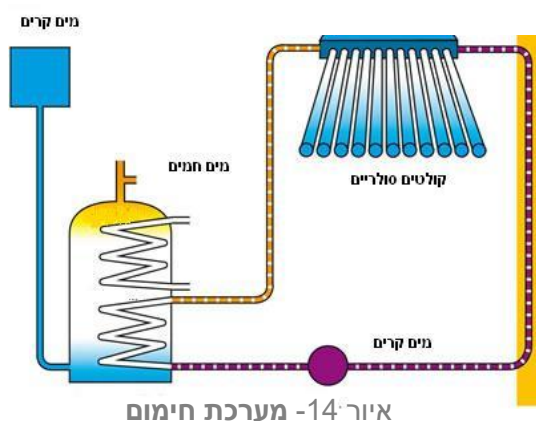


איור 12- מערכת עקיבה חד-צירית



איור 11- מערכת עקיבה עונתית

טכנולוגיות המשתמשות בשמש כתחליף לצריכת חשמל:

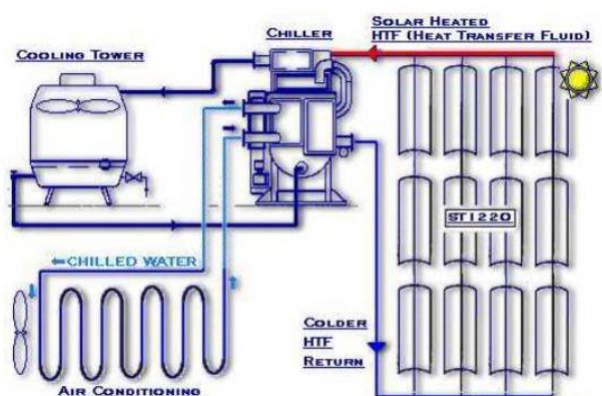


שימוש בחום וקרינה טבעיים באופן ישיר, כתחליף לחשמל: ייבוש כביסה, ייבוש כל חומר ביולוגי אחר המיועד לתעשייה או חקלאות ומיזוג.

1. מערכות חימום מים ביתית ותעשייתית - המערכת מורכבת משני חלקים עיקריים: קולט תרמו-סולארי שמטרתו לחמם את המים, ודוד מים מבודד שמטרתו לאגור את המים החמים. קולט השמש צבוע בצבע כהה ומתחמם מקרני

השמש. המים הנמצאים בצינורות הקולט מתחממים, צפיפותם יורדת, והם נודדים במעלה הקולט ומשם דרך צינור לחלקו העליון של הדוד. המים הקרים שוקעים לתחתית הדוד ומשם לתחתית הקולט, וכך המים מתחממים וממלאים את הדוד במים חמים (ראה איור 14). כאשר אנו פותחים את ברז המים החמים, המים שהטמפרטורה שלהם מגיעה לכ- 60 מעלות צלזיוס, נלקחים מהחלק העליון של הדוד ומוזרמים אלינו לברז. (הגן הסולארי, ח"ת) שימוש זה בארץ גרם לחיסכון ב- 4% בייצור חשמל. במידה ורוצים להגיע לטמפ' גבוהות יותר הנדרשות לתעשייה – בין 150 ל 300 מעלות צלזיוס, ניתן לשלב טכנולוגיות המרכזות קרינה ובכך מעלות את הטמפ' של המים במיכל עד 300 מעלות צלזיוס.

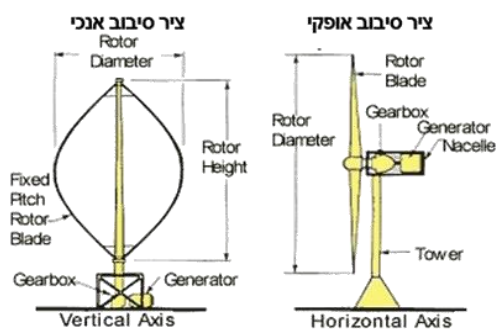
2. מערכת מיזוג סולארית - מיזוג אוויר הן למגורים והן למבני תעשייה וציבור הפך לצרכן האנרגיה הכבד ביותר בארץ בחודשי הקיץ. מערכת מיזוג האוויר מונעת באנרגיה סולארית כתחליף למערכת קונבנציונלית, שמונעת בחשמל. היישום המסחרי מיועד לצרכן בגודל 70 טון קירור ומעלה עבור מבנים תעשייתיים, מסחריים וציבוריים (בעתיד יוכל להתאים גם למבני מגורים – בתים משותפים). הטכנולוגיה מבוססת על ייצור קיטור באנרגיה סולארית, הפעלת מכונת קירור ספיגה בקיץ, ניצול ישיר של החום התרמי בחורף ואגירת חום למספר שעות (ראה איור 15). מערכות ספיגה קיימות



כיום באופן מסחרי ובגדלים שונים. הסוג הנפוץ ביותר הוא מערכות חד-שלביות המשמשות בעיקר לייצור קור תוך שימוש בחום שיורי או מקור חום אחר בטמפרטורות של כ- 85 מ"צ. מערכות כאלה ניתנות לשימוש מידי לקירור סולארי, ללא צורך בפיתוח נוסף, ע"י שילובן עם מערכת קולטי שמש לאספקת החום.

אנרגיית רוח

הרוח הנו אוויר בתנועה, מקור אנרגיה טבעי, רב עוצמה ואינו מתכלה. ניצול משאב זמין זה לצורכי הפקת אנרגיה ידוע מזה מאות שנים. בני האדם השתמשו בעבר בטחנות רוח רחבות כנפיים, בעיקר כדי להפיק אנרגיה סיבובית שבעזרתה טחנו חיטה לקמח. העיקרון שעליו מתבססים המתקנים השונים להפקת אנרגיה חשמלית מרוח הוא זהה – תנועת הרוח גורמת לכנפיים של טורבינת הרוח להסתובב, אך במקום לסובב ציר המסובב את אבני הרחיים, כמו בטחנת הרוח המסורתית,



איור 16 - כיצד טורבינת רוח עובדת



איור 17 - טורבינת רוח, ציר סיבוב אופקי

הסיבוב מפעיל מחולל חשמלי (גנראטור), הפועל על עקרון הדינמו ומפיק חשמל (ראה איור 16). אנרגיית הרוח היא בין מקורות האנרגיות המתחדשות הגדול ביותר בתקופתנו. הבעיה המרכזית של אנרגיית הרוח היא חוסר היציבות והקביעות של תנועת הרוח. השימוש בטורבינות רוח הופך כדאי רק בשטחים פתוחים וגבוהים, שבהם הרוח חזקה דייה. מעבר לכך, טורבינות הרוח מהוות אלמנט פיזי גדול-ממדים הפוגע בנוף. המשתנים

הקובעים את כדאיות ההפקה של אנרגיה כזו הם עוצמת הרוח במקום נתון ביחס לגודל הטורבינה. ככל שעוצמת הרוח תהיה חזקה יותר והטורבינה גדולה יותר, היתרון הכלכלי גדל. טורבינות בעלות ציר אופקי, המזכירות בצורתן מאוורר אך מבצעות פעולה הפוכה (ראה איור 17). ב. טורבינות ציר אנכי, בעלות מבנה המזכיר שבשבת רוח ופועלות על עיקרון דומה. טורבינות אנכיות יעילות יותר מטורבינות אופקיות, אך עלות הקמתן גבוהה יותר.

ייצור אנרגיה מתנועת מים

1. אנרגיה הידרואלקטרית - בשיטה זו אוגמים כמות גדולה של מים במקום גבוה ומפילים את המים

מגובה ובעוצמה. הפלת המים גורמת להנעת טורבינה המייצרת חשמל. שיטה זו הינה העתיקה ביותר והחלה מיושמת לרגלי מפלים בנהרות גדולים. עם השנים הבינו כי ניתן גם באופן מלאכותי לאגום ולהפיל מים (ראה איור 18). שיטה זו נחשבת לזולה ביותר, ולכן באזורים בהם יש הרבה מים, נהרות והפרשי גבהים, היא מאד שכיחה. יש כמה אפשרויות לנצל את תנועתיות המים כדי להפיק

אנרגיה הידרואלקטרית, אלו הנפוצות שבהן:



איור 18 - תחנת כוח הידרואלקטרית בסכר

תחנת כוח באגירה שאובה

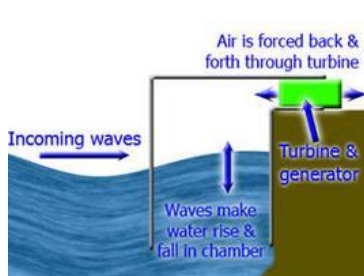


איור 19- כיצד אגירה שאובה עובדת

- "אגירה שאובה" – העלאת מים ע"י חשמל (בשעות שפל) למאגר מים עליון והפלת המים למאגר התחתון בשעות שיא הצריכה (ראה איור 19). בשיטה זו מסיטים חשמל משעות בהן יש עודף ייצור לשעות בהן יש מחסור בייצור חשמל בהתאם לדרישה במשק.

- זרימת מים נהרות וסכרים באמצעות סכרים עוצרים את הזרימה הטבעית של נהר או כמה נהרות (גם אגמים ונחלים קטנים). תוך ניצול הפרשי גובה קיימים או באמצעות הסכר, יוצרים תנועה חזקה ואדירה של מפל מים המסובב טורבינות להפקת חשמל. הסכר הגדול בעולם הוא סכר שלושת הערוצים בסין שמייצר כ-23 גיגה-וואט של חשמל.

2. אנרגיה מגלי ים - הגלים נוצרים על ידי הרוח, הנושבת על פני המים. הגלים טומנים בחובם כוח

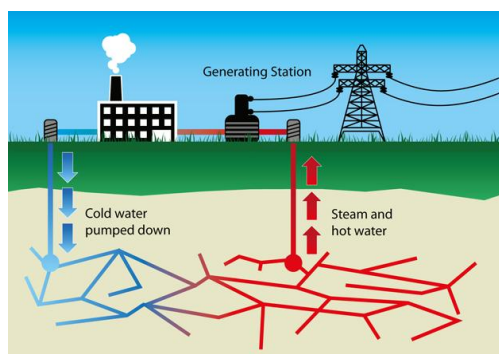


איור 20- כיצד אנרגיה מגלי ים עובדת

- מקור אנרגיה גדול. ניצול יעיל של כוח הגלים יכול לספק את צריכת החשמל של מדינת ישראל כולה, אולם הטכנולוגיה עדיין אינה מאפשרת זאת. דרך אחת לרתום את אנרגיית הגלים היא למקד את כוח הגל לנקודה קטנה אחת. מיקוד כזה יאפשר סיבוב של טורבינה במהירות גדולה ובכך ייצור יעיל של חשמל (ראה איור 20). אפשרויות נוספות רבות נמצאות כיום בשלבי פיתוח.

אנרגיה גיאותרמית

- אנרגיה גיאותרמית היא אנרגיה המגיעה מפנים כדור הארץ. המילה גיאו-תרמית מגיעה מהמילה היוונית גיאו=ארץ/אדמה ותרמית=חום. לכן במונח "גיאותרמית" הכוונה לחום המגיע מלב כדור הארץ. את החום הזה ניתן לנצל לייצור חשמל. האנרגיה הגיאותרמית נחשבת לאנרגיה מתחדשת מכיוון שהחום נוצר באופן שוטף, כל הזמן בכל במעטפת של כדור הארץ. האנרגיה הגיאותרמית נמצאת בבטן האדמה (ראה איור 21). הטמפרטורה שם גבוהה מאוד והיא נוצרת בתהליך מתמשך בו החום מהגליעין עולה כלפי המעטפת בנקודות חולשה ופורץ החוצה.
1. השכבה הפנימית ביותר נקראת "ליבה" ולה עצמה יש שתי שכבות, ברזל ומגמה. שכבת הברזל היא קשה ביותר ושכבת המגמה היא סלעים מותכים לחומר נוזל צמיגי, הנקרא מגמה. 2. המעטפה

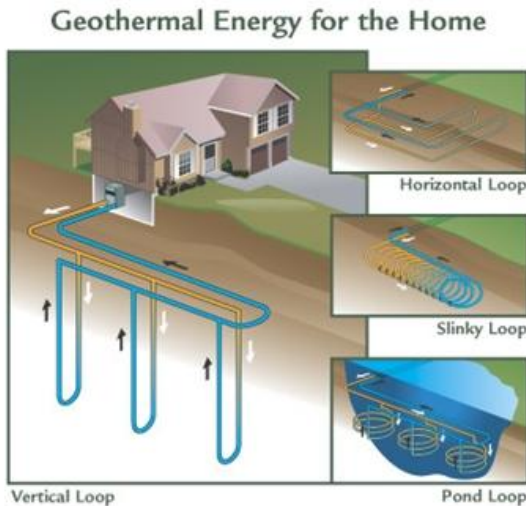


איור 21- אנרגיה גיאותרמית

- שמקיפה את הליבה, היא בעובי של כ-3,000 ק"מ והיא עשויה ממגמה וסלעים. 3. הקרום, שהוא השכבה החיצונית של כדור הארץ, והוא בנוי מלוחות שעליהם אדמה וים. הקרום של כדור הארץ שבור וכל חלק נקרא "לוח". המגמה מתקרבת אל פני השטח במקומות בהם ישנה חולשה ואלה יוצרים גבולות בין הלוחות. החום הבוקע דרך המעטפת מחמם לרוב שכבות מים. מים אלה עולים בלחץ כלפי מעלה ומפעילים טורבינות קטנות

המייצרות חשמל. אזורים גדולים, שבאופן טבעי יש בהם התרחשות גיאותרמית רבה, נקראים "מאגרים גיאותרמיים". רוב המאגרים הללו הם תת-קרקעיים והם נמצאים באזורי גבול בין לוחות, אזורים שלרוב מתאפיינים בפעילות טקטונית. (לוי, ח"ת)

מערכות חימום/קירור גיאותרמי



איור 22- מערכת חימום/קירור גיאותרמי

מערכת גיאותרמית משתמשת בטמפרטורה של הקרקע, השומרת על יציבות טמפרטורת האוויר בחדר לכל אורך השנה. חום הקרקע מתחת לשלושת המטרים העליונים נשאר קבוע בין 17–23 מעלות, תלוי במיקום על פני כדור הארץ.

צנרת מים במעגל סגור נושאת את החום מהמבנה אל תוך הקרקע הקרה יחסית, מצננת את המים, ואלה חוזרים מקוררים כדי לקחת איתם אנרגיית חום נוספת מהמבנה (ראה איור 22)

בפועל יש שתי מערכות מים נפרדות הנושאות את החום.

מערכת אחת זורמת בקרקע, מגיעה למחלף חום וחוזרת אל הקרקע. מערכת מים שנייה מוליכה מים מקוררים אל המבנה, וחוזרת עם מנת חום אל המחלף.

תפקיד המים במחלף החום הגיאותרמי זהה לזה של המאווררים במחלף חום של מיזוג האוויר: לקרר את צינורות העיבוי של גז המדחס, שמתחממים בעת דחיסת הגז לקירור המים המוזרמים אל הבניין. הגז הנדחס לצינור הוא שנותן את הקור למים המוזרמים לבניין.

ביואנרגיה - שרפה או התססה של חומר ביולוגי

1. ביומסה היא שם כולל לחומר האורגני בעולם. כל חומר שמקורו בחי ובצומח, נכלל בביומסה. בחומר האורגני אצורה אנרגיה כימית, שמקורה באנרגיית השמש, שאותה קלטו הצמחים הירוקים. באנרגיה זו ניתן להשתמש כדי להפיק אנרגיה מצורות שונות. מקורות אנרגיה של ביומסה הם חומרים שאנו נוטים לראות בהם זבל, כגון עצים מתים, גזם, שאריות מזון ואפילו צמיגים משומשים. חומרים אלה, שבדרך כלל אף אחד לא מעוניין בהם, יכולים לספק לנו חשמל, חום, דלק וקומפוסט לדישון. להפקת אנרגיה מהם יש יתרון חשוב: היא מפחיתה את כמות הפסולת המיועדת להטמנה, וחוסכת בשטח קרקע יקר. את האנרגיה הכימית האצורה בביומסה ניתן להפוך לאנרגיית חום על ידי שרפה או התססה. שרפת ביומסה, למשל גזרי עצים, הייתה מקובלת אצל בני האדם במשך מיליוני שנים לצרכי חימום ובישול. גם כיום שרפת ביומסה היא מקור אנרגיה עיקרי לצרכים אלה באזורים בלתי מפותחים בעולם. לתהליך זה ישנם שני חסרונות עיקריים: שרפה בלתי מבוקרת פולטת לאוויר חומרים מזיקים, תחמוצות חנקן, פחמן חד חמצני וחלקיקים. כריתה של עצים לצרכי הסקה גורמת להכחדת יערות באזורים שלמים בעולם. לאור זאת מקובל כיום להתסיס או לשרוף

בתהליכים מבוקרים המונעים פליטת מזהמים לאוויר. מקובל לאסוף ממקורות שונים: פסולת עירונית, פסולת חקלאית, פסולת תעשייתית, בוצה ממפעלים לטיהור מי שפכים ועוד. את הביומסה שאספו מעבירים למתקן מיוחד להפקת אנרגיה מפסולת, שם היא נשרפת בתנאים מבוקרים, ואנרגיית חום נפלטת. אנרגיית החום מחממת מים, והקיטור שנוצר משמש להנעת טורבינות ליצירת חשמל.

2. הפקת ביו-גז ממטמנות ובוצת שפכים ורפתות: ביו-גז הוא גז שרובו מורכב ממתאן, הנקרא גם גז מטמנות. הוא נוצר מאשפה המכילה חומרים אורגניים, שהוטמנה באדמה בתנאים ללא חמצן.

האשפה המוטמנת תוססת ויוצרת גז מתאן. אמנם גז זה, הנפלט ממטמנות וממקורות אחרים, הוא גז חממה מזיק, אך אם נחדיר צינורות למטמנה ונאסוף את הגז, נוכל למנוע את פליטתו לאוויר ונוכל להשתמש בו כמקור אנרגיה מועיל להפקת חשמל. ניתן להפיק ביו-גז גם מהפרשות של בעלי חיים במשק החקלאי, ומכיוון שארצנו עשירה בפרות (ובהפרשותיהן...), פסולת זו יכולה להיות מקור אנרגיה חשוב (ראה איור 23).



