

נספח ג'.2: אנרגיה תרמית סולארית

חברת "סולל", מערכות סולריות בע"מ, רחוב ההכשרה 3, אזור תעשייה ברוש (מערב), ת.ד. 811, בית שמש, 99107

מבוא

אי היציבות בהספקת החשמל ומחירו באזורים שונים בעולם במהלך השנה החולפת הדגישו את הפגיעות והרגישות להספקת אנרגיה. צריכת החשמל עולה בקביעות עם העלייה באיכות החיים – דרישה לתשתיות מיזוג אוויר גם באזורים שלא מוזגו בעבר, וצורך להיענות לצרכים של פיתוח תשתיות במדינות מתפתחות. על פי תחזית הצריכה מעריכים כי בארה"ב בלבד יידרשו עוד כ-1300 תחנות כוח חדשות עד לשנת 2020, אשר יחליפו תחנות כוח מיושנות ובלתי יעילות. בישראל יש תוכניות להגדלת תפוקות האנרגיה - הקמת תחנות כוח נוספות הפועלות על פחם וגז טבעי ותחנות המנצלות מקורות מתכלים ונקיים – רוח ושמש (אנרגיה סולארית).

עד לאחרונה יישום תחנות כוח סולאריות כמקור ליצירת חשמל היה שולי, אולם בעתיד נראה כי נתח שוק הספקת החשמל מתחנות כוח סולאריות ילך ויגדל משיקולים אקולוגיים, כלכליים ופוליטיים.

לצד העלייה בדרישה להספקת חשמל קיימת דרישה גוברת לאנרגיה נקייה, אמינה וכלכלית. אנרגיה גיאו תרמית, ביו-מס, אנרגיית רוח, אנרגיית חשמל סולרית מתאים פוטו-וולטאים ואנרגיית חשמל תרמית סולרית משמשים מקורות לאנרגיה נקיה. יישום הטכניקות השונות נקבע על פי זמינות מקור האנרגיה – גאו תרמי ליד נביעות חמות, רוח במקומות עתירי רוח, ביו-מס באזורים חקלאיים ותחנות חשמל תרמיות סולריות באזור "חגורת השמש". עקב המחיר הגבוה - השימוש העיקרי בתאים פוטו-וולטאים הוא להספקה מקומית של תאורה בהספקים מוגבלים.

ההשפעה של זיהום הסביבה על הבריאות והחשש לביטחון המדינה עקב אי הספקת דלק ממדינות ערב, וקרינת השמש הגבוהה במיוחד בדרום הארץ, הופכים את האנרגיה הסולרית לכדאית יותר מבחינה כלכלית הן לממשלה והן לחברה עצמה.

אנרגיה תרמית סולארית

אנרגיה זו מנצלת את אנרגיית השמש לייצור חשמל, חימום מים ומיזוג אוויר. סוג הפתרון נקבע בהתאם לדרישות היישום והתפוקה החשמלית הנדרשת:

- **תחנות כוח להספקת חשמל לרשת (תחום טמפרטורה – 400 מעלות צ'') :** אנרגיית השמש מרוכזת ע"י מראה בצורת שוקת פרבולית (**Trough System**) הקולטת את קרינת השמש ומחממת שמן שבעזרתו מופק קיטור. הקיטור הסולרי מפעיל טורבינת קיטור רגילה. ביום מעונן עם קרינה נמוכה הטורבינה תופעל ע"י דלק מתכלה לגיבוי. תחנות אלו הוקמו בקנה מידה מסחרי.
- **תחנות כוח מבוזרות (תחום טמפרטורה -300 מעלות צ') :** שדה קולטים קטנים בתצורת שוקת המשמש תחנות כוח קטנות בהספקים של 100 קילוואט עד 10 מגה-ואט. תחנות כוח אלו מתאימות ליישומים מסחריים ותעשייתיים, כגון עיירות וכפרים, ביישובים קהילתיים ומחנות צבא המרוחקים מרשת הספקת החשמל. תחנות אלו יכולות לספק חשמל בצורה עצמאית, עם או בלי חיבור לרשת החשמל הארצית. התחנות פועלות על אנרגיה סולרית מקולטי השמש או מדלק מתכלה. אחד מיתרונותיה העיקריים של האנרגיה התרמית סולרית הוא מקדם הקוגנרציה. נוסף להפקת חשמל, המערכות יכולות לספק מים חמים או קיטור לחימום, מי קירור למיזוג אוויר או לכל יישום הצורך אנרגיה תרמית. הוקמו תחנות הדגמה – בתהליך תיעוש.
- **תחנות כוח מבוזרות במבנה צלחת/מנוע (Dish/Engine System) :** תצורה של צלחת פרבולית מרחבת המרכזת את קרני השמש למוקד ובו ממוקמים קולט ומערכת מנוע תרמי עם גנרטור חשמל. תחומי הספק 10-50 קילוואט. הוקמו יחידות הדגמה בלבד – מחיר יקר יחסית.
- **מגדל שמש - Tower System (תחום טמפרטורה – מעל 400 מעלות צ') :** שדה של מראות בעלות יכולת מעקב אחר השמש בשני צירים, המרכזות את קרני השמש למערכת קליטה המותקנת על מגדל במרכז שדה המראות. האנרגיה המתקבלת נקלטת ע"י נוזל אשר משמש מקור אנרגיה למחולל קיטור להפעלת טורבינת קיטור. הוקמו מערכות מחקר להמשך פיתוח הטכנולוגיה.

