

שילוב מתקני אגירה ברשת החשמל

1. אופטימיזציה לשילוב מתקני אגירה מהיבט מערכת ההולכה

במסגרת תוכנית הפיתוח, בוצעה בחטיבת תכנון אופטימיזציה של שילוב מתקני אגירה במערכת ההולכה תוך ניצול מיטבי של משאבי הרשת לקליטת מתקני יצור באנרגיות מתחדשות. המטרה היא לקבוע את התמהיל האופטימלי לפיתוח המערכת לרבות הקמת קווים תחמשיים ומתקני אגירה. באמצעות אופטימיזציה זו ניתן להצביע על מיקומם והספקם הנדרש של מתקני האגירה. האופטימיזציה בוצעה באמצעות כלים סטוכסטיים המבצעים הדמית המערכת הסתברותית, המתבססת על מודל מתמטי של מערכת ההולכה, תחזיות שעתיות של ביקוש לחשמל וייצור האנרגיה. מטרת האופטימיזציה לנצל באופן אופטימלי את משאבי רשת ההולכה תוך שימוש במתקני האגירה לקליטת אנרגיות מתחדשות.

1.1 מתודולוגיה

בוצעה אופטימיזציה לקביעת מיקום והיקף של מתקני אגירה באמצעות תוכנת TERA (תוכנת סימולציית מונטה קרלו כרונולוגית הכוללת את מערכות הייצור וההולכה לצורך תכנון מערכת ההולכה והערכת סיכונים, תוכנה זו פותחה בעבר ע"י מהנדסי האמינות בנגה ושודרגה לצורך חישוב היקף ומיקומי האגירה במערכת). אלגוריתם הסימולציה מבצע קטימת יצור מינימלית של מתקני פי-וי, על מנת לסלק העמסות יתר במערכת ההולכה במטרה לשמור על אמינות אספקת האנרגיה במערכת. התקנת מתקני אגירה המתחברים דרך רשת ההולכה או דרך רשת החלוקה לתחנות משנה שבהן האנרגיה הקטומה גבוהה ביותר, כך שהאנרגית PV הקטומה (Curtailed Energy) עקב גודש במערכת ההולכה תהיה מינימלית. עבור כל מיקום רלוואנטי (בו כמות האנרגיה הקטומה מירבית) נבדקו הוספת היקפים שונים של מתקני אגירת אנרגיה, וחושבה עבור כ"א כמות אנרגית PV קטומה וההפחתה באנרגיה הקטומה לפי הספק אגירת האנרגיה המותקן וכן את משטר העבודה (שעות טעינה/פריקה) של מתקני האגירה (דוגמא לניתוח אזור בארץ ראה בנספח 1).



1.2 מתח חיבור של המתקנים

מתקני האגירה צריכים להיות באזורים עם ריבוי של מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות כאשר התקנת מתקני האגירה מאפשר ניצול אופטימלי של משאבי הרשת ומיקסום יכולת הרשת לקליטת אנרגיה מתחדשת. בהתאם לעבודה שבוצעה בנושא פוטנציאל מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות רוב המתקנים יהיו ברשת החלוקה והשאר יהיו מתקנים גדולים שיחוברו לרשת ההולכה במתח 161 ק"ו, לפיכך התועלת המקסימלית ממתקני האגירה תתקבל כאשר מתקנים אלו יהיו מחוברים קרוב "חשמלית" ככל האפשר למתקני ייצור באנרגיות מתחדשות. יש לציין כי במתח על עליון 400 ק"ו – לא צפויים להיות מחוברים מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות לכן מנהל המערכת לא רואה נחיצות לחבר מתקני אגירה לרשת זו.