איור 23- מתקן לטיפול בשפכים של מחבלת יטבתה ורפת ערבה

3. הפקת דלק מחומר אורגני מביומסה, כמו מגידולי תירס, ניתן

לזקק אלכוהול. האלכוהול, כגון כוהל אתילי (ספירט), יכול לשמש דלק לכלי רכב. דלקים אלכוהוליים מזהמים פחות את הסביבה ומפחיתים את השימוש בדלקים המבוססים על משאבי נפט מתכלים. (המשרד להגנת הסביבה, ח"ת)

2ד. מדיניות ומבנה משק החשמל בישראל

רובו המכריע של החשמל בישראל מיוצר על ידי חברת החשמל לישראל שהיא חברה ממשלתית בבעלות 100% של המדינה. מערך ייצור החשמל של חברת החשמל בישראל מבוסס על חמש תחנות כוח קיטוריות, המונעות בכוח הקיטור שמסובב את להבי הטורבינות, והפרוסות לאורך חופי הארץ וממוקמות בחיפה, חדרה ("אורות רבין"), תל-אביב ("רדינג"), אשדוד ("אשכול") ואשקלון ("רוטנברג"). תחנות הכוח הקיטוריות מופעלות באמצעות פחם או גז טבעי או מזוט. נוסף לתחנות הכוח הקיטוריות, פועל מערך ייצור נוסף של יחידות ייצור מסוג טורבינות גז המונעות באמצעות סולר או גז טבעי. נכון לחודש דצמבר 2012, חברת החשמל מחזיקה ומפעילה שבעה עשר אתרים של תחנות כוח (מתוכם, חמשת האתרים של תחנות הכוח הקיטוריות הנזכרות לעיל) עם כושר ייצור מותקן כולל של כ-13,248 מגה-וואט בשישים ושלוש יחידות ייצור, מתוכן שמונה עשרה יחידות ייצור קיטוריות, אחת עשרה יחידות טורבינות גז במחזור משולב ("מחז"מ"), שש עשרה יחידות טורבינות גז סילוניות ושמונה עשרה יחידות טורבינות גז תעשייתיות. בנוסף לתחנות הכח של חברת החשמל, פועלות בישראל חברות פרטיות בעלות רישיון לייצור חשמל המפעילות מתקני ייצור בהספק מותקן כולל של כ-3000 מגה וואט. בהתאם להחלטת ממשלה ותהליך הרפורמה בחברת חשמל, חברת חשמל תייצר רק 75% מצריכת החשמל ואילו יצרני חשמל פרטיים ייצרו 25% מצריכת החשמל (15% מתחנות גז ו-10% מאנרגיות מתחדשות) חברת החשמל נתונה לפיקוח של המשרד לתשתיות לאומיות אנרגיה ומים ושל הרשות לשירותים ציבוריים חשמל. מינהל החשמל במשרד האנרגיה אחראי לתכנון משק החשמל, לייעולו ולקידום התחרות בו, בין היתר באמצעות תכניות פיתוח שהוא קובע לפי חוק החשמל. הרשות לשירותים ציבוריים חשמל אחראית על קביעת תעריפי החשמל, הסדרה ופיקוח על השירותים בתחום החשמל ומתן רישיונות ייצור חשמל. הולכת החשמל בישראל מתבצעת באמצעות כ-160 תחנות מיתוג והשנאה, מאות שנאים וכ-4,500 ק"מ של קווי חשמל במתחים שונים (מתח-על, מתח עליון, ומתח גבוה). החשמל מסופק לצרכנים באמצעות מערכת חלוקה של כ-20,000 ק"מ קווי מתח נמוך. מערכת ההולכה בנויה באופן היררכי, קווי על המקשרים בין תחנות הכוח השונות. קווי מתח עליון מקשרים את תחנות הכוח לתחנות המשנה, קווי מתח גבוה מקשרים את תחנות המשנה ליישובים השונים, קווי מתח נמוך מזרימים חשמל לצרכנים.

בתחילת שנות השמונים נבחנה בישראל האפשרות לשלב במערך הייצור יצרני חשמל פרטיים במטרה לאפשר ייצור מקומי של חשמל שיסופק ישירות לרשת החשמל הארצית הקרובה, זאת כתחליף להקמת רשתות חדשות למרחקים ארוכים לחיבור צרכנים בעלות גבוהה תוך יצירת הפסדי אנרגיה. במסגרת תכנית משרד האנרגיה לניצול אנרגיית הרוח בישראל, נחנכה בשנת 1981 טורבינת רוח להדגמה ביישוב מעלות, בשיתוף עם מפעל ישקרא אשר חובר למתקן. בעקבות יוזמה זאת ואחרות הוקמה במשרד האנרגיה דאז ועדה משותפת לחברת החשמל ולמשרד ע"מ להסדיר

את פעילותם של יצרני חשמל פרטיים. הפרויקט הראשון לפי הסדר זה קם בשנת 1985 בתל קטיף ברמת הגולן, שם הוקמה טורבינת רוח.

בשנת 2005 פרסם משרד האנרגיה תקנות המיועדות להסדרת ההתקשרות בין יצרני חשמל פרטיים לבין חברת החשמל, ואלו המהוות כיום את הבסיס הסטטוטורי לפעילותם של יצרני החשמל הפרטיים.

עיקרי המדיניות לייצור חשמל פרטי:

- הגדלת כושר ייצור החשמל ויצירת רזרבה הולמת במשק החשמל.
- יצירת מנגנונים שיעודדו הקמתם של מתקנים לייצור חשמל בידי גורמים פרטיים.
- יצירת תנאים לתחרות הוגנת תוך עידוד יצרנים שונים למכור חשמל לצרכני קצה.
- עידוד ייצור חשמל בטכנולוגיות יעילות או בעלות ערך סביבתי (איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל, ח"ת).

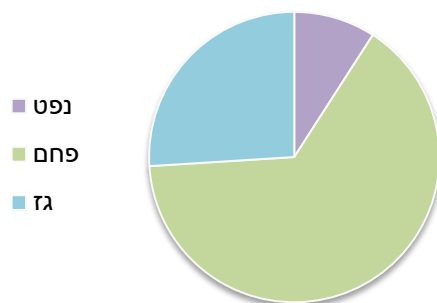
חברת חשמל קיבלה זיכיון ל-70 שנה ליצור חשמל בכל רחבי ארץ ישראל ועבר הירדן, להוציא את אזור ירושלים, ברדיוס של 20 ק"מ מהעיר העתיקה. החברה הייתה חברה ציבורית, ומניותיה נסחרו בבורסה של לונדון. תחנות הכח הראשונות של החברה הוקמו בתל אביב, בחיפה ובטבריה. תחנת נהריים, שהושלמה בראשית שנות ה-30, הפעילה יחידות הידרו-אלקטריות בהספק של 18 מגה-וואט, והחליפה את תחנת טבריה. מנהרים יצאו קווי מתח שהובילו את החשמל שיוצר לחיפה ולתל אביב. באמצע שנות ה-30 נוספו יחידות קיטוריות בהספק של עשרות מגה-וואט בתחנות הכח בחיפה ובתל אביב, שהחליפו יחידות בהספק נמוך יותר מסוג דיזל-גנרטור. תחנת נהריים הושבתה במהלך מלחמת העצמאות.

לאחר הקמת מדינת ישראל, נמשכה הרחבת תחנות חיפה ותל אביב ביחידות קיטוריות נוספות, אך החברה נקלעה למשבר עקב הצורך בהרחבה משמעותית של היקף הייצור לאור העלייה ההמונית והעדר מימון עצמי מספיק. ב-1954 הולאמה חברת החשמל, לאחר שמדינת ישראל רכשה 95% ממניותיה, והחברה הפכה לחברה ממשלתית. המימון הממשלתי סייע לבניית יחידות ייצור נוספות, והקל על המחסור הארצי בחשמל. במהלך שנות ה-50 ניהלה חברת החשמל משא ומתן חשאי עם החברה המזרח-ירושלמית שהחזיקה בזיכיון לאספקת חשמל לכל ירושלים, ורכשה ממנה זיכיון לאספקת חשמל לירושלים המערבית. במהלך עשור זה הוקמה תחנת הכוח אשכול באשדוד, ונמשכה הרחבת התחנות בחיפה ובתל אביב. הרחבת התחנות נמשכה גם בשנות ה-60 וה-70. בראשית שנות ה-80 הוחל בבנייתה של תחנת הכח בחדרה, שתוכננה להיות מופעלת באמצעות פחם (במקום המזוט ששימש עד אז בכל התחנות הקיטוריות), על רקע משבר האנרגיה העולמי, במחצית שנות ה-80 הוחל בבנייתה של תחנת הכח רוטנברג באשקלון, שתוכננה אף היא להיות מופעלת בפחם.

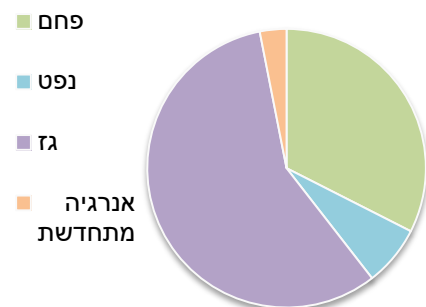
בראשית שנות ה-90 הוחל בבניית תחנות כח בפנים הארץ (כל התחנות עד אז הוקמו לאורך חוף

הים התיכון) שפעלו באמצעות טורבינות גז, והוחל בבניית קו המתח העל-עליון 400 ק"ו, המקשר בין תחנות הכח הגדולות לתחנות מיתוג. ב-1996 פקע תוקף הזכיון של חברת החשמל לאספקת חשמל בישראל, ומאז מוסדרת פעילותה באמצעות חוק משק החשמל ותקנות המוצאות מכוחו. בראשית המאה ה-21 החליטה ממשלת ישראל לבזר את יצור החשמל בישראל, ולהציב יעד של 25% יצור חשמל על ידי יצרנים נוספים, מלבד חברת החשמל, עד שנת 2020. בשנת 2002 החליטה ממשלת ישראל שמשק החשמל בישראל יגיע בשנת 2016 למצב שבו לפחות 5% ממנו יופק מאנרגיה מתחדשת אשר כוללת, בין השאר, שמש) אנרגיה סולרית (רוח, מים, פסולת אורגנית, שפכים ותופעות טבע אחרות. כדי לעמוד במטרה זו, ניתנו מכסות ייצור מסובסדות ליצרני חשמל סולארי קטנים ובינוניים. בתקופה זו החלה הסבת תחנות הכח להפעלה באמצעות גז טבעי, על רקע גילויי גז טבעי בסמוך לישראל, המחיר הנמוך של הגז הטבעי, ופליטת מזהמים פחותה בהרבה בהשוואה לדלקים אחרים. במסגרת החלטות הממשלה, נאסר על חברת החשמל להקים תחנות כח חדשות, ובכך בוטלה הקמתה של תחנה D באשקלון. (חברת החשמל לישראל, ח"ת)

גרף עוגה של חלוקת מקורות אנרגיה בשנת 2008 לעומת 2015:



גרף 2- חלוקת מקורות אנרגיה בישראל 2008



גרף 1- חלוקת מקורות אנרגיה בישראל 2015

מגרף זה עולה כי במהלך השבע שנים, ירד בחצי השימוש בפחם. בנוסף, השימוש בנפט הוקטן גם הוא. לעומת זאת, עלה השימוש במקור האנרגיה מגז. בשנת 2015, ניתן לראות את הופעת השימוש במקורות אנרגיה נקיים, אנרגיה מתחדשת.

בעקבות הכרזת קופנהגן, הוכנה תוכנית לאומית להפחתת פליטות, וכן הקומה ועדת קנדל בראשותו של פרופ' יוג'ין קנדל מהמועצה הלאומית לכלכלה לצורך הכנת דו"ח שיראה את הכדאיות של הטמעת אנרגיות מתחדשות במשק החשמל. בהתאם להחלטת הממשלה ממרץ 2010 לגיבוש תכנית לאומית להפחתת פליטות גזי חממה, הוקמה ועדה בינמשרדית, בראשותו של מנכ"ל משרד האוצר, על מנת לקבוע את הצעדים הנדרשים להשגת יעד זה, לרבות תקינה, הסרת חסמים, ניתוח עלות תועלת, תמריצים כלכליים ועוד, ולהגיש את המלצותיה לממשלה עד סוף שנת 2010. בנובמבר 2010 אושרה התכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה, ונקבע כי ועדת ההיגוי תמשיך לפעול כדי ליישם את התכנית ולהשיג יעד של 20% הפחתת פליטות בשנת 2020 (ביחס לתרחיש "עסקים

כרגיל"). משמעות קביעת יעד לאומי של 20% היא השגת הפחתה של כ- 20 מיליוני טון פליטות גזי חממה (CO₂e).

הוועדה בדוח קנדל מצאה כי התועלת המתקבלת משילוב אנרגיות מתחדשות משתנה באופן משמעותי. מטרת הוועדה היא ליצור תשתית המאפשרת שילוב מתמשך ובר קיימא של אנרגיות מתחדשות במשק החשמל על בסיס תועלותיהם. לאור זאת, המנגנון הכלכלי הנכון למציאת מידת השילוב הנכונה של המקורות המתחדשים אינו טמון בהגדרת כמויות ומכסות לכל טכנולוגיה, אלא בהגדרת התועלת הפוחתת של החשמל ממקורות אנרגיה אלו. הגדרות אלו יאפשרו מתן תגמול הולך ופוחת למתקני החשמל ככל שמידת החדירה שלהם גוברת. מנגנון זה יאפשר, לצד הפנמת התועלת הכלכלית הרלבנטית מכל מקור אנרגיה, את תמרוץ ועידוד התמהיל של מקורות האנרגיה המתחדשת, כמו גם את מציאת נקודת האיזון הנכונה מבחינה משקית לשילוב כל טכנולוגיה. מנגנון כזה יכול להוות וסת טבעי בהורדת התעריפים המשולמים לטכנולוגיות מבוססות אשר להן פוטנציאל להפחתת מחירים, לצד קיבוע המחירים בתחומים בהם השוק עדיין מצוי בתהליכי לימוד והתארגנות.

במקביל לתוכניות אלו, הכין הפורום הישראלי לאנרגיה מסמך מדיניות מוצע למשק החשמל בישראל "אפס פליטות במשק החשמל לשנת 2040". במסמך זה עולה שמשק האנרגיה של ישראל מצוי בעיצומה של מהפכה דרמטית, אשר תשנה לחלוטין את פניו בשנים הקרובות. במסמך מדיני זה עולות שאלות רבות כגון - האם אכן אפשר להסב את משק האנרגיה של ישראל למשק מתקדם, שיבטיח לתושבי ישראל ביטחון אנרגטי ובתוך כך לצמצם את פליטות גזי החממה ואת זיהום הסביבה? האם אפשר לספק את הביקוש הגדל לאנרגיה בישראל ממקורות מתחדשים בני-קיימא? מהי העלות הכרוכה בכך? מטרתו של המחקר "לקראת אפס פליטות פחמן בישראל" היא לתת תשובות יסודיות ומעמיקות לשאלות אלו, ולהציב בפני הציבור ומקבלי ההחלטות חזון בר-מימוש למשק אנרגיה בר-קיימא בישראל.

נכון להיום ישנה אי ודאות מוחלטת במשק החשמל של ישראל כתוצאה מהעדר מדיניות חברתית כלכלית וסביבתית ברורה. גם החלטות הממשלה לקראת ועדת פריס, אינן מעוגנות בחוק, ולכן

אין הבטחה שיושמו!

בעולם, המחירים של מקורות האנרגיה עולים ויורדים בחוסר עקביות כתוצאה משוק עולמי משתנה ומאבק של כוחות כלכליים/פוליטיים מסורתיים להישאר רלוונטיים במשק החשמל (פחם, גז ונפט). כל עליה או ירידה שכזו משפיעה מיידית על משק החשמל שלנו, כל עוד לא בססנו את המקורות העצמיים שלנו (גז ומתחדשות). לאור ממצאי הגז הגדולים לאורך חופי ישראל, על הממשלה להכריע על גובה מחירי יחידות האנרגיה מגז למשק, וכאן המדינה נתונה בויכוח עצום בין הרצון של העם לנקוב מחירים ריאליים בהתאם לשוק העולמי שאכן יוזילו את מחירי החשמל אל מול הכוחות הפוליטיים והכלכליים הרוצים להשאיר מחירים גבוהים ביחס לעולם, שמהם ייהנו היזמים הפרטיים

והממשלה מהכנסת מיסים גבוהה. ממצאי גז אלו והויכוחים על גובה עלות יחידת הגז, עצרו לגמרי את הפתוח של אנרגיות מתחדשות בארץ, דווקא בעידן בו ישנה צריכה מאד גדולה בעלויות ייצור של פאנלים סולארים (שוק שנשלט ע"י התעשייה הסינית). מחיר יחידת אנרגיה כיום מאנרגיה מתחדשת נמוך ממחיר ייצור יחידת אנרגיה מפחם (מבלי לקחת בחשבון את עלות הזיהום העודפת של הפחם..). חשוב לציין שלפני חמש שנים, מחיר יחידת אנרגיה ממתחדשות היה גבוה פי 4 מייצור פחם.

לפיתוח זה יש השלכות כלכליות הרבה מעבר לשוק החשמל, ועל כך נדבר בהמשך העבודה. בימים אלו, מעבר לכל המצב המתואר כאן, עוסקת הממשלה ברפורמה של משק החשמל בישראל ומנסה גם לשנות את מבנה חברת חשמל ותפקידה תוך צמצום עלויות והפרטה של מרכיבי החשמל השונים. מהלך זה, גם הוא, מוסף חוסר ודאות ומקשה על קבלת החלטות לטווח הרחוק. חשוב לציין שבעולם כבר מזמן עברו להפרדה בין חברות מייצרות חשמל ולחברות המוליכות חשמל, ולכל תחום כזה עולם כלכלי וטכנולוגי נפרד.

2. גיאוגרפיה ואקלים באזור הערבה ואילת כפלטפורמה ליישום אנרגיות מתחדשות וההתאמה של התחום למינוף פתוח אזורי



המועצה אזורית חבל אילות היא המועצה האזורית הדרומית ביותר בארץ (ראה איור 24) ובתחומה 12 יישובים, מתוכם 10 קיבוצים ושני יישובים קהילתיים. שטח המועצה הוא כ-2.2 מיליון דונם. עיקר ההתיישבות נמצא בעמק הערבה ובבקעת קטורה, כאשר שאר השטח אינו מיושב ומוגדר כשטחי צבא, שמורות טבע ומדבר. גבולות המועצה: בדרום גובלת עם העיר אילת, במזרח גובלת עם הרי אדום השייכים לירדן, במערב עם מצרים ובצפון עם הערבה התיכונה. גובה השטח נע בין 300-600 מ' באזור ההר המערבי, 100-300 מ' בצפון הערבה ועד 0 מ' במפרץ אילת. הרי אדום ממזרח לערבה, מתנשאים לגובה של 1500 מ', מה שיוצר את המבנה הטופוגרפי של בקעת תמנע.