- **מערכות להספקת חום משדות קולטים או מקולטים בודדים (תחום טמפרטורה 30 עד 200 מעלות צ'':)**
מערכות מבוזרות המספקות מים חמים לרחצה או לחימום הסביבה, מי קירור למיזוג אויר וקיטור לתעשייה על ידי שימוש במגוון סוגים של קולטים סולאריים המותאמים ליישום בהתאם לתחום הטמפרטורה ותצורת המערכת. הוקמו מערכות שונות בהיקפים תעשייתיים ובוצעו התקנות רבות של קולטים לחימום מים ביתי.

תחנת כוח תרמית סולארית להספקת חשמל היא תחנת כוח קונבנציונלית המופעלת ע"י שני מקורות אנרגיה - אנרגיה סולרית כמקור אנרגיה עיקרי ודלק מתכלה לגיבוי. שני מקורות האנרגיה מספקים חום לדוד (BOILER) להפקת קיטור המוזן לטורבינה. כדי להשיג את הטמפרטורה הנדרשת ליצירת קיטור בנצילות גבוהה ביחידת הכוח (power block) יש צורך לרכז את קרני השמש.

בקרינה נמוכה או ביום מעונן יימשך ייצור החשמל תוך שימוש בדלק מתכלה לחימום דוד השמן להפקת קיטור. היתרון הבולט של תחנת כוח סולרית תרמית הוא היכולת להפיק חשמל מיחידת כוח קונבנציונלית.

מקור החום לתחנת הכוח הוא שדה הקולטים המורכב משורות של מראות פרבוליות (parabolic trough) העוקבות במשך היום אחר מהלך השמש ברקיע, מרכזות את קרינת השמש הישירה לצינור קליטה הממוקם במוקד הפרבולה. צינור הקליטה מכיל שמן או נוזל להעברת חום (Heat Transfer Fluid) המתחמם לטמפרטורה של 400 מעלות צ' ומסוחרר דרך צינורות הקליטה. השמן החם מוזרם למחליף חום הנמצא בדוד הקיטור וממיר מים לקיטור המוזן לטורבינה בתחנת הכוח.

תשעה שדות סולאריים בהספק כולל של 354MW פועלים בהצלחה זה 15 שנה. השדות הוקמו ע"י לוז תעשיות במדבר מואבי בדרום קליפורניה (Mojave Desert Southern California) - 1984 עד 1990 - ומהווים כ-90% מתפוקת החשמל הסולארי בעולם. יעילות השדות הסולאריים כיום גבוהה מהביצועים המקוריים בלמעלה מ-20%, כתוצאה מיישום שיפורים טכנולוגיים שפותחו בחברת סולל. השדות מספקים חשמל לחצי מליון תושבים ומהווים תחליף ל-2 מליון חביות נפט לשנה.

משרד התשתיות החליט להכניס לתוכנית הפיתוח של חברת החשמל הקמת תחנת כוח סולרית בהספק של MW100 באזור דימונה שבנגב, כחלק מפרויקט כולל של MW 500. התחנה מתוכננת לספק חשמל לרשת בשנת 2005.

תחנת הכוח הסולרית במדבר מואבי בדרום קליפורניה.