2. שילוב מתקני אגירה במערכת החלוקה מהיבט המערכת

במסגרת הכנת תוכנית פיתוח אינטגרטיבית לצורך עמידה ביעד הממשלה ובהתאם לרישיון שניתן לחברת "נגה", להנחות בדבר דרישות מערכתיות הקשורות לקליטת ייצור מבזר ואגירה במערכת החלוקה, פותחה ע"י מהנדסי האמינות בנגה תוכנת ESPOS (תוכנת אופטימיזציה מבוססת אלגוריתם גנטי למיקום ואופן פריקה וטעינה של מתקן אגירה ברשת החלוקה) על מנת לבדוק את היעילות של התקנת מתקני אגירת אנרגיה ברשת החלוקה ובאמצעותה ניתן למצוא מיקום ומשטר הפעלה אופטימליים של מתקן האגירה.

2.1 מתודולוגיה

מטרת האופטימיזציה הינה למזער את עומס השיא בקו החלוקה, בקטע הקו היוצא מתחמ"ש, בכפוף לאילוצי זרם ומפל מתח. התוכנה מספקת את המיקום של מיתקן אגירה ומשטר טעינה ופריקה האופטימליים, עקומת העומס יומית בקו החלוקה המחובר לפס הצבירה של התחמ"ש והודעות על חריגות מתח וזרם (מיקום וגודל החריגה) במקרים שהם קיימים. התוכנה מבוססת על AC Load flow אשר מקבלת את הזרם והמתח עבור כל פס וקו במהלך היממה על בסיס מיקום נתון ומשטר טעינה ופריקה נתון של מתקן האגירה.

אלגוריתם גנטי משמש כמנוע אופטימיזציה. אלגוריתם זה מייצר פתרונות אקראיים (מיקום ומשטר) ומכוון חיפוש לקראת פתרונות טובים יותר בהתבסס על הערכת איכות הפתרון המסופקים מ- Load flow AC.

לצורך הערכת עקרונות הבסיסיים וניסוח המלצות כלליות בוצעה האופטימיזציה על מספר קווי מתח גבוה בתסריטי ייצור וצריכה שונים, מיקום שונה של יחידות ייצור וריכוז שונה של הצריכה לאורך הקו (דוגמא לניתוח קו חלוקה ראה בנספח 2).