איור 24- הערבה הדרומית

האקלים השורר באזור הוא אקלים מדברי קיצוני - חם ויבש, המתאפיין במחסור במים. כמות המים הנכנסת על ידי המשקעים, קטנה מכמות המים המתאדה מפני השטח ומהצמחייה. ממוצע המשקעים השנתי נע בין 20-25 מ"מ היורדים במשך מספר ימים מצומצם כאשר הם מتركזים בשיטפונות. הקיץ יבש מאוד וניתן למדוד טמפרטורות של מעל 40°C .

הצומח והחי אופייניים למדבר. בשטח נרחב מתחום המועצה האזורית חבל אילות, נמצאת שמורת הטבע בקעת תמנע. הצומח בערבה תלוי בגשמים, שמועדם וכמותם קשים לחיזוי. המים הם הגורם המשפיע ביותר על אופי הצומח ופריסתו. חשיבותם של גורמים כמו סוג סלע, קרקע וטופוגרפיה היא משנית. תנאי האקלים במדבר קשים וכמות המזון העומדת לרשות בעלי החיים מעטה, לפיכך כמות בעלי החיים במדבר קטנה. קיימת תחושה כי במדבר אין הרבה בעלי חיים, וזאת כתוצאה מכך שרוב בעלי החיים הם ליליים ואיננו נתקלים בהם. (אמר, 2008)

האזור, המרוחק ממרכז הארץ, אינו מחובר לרשת המים הארצית. המים לשתייה מותפלים ממי תהום מליחים שבערבה ע"י מתקן התפלה של חברת מקורות, והמים להשקייה- משימוש ישיר ממי התהום הטבעיים, וממי ביוב שמגיעים מאילת.

עיקר כלכלת תושבי האזור מבוססת על חקלאות מתקדמת ומודרנית. מטעי תמרים, בעיקר מזן מג'הול, גידול ירקות, משק חלב וחקלאות ימית. הזרוע הביצועית בתחום החקלאות היא "ערדום"- מפעלים אזוריים, העוסקת בתחום הייצוג של החקלאים מול גורמים חיצוניים ומטפלת בשיווק, פיתוח שטחים ומים, הובלות, אריזה, מו"פ ועידוד יזמות.

החברה הכלכלית היא הזרוע הכלכלית של המועצה האזורית. היא עוסקת בחיפוש ואיתור הזדמנויות עסקיות ליצירת תשתיות כלכליות איתנות לתושבי האזור. החברה מנהלת מגעים שוטפים עם יזמים בתחומים כלכליים שונים, תוך שמירה על אינטרסים כלכליים וסביבתיים על פי מדיניות המועצה ותושביה. החברה מלווה את הקמת הישוב הקהילתי באר אורה ופיתוחו, מנהלת את פארק תמנע ומפעילה את אתר איסוף הפסולת בנימרה.

המועצה דוגלת בחזון "אנרגיה מתחדשת". החברה לאנרגיה מתחדשת אילת אילות הוקמה על מנת לממש את החזון האזורי. בעבודתה מתמקדת ביצירת תשתיות לאנרגיה חלופית, מגייסת תמיכה ממשלתית וחיצונית ליצירת שדות ניסוי וגיבוש מערכת כוללת ליצירת אנרגיה ושמירה על איכות הסביבה ויצירת תחומי עניין ומקומות עבודה מאתגרים וחדשניים (חבל אילות, ח"ת) בערבה הדרומית יש קרינה מהגבוהות בעולם. הקרינה מגיעה לאלפיים מגה וואט למ"ר. שיעור זה משתנה עם עונות השנה והוא החזק ביותר בקיץ. עוצמת הקרינה אינה אחידה ותלויה במיקום ובטופוגרפיה. עוצמת קרינה גבוהה זו מושפעת בעיקר מזווית הקרינה של השמש (שהיא הגבוהה ביותר ביחס לאזורים אחרים בארץ בגלל המיקום הדרומי של האזור), מכמות השטחים החשופים, שהיא גבוהה ביותר באזור, ומכמות העננות והאבק באטמוספירה.

צריכת החשמל הכוללת בישראל הייתה בשנת 2011 11,000,000 מגה וואט. הצריכה באילת ובחבל אילות הגיעה באותה שנה ל 150 מגה וואט. הצריכה הנמוכה יחסית באזור זה קשורה בגודל קטן של אוכלוסיה ובמיעוט מפעלים תעשייתיים שצורכים הרבה אנרגיה. באזור נכון לשנת 2014, מיוצרים 104 מגה וואט חשמל סולארי לשעה. כמות זו מהווה 64% מכלל צריכת החשמל בשעות היום באילת והערבה. שאר האנרגיה בערבה מסופקת מחשמל המגיע מאזור אשקלון בקווי מתח גבוהים או בתחנת גיבוי הפועלת בסולר באזור אילת. (מוריס, 2012)

בשנת 2008, חל"צ (חברה לתועלת הציבור) האנרגיה המתחדשת אילת אילות החלה את פעילותה. היא הוקמה בשל עניין משותף בפיתוח בר-קיימא מקומי, כתגובה להתחממות הגלובלית ובעקבות זיהוי הצורך בשימוש במשאבים מקומיים. המשאבים הטבעיים של האזור, אור השמש השופע והמרחבים הפתוחים, הובילו לחלום לפתח את האזור ולהפוך אותו למרכז בין-לאומי לקיימות לייצור טכנולוגיות מתחדשות ולחדשנות.

החברה הוקמה על מנת לקדם את האנרגיה המתחדשת כמנוף לפיתוח אזורי בערבה הדרומית ואילת. בעקבות פיתוח אזור אילת והערבה, האזור יהפוך למקור תעסוקתי של עבודות שונות בתחום האנרגיה המתחדשת, מקום מחקר ופיתוח תכניות הכשרה ותכניות אקדמיות. שינוי רב-מערכתי ומהותי זה של האזור, במיוחד מבחינת אפשרויות התעסוקה, ימשוך גם יזמים עסקיים רבים (אילת-אילות, ח"ת).

פרק 3- תוצאות

בפרק זה אציג את עיבוד הנתונים שערכתי, הן בהיבט של ייצור החשמל הסולארי, הן בהיבט של צריכת החשמל במרחב אילת והערבה והן ביחס שבין הייצור לצריכה.

הנתונים מתייחסים לשנים 2013 ו-2014 בהם כבר יש נתונים מכל הגופים מולם עבדנו. היה חשוב לקח מדגם של שנתיים על מנת להראות תמונה רחבה יותר ומדויקת יותר. חשוב לציין ששנת 2013 ושנת 2014 היו השנים בהם הותקנו השדות הסולארים לראשונה במרחב אילת והערבה.

הנתונים הנם נתונים חסויים, ולחברות קטנות כמו גם לחברת חשמל, היה מאד קשה לשחרר אותם לטובת עבודת הגמר. לכן לא בכל השלבים הייתה לנו תמונה מלאה, ובכל גרף או טבלה יצוין החוסר בנתונים וכיצד התמודדנו עם זה.

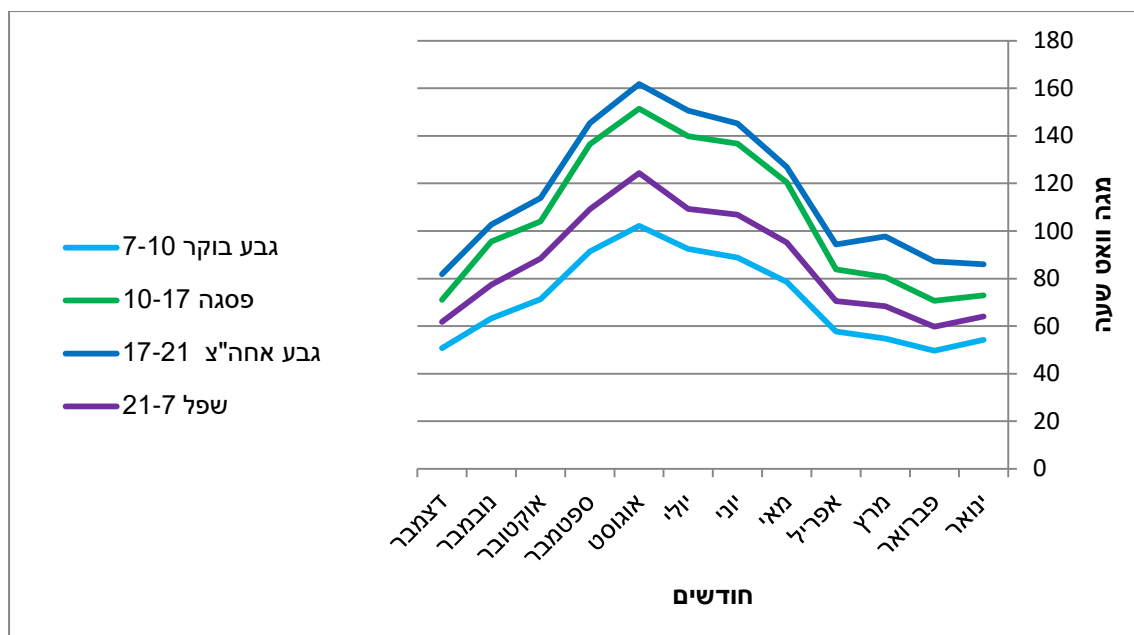
3א. נתוני צריכת חשמל

צריכת חשמל באילת ועד צומת סדום בשנים 2013-2014

טבלה זו מתבססת על טבלאות 14-15 בהם ערכתי עיבוד של הנתונים השנתיים שהתקבלו מחברת חשמל (ראה פרק "שיטות המחקר")

טבלה 1: עיבוד נתוני צריכת חשמל מאילת ועד צומת סדום
2013 במגה וואט (חברת חשמל, נספח מספר 1)

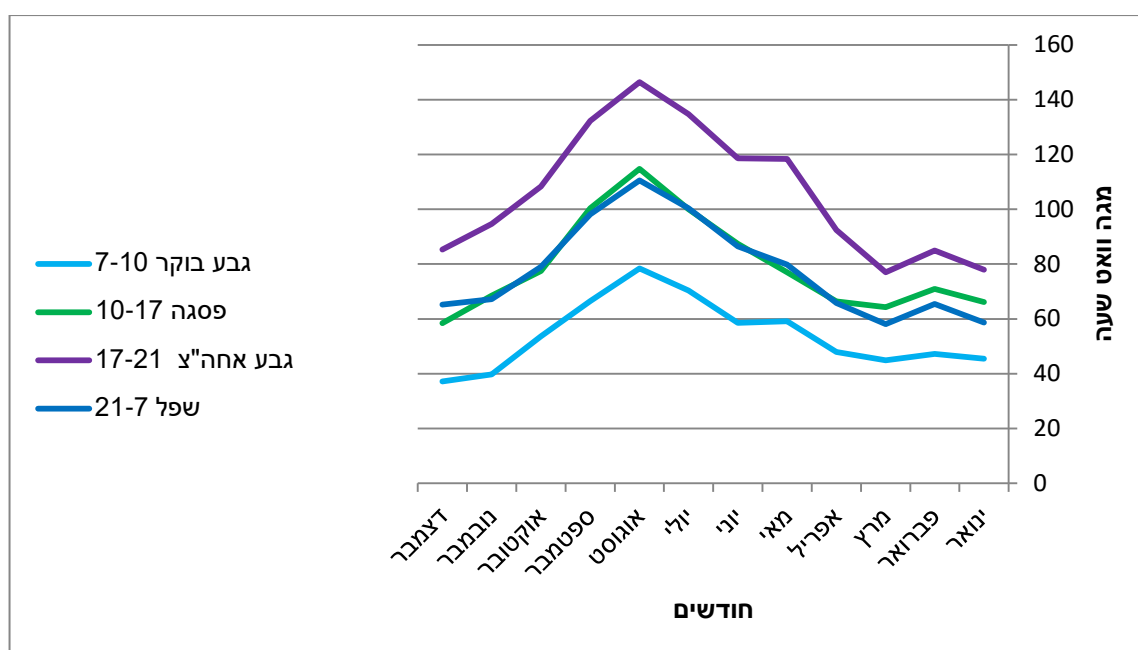
שפל 21-7	גבע אחה"צ 17-21	פסגה 10-17	גבע בוקר 7-10	חודש
64.11	86.06	72.89	54.24	ינואר
59.8	87.26	70.7	49.63	פברואר
68.34	97.73	80.62	54.83	מרץ
70.58	94.28	83.88	57.77	אפריל
95.17	126.9	120.48	78.59	מאי
106.9	145.2	136.7	88.76	יוני
109.32	150.6	139.84	92.4	יולי
124.39	161.73	151.34	102.17	אוגוסט
109.2	145.3	136.4	91.4	ספטמבר
88.43	113.88	104.02	71.34	אוקטובר
77.37	102.67	95.5	63.2	נובמבר
61.7	81.78	71.01	50.68	דצמבר



גרף 3: צריכת חשמל באילת ועד צומת סדום בשנת 2013

טבלה 2: עיבוד נתוני צריכת חשמל מאילת ועד צומת סדום
2014 במגה וואט (חברת חשמל, נספח מספר 1)

חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10-17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
ינואר	45.5	66.2	77.9	58.68
פברואר	47.2	70.96	85.01	65.4
מרץ	44.9	64.26	77	58.14
אפריל	47.93	66.39	92.42	65.8
מאי	59.12	77.01	118.4	79.8
יוני	58.6	87.46	118.567	86.5
יולי	70.36	100.08	134.76	100.33
אוגוסט	78.39	114.7	146.45	110.54
ספטמבר	66.45	100.34	132.28	98.11
אוקטובר	53.69	77.43	108.37	79.06
נובמבר	39.8	68.5	94.6	67.15
דצמבר	37.199	58.4	85.32	65.2



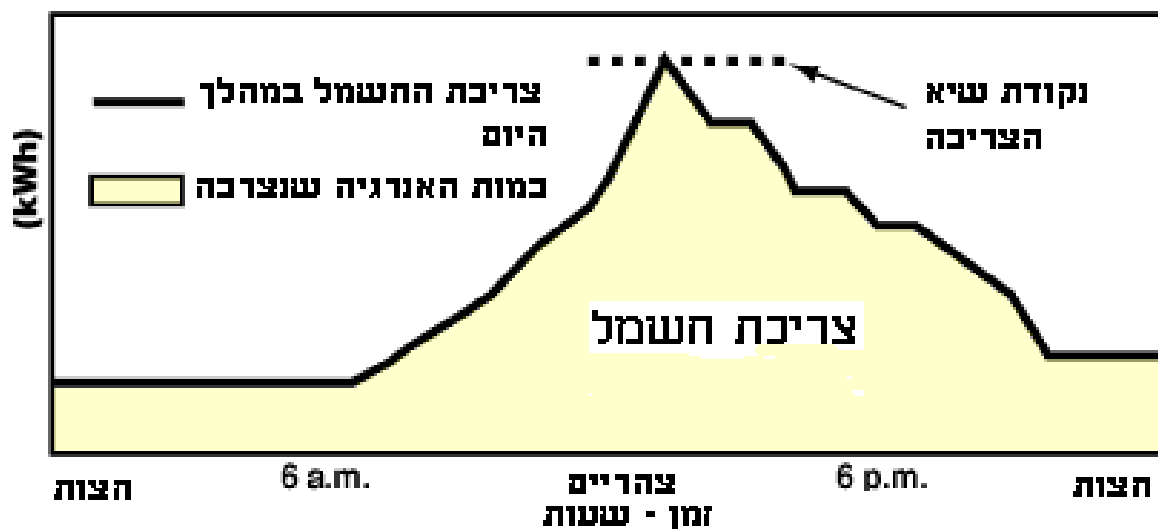
גרף 4: צריכת חשמל באילת ועד צומת סדום בשנת 2014

בשתי השנים המוצגות בטבלאות ובגרפים, ניתן לראות כי צריכת החשמל המשמעותית באזור היא בחודשים מאי ועד אוקטובר. בחודש אוגוסט הצריכה מגיעה לשיא. מנתון זה ניתן להבין שעיקר החשמל נצרך בעונה החמה (קיץ) והשימוש בחשמל הינו בעיקר למיזוג. מקטע היום בו הצריכה הנה הגבוהה ביותר הוא ב"גבע אחר הצהריים" (בין השעות 17:00-21:00), כשרוב האוכלוסייה מאילת ועד צומת סדום נמצאת בבתים ובמלונות.

בשאר חלקי הארץ, רוב החשמל נצרך דווקא במהלך שעות פסגה (בין השעות 10:00-17:00) שעות בהן עיקר התעשייה בארץ פועלת (ראה איור 25). מכיוון שבאילת אין תעשייה גדולה ומשמעותית, מרבית צריכת החשמל היא פרטית/מלונאית, ולכן התנהגות הגרף של אילת שונה משאר הארץ.

ההבדלים בצריכת החשמל בין השנים 2013 ו-2014, הם בקיץ ולא בחורף, כי כנראה בקיץ 2014 הגיעו יותר תיירים לעיר. לראיה, בחורף כמות הצריכה זהה בין השנים (החורף מייצג את האוכלוסייה המקומית פחות או יותר..). כאשר מדברים על אוכלוסייה מקומית, מדברים על כ-60,000 תושבים החיים באילת ועד צומת סדום (כ-10,000 מתוכם הם תושבי הערבה עד צומת סדום).

חשוב לציין, שכלל צריכת החשמל מאילת עד צומת סדום מהווים 1% מכלל צריכת החשמל בארץ.



איור 25 - גרף התפלגות של צריכת חשמל בישראל

בגרף התפלגות צריכת החשמל בישראל כולה, ניתן לראות ששיא שעות צריכת החשמל, כפי שציינו לעיל, הינו בין 8:00 ל-16:00, שעות בהן המשק בפעילות מלאה - שעות העבודה. צריכת החשמל למיזוג בארץ בקיץ קטנה משמעותית מצריכת החשמל לייצור תעשייתי.

צריכת חשמל בשלושה מקיבוצי הערבה - יטבתה, גרופית וקטורה בשנת 2013

צריכת החשמל של הקיבוצים, מופיעה כחלק מנתוני הצריכה הכללים המוצגים בטבלאות 1 ו-2. צריכת החשמל בכל קיבוץ מהווה בין 0.5% ועד 1% מכלל הצריכה במרחב אילת והערבה. בחרתי בכל זאת להציג את נתוני הצריכה בקיבוצים על מנת לבחון התנהגות צרכנית שונה, שאולי תיתן לי נקודות למחשבה ופתרונות אפשריים במסקנות.

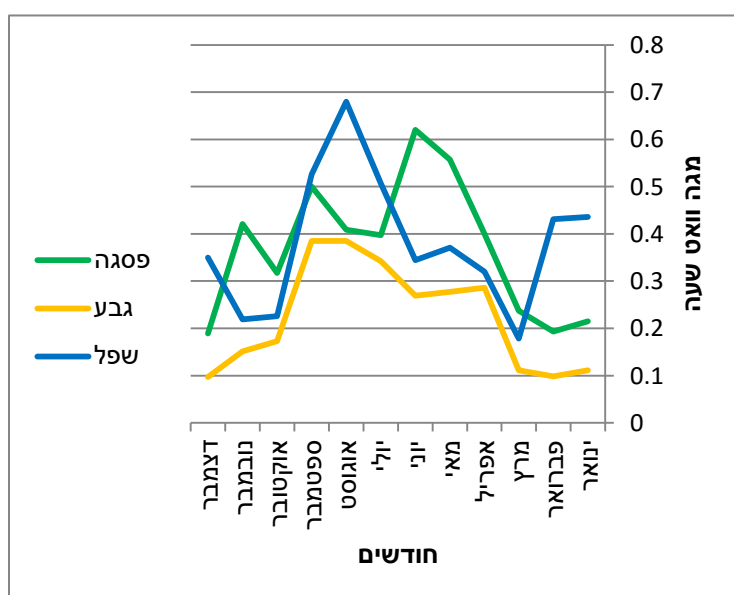
איסוף נתוני חשמל בקיבוצים פחות מסודר מחברת חשמל, ולכן הצלחתי לאחר מאמצים, להשיג תמונה מלאה רק של 2013 ורק משלושה קיבוצים: יטבתה (הגדול ביותר באזור), קטורה (בינוני בגודלו), וגרופית (קיבוץ קטן יחסית). בנוסף, גם אין חלוקת שעות גבע לפי בוקר ואחרי הצהריים, לכן הגבע מופיע כיחידה אחת שקצת מפחית את תמונת הצריכה בשעות השיא של גבע אחר הצהריים.

טבלה 4: נתוני צריכה בקטורה **2013** במגה וואט
(קיבוצ קטורה, נספח מספר 3)

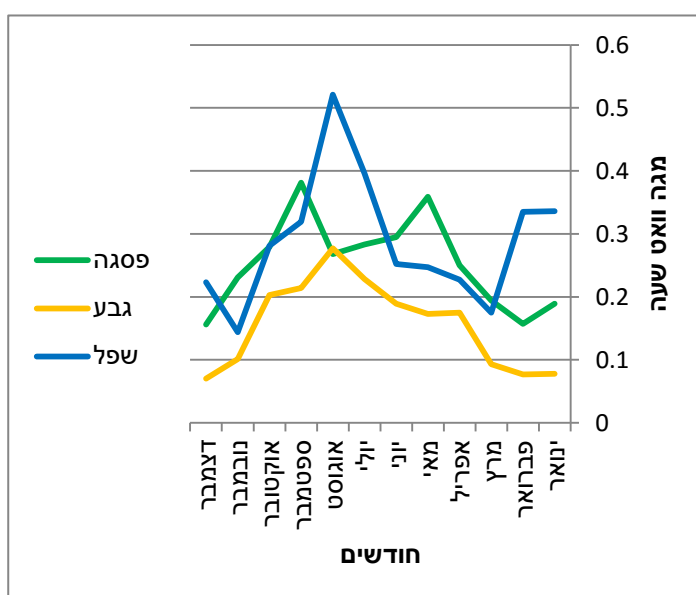
חודש	פסגה 10-17	גבע משולב +7-10 17-21	שפל 21-7
ינואר	0.215	0.111	0.436
פברואר	0.193	0.098	0.431
מרץ	0.237	0.111	0.178
אפריל	0.4	0.286	0.32
מאי	0.557	0.277	0.371
יוני	0.62	0.269	0.344
יולי	0.397	0.342	0.507
אוגוסט	0.409	0.385	0.68
ספטמבר	0.5	0.385	0.526
אוקטובר	0.317	0.173	0.226
נובמבר	0.421	0.151	0.219
דצמבר	0.189	0.097	0.35

טבלה 3: נתוני צריכה בגרופית **2013** במגה וואט
(קיבוצ גרופית, נספח מספר 2)

חודש	פסגה 10-17	גבע משולב +7-10 17-21	שפל 21-7
ינואר	0.189	0.078	0.336
פברואר	0.157	0.077	0.335
מרץ	0.194	0.093	0.175
אפריל	0.25	0.175	0.227
מאי	0.359	0.173	0.247
יוני	0.295	0.189	0.252
יולי	0.283	0.228	0.396
אוגוסט	0.268	0.277	0.521
ספטמבר	0.381	0.214	0.319
אוקטובר	0.279	0.203	0.281
נובמבר	0.231	0.101	0.144
דצמבר	0.156	0.07	0.223



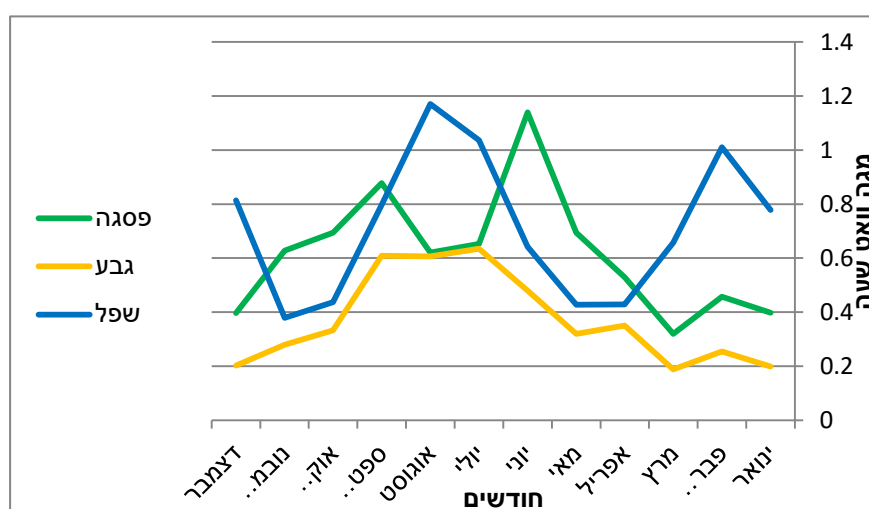
גרף 6: צריכת חשמל בקיבוצ קטורה
בשנת **2013**



גרף 5: צריכת חשמל בקיבוצ גרופית
בשנת **2013**

טבלה 5: נתוני צריכה ביטבתה 2013 במגה וואט
(קיבוצי יטבתה, נספח מספר 4)

שפל 21-7	גבע משולב +7-10 17-21	פסגה 10-17	חודש
0.778	0.199	0.398	ינואר
1.01	0.254	0.457	פברואר
0.657	0.188	0.32	מרץ
0.428	0.35	0.529	אפריל
0.427	0.319	0.694	מאי
0.642	0.48	1.14	יוני
1.037	0.635	0.652	יולי
1.17	0.606	0.62	אוגוסט
0.797	0.609	0.878	ספטמבר
0.437	0.332	0.694	אוקטובר
0.379	0.279	0.628	נובמבר
0.814	0.202	0.397	דצמבר



גרף 7: צריכת חשמל בקיבוצי יטבתה
בשנת 2013

בגרפים של צריכת החשמל בקיבוצים, ניתן לראות התנהגות שונה מגרף של צריכת החשמל באילת. באילת האזרחים משלמים ע"פ תעריף שווה בכל שעות היממה ביום, ולעומת זאת בקיבוצים יש תעריפי חשמל "תעו"ז" הבנויים על תעריף משתנה לפי גבע (7:00-10:00 ו 17:00-21:00), שפל (21:00-7:00) ופסגה (10:00-17:00). בגלל השינוי במחיר החשמל, הקיבוצים עושים הסטות מכוונות של צריכת החשמל בשעות בהן התעריף זול יותר (שעות השפל). כמו כן, יש גם ייצור סולארי בשיטת "מונה נטו" שיטה בה החשמל המיוצר בשעות היום מועבר ישר לצריכה עצמית, ואז דרישת החשמל בשעות אלה מחברת החשמל קטנה ומשלימה את מה שהסולארי מייצר.

3ב. נתוני ייצור חשמל סולארי

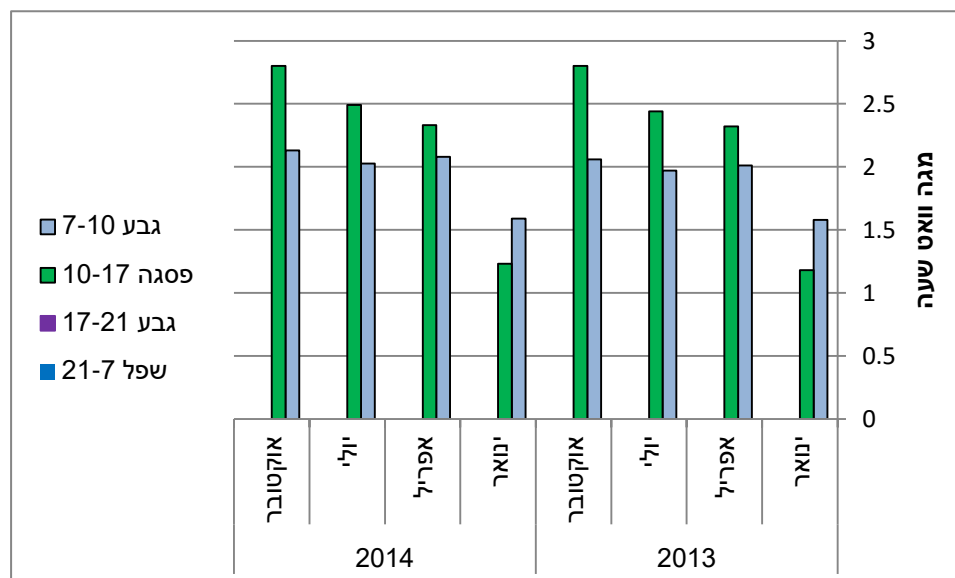
כפי שכבר ציינתי בפרק "שיטות המחקר" ובפתיח של פרק ה"תוצאות", נתוני הייצור הסולארי אינם רציפים לאורך שנתיים, אלא מדגמיים בעונות שנה מובהקות (קיץ, סתיו, חורף ואביב) בשל הבקשה של חברת APC לשמור את הנתונים חסויים, (נתוני הייצור הינם סוד ההצלחה של החברות הסולאריות המתחרות בין לבין עצמן בארץ וגם בעולם) הנתונים שקיבלתי הינם משדה סולארי בשם "קטורה סאן" הנמצא בתוך שטח קיבוץ קטורה, בעל הספק מותקן של 5 מגה וואט.

חשמל סולארי משדה סולארי בשנים 2013-2014

טבלה 6:

הספק ממוצע למתקן PV בערבה במגה וואט
(שדה של 5 מגה וואט קטורה "סאן", נספח מספר 5)

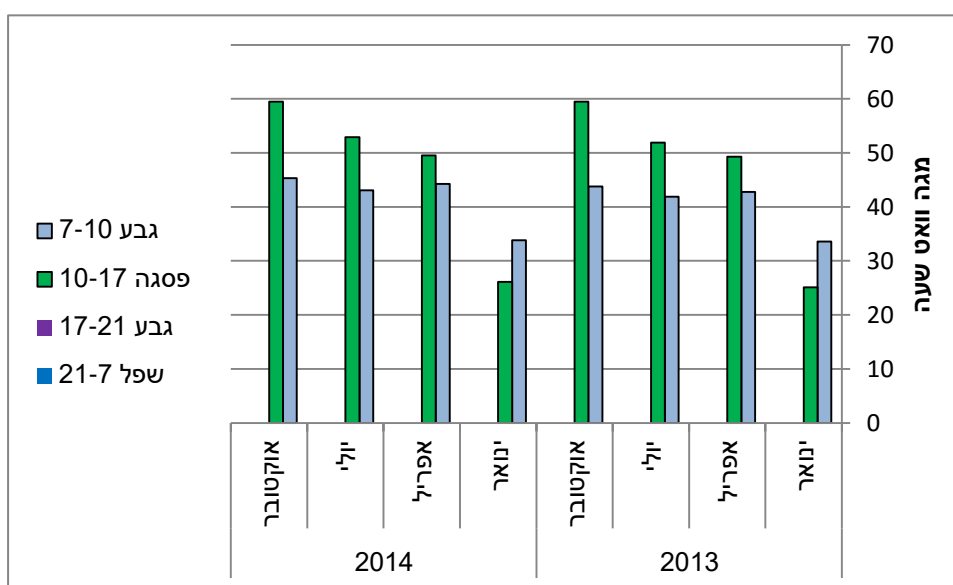
שנה	חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10- 17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
2013	ינואר	1.58	1.18	0	0
	אפריל	2.01	2.32	0	0
	יולי	1.97	2.44	0	0
	אוקטובר	2.06	2.8	0	0
2014	ינואר	1.59	1.23	0	0
	אפריל	2.08	2.33	0	0
	יולי	2.025	2.49	0	0
	אוקטובר	2.13	2.8	0	0



גרף 8: הספק ממוצע למתקן PV בערבה,
(שדה של 5 מגה וואט, קטורה "סאן")

טבלה 7: נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגוואט מחושבים
(לפי כל השדות הקיימים 106 מגה וואט מותקנים)

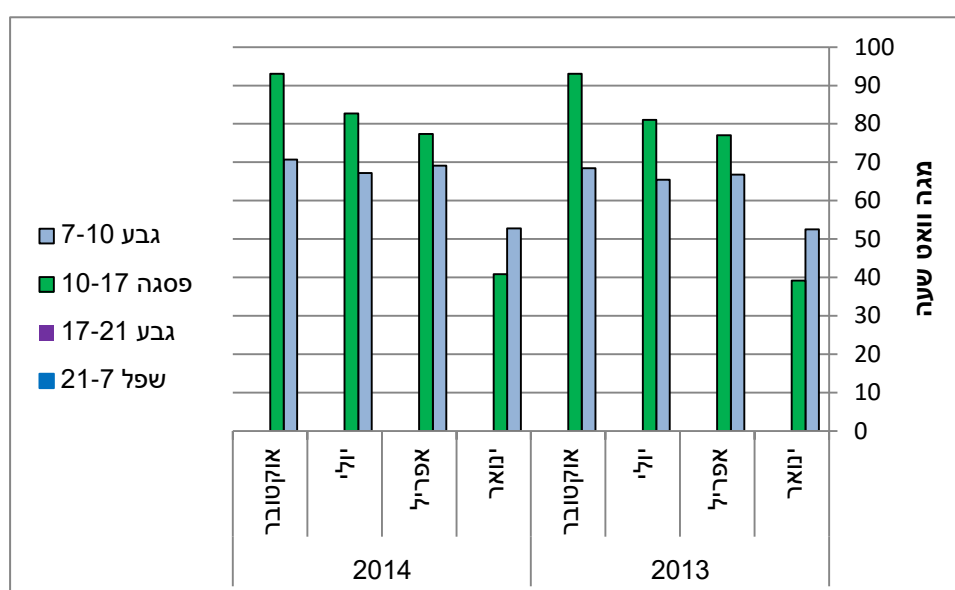
שנה	חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10-17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
2013	ינואר	33.61	25.1	0	0
	אפריל	42.76	49.3	0	0
	יולי	41.9	51.9	0	0
	אוקטובר	43.8	59.5	0	0
2014	ינואר	33.82	26.1	0	0
	אפריל	44.25	49.5	0	0
	יולי	43.08	52.9	0	0
	אוקטובר	45.3	59.5	0	0



גרף 9: נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגוואט מחושבים
(לפי כל השדות הקיימים 106 מגה וואט מותקנים)

טבלה 8: נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגה ואט מחושבים
(לפי שדות קיימים ולקראת הקמה 166 מגה וואט מותקנים)

שנה	חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10-17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
2013	ינואר	52.5	39.2	0	0
	אפריל	66.77	77.07	0	0
	יולי	65.44	81.06	0	0
	אוקטובר	68.43	93.02	0	0
2014	ינואר	52.82	40.86	0	0
	אפריל	69.1	77.4	0	0
	יולי	67.2	82.7	0	0
	אוקטובר	70.7	93.02	0	0



גרף 10: נתוני ייצור חשמל באילת והערבה במגה ואט מחושבים
(לפי שדות קיימים ולקראת הקמה 166 מגה וואט מותקנים)

ייצור החשמל המקסימלי הוא בשעות הפסגה, וזאת בעקבות הניצול הרב של קרינת השמש בשעות היום. בשעות גבע בוקר, ישנו ייצור חשמל, אך נמוך ביחס לשעות הפסגה בשל זוויות השמש הנמוכות ועוצמת קרינה מופחתת. ניתן לראות כי בשעות השפל והגבע אחה"צ (שעות שבהן אין שמש), אין בכלל ייצור חשמל. היינו מצפים לראות שבחודש יולי נקבל מקסימום ייצור חשמל, אך לא כך, וזאת בשל העובדה שטמפ' מעל ל-25 מלות צלזיוס מורידות את נצילות ייצור החשמל. בקיץ בערבה הטמפ מגיעות ל-45 מעלות צלזיוס, כך שאכן ניתן לראות שכמות ייצור החשמל בקיץ פחותה מזו המיוצרת בעונות המעבר. חודש אפריל בערבה מאופיין בהרבה סופות אבק, כך שניתן לראות שעונת המעבר הזו מייצרת פחות מהקיץ, למרות שהטמפרטורות פחות גבוהות. בחורף ניתן לראות בברור כי כמות החשמל המיוצרת קטנה יותר, וזה בשל עלייה במספר הימים המעוננים, בהם קרינה השמש קטנה יותר. מכאן שחודשי הסתיו ותחילת הקיץ, הם החודשים המניבים ביותר.

ג. השוואת נתוני ייצור חשמל אל מול נתוני צריכת חשמל במרחב אילת והערבה

השוואתי את נתוני צריכת החשמל במרחב אילת והערבה עם נתוני ייצור החשמל הסולארי על מנת להבין את ההפרש החסר בין ייצור חשמל מאנרגיה סולארית אל מול צריכת חשמל. כיום יש בערבה 106 מגה וואט מותקנים המיוצרים משדות סולארים. בעוד כשנתיים יחוברו לרשת עוד 60 מגה וואט, כלומר יהיו 166 מגה וואט מותקנים של חשמל סולארי בערבה. בטבלאות 9 ו-11 מוצגים נתוני צריכת חשמל במרחב אילת והערבה ונתוני ייצור חשמל בשדות הסולארים במשך שנתיים לפי עונות השנה (ינואר- חורף, אפריל- אביב, יולי- קיץ, אוקטובר- סתיו) ולפי קטגוריות היום.