3. סיכום

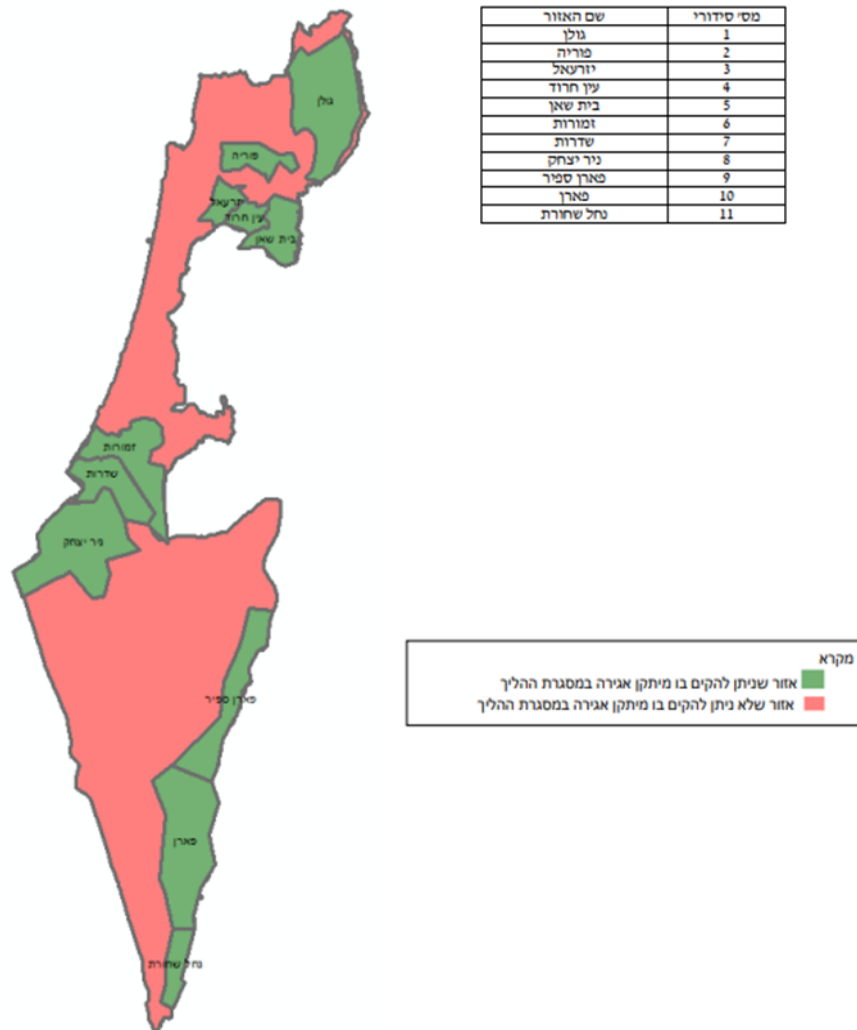
- ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בהיקף של 30% מחייב הקמת מתקני האגירה, הן מהיבט מערכת הייצור והן מהיבט מערכת המסירה.
- מיקום מתקני אגירה נקבע ע"י מנהל המערכת לקבלת התועלות המירביות ממתקנים אלו:
 - ניצול אופטימלי של משאבי הרשת (ההולכה וההשנאה).
 - הגדלת יכולת המערכת לקלוט מתקני ייצור באנרגיות מתחדשות
 - צמצום השקעות תוך שמירה על קריטריוני התכנון.
- ההמלצה למיקום גיאוגרפי של מתקני אגירה במתח עליון ומתח גבוה נקבעה בהתאם לפריסה גאוגרפית של פוטנציאל ישים של המתקנים באנרגיות מתחדשות.
- העדיפות להקמת מתקני האגירה הינה לאתרים בהם אחוז האנרגיה הקטומה עקב גודש בהולכה הוא הגדול ביותר, כאשר מתקני אגירה אלו מביאים להפחתה מרבית של כמות אנרגיית PV קטומה תוך יעילות מרבית של מתקני האגירה וניצול משאבי הולכה.
- קיימת תועלת בהתקנת מתקני אגירה ברשת החלוקה כאשר מותקן הספק ייצור גבוה של PV במערכת החלוקה באזור שיאפשר צמצום השקעות, מהיבט של פיתוח רשת חלוקה והשנאה בתחנות המשנה.
- החלוקה בין מתקני אגירה ברשת מתח עליון לבין מתקני אגירה ברשת מתח גבוה הינה באופן היחסי להספק הייצור של PV באותו אזור.
- הנחיית מנהל המערכת למיקום מתקני אגירה ברשת החלוקה: כאשר היקף ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בקו הינו דומיננטי ביחס לביקוש לחשמל, מיקום

אגף תכנון ופיתוח
מגזר פתוח המערכת אמינות וציוד

מתקן האגירה האופטימלי הוא בין יחידת הייצור ותחמי"ש, בסמיכות למתקן הייצור.

- התועלת המערכתית מהתקנת מתקני אגירה ברשת החלוקה הינה בתנאי שמשטר העבודה של מתקנים אלו יקבע אגרגטיבית ברמת שנאי תחמי"ש ע"י מנהל המערכת.
- בהתאם לקריטריונים המתוארים לעיל, בתרשים להלן מתוארת מפת תעדוף מיקומים למתקני האגירה:

נספח ג': מיקומים אפשריים למתקני אגירה במסגרת הליך תחומי מס' 1
לקביעת תעריף זמינות למתקני אגירה המתחברים לרשת ההולכה