בטבלאות 10 ו-12, ניתן לראות את אחוז ייצור החשמל הסולארי אל מול צריכת חשמל.

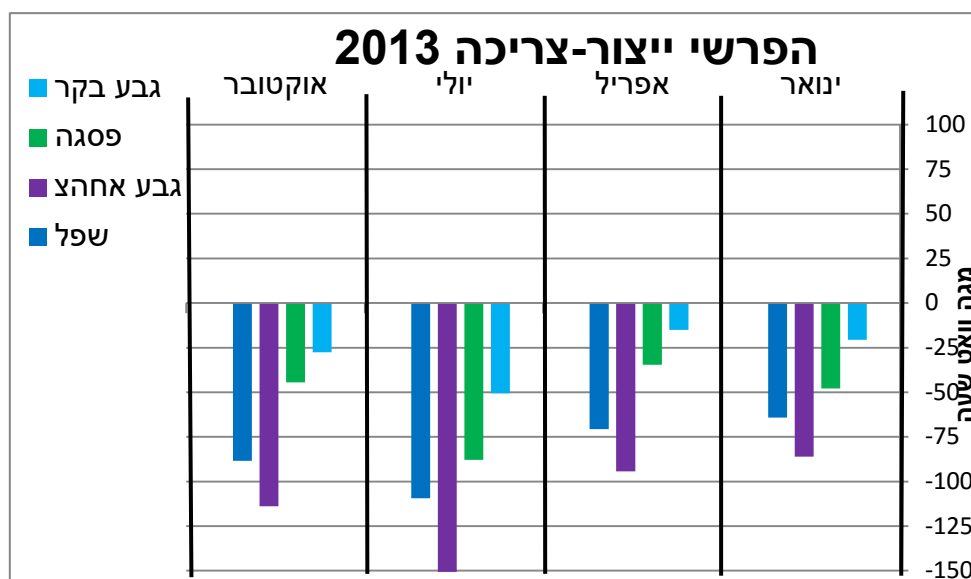
טבלה 9: צריכה אל מול ייצור של 106 מגה וואט סולארי

שנה	חודש	גבע בוקר 7-10		פסגה 10-17		גבע אחה"צ 17-21		שפל 21-7	
		ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל
2013	ינואר	52.5	54.24	39.2	72.89	0	86.06	0	64.11
	אפריל	66.77	57.77	77.07	83.88	0	94.28	0	70.58
	יולי	65.44	92.4	81.06	139.84	0	150.6	0	109.32
	אוקטובר	68.43	71.34	93.02	104.02	0	113.88	0	88.43
2014	ינואר	52.82	45.5	40.86	66.2	0	77.9	0	58.68
	אפריל	69.1	47.93	77.4	66.39	0	92.42	0	65.8
	יולי	67.2	70.36	82.7	100.08	0	134.76	0	100.33
	אוקטובר	70.7	53.69	93.02	77.43	0	108.37	0	79.06

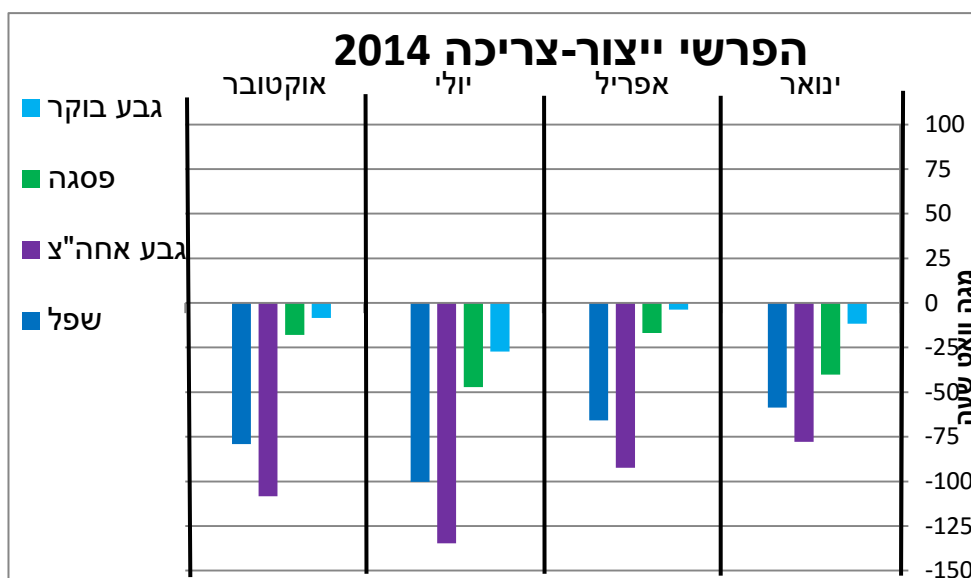
טבלה 10: אחוזי ייצור חשמל סולארי של 106 מגה וואט אל מול צריכה

שנה	חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10-17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
2013	ינואר	61.9%	34.4%	0%	0%
	אפריל	74%	58.7%	0%	0%
	יולי	45%	37.1%	0%	0%
	אוקטובר	61.3%	57.2%	0%	0%
2014	ינואר	74.3%	39.4%	0%	0%
	אפריל	92.3%	74.5%	0%	0%
	יולי	61.2%	52.8%	0%	0%
	אוקטובר	84.3%	76.8%	0%	0%

גרף 11: הפרש נתוני
ייצור לעומת נתוני צריכה
בשדה סולארי
106 מגה וואט



גרף 12: הפרש נתוני
ייצור לעומת נתוני צריכה
בשדה סולארי
106 מגה וואט



לפי הנראה בגרף, שדה סולארי של 106 מגה וואט לא עומד בכמויות הצריכה של מרחב אילת והערבה. כמו כן, נבחין בכך ששנת 2014 הייתה שנה שבה צרכו פחות חשמל (יש להניח שהגיעו פחות תיירים לעיר). הפער בין ייצור חשמל סולארי אל מול צריכה קטן יותר מהפער בין ייצור חשמל סולארי אל מול צריכה של שנת 2013. בגבע אחהצ (17:00-21:00) ובשפל (21:00-7:00) יש 0% מכיוון שאלה שעות שאין בכלל שמש ואין ייצור של חשמל. ניתן לראות שבשעות גבע בוקר בשתי השנים, הפער בין ייצור צריכה מאד קטן. הסיבה - צריכת החשמל בשעות הבוקר המוקדמות לרוב מאד קטנה, וגם אם ייצור החשמל הסולארי לא בשיאו, עדיין הוא מצליח לספק כמעט את כל הביקוש.

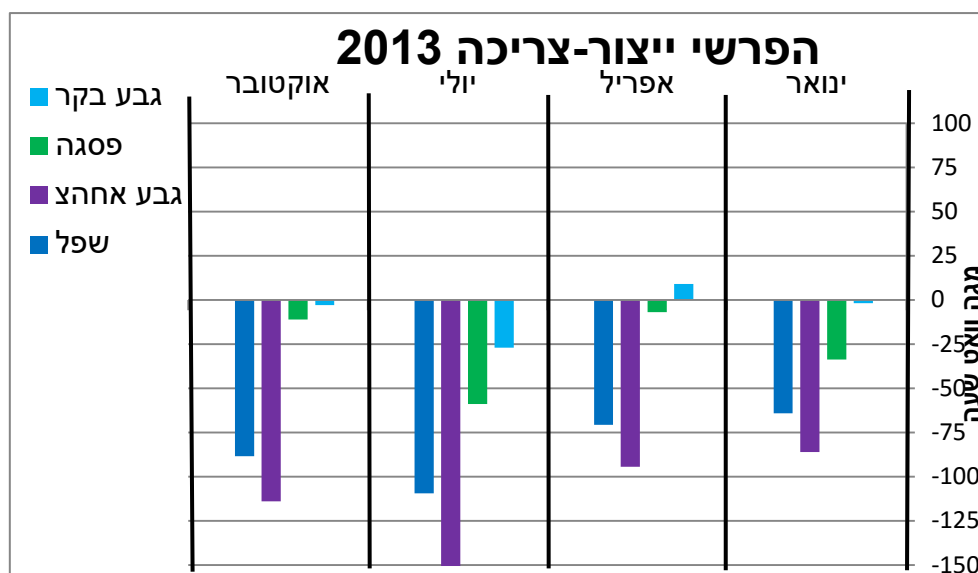
טבלה 11: צריכה אל מול ייצור של 166 מגה וואט סולארי

שנה	חודש	גבע בוקר 7-10		פסגה 10-17		גבע אחה"צ 17-21		שפל 21-7	
		ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל	ייצור חשמל סולארי	צריכת חשמל
2013	ינואר	33.61	54.24	25.1	72.89	0	86.06	0	64.11
	אפריל	42.76	57.77	49.3	83.88	0	94.28	0	70.58
	יולי	41.9	92.4	51.9	139.84	0	150.6	0	109.32
	אוקטובר	43.8	71.34	59.5	104.02	0	113.88	0	88.43
2014	ינואר	33.82	45.5	26.1	66.2	0	77.9	0	58.68
	אפריל	44.25	47.93	49.5	66.39	0	92.42	0	65.8
	יולי	43.08	70.36	52.9	100.08	0	134.76	0	100.33
	אוקטובר	45.3	53.69	59.5	77.43	0	108.37	0	79.06

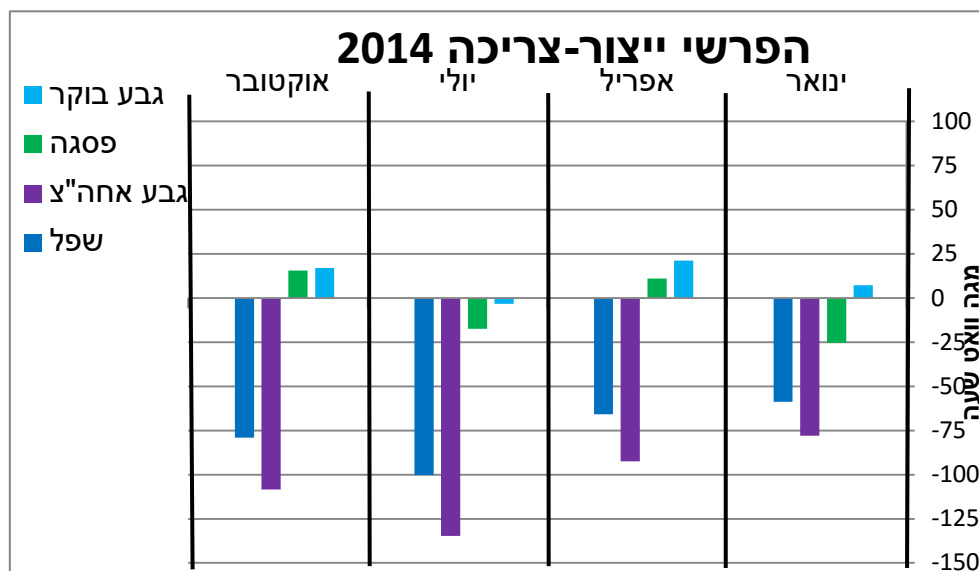
טבלה 12: אחוזי ייצור חשמל סולארי של 166 מגה וואט אל מול צריכה

שנה	חודש	גבע בוקר 7-10	פסגה 10-17	גבע אחה"צ 17-21	שפל 21-7
2013	ינואר	96.7%	53.7%	0%	0%
	אפריל	115.5%	91.8%	0%	0%
	יולי	70.8%	57.9%	0%	0%
	אוקטובר	95.9%	89.4%	0%	0%
2014	ינואר	116%	61.7%	0%	0%
	אפריל	144%	116.5%	0%	0%
	יולי	95.5%	82.6%	0%	0%
	אוקטובר	131.6%	76.8%	0%	0%

גרף 13: הפרש נתוני
ייצור לעומת נתוני צריכה
בשדה סולארי
166 מגה וואט



גרף 14: הפרש נתוני
ייצור לעומת נתוני צריכה
בשדה סולארי
166 מגה וואט

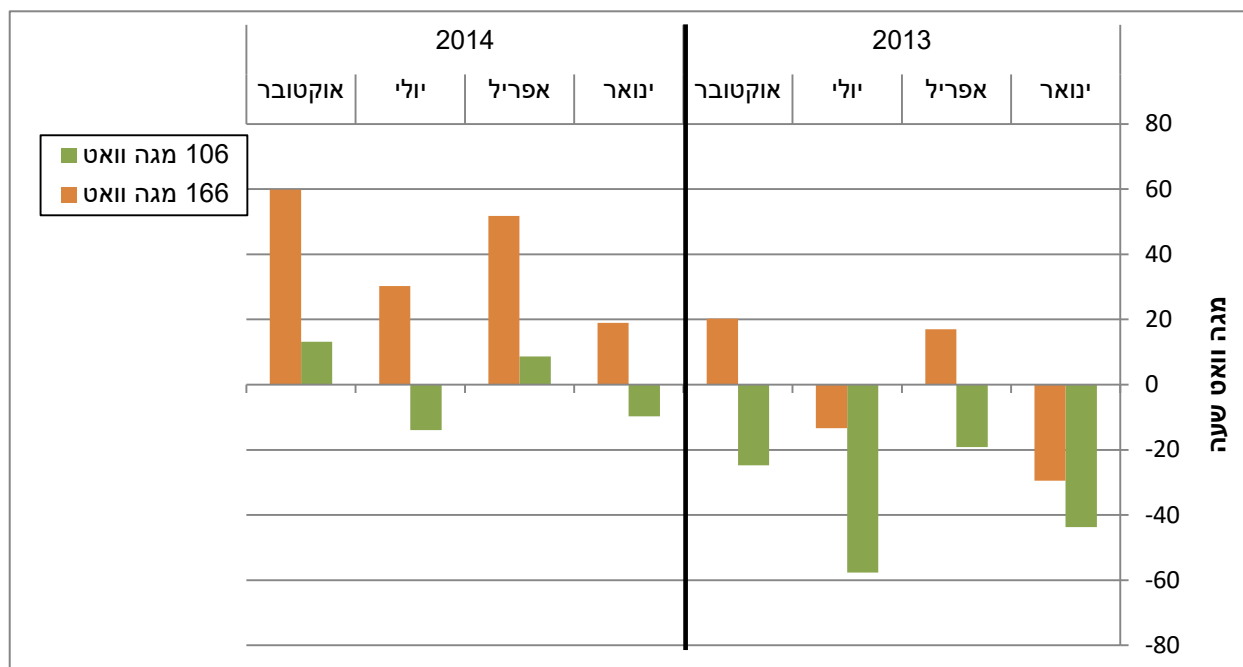


בייצור סולארי של 166 מגה וואט, ניתן לראות עודפים בייצור החשמל. ב-2014 יש עודפי חשמל גדולים יותר מ-2013 (שנה שבה צרכו יותר חשמל - כנראה הייתה יותר תיירות). ישנם עודפים בשעות גבע בוקר (7:00-10:00) ובשעות הפסגה (10:00-17:00). בגבע אחחצ"צ (-17:00-21:00) ובשפל (7:00-21:00) יש 0% מכיוון שאלה שעות שאין בכלל שמש ואין ייצור של חשמל.

בטבלה הבאה (מס 13) מוצגים נתוני צריכת החשמל בשעה הכי מניבה (12:00-13:00) אל מול נתוני ייצור חשמל סולארי באותה השעה, בהיקפי ייצור של 106 מגה וואט ו-166 מגה וואט ובכך לראות מה הפער בשעת שיא הייצור הסולארי.

טבלה 13: נתוני צריכה וייצור של פסגת שיא (12:00-13:00) וההפרש ביניהם

שנה	חודש	106 מגה וואט			166 מגה וואט		
		צריכה	ייצור	הפרש	צריכה	ייצור	הפרש
2013	ינואר	69.01	25.3	-43.71	69.01	39.5	-29.51
	אפריל	83.57	64.4	-19.17	83.57	100.6	17.03
	יולי	136.58	78.9	-57.68	136.58	123.2	-13.38
	אוקטובר	104.96	80.2	-24.76	104.96	125.2	20.24
2014	ינואר	60.77	51.06	-9.71	60.77	79.7	18.93
	אפריל	67.84	76.5	8.66	67.84	119.6	51.76
	יולי	92.68	78.7	-13.98	92.68	122.9	30.22
	אוקטובר	69.69	82.9	13.21	69.69	129.5	59.81



גרף 15: הפרש נתוני ייצור לעומת נתוני צריכה בפסגת שיא (12:00-13:00)

בגרף רואים שייצור סולארי בהיקף של 166 מגה וואט, בשעת שיא הייצור, יחסית מספיק לרוב צריכת החשמל בשעות האור בשנת 2014 (כשהביקוש היה נמוך יותר), ואילו בשנת 2013 מספיק בעיקר בחודשי המעבר, חודשים בהם נצרך מעט מאד חשמל למיזוג. בהיקף ייצור של 106 מגה וואט סולארי לא ניתן לספק את כל צריכת החשמל בשעות האור, גם בשנה כמו 2014 בה הביקוש לחשמל היה נמוך. בחודש אוקטובר בשנת 2014, לדוגמה: ניתן לראות כי ישנו עודף חשמל של כמחצית מצריכת החשמל הממוצעת באזור. בכל נושא עודפי הייצור אעסוק בפרק "דיון" כפתרון עתידי לשעות החשיכה. חשוב לציין שהצגתי כאן את שעת השיא בה יצור החשמל הנו מקסימאלי. לצערי, בשאר שעות היום יש פחות ייצור ולכן נתון שעה זו אינה מייצג את כל שעות היום

פרק 4 - דיון

4א. השוואה בין נתוני הצריכה והייצור על פני שעות היממה כולה וניתוח

הפערים בין צריכת החשמל לייצור הסולארי המקומי

אילת והערבה צורכים 1% מכלל הצריכה בארץ המהווה במקסימום 161 מגה ואט שעה חשמל. מכאן, שעל מנת לספק חשמל באופן אמין לאזור, צריך לייצר לפחות 180 מגה ואט שעה (תמיד מחשבים יכולת יצור נוספת של 15% גיבוי).

כיום הייצור של החשמל הסולארי באילת והערבה מספק 106 מגה ואט סולארי מותקן בשעות היום (בעוד שנתיים 166 מגה וואט מותקנים, בעקבות השלמת הבניה של השדה הגדול באזור התעשייה תמנע). השלמה החשמל לצרכנים בשעות היום והלילה מגיעה מחשמל הזורם בקו החשמל המרכזי מתחנת הכוח הפחמית באשקלון, ולאחרונה גם ממעט חשמל המיוצר בתחנת הכוח הגזית הנמצאת ברמת חובב.

במקביל ישנן באילת שלוש טורבינות לגיבוי העובדות על סולר ומעט מטנול (לצורכי ניסוי = גז מנוזל). טורבינות אלו בעבר נתנו יותר גיבוי בשעות היום בקיץ (טרם הקמת השדות הסולארים), אבל עדיין משמשות כגיבוי בשעות שיא צריכה בלילה, כשאין ייצור סולארי (ראיון עם ירון ליב - נספח 6).

ע"פ הנתונים שניתחנו, השונות בייצור הסולארי מאד גדולה לאורך שעות היממה ובעונות השנה השונות (ראה פרק תוצאות), ניתן לראות את הפער העצום בין יצור הצריכה הסולארי בשעות השיא (12:00-13:00), בהן השמש במרכז השמיים, לבין שאר שעות האור ובטח שבין שעות האור והחושך בהן יש 0% יצור, כאשר צריכת החשמל ממשיכה (ראה גרף 15). נתון זה של אי רציפות ושונות עצומה בכמויות היצור הסולארי, מהווה בעיה כאשר מדברים על אמינות אספקת חשמל. עם זאת, ישנם מספר היבטים המעודדים שימוש בחשמל נקי ומאתגרים אותנו למצוא פתרונות לבעיית אי רציפות האספקה:

א. ייצור חשמל נקי בעידן של התחממות גלובאלית והפחתת זיהום האוויר סביב תחנות כוח פחמיות וגזיות (גז משחרר הרבה פחות רעלים מפחם, אם כי עדיין משחרר הרבה גזי חממה לאטמוספירה).

ב. עידוד הפרטת ייצור החשמל והקטנת הריכוזיות של חברת חשמל.

ג. יתרון אסטרטגי בביזור מקורות הייצור והקטנת האיומים והסיכונים מפגיעה ביטחונית במספר מקורות ייצור בודדים שיכולים להשבית מדינה שלמה.

ד. יתרון כלכלי במרחב אילת והערבה של ייצור חשמל סולארי (שמש, קרקע וישובים השותפים ברווחי הייצור) אל מול ייצור חשמל המיוצר מסולר מטרורבינות הגיבוי או מגיע מתחנת הכוח הפחמית באשקלון

ה. ייצור החשמל הסולארי ממתג את האזור ומהווה מנוף כלכלי משמעותי לפתוח הערבה ואילת על בסיס משאבים טבעיים (סביב הייצור, הוקם גם חממה טכנולוגית לפתוח טכנולוגיות

חדשות, ומפיקים אחת לשנתיים כנס בינלאומי רשמי של ישראל בתחום. הוקמו מערך הכשרות בינלאומי, מרכזי מבקרים והרבה תוכניות הוראה ופתוח במרחב המשרתיים קבוצות מכל הארץ).

למרות שחברת חשמל מסתכלת על משק חשמל ארצי, שאילת היא חלק הכי קטן בה (ראיון עם ירון ליב - נספח 6) אני מציגה הצעה בה אילת יכולה להוות מודל בינלאומי למרחב עצמאי אנרגטי 24 שעות ביממה, 7 ימים בשבוע (24/7) מאנרגיה נקייה. מהלך זה יכול לחסוך כסף (ראה פירוט בפרק 4.ג), מעט אובדן חשמל בשינוע הארוך שלו (אובדן המוערך ב 5%) ובעיקר ימנף תעשייה ותעסוקה ייחודית במרחב אילת והערבה שימשכו לאזור הרבה צעירים ומשקיעים, מה שהאזור משווע אליו. אין פתרון אחד איתו ניתן להתמודד עם בעיית אמינות האספקה, אלא מספר פתרונות שישתלבו וישלימו זה את זה. לדוגמה:

א. הגדלת תפוקת הייצור סולארי - דרישה של רשות החשמל שכל השדות הסולאריים המותקנים בערבה יהיו בטכנולוגיה של עוקבי שמש, מה שהיום מתאפשר כלכלית לגמרי לאור המחירים הנמוכים של המערכות, הידע הקיים ותעריפי חשמל נמוכים המעודדים יצור מוגבר של חשמל. עוקבי שמש יכולים להעלות את תפוקת יצור החשמל ב 25%-35% (תלוי אם העוקב חד צירי או דו צירי) (ראה פירוט בפרק 4.ג) ועיקר התוספת תהיה בשעות גבע בוקר וגבע אחר הצהריים, בהן צריכת החשמל באזור אילת והערבה מוגברת.

ב. הסטת עומסים כפי שראינו בגרפים של הקיבוצים (ראה פירוט תוצאות - גרפים 5,6,7) ובניית תעריפי תעוז (תעריף בהתאם לעומס המערכת וזמן הצריכה) המותאמים לאילת והערבה ולא כפי שמותאמים לכל חלקי הארץ, כלומר, שהתעו"ז באילת יהיה הפוך משאר הארץ - מחיר החשמל בשעות הפסגה (10:00-17:00) יהיה הנמוך ביותר, בגבע (7:00-10:00+17:00-21:00) ובשפל (21:00-7:00) מחיר החשמל יהיה גבוהה יותר.

ג. עידוד הקמת מרכזי אגירה טרמים לחלוקה בין המלונות, במקום שכל מלון ייצר עצמאית מיזוג או חימום (ראה פרק 4.ב) (מאפשר התקנת מערכות יקרות לניצול חום שיורי) (ש', לוי, ח"ת).

ד. קידום מהלך של התייעלות אנרגטית בתחום הבניה (באילת יש יתרון עצום לבנייה מבודדת לאור העובדה שרוב החשמל נצרך למיזוג), עידוד שימוש בטכנולוגיה שחוסכת חשמל, מודעות ושינוי התנהגות ותמריצים כספיים לחיסכון בחשמל (ראה פרק 4.ב). עידוד הפחתת צריכת חשמל דרך מתן בונסים כספיים ע"י חברת חשמל לצרכנים שצורכים כמויות חשמל נמוכות יותר מכמות מוגדרת ע"י הרשויות, ובכך גם מקטינים צריכת חשמל וייצור עודף של חשמל, מה שמצריך השקעת עלויות עצומה.

ה. החלפת טכנולוגית מיזוג קונבנציונאלית במיזוג סולארי. מהלך זה אמנם דורש השקעה ראשונית גבוהה יותר, אך לאורך שנים חוסך בצריכת חשמל (ראה פרק 4.ב).

ו. הפקת אנרגיה מתחדשת מרוח וביומאסה שיכולים לתת מענה בשעות שאין שמש, או קרינת השמש מופחתת.

4ב. הצגת טכנולוגיות ושיטות ניהול לצמצום הפערים המתגלים בין הייצור לצריכה המותאמים לאזור הערבה ואילת

הגדלת ייצור חשמל סולארי

טכנולוגיה של עוקבי שמש - הפתרון הטבעי להגדלת הנצילות הוא השימוש במערכות עקיבה. מערכות אלו אמנם מייקרות את עלות הקנייה של המערכת, אבל תורמות לשיפור ניכר בתפוקת המערכת של עד 35%, והן מחזירות את ההשקעה בזמן יחסית קצר. מערכת עקיבה חד צירית נעה ממזרח למערב בעקבות זווית קרן השמש, ובכך מגדילה את חשיפת הפאנל הסולארי לקרינה ישירה. קרינה זו מעלה מידית את תפוקת ייצור החשמל. ישנן גם מערכות עקיבה דו ציריות העוקבות בו-זמנית מזרח מערב וצפון דרום, כי הרי הזוויות המדויקות של הקרניים מגיעות מדרום מזרח לצפון מערב (נטיית כדור הארץ מול השמש). מערכות אלה לרוב יקרות מידי ולא מצדיקות את ההשקעה. לכן ההמלצה שלנו הנה לעבוד עם מערכות עקיבה חד ציריות להן ערך מוסף גבוה. (ראה פירוט בפרק 2ג.)

ייצור חשמל מרוח - פתרון לשעות גבע אחה"צ כשיש הרבה רוח באילת. ישנן 2 בעיות שיוצרו בעקבות הפיתוח של טורבינות רוח בערבה. הבעיה הראשונה היא בעיה כלכלית - העלות של בניית טורבינות קטנות ובינוניות עדיין גבוהה ביחס לתערף החשמל בישראל (ראה פירוט ב4ד.). הבעיה השנייה, הנה בעיה אקולוגית וסביבתית. ישראל מחברת בין אירופה, אסיה ואפריקה, ורבים מן הציפורים נודדות דרך בקעת הערבה בדרכן לאפריקה בחורף ולאירופה בקיץ. יש להניח שטורבינות הרוח יהיו גורם מפריע לציפורים, דבר שאין אנו רוצים שיקרה. בימים אלו מתבצעים תסקירי השפעה על הסביבה על מנת ללמוד את הנושא ולראות אם ניתן לייצר משטר הפעלה אשר לא יגרום נזק לעולם הצפרות.

יצירת חום לטורבינה מביומאסה - הפקת ביו-גז ממטמנות ובוצת שפכים ורפתות: ביו-גז הוא גז שרובו מורכב ממתאן, הנקרא גם גז מטמנות. הוא נוצר מאשפה המכילה חומרים אורגניים, שהוטמנה באדמה בתנאים ללא חמצן. אם נחדיר צינורות למטמנה ונאסוף את הגז, נוכל למנוע את פליטתו לאוויר ונוכל להשתמש בו כמקור אנרגיה מועיל להפקת חשמל. ניתן להפיק ביו-גז גם מהפרשות של בעלי חיים במשק החקלאי, ומכיוון שארצנו עשירה בפרות (ובהפרשותיהן...), פסולת זו יכולה להיות מקור אנרגיה חשוב, בעיקר בשעות בהן חסרה אנרגיה מהשמש.

הסטת עומסים

יש מס' שיטות היכולות לסייע בהסטת עומסים, חלקן טכנולוגיות וחלקן מושתתות על שינוי מדיניות ושינוי התנהגות.

שינוי התעו"ז במרחב אילת והערבה - התעו"ז יוצר קשר ישיר בין עלויות ייצור החשמל ואספקתו בשעות השונות ובין המחיר שמשלם הלקוח. לכל עונה נקבעו שלושה מקבצי שעות: פסגה, גבע, שפל. בחשבון החשמל של לקוחות תעו"ז, מפורטת הצריכה לפי מקבצי השעות השונים.

בישראל, כמו גם במרחב אילת והערבה, מחיר החשמל בפסגה (שעות היום) הוא הגבוה ביותר, בגבע הוא ברמת ביניים (אחר הצהריים ערב ולפנות בקר), ובשפל (שעות הלילה) הוא הנמוך ביותר. לדעתי, צריך לשנות את התעו"ז במרחב אילת ועד צומת סדום בכדי לייצר הסטת עומסים ולגרום להתייעלות בחשמל. בשעות הפסגה, מחיר החשמל צריך להיות הנמוך ביותר (בשעות אלה מיוצר הרבה חשמל סולארי) והשינוי במחיר יעודד את תושבי אילת לצרוך את רוב החשמל בשעות אלה (לדוגמה: תכנות מראש של הפעלת מכונות כביסה, מדיחים או כל פעולה אחרת שניתן לבצע במהלך היום). ואת שעות הגבע והשפל לאחד לתעריף מעט יותר גבוה, מה שיעודד אנשים לבדוד את הבית יותר, על מנת לצרוך פחות חשמל, להחליף לגופי תאורה חסכניים וכו.. ובמקביל לא ניקר בבת אחת מחירי חשמל לתושבים.

אם אכן ישונה התעו"ז למרחב אילת והערבה, אזי חשוב להכיל את תעריפי התעו"ז החדשים לא רק על מחלקי חשמל (קיבוצים), אלא גם לתושבי אילת, מה שיוביל להסטות עומסים מכוונות של צריכת החשמל בשעות בהן התעריף זול יותר, גם ע"י תושבי אילת שהם כוח משמעותי הרבה יותר מהצריכה הקיבוצית (הרי הקיבוצים מהווים 0.5-1% מכלל הצריכה במרחב). בגרפים 5,6,7 (ראה פרק "תוצאות") ניתן לראות כיצד הקיבוצים מסיטים את צריכת החשמל שלהם לפי תעו"ז הקיים היום.

אגירה תרמית - כיום מאד קשה, יקר ולא ידידותי לסביבה לאגור חשמל. לאור זאת פותחה בעולם טכנולוגיה לאגירת חום שהיא פשוטה וזולה הרבה יותר. החום יכול להניע טורבינה בכל שעה שבה יש דרישה לחשמל ואין שמש שתייצר חשמל סולארי. השיטה פועלת כך שביום מייצרים חום ע"י קרינת שמש (ראה פירוט בפרק 2.ג). אוגרים את החום הנוצר במלח מותך או שמן תרמי בתוך כלי קיבול מבודד, השומר על הטמפ' הגבוהה. בשעות החשיכה יוזרם החום להנעת טורבינה שתייצר חשמל. אגירה שכזו יכולה בקלות להחליף את טורבינות הסולר באילת כגיבוי, בעלויות זולות יותר מעלות הפעלת טורבינת סולר.

אגירה שאובה - העלאת מים על חשבון חשמל (בשעות בהם מצוי הרבה חשמל סולארי) למאגר מים עליון והפלת המים למאגר התחתון בשעות שיא הצריכה והחשיכה. המים הנפלים מפעילים טורבינה

המייצרת חשמל. בשיטה זו מסיטים חשמל משעות בהן יש עודף ייצור לשעות בהן יש מחסור בייצור חשמל בהתאם לדרישה באזור.

אגירה בסוללות - כפי שכבר כתבתי, סוללות הן לא דבר ידידותי במיוחד. אבל בקנה מידה קטן, לבתים, שיודעים לייצר לעצמם חשמל משמש או רוח, סוללות הן פתרון מצוין לאגירה קטנה לצריכה עצמית בשעות החשיכה. לראיה, מספר הבטריות לאחסון אנרגיה סולארית שנמכרו בגרמניה בשנה החולפת כמעט הכפילו את מספר המכונות החשמליות שנמכרו השנה. מחקר חדש חשף שלמרות שההמטרה הרשמית של הממשלה הגרמנית היא להגיע למיליון רכבים חשמליים עד 2020, אנרגיה סולארית עם יכולות אגירה, משיגה האצה משמעותית יותר בשוק. הפער בין יחס הציבור לאנרגיה הסולארית מהיחס של הממשלה הגרמנית גדול, כך שהממשלה הודיעה כבר שתוכנית התמיכה בפתרונות האחסון הסולארי הגיעה ליעדים שלה והיא לא תמשיך יותר, אך חזרה בה בנובמבר והודיעה שפתרונות האחסון יזכו לתמיכה אחרת במהלך 2016. (משרד התשתיות, 2016)

חיסכון בחשמל/התייעלות

חיסכון בחשמל כרוך בשימור או שיפור יעילות השימוש בחשמל, כמו גם בחיסכון באמצעות ביצוע פעילויות הכרוכות בהפחתת השימוש בחשמל בבית. שיפור יעילות השימוש בחשמל פירושו בחירת טכנולוגיות המנצלות פחות אנרגיה להפעלה ביתית.

מניתוח הנתונים של ייצור סולארי מול צריכת חשמל בשנת 2014 ברחבי אילת והערבה, ראיתי שברגע שיש צריכה יותר נמוכה, החשמל מהיצור הסולארי מכסה הרבה יותר אחוזי צריכה ואף מותר עודפים שניתן לאגור ולהסיט לשעות החשיכה. במקרה הספציפי שלנו, ירידת הצריכה נבעה ממספר מופחת של תיירים. אנחנו יכולים לנסות ולהפחית צריכה בדרכים אחרות:

בניה ירוקה - מטרת הבנייה הירוקה ליצור סביבת שהייה (מגורים/עבודה ועוד) בריאה ונוחה תוך הימנעות, ככל האפשר, מפגיעה במשאבים טבעיים מתכלים ובאיכות הסביבה. בנייה ירוקה באה לידי ביטוי בשימוש בחומרים ידידותיים לסביבה ובחומרים ממוחזרים ותכנון שיאפשר חיסכון מקסימלי באנרגיה.

במרחב אילת והערבה ישנו פוטנציאל גדול מאוד לבנייה ירוקה, וניתן להגיע בתחום הבידוד ליעול ולחיסכון, בעיקר בחשמל לקירור.

טכנולוגיה של מיזוג סולארי - מיזוג אוויר הן למגורים, הן למלונות, הן למבני תעשייה ומבני ציבור הינו צרכן האנרגיה הכבד ביותר במרחב אילת והערבה בחודשי הקיץ. קיימת אפשרות טכנולוגית בה מערכות מיזוג האוויר יופעלו ע"י אנרגיה סולארית כתחליף למערכת קונבנציונלית, המופעלת בחשמל. היישום המסחרי מיועד לצרכן בגודל 70 טון קירור ומעלה עבור מבנים תעשייתיים, מסחריים וציבוריים (בעתיד יוכל להתאים גם למבני מגורים – בתים משותפים). הטכנולוגיה מבוססת על ייצור חום באנרגיה סולארית, הפעלת מכונת קירור ספיגה בקיץ, ניצול ישיר של החום התרמי

בחורף ואגירת חום למספר שעות. מערכות ספיגה קיימות כיום באופן מסחרי ובגדלים שונים. הסוג הנפוץ ביותר הוא מערכות חד-שלביות המשמשות בעיקר לייצור קור תוך שימוש בחום שיורי או מקור חום אחר בטמפרטורות של כ-85 מעלות צלזיוס. מערכות כאלה ניתנות לשימוש מיידי לקירור סולארי. ללא צורך בפיתוח נוסף, ע"י שילובן עם מערכת קולטי שמש לאספקת החום. כיום קיים יתרון כלכלי למערכות ציבוריות או מלונאיות גדולות להתקין מערכת שכזו.

מערכות חימום וקירור גיאותרמי - מעבר משימוש במערכת מיזוג סטנדרטית למערכת חימום וקירור גיאותרמית חוסכת בחשמל. החיסכון של עלות הקירור עומד על 30% בצריכת החשמל. בנוסף, כיוון שהטמפרטורה של הקרקע נשארת קבועה, אין שיאי צריכה, בעוד שבמערכת מיזוג אוויר קונבנציונלית צריכת החשמל היא בהתאם לטמפרטורה בחוץ. כשהטמפרטורה בחוץ עולה, המערכת הרגילה נאלצת להשקיע יותר אנרגיה בדחיסת החום לאטמוספירה.