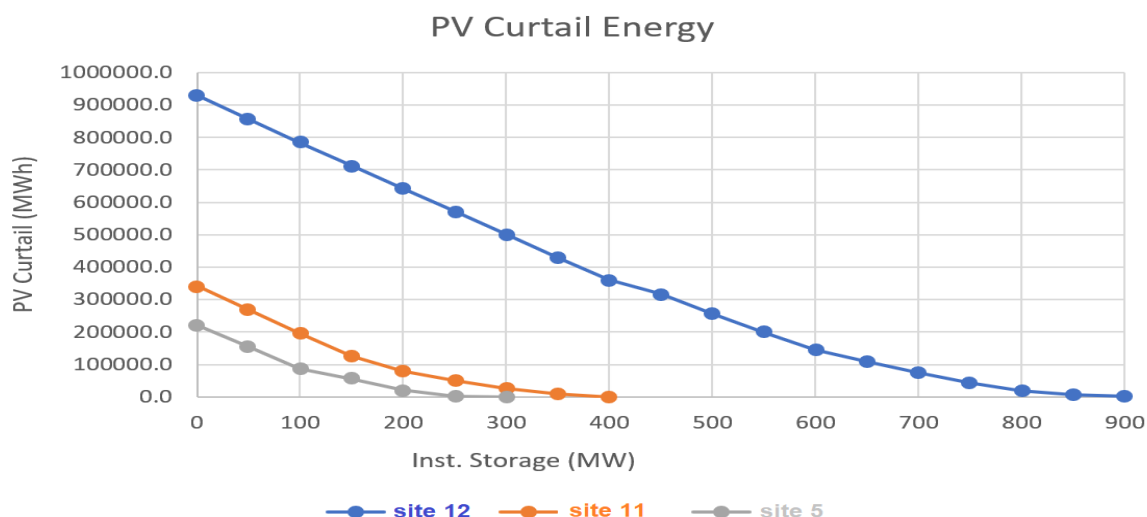
נספח 1 - דוגמא לניתוח אחד האזורים בארץ:

הסימולציות כללו הרצות שעתיות-שנתיות שבוצעו 50 פעמים עבור אותה שנה באמצעות תוכנת TERA.

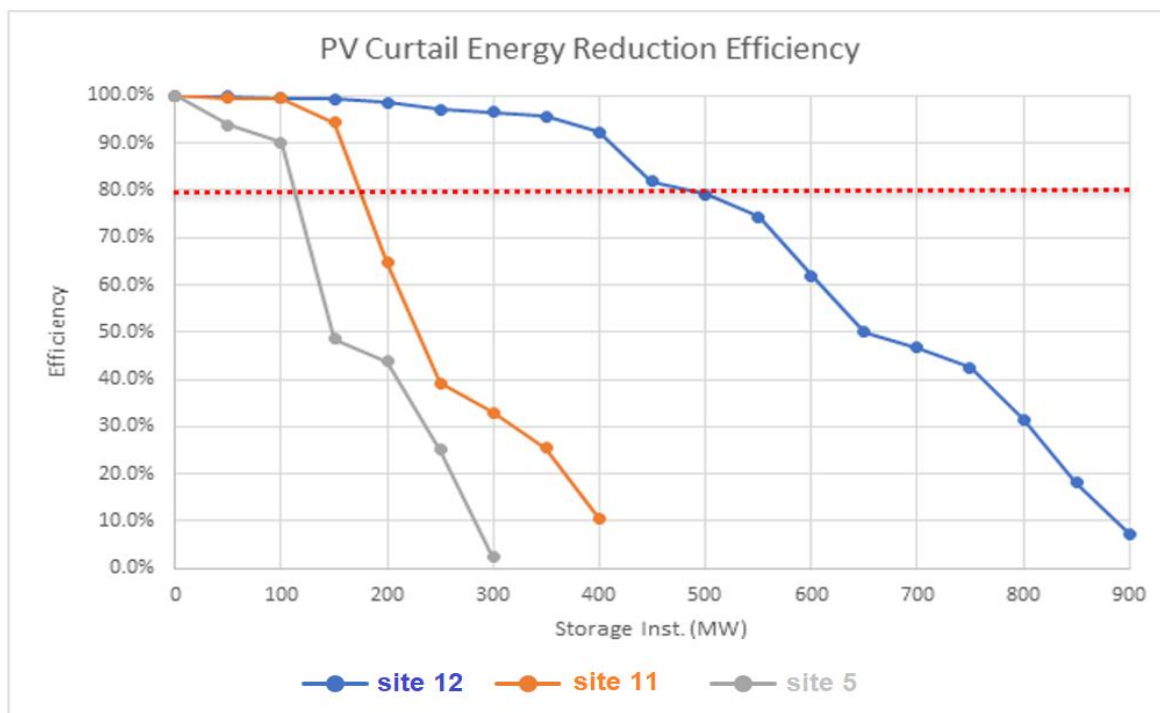
בטבלה להלן מוצגות תוצאות אנרגית פי-וי קטומה, כדי לסלק גודש במערכת:

שם האתר	סה"כ אנרגית פי-וי שנתית מיוצרת (MWh/Year)	אנרגיה פי-וי שנתית קטומה (MWh/Year)	מספר שעות בשנה בהם יש קיטום	אנרגיה קטומה / אנרגיה מיוצרת (%)
Site 1	193,578	13,008	829	6.72%
Site 2	228,137	548	37	0.24%
Site 3	471,477	827	16	0.18%
Site 4	76,626	178	14	0.23%
Site 5	824,354	221,793	2,507	26.91%
Site 6	360,459	1,478	34	0.41%
Site 7	486,134	59	1	0.01%
Site 8	182,226	17	1	0.01%
Site 9	2,070,888	2,420	50	0.12%
Site 10	2,449,893	1,847	13	0.08%
Site 11	1,283,645	340,927	2,065	26.56%
Site 12	3,040,184	930,276	2,719	30.60%

עבור כל מיקום רלוואנטי (בו כמות האנרגיה הקטומה מירבית, מסומן באפור בגרף לעיל) נבדקה הוספת היקפים שונים של מתקני אגירת אנרגיה. להלן מוצגת כמות אנרגיה קטומה כפונקציית הספק אגירה מותקן (הסימולציות כוללות התקנת מתקני אגירה בטווח רחב של הספק מצרפי, כאשר הספק של כל יחידת אגירה נוספת הינה 50 מגווא"ט ל-4 שעות):



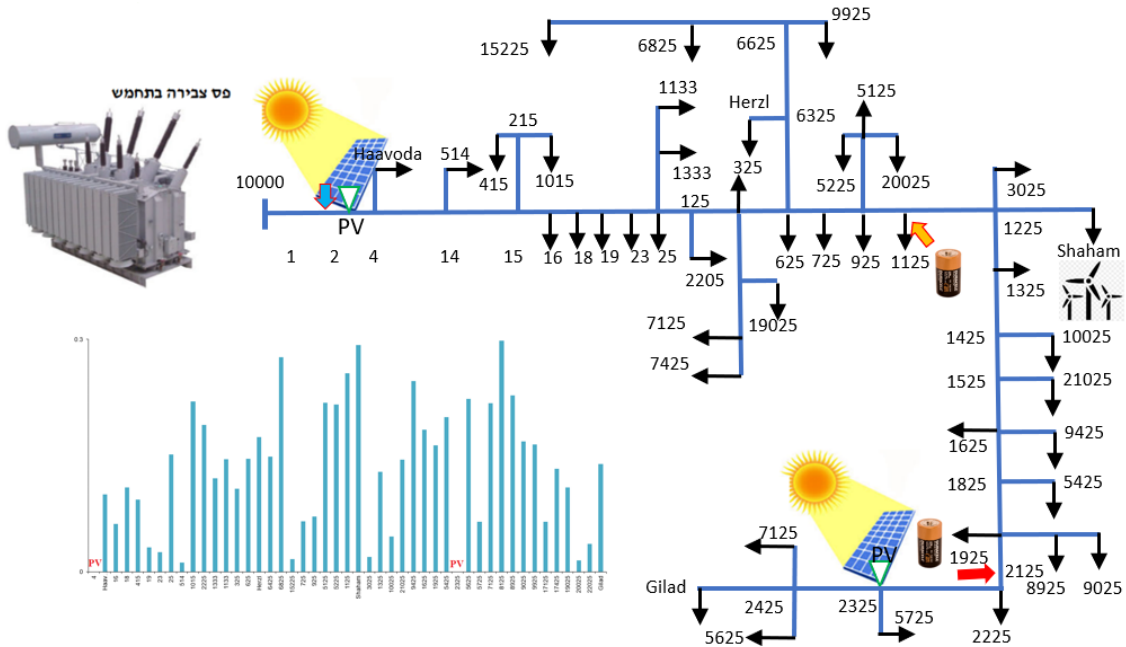
בנוסף חושבה יעילות הקטנת אנרגיה קטומה כפונקציית הספק אגירה מותקן, כפי שניתן לראות בגרף הבא:



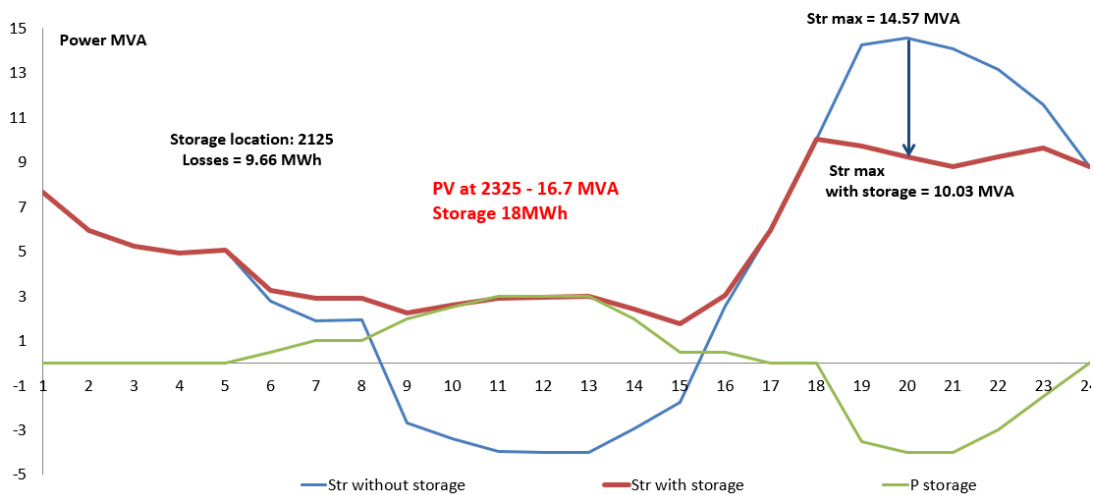
- ❖ מתקני האגירה הראשונים שהותקנו (בגרף לעיל מעל הקו המקווקו האדום) הם בעלי התרומה המרבית להקטנת האנרגיה הקטומה (ככל שמתקינים מתקנים נוספים באתר בו יש קיטום היעילות של המתקנים יורדת).
- ❖ שימוש בקריטריון התקנת מתקני אגירה בעלי יעילות של לפחות 80%, מביא להמלצה להתקנת מתקני אגירה בהקף של 700 מגוואט באזור שנבדק.
- ❖ התקנת מתקנים בעלי יעילות של לפחות 80% מאפשרת להקטין את האנרגיה הקטומה באזור הנבדק ולאפשר קליטה של עוד כ-950,000 מגוואט"ש אנרגיה פי-וי שנתית. כך שסה"כ האנרגיה הקטומה באזור הינה 4.5% מהאנרגיה הפוטנציאלית.

נספח 2 - דוגמא של סימולציה על קו חלוקה:

קו מתח גבוה בתסריטי ייצור וצריכה שונים, מיקום שונה של יחידות ייצור וריכוז שונה של הצריכה לאורך הקו:



פלט התוכנה: מיקום ומשטר הפעלה אופטימלי של מתקן האגירה, משטר עקומת העומס יומית בקו החלוקה



– בכחול – עקום העמסה ללא מתקן אגירה, באדום – העמסה עם מתקן אגירה, בירוק – משטר טעינה ופריקה אופטימלי של מתקן האגירה