מעבר לשימוש במכשירי חשמל ותאורה יעילים אנרגטית - יעילותם האנרגטית של מכשירי החשמל הביתיים נמדדת על פי תקנים שונים בהם, מדד ה-Energy Star האמריקאי ושיטת הדרוג האנרגטי הנהוגה באירופה. בישראל מחויבים כיום משווקי המקררים בציון הדרוג האנרגטי של המקרר/מזגן או כל מכשיר חשמלי אחר, בזמן הקנייה. כמו כן, מעבר לשימוש בתאורה יעילה אנרגטית, דוגמת נורת LED המפיקה רמת אור זהה לנורות הליבון הנפוצה נורות "רגילות" אך צורכת עד כ-90% פחות חשמל (דולב ואחרים, 2009).

תמריצים כספיים לחיסכון בחשמל - החשמל הכי ירוק והכי כלכלי הנו החשמל שלא יוצר ולא נצרך! ישנם מצבים בעולם בהם תוספת יצור חשמל מעבר לגודל מסוים מייקרת באופן משמעותי את עלות החשמל ובטח שמייצרת תוספת זיהום.

על מנת לשמור על יחידת גודל יצור חשמל כלכלית אל צריכה הולכת וגוברת בעולם המערבי, ישנה תוכנית המתגמלת צרכנים להפחית צריכת חשמל ולהשאיר את הגודל המיטבי של יצור חשמל. תפיסה זו לרוב מנוגדת להלך המחשבה המערבי, בו תמיד משווקים יותר, מייצרים יותר ובעיקר צורכים יותר. אני רוצה להציג מחשבה איך מייצרים פחות.

בקליפורניה בשנות ה-2000 היה משבר כלכלי חמור בחשמל בגלל פשיטת רגל של תחנות הכוח (דרישה עצומה לחשמל), מחסור בגז וחוסר תיאום בין הגופים המספקים תשתיות לציבור. המדינה החליטה לנקוט בצעדים שונים כדי להקטין את הביקושים לחשמל. הם החלו בקמפיין תקשורתי, בו הבהירו לאזרחים את מצב החירום שאליו נקלעה המדינה, וביקשו שיחסכו בחשמל. הם יצרו תמריץ כלכלי לחיסכון בחשמל בבתים הפרטיים - כלומר, כל מי שיצליח להוריד אחוז מסוים מצריכת החשמל שלו בחודשי הקיץ (ביחס לחודשי הקיץ של שנה שעברה), יקבל "בונוס" מהמדינה על כל קילואט שחסך. בקליפורניה בדקו ומצאו כי ישנה ירידה של שיא הביקוש בחודשים בכ-10.4% בממוצע. מנתון זה ניתן ללמוד שבעזרת התגייסות המגזר הביתי, ניתן להשיג בשעות שיא הביקוש חיסכון

שגדול יותר מאשר ממוצע החיסכון. עובדה זו חשובה מכיוון שהיא מגדילה את הכדאיות הכלכלית בשימוש בתוכנית להסטת ביקושים ועוזרת לתכנן את משק החשמל ולהקטין את שיאי הביקוש הצפויים.

בברזיל, במהלך שנת 2001, התפתח החשש כי רשת החשמל במדינה לא תוכל לספק את הביקוש לחשמל בתקופת הקיץ. הקושי בהתמודדות עם הביקוש לחשמל נבע מתקופת בצורת ממושכת, שפגעה בכושר ייצור החשמל בתחנות ההידרואלקטריות שסיפקו 80% מהחשמל במדינה, ומהאצה גבוהה בפעילות הכלכלית במשק, שלווה בגידול בביקוש לחשמל. במאי 2001 החליטה הממשלה להקים ועדה שתבחן את ההתמודדות עם המחסור בחשמל. המלצות הוועדה היו לנקוט צעדים דרסטיים כדי למנוע מחסור בחשמל. הצעדים, שאחד מהם היה הנחות בתעריפי חשמל לבתים שחוסכים מעבר לנדרש. (תבורי וקורת, 2012)

מודעות ושינוי התנהגות - מודעות ותכנון נכון יכולים לסייע לכל בית לייעל את צריכת האנרגיה, לקצץ בהוצאות בלי לרדת ברמת החיים ולתרום לאיכות הסביבה. זהו הצעד המיידי והפשוט ביותר ליישום, בכל המגזרים. ניתן לצמצם את הבזבז הקיים באנרגיה בפעולות כגון כיבוי תאורה ומכשירי חשמל בעת שאינם נחוצים (מזגן הפועל בחדר ריק, שימוש בתאורה חשמלית בעת שניתן להשתמש באור השמש, מטען לטלפון הסלולארי שנותר בשקע גם כאשר אינו מטעין את הטלפון, ועוד). הטמעת אופני התנהגות חסכניים יכולה להיות מושגת ע"י הסברה וחינוך לחיסכון.

הכנסת מערכת מונה נטו לבית הפרטי - שיטת מונה נטו היא הסדר התחשבות חדש בין צריכה וייצור חשמל מול חברת החשמל. השיטה היא ההסדרה הראשונה בעידן ה-Grid Parity שממחישה את המחיר הנמוך של ייצור החשמל הסולארי. המערכת הסולארית עובדת ומייצרת חשמל במקביל לאספקת החשמל מהרשת. כשיש צריכת חשמל גבוהה יותר מייצור החשמל, רשת החשמל תספק את אותו חוסר. כשייצור החשמל הסולארי גדול יותר מצריכת החשמל, לבעל המערכת יזקק קרדיט לזמנים בהם הוא שוב בעודף צריכה (יהל אנרגיה, ח"ת).

4ג. בחינה כלכלית של עלויות ייצור חשמל מהטכנולוגיות השונות

כיום החשמל המיוצר בישראל עולה כ-30 אג' לקילוואט שעה. כאמור, אילת והערבה עד לפני שנתיים התבססו על החשמל 100% המגיע מצפון הארץ + עלות הפעלת טורבינות הגיבוי בעיקר בשעות בקיץ **בעלות של 2.5 ₪ לקילוואט שעה.**

השדות הסולארים שהוכנסו לערבה בתעריפים שונים, החל מ-2.1 ₪ לקילוואט שעה ועד לשדה האחרון של תמנע בתעריף של 31 אג' לקילוואט שעה מהווים תחליף כלכלי וסביבתי אל מול ייצור החשמל מטורבינות הגיבוי (תזכורת - מופעלים בסולר ועולים 2.5 ₪ לקילוואט שעה).

בשל ירידת המחירים המאוד גדולה של הפאנלים הסולארים (ראה פרק 2ד). היום עלות קילוואט שעה מגיע ל-27 אג', מה שאנחנו מכנים "מחיר כלכלי" בשוק האנרגיה. מחיר זה זול יותר מפחם, וכמעט נוגע במחיר הגז, משמע מחיר זה מתחרה בשוק האנרגיה ללא תמיכה ממשלתית.

יתרה מכך, בשל העובדה שבאילת והערבה 340 ימים בשנה יש שמש, התפוקה של השדות הסולארים היא גבוהה באופן יחסי לעולם.

אם היו מוספים למחיר הפחם את המיסים (מוצר יחיד בארץ עליו האוצר לא גובה מיסים) ומוסיפים את המחיר הכלכלי של הטיפול במניעת הזיהום שהוא מייצר, אזי מחיר הייצור הסולארי הוא מהזולים בעולם ומחירו עוד ירד במהלך השנים הקרובות (ראה פרק 2א).

העניין מסתבך ומתייקר כאשר נוגעים בנושא האגירה, שהוא, כפי שהראיתי, חייב להיות חלק ממערכת הייצור הסולארי לצורך אמינות האספקה.

אגירה שאובה - תעריף רכישה כולל תועלות (תעריף בגין רכישת יכולת זמינה בעלת מלוא התועלות הדינמיות והתכנוניות מיחידת ייצור באגירה שאובה המחוברת לרשת ההולכה, אשר עומדת במלואה לרשות מנהל המערכת בלבד), יכולת זמינה קבועה עם מלוא התועלות הדינמיות והתכנוניות הינו 6.58 אגורות לקוט"ש זמין. משמע את העלות הזאת יש להוסיף על העלות הסולארית כמערכת המספקת 24/7 חשמל. מכאן שמערכת סולארית + גיבוי קבוע באגירה שאובה יעלו 33.5 אג' לקילוואט שעה מותקנים חשמל באילת והערבה. מחיר זה אמנם מעט גבוה מעלות החשמל בארץ אך הרבה יותר זול מעלות ייצור החשמל + גיבוי טורבינות בערבה ואילת כפי שקורה היום.

טורבינות רוח - התעריף לטורבינות רוח בינוניות וקטנות בארץ (בהתאם לרוחות השוררות סביב אילת) הנו 1.40 אג' לקילוואט שעה. מחיר זה מסובסד ואינו מגיע לתחום ה"מחיר הכלכלי" של ייצור חשמל.

מערכת מונה נטו - בשיטה זו, ייצור החשמל הוא לצריכה עצמית ומהעודף שמצטבר מתקבל זיכוי עבור כל קוט"ש בסך של 62 אג'.

מערכות עוקבי שמש - מערכות אלו אמנם מייקרות את עלות הקנייה של המערכת, אבל תורמות לשיפור ניכר בתפוקת המערכת של עד 35%, והן מחזירות את ההשקעה בזמן יחסית קצר. בעידן ה-Grid Parity (מחיר כלכלי), בו מחיר החשמל אינו תלוי מכסות ומוגבל ל-20 שנה, זמן פעולת המערכת מוגדר כ-30 שנים. במודל כזה, ברור לחלוטין שההשקעה הראשונית במערכת העקיבה היא זניחה לעומת התוספת בהכנסות המערכת במשך עשרות שנים. (גורפינקל, 2012)

חשמל תרמו סולארי - חשמל מאד יעיל, שמייצר גיבוי מיידי בשל העובדה שהוא מייצר חום וחום יחסית בקלות ניתן לאגור. עם זאת, עלות קילוואט שעה של חשמל טרמוסולארי מגיע ל-65 אג' לקילוואט שעה, ואגירת חום מגיעה לתוספת של 15 אג' לקילוואט שעה. משמע מערכת

טרמוסולארית + אגירה מגיעה ל-80 אג' לקילוואט שעה, שהיא יקרה פי אחת וחצי ממערכת סולארית + אגירה שאובה.

באירופה, היכן שעלות ייצור החשמל יקרה הרבה יותר - למשל בגרמניה עלות קילוואט שעה מגיעה ל-1.20 ₪, יש הצדקה להפעיל טכנולוגיות מסוג זה (רק שאין להם מספיק שמש...) בספרד, פורטוגל, איטליה, מדינות שעלות החשמל בהן יקרה ויש שמש, אכן מטמיעים מערכות שכאלה. ההנחה היא, שהעולם, בחיפוש המתמיד שלו אחר פיתוחים טכנולוגיים להורדת עלויות הקמה, יגיע למחירים הרבה יותר נמוכים לאגירה וייצור תרמי. בעשור הבא, יש להניח שטכנולוגיה זו תפרוץ.

כפי שכבר ציינתי, החשמל הזול ביותר והנקי ביותר הינו החשמל שלא יוצר ולא נצרך.. לאור זאת, כל הטכנולוגיות שציינתי לעיל בתחום החיסכון וההתייעלות חשובים ביותר. הבעיה - עלות השקעה ראשונית אל מול החזר הוצאות הנע בין 2 ל-6 שנים. הרבה פעמים קשה למוסדות ואנשים פרטיים להיכנס למחויבות הזו ולחכות להחזר ההשקעה. פותחו תוכניות עסקיות, בייחוד לעסקים ומבני ציבור בשם "אסקו". חברת "אסקו" היא אחד האמצעים הטובים ביותר לקדם התייעלות אנרגטית במשק. היא עובדת על פי מתן שירות עסקי של חברה אחת לאחרת בתחום ההתייעלות האנרגטית, באופן שמפחית את העלויות. באופן כללי, חברת ה"אסקו" פועלת כקבלן כללי שמבצע חבילת שירותים מותאמת ללקוח שמביאה להתייעלות אנרגטית וחיסכון בהוצאות. המודל כולל בתוכו את כל ההוצאות הכרוכות ביישום, הן המסחריות והן הטכניות, ואת כל הסיכונים הכרוכים במהלך הפרויקט. (בית הזבדי, 2012) שיטה זו יכולה בהחלט לעודד התייעלות משמעותית בייצור וצריכת חשמל.

שיטה נוספת, שלה הזדמנות כלכלית לצרכן, הנה שיטת הבונוסים על חיסכון, כפי שציינתי בפרק 4ב.

פרק חמישי - מסקנות והמלצות

בעבודת החקר שלי, בדקתי את ההיתכנות להספקה וייצור 100% אנרגיה נקייה/ מתחדשת למרחב אילת וחבל אילות במחיר כלכלי בכל שעות היממה לאורך כל השנה, במינימום פגיעה בסביבה לדורות וביצירת ענף תעסוקתי חדש בערבה.

בפרק זה, אביא את ההמלצות והמסקנות שאני חושבת שיביאו את מרחב אילת והערבה למודל בינלאומי למרחב עצמאי אנרגטית 24/7 מאנרגיה נקייה. אם וכאשר המרחב המוצע יהפוך לעצמאי אנרגטי, יהיה חסכון גדול מאוד בכסף ובחשמל, האזור יתפתח מבחינת תעסוקה ותעשייה ייחודית, ויהווה מודל עולמי לתעשייה וייצור נקי.

בכדי שהאזור יהיה עצמאי אנרגטי, צריך לשלב בין מספר דיסציפלינות וטכנולוגיות שונות המשלימות זו את זו שמצד אחד מגדילות את תפוקת ייצור החשמל הסולארי ומצד שני חוסכות ומווסתות מהלכים של התייעלות אנרגטית והסטת עומסי חשמל. יתר על זאת, העלאת המודעות בקרב הציבור, שינוי התנהגות ותמריצים כספיים לחיסכון בחשמל יביאו לכך שמרחב אילת והערבה יהיה מסוגל לייצר 100% אנרגיה נקייה ומתחדשת.

מסקנה ראשונה מתייחסת לשינוי התנהגות והתייעלות אנרגטית - מודעות ותכנון נכון מסייעים לכל בית לייעל את צריכת האנרגיה, לקצץ בהוצאות מבלי לרדת ברמת החיים ולתרום לאיכות הסביבה. זהו הצעד המידי והפשוט ביותר ליישום, בכל המגזרים, פרטי ותעשייתי כאחד. לדוגמה, הפעולות של כיבוי תאורה ומכשירי חשמל כאשר אינם נחוצים מסייעת לצמצום את הבזבז הקיים. עידוד של הממשלה לקנות מכשירים יעילים בחשמל, כגון נורות תאורה חסכוניות ע"י הגדלת יבוא של מוצרי חשמל חסכניים. במקביל, העלאת מודעות הציבור על ידי הסברה וחינוך לחיסכון יעזרו להטמעת אופני התנהגות חסכניים. ככל שנצרוך פחות חשמל, נצטרך לייצר פחות, וכפי שכבר כתבנו מספר פעמים בעבודה זו - החשמל הנקי ביותר והזול ביותר הוא זה שלא מיוצר ולא נצרך...!!

במרחב אילת והערבה, מרבית צריכת החשמל הוא לקירור בחודשי הקיץ. כדי לייעל את כמות הצריכה בתחום הזה, יש לבנות בנייה מבודדת מאוד (אולי אף לתת תמריצים למי שעומד בתו תקן ירוק כמו הנחה בארנונה) ולהחליף את טכנולוגית המיזוג הקונבנציונאלית במערכות טכנולוגיות שונות כמו אלה של מיזוג סולארי וגיאותרמי, בייחוד במבני ציבור, תעשייה ומלונאות, שם יש אפשרות להשקיע סכומים נכבדים ולייצר החזר השקעה כחלק מתוכנית עסקית. אמנם ההשקעה הראשונית גבוהה, אך לאורך השנים יהיה חיסכון בחשמל והרווח יהיה גדול מההשקעה הראשונית.

על מנת לעודד שינוי מערכתי, ניתן לחשב צריכה ממוצעת של נפש לחשמל, כפי שעשו בתחום המים כשהיה מחסור, ולהגדיר לכל בית כמות חשמל ממוצעת בהתאם למספר הנפשות לפי עונות השנה בתעריף יחסית זול. בתוך כך ישנה אפשרות לאזרח לחסוך בכמות החשמל, ואז לקבל בonus מחברת

חשמל על כל קילוואט שהוא חסך מהמכסה. על כל קילוואט שהוא עלה מהממוצע יקבל קנס. בדרך זו ניתן לעודד ולתמרץ לחסוך בחשמל, וגם לא להכניס את חברת חשמל לעלויות מיותרות של הגדלת תחנות ייצור.

מסקנה שנייה, מתייחסת להסטת עומסים ושינוי התעו"ז במרחב אילת והערבה- לדעתי, צריך לשנות את התעו"ז במרחב אילת והערבה בכדי לייצור הסטת עומסים ולגרום לכך שיצרכו יותר חשמל בזמן שיש ייצור סולארי על חשבון שעות אחר הצהריים והערב. בשעות הפסגה, מחיר החשמל צריך להיות הנמוך ביותר (בשעות אלה מיוצר הרבה חשמל סולארי). השינוי במחיר יעודד את תושבי אילת לצרוך את רוב החשמל בשעות הפסגה כי המחיר יהיה נמוך. את שעות הגבע והשפל ניתן יהיה לאחד לתעריף מעט יותר גבוה. שינוי התעו"ז למרחב אילת והערבה ולקיבוצים יוביל להסטות עומסים מכוונות של צריכת החשמל בשעות בהן התעריף זול יותר, ניתן לראות זאת בהסטות המכוונות של הקיבוצים לפי התעו"ז הקיים כיום. כך נחסוך את עלויות ההשקעה באגירה, כלומר, הסטת עומסים משעות הלילה לשעות היום.

מניתוח הנתונים של ייצור סולארי מול צריכת חשמל בשנת 2014 במרחב אילת והערבה, ראיתי שברגע שיש צריכה יותר נמוכה, החשמל מהייצור הסולארי מכסה הרבה יותר אחוזי צריכה ואף מותיר עודפים שניתן לאגור ולהסיט לשעות החשיכה. אגירה בה אני ממליצה להשתמש, הינה האגירה השאובה, בשל העלות הנמוכה שלה יחסית לשאר האלטרנטיבות (ראה פרק 2.ג). באגירה זו יוסטו עודפי ייצור חשמל משעות הפסגה לשעות שבהם יש מחסור בייצור חשמל. המחיר של אגירה הוא מעט גבוה מעלות החשמל בארץ, אך לעומת עלות ייצור החשמל וגיבוי טורבינות באילת ובערבה כיום, מחיר האגירה זול הרבה יותר, ולכן מומלץ לאגור אנרגיה סולארית על פני ייצור חשמל מסולר והפעלת הטורבינות. אגירה נוספת היא אגירה בסוללות. סוללות הן לא דבר ידידותי במיוחד, אבל בשימוש לבתים פרטיים, שידעים לייצר לעצמם חשמל משמש "מונה נטו" (ראה פרק 4.ב). סוללות הן פתרון מצוין לאגירה קטנה לצריכה עצמית בשעות החשיכה. חשוב לציין שלאגירה שאובה יתרונות נוספים של ייצוב הרשת, דבר חברת חשמל מאוד מעוניינת כחלק מהפעלת קו חשמל מאד ארוך.

מסקנה שלישית – הגדלת תפוקת הייצור הסולארי והשלמת ייצור חשמל ממקורות מתחדשים משלימים היכולים לפעול בשעות שאין שמש - כדי להגדיל את תפוקת האנרגיה הסולארית באזור

אילת והערבה, צריך שרשות החשמל תדרוש שכל השדות הסולארים המותקנים בערבה יהיו בטכנולוגיה של עוקבי שמש, מה שמתאפשר מבחינה כלכלית בעקבות העלויות הנמוכות של המערכות ותעריפי החשמל הנמוכים המעודדים ייצור מוגבר של חשמל. עוקבי שמש יעלו את תפוקת ייצור החשמל בכ- 25%-35%, וזה הינו פתרון לשעות גבע בוקר וגבע אחר הצהריים, בהן צריכת החשמל באזור אילת והערבה מוגברת.

בשעות שבהן אין שמש, בנוסף לאגירה, ישנה האפשרות ליצירת אנרגיה מביומאסה. השימוש בסוג זה של אנרגיה גם ימנע את פליטת גז המתאן לאוויר וגם ישמש אותנו כמקור חלופי של אנרגיה להפקת חשמל. הערבה הינה אזור חקלאי, ויש בה הרבה מאד ביומסה מגזם תמרים ובוצת רפתות. על כך ניתן להוסיף את כל הפסולת האורגנית מבתי המלון, שיחד מהווים כמות משמעותית לייצור אנרגיה. במהלך זה פותרים שתי בעיות במקביל: האחת מציאת פתרון לפסולת חקלאית ואורגנית מבלי לפגוע בסביבה, והשנייה יצור אנרגיה בשעות בהן אין אור. קיימת גם אפשרות להפקת אנרגיה מרוח, אך העלויות והפגיעה בסביבה הינן גבוהות. כאשר ימצא פתרון להורדת העלות הכלכלית להפקת אנרגיה מרוח (טורבינות קטנות ובינוניות) ופתרון לבעיית הפגיעה בציפורים מהטורבינות, הפקת אנרגיה מרוח תיתן פתרון נוסף לייצור חשמל בשעות גבע אחר הצהריים במרחב אילת והערבה.

מכאן שאני בהחלט ממליצה לקדם את מרחב אילת והערבה לאזור בעל עצמאות אנרגטית המתמקד באנרגיות שמש, אגירה שאובה, הסטת עומסים לשעות האור וחיסכון משמעותי באנרגיה, אם על ידי תמריצים ואם על ידי בנייה אקלימית. חזון שכזה מעודד חיסכון במשק החשמל הישראלי, פיתוח טכנולוגי, פיתוח אזורי משמעותי ויכול להציב את ישראל בקדמת הבמה הטכנולוגית העולמית בכל הקשור לפתוח מערכות יצור חשמל מבזרות (הקטנת סיכונים אסטרטגים) וניהול רשתות חכמות, תחום המתפתח בעולם בקצב מסחרר המייצר הזדמנויות נוספות להתייעלות וחיסכון

סוף דבר

תהליך כתיבת עבודת הגמר היה מסע ארוך ומשמעותי, במהלכו למדתי רבות על הנושא אותו חקרתי וגם על איך כותבים עבודה בסדר גודל כזה. התחלתי מנקודה מסוימת, בה ידעתי את הנושא הכללי אותו אחקור, אך לא ידעתי מה מצפה לי בהמשך דרכי לכתיבת העבודה..

רציתי לחקור את הנושא הזה מכיוון שאזור הערבה זה הבית שלי והמקום בו אני חיה, כך שאם באמת יצא לפועל ומרחב אילת והערבה יהיה עצמאי אנרגטי, זה משהו שישפיע עליי ועל הסביבה שלי. בנוסף, אני מודעת לכל מה שקורה בעולם בנושא של התחממות הגלובלית והרצון לצרוך כמה שפחות חשמל, כך שרציתי להעמיק וללמוד יותר בנושא ולראות כיצד ניתן לשנות זאת.

היות וחקרתי נושא אקטואלי ומאוד עכשווי, זה נתן לי את הכוח להמשיך ולהשקיע את כולי בעבודה, בשאיפה לתת המלצות ומסקנות רציניות ומשמעותיות, כך שיוכלו להתבסס על עבודתי להבאת מימוש מודל עולמי ייחודי שיציג ייצור אנרגיה נקייה מלאה לצרכי הכלכלה והאוכלוסייה באזור אילת והערבה.

עם הגשת העבודה, ברצוני להודות למספר אנשים שלקחו חלק מהכנת העבודה. בראש ובראשונה, תודה ענקית, **לדורית בנט**, המנחה הצמודה שלי, על השעות הרבות שישבה איתי בכתיבת העבודה, הסבלנות, התמיכה, העזרה הרבה והרצון לעשות את העבודה הכי טוב שאפשר. היא העשירה את הידע שלי המון ומעבר למה שציפיתי. הערכתי עליה רבה, תודה גדולה! תודות נוספות:

לאיתי סתיו שהחלה כמרכזת עבודות הגמר בבית ספר והחליפה אותה **ליאורה טימיאנקר**. תודה על ההתעניינות לאורך העבודה והעזרה בפרטים הטכניים.

לרועי מורגנשטרן (חברת חשמל), **נדב שובל** (קיבוץ יטבתה), **נוח מוריס** (קיבוץ קטורה), **ריק דניאל** (קיבוץ גרופית), **ג'ון כהן** (קטורה-"סאן") על קבלת נתוני צריכה וייצור חשמל.

לירון ליב, מהנדס חשמל ראשי של תחנת הכח באילת, על הסיור והראיון בחברת חשמל באילת.

לאהוד ספיר, סבא שלי, על העזרה בעיבוד נתוני החשמל.

למיכה דניאלי, סבא שלי, **לנורית בארי ולאיתן כהן** על ההגהה.

למשפחה ולחברים, שתמיד תמכו ברגעי משבר, עודדו ועזרו בכל הנדרש.

תודה!

ביבליוגרפיה

1. אמר נעם, עבודת גמר - "מהי ההשפעה המשוערת של חידוש הנחושת בתמנע על פיתוח כלכלי חברתי וסביבתי באזור אילת-אילות?", 2008
2. ארגוני הסביבה, (2015). "ישראל ושינויי האקלים - הצעת מדיניות לממשלת ישראל"
3. גבאי, א', שטייניץ, י' וכחלון, מ', (2015), הפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק
4. ד"ר דולב, ש', כהן-פארן, י', סגל, נ' (2009), התייעלות אנרגטית בישראל
5. מוריס שי, עבודת גמר - "ההיבטים הסביבתיים של ייצור אנרגיה מתחדשת בערבה הדרומית", 2012
6. תבורי, ל', קורת, ע', (2012), משק החשמל בישראל - הצעת ייעול באמצעות הסטת ביקושים
7. אודות חבל אילות, (ח"ת),
[/http://www.eilot.org.il](http://www.eilot.org.il)
8. איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל, (ח"ת),
<http://www.greenrg.org.il/he-il/israel-energy>
9. אילת – אילות, (ח"ת),
[/ http://www.renewable-energy-eilat.org](http://www.renewable-energy-eilat.org)
10. אנרגיה מתחדשת, (ח"ת), מתוך ויקיפדיה,
https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%94_%D7%9E%D7%AA%D7%97%D7%93%D7%A9%D7%AA%D7%98%D7%A8%D7%A7%D7%A8%D7%99%D7%9D
11. ארגון 350, (ח"ת),
<http://350.org/about/science>
12. בית הזבדי, א', משרד האנרגיה והמים, (2012), התפתחות תחום ה"אסקו" במדינות נבחרות,
<http://energy.gov.il/subjects/energyconservation/documents/escodevelopme nt.pdf>
14. גורפינקל, מ', (2012) מערכות עקיבה - טרקרים,
<http://ormash.com/%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%95%D7%A-A-%D7%A2%D7%A7%D7%99%D7%91%D7%94-%D7%98%D7%A8%D7%A7%D7%A8%D7%99%D7%9D>

15. הגן הסולארי, פעילויות איכות הסביבה, (ח"ת),
<http://www.haganhasolari.co.il/%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%99%D7%AA-%D7%A8%D7%95%D7%97>
16. המשרד להגנת הסביבה, (ח"ת), סבבה - שומרים על איכות הסביבה,
http://kids.gov.il/sababa/sababa_pool/pages/3669
17. חברת החשמל לישראל, (ח"ת), היסטוריה של ייצור חשמל בישראל,
<https://sites.google.com/site/electricitycompanynadav/electricity-company>
18. יהל אנרגיה, (ח"ת), מערכת סולארית מונה נטו,
<http://www.yahelenergy.co.il/category/%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%AA-%D7%A1%D7%95%D7%9C%D7%90%D7%A8%D7%99%D7%AA-%D7%9E%D7%95%D7%A0%D7%94-%D7%A0%D7%98%D7%95>
19. לוי, ד', (ח"ת), דפי מידע למורים ולתלמידים בנושא אנרגיה מתחדשת,
<http://www.renewable-energy-eilat.org/he/education-programs>
20. לוי, ש', (ח"ת), אגירת אנרגיה תרמית,
<https://www.iec.co.il/electricityprofessionals/doclib4/energy.pdf>
21. משרד התשתיות, (2016) כתבה - "גרמניה: השנה יותר בטריות לאחסון אנרגיה סולארית נמכרו מאשר מכונות חשמליות"
<http://www.tashtiot.co.il/2016/01/13/%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%94-%D7%A1%D7%95%D7%9C%D7%90%D7%A8%D7%99%D7%AA-496>
22. Concentrator photovoltaics, (n.d.), In Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Concentrator_photovoltaics

נספחים

נספח 1 - נתוני צריכת חשמל 2013-2014 מחברת חשמל

הקובץ גדול מאוד, שלחו בקשה להעברה במייל galsapir23@gmail.com

נספח 2 - נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ גרופית

צריכה קוט"ש	פסגה תקופה 1	פסגה תקופה 2	גבע תקופה 1	גבע תקופה 2	שפל תקופה 1	שפל תקופה 2	סה"כ
ינואר	13,910	20,080	5,790	8,430	12,160	57,060	117,430
פברואר	13,950	27,260	5,010	11,980	31,300	72,900	162,400
מרץ	8,620	22,330	4,760	10,390	27,560	66,310	139,970
אפריל	6,020	36,200	2,490	17,750	16,290	38,000	116,750
מאי	16,690	35,900	6,310	30,550	13,480	54,690	157,620
יוני	11,950	66,070	2,040	35,670	6,810	69,820	192,360
יולי	0	62,110	5,880	33,840	8,490	67,260	177,580
אוגוסט	23,780	37,680	11,290	38,370	23,070	99,840	234,030
ספטמבר	20,240	38,100	20,340	39,790	41,330	120,300	280,100
אוקטובר	15,300	64,730	15,620	29,330	36,190	59,610	220,780
נובמבר	19,100	41,630	11,120	33,030	27,760	59,610	192,250
דצמבר	11,610	36,980	4,660	16,730	7,040	36,170	113,190

קילואט שעה מצטבר

	פסגה	גבע	שפל
ינואר	41210	16990	104200
פברואר	30950	15150	93870
מרץ	42220	20240	54290
אפריל	52590	36860	68170
מאי	78020	37710	76630
יוני	62110	39720	75750
יולי	61460	49660	122910
אוגוסט	58340	60130	161630
ספטמבר	80030	44950	95800
אוקטובר	60730	44150	87370
נובמבר	48590	21390	43210
דצמבר	33990	15220	69220

מגה וואט מצטבר

שפל	גבע	פסגה	
104.2	16.99	41.21	ינואר
93.87	15.15	30.95	פברואר
54.29	20.24	42.22	מרץ
68.17	36.86	52.59	אפריל
76.63	37.71	78.02	מאי
75.75	39.72	62.11	יוני
122.91	49.66	61.46	יולי
161.63	60.13	58.34	אוגוסט
95.8	44.95	80.03	ספטמבר
87.37	44.15	60.73	אוקטובר
43.21	21.39	48.59	נובמבר
69.22	15.22	33.99	דצמבר

הספק ממוצע במגה וואט

שפל	גבע	פסגה	
0.336	0.078	0.189	ינואר
0.335	0.077	0.157	פברואר
0.175	0.093	0.194	מרץ
0.227	0.175	0.25	אפריל
0.247	0.173	0.359	מאי
0.252	0.189	0.295	יוני
0.396	0.228	0.283	יולי
0.521	0.277	0.268	אוגוסט
0.319	0.214	0.381	ספטמבר
0.281	0.203	0.279	אוקטובר
0.144	0.101	0.231	נובמבר
0.223	0.07	0.156	דצמבר

נספח 3 - נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ קטורה

קילואט שעה מצטבר

שפל	גבע	פסגה	
135240	24180	46740	ינו-13
120810	19350	37920	פבר-13
55290	24240	51510	מרץ-13
96240	60120	84090	אפר-13
115200	60210	120870	מאי-13
103320	56580	130320	יוני-13
157260	74250	86220	יולי-13
210900	83730	88770	אוג-13
157890	80880	105000	ספט-13
70110	37620	69000	אוק-13
65880	31710	88500	נוב-13
109050	21240	41190	דצמ-13

מגה וואט שעה מצטבר

שפל	גבע	פסגה	
135.24	24.18	46.74	ינו-13
120.81	19.35	37.92	פבר-13
55.29	24.24	51.51	מרץ-13
96.24	60.12	84.09	אפר-13
115.2	60.21	120.87	מאי-13
103.32	56.58	130.32	יוני-13
157.26	74.25	86.22	יולי-13
210.9	83.73	88.77	אוג-13
157.89	80.88	105	ספט-13
70.11	37.62	69	אוק-13
65.88	31.71	88.5	נוב-13
109.05	21.24	41.19	דצמ-13

הספק ממוצע במגה

וואט

שפל	גבע	פסגה	
0.436	0.111	0.215	ינו-13
0.431	0.098	0.193	פבר-13
0.178	0.111	0.237	מרץ-13
0.32	0.286	0.4	אפר-13
0.371	0.277	0.557	מאי-13
0.344	0.269	0.62	יוני-13
0.507	0.342	0.397	יולי-13
0.68	0.385	0.409	אוג-13
0.526	0.385	0.5	ספט-13
0.226	0.173	0.317	אוק-13
0.219	0.151	0.421	נוב-13
0.35	0.097	0.189	דצמ-13

נספח 4 - נתוני צריכת חשמל 2013 מקיבוץ יטבתה

קילוואט שעה שעה
מצטבר

שפל	גבע	פסגה	
שימוש בקוט"ש	שימוש בקוט"ש	שימוש בקוט"ש	חודש
241,200	43,200	86,580	ינו-13
283,140	49,920	89,580	פבר-13
203,820	40,800	69,480	מרץ-13
128,640	73,560	111,120	אפר-13
132,540	69,360	150,660	מאי-13
192,660	100,860	240,240	יוני-13
321,720	137,880	141,540	יולי-13
362,760	131,520	134,580	אוג-13
239,100	128,040	184,560	ספט-13
135,540	72,120	150,660	אוק-13
113,709	58,739	132,064	נוב-13
252,351	43,921	86,156	דצמ-13

מגה וואט שעה

שפל	גבע	פסגה	
0.778	0.199	0.398	ינואר
1.01	0.254	0.457	פברואר
0.657	0.188	0.32	מרץ
0.428	0.35	0.529	אפריל
0.427	0.319	0.694	מאי
0.642	0.48	1.14	יוני
1.037	0.635	0.652	יולי
1.17	0.606	0.62	אוג
0.797	0.609	0.878	ספ
0.437	0.332	0.694	אוק
0.379	0.279	0.628	נוב
0.814	0.202	0.397	דצ

נספח 5 - נתוני ייצור חשמל סולארי 2013-2014 אילת והערבה משדה של קטורה סאן

הקובץ גדול מאוד, שלחו בקשה להעברה במייל galsapir23@gmail.com

נספח 6 - סיכום ראיון עם ירון ליב

ב-6/2/2015, נפגשתי ביחד עם דורית בנט, המנחה של עבודת הגמר שלי, ועם ירון ליב, מהנדס חשמל ראשי של תחנת הכח באילת. בראיון קבלתי סקירה על אופן ייצור וצריכת החשמל באילת והקשר שלו לייצור הכללי בישראל. בנוסף, ירון ליב עשה לנו סיור בתחנת הכוח באילת. כעת אביא את עיקרי הדברים מהשיחה:

התחנה באילת מספקת 100 מגה וואט משלוש טורבינות שעובדות על סולר וחומר ניסיוני בשם מטנול. מטנול + גז שהפכו אותו לנוזל. האנרגיה שמיוצרת בתחנה והאנרגיה שמגיעה מצפון הארץ (רמת חובב, דימונה ואשקלון), מוזרמות לתחנת משנה שמורידות את מתח החשמל ואז מוזרמות לכיוון הצרכנים.

התחנות ברחבי הארץ מרושתות אחת עם שנייה. כל התחנות לייצור חשמל קשורות זו לזו ולפעמים אנרגיה מאילת מגיעה לאזור אשקלון ולהיפך.

אילת היא לא "אי בודד".

הגנראטור יופעל רק אם יש חוסר בשאר הארץ - אין קשר לשעות השיא באילת.

ככל שאנחנו צורכים יותר, יש אבידה במתח בגלל איבודים לאורך מתח החשמל. כדי להעלות את המתח, צריך להפעיל את הטורבינה. אגירה שאובה היא אחד הפתרונות לעיצוב המתח.

ככל שיש יותר יחידות יצור מפוזרות ברחבי הארץ, יש אפשרות לניווט טוב יותר ביניהם.

אילת היא 1% מצריכת החשמל בישראל.

איבודי החשמל שעוברים בעמודים זניחים.