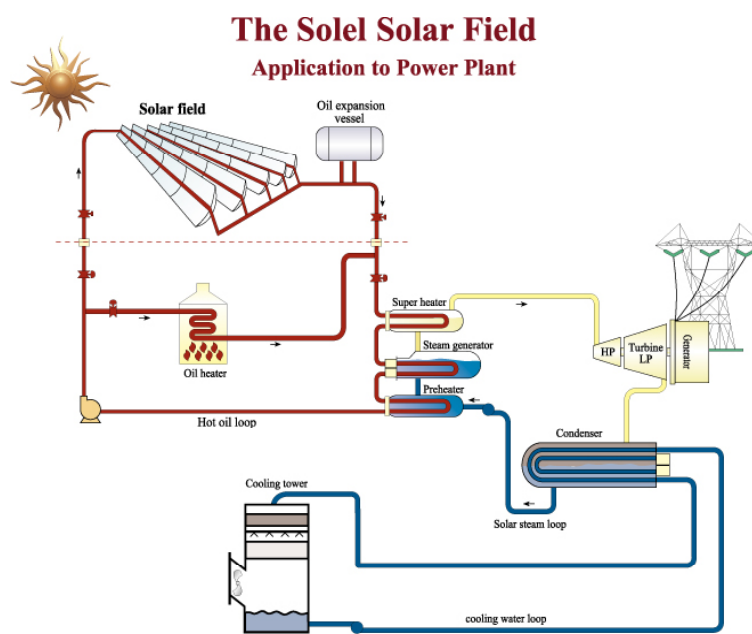
תחנות כוח מבוזרות

תחנות כוח קטנות בתחום הספק של 100 קילו-ואט עד 10 מגה-ואט מוקמות בדרך כלל במקומות רחוקים מהרשת. תחנות אלה יכולות להתחבר לרשת החשמל הארצית או להתנתק ממנה. התחנות תואמות לתחום רחב של יישומים מסחריים ותעשייתיים כגון בניני משרדים, קהילות קטנות, קיבוצים, בתי מלון, בתי חולים, אזורי תעשייה ובתי סוהר - מקומות בהם יש דרישה לחשמל, חימום מים, קירור וצריכת קיטור.

תחנות כוח סולריות מבוזרות פועלות 24 שעות ביממה, תוך שימוש בדלק לגיבוי האנרגיה הסולארית בשעות החשכה (גז סולר וכו') גורם המשפר את הכדאיות הכלכלית. תחנות כוח מקומיות נותנות מענה מקומי ואיכותי להספקת חשמל למקומות מבודדים.

היתרונות של תחנות הכוח המבוזרות

- מספקות עצמאות וגמישות, ומפחיתות את התלות בנפט
- משפרות את אמינות האנרגיה ואיכותה
- משמשות מקור אנרגיה יציב הניתן לשליטה גם במחיר
- גורמות לביזור הספקת חשמל - יתרון ביטחוני אסטרטגי
- מספקות חשמל ברמת אמינות גבוהה למערכות אלקטרוניקה ומחשבים
- יכולות לספק מערך קוגנרציה של חימום, קירור והספקת חשמל
- מורידות עלויות של הקמת תשתית רשת החשמל
- מהווה מערכות ידידותיות לסביבה, שקטות ונקיות
- מוקמות בזמן קצר, ומספקות פתרון מידי לצריכה מקומית



תאור המערכת

השדה הסולרי הוא המרכיב הראשי של תחנת הכוח הסולארית המבוזרת. לתחנות כוח בהספק נמוך מ-1 מגה-ואט משתמשים בטורבינה מטיפוס מחזור רנקין אורגני (Organic Rankine Cycle) לצורך הפקת החשמל. השדה הסולרי מהווה את מקור האנרגיה התרמית לייצור הקיטור באמצעות דוד מחליף חום. הקיטור מניע את הטורבינה ואת הגנרטור

המייצר הספק חשמלי. נוסף להפקת החשמל ניתן להשתמש במים החמים היוצאים ממעבה הקיטור כמקור אנרגיה למכונת קירור או חימום ביישומים תעשייתיים או ביתיים.

השדה הסולרי מכיל שני רכיבים עיקריים:

- **יחידות קליטת החום** – מודול יחידת קליטה בנוי משש שורות של קולטים בעלי יכולת עקיבה אחר השמש סביב ציר השורה. שורות הקולטים מחוברות לגל הנעה המסובב אותם בהתאם לגלאי השמש המזין את זווית השמש ומקומה ביחס למערכת. שורות הקולטים מכוסות בזכוכית מחוסמת המצופה בציפוי אנטי רפלקטיבי, להגברת מעבר האור. גוף הקולט אטום לחדירת אבק וכולל מערכת שטיפה אוטומטית למניעת הצטברות אבק ולכלוך. מערכת ההפעלה של השדה נעשית בתצורה אוטומטית ללא מגע יד אדם. ההשקעה בתפעול ובתחזוקת המערכת נמוכה ביותר.
- **מערכת סחרור שמן** – כוללת צנרת, סעפות, מערכת משאבות ומיכל מאגר והתפשטות. מערכת הצינורות מובילה את החום הסולרי לתחנת הכוח (power block) דרך סדרת מחליפי חום ומשאבות. מחליפי החום מעבירים את חום השמן למים המומרים לקיטור והוא מסופק לטורבינה המניעה את הגנרטור להפקת חשמל.

תחנת כוח סולרית בסולל – מערכת קליטה ויחידת כוח (power block)



ייתכנות כלכלית של אנרגיה תרמית סולרית

מחיר קילו-ואט שעה חשמל המופק ממקור אנרגיה תרמית סולרית, נמצא במגמת ירידה מתמדת מאז כניסת הטכנולוגיה לשוק. באמצע שנות השמונים מחיר קילו-ואט שעה חשמל סולרי מופק מהתחנות שהוקמו על ידי "לוז" בקליפורניה, היה בין 30 ל-40 סנט. בתחילת שנות ה-90 ירד מחיר החשמל המופק ל כ 11 סנט. היום מוצע החשמל הסולרי שיופק בתחנות היברידיות במחיר של כ-5-6 סנט לקילו-ואט שעה. מחיר זה מושג כתוצאה משיפורים טכנולוגיים, בשילוב יתרון הגודל של הקמת מערך משולב להפקת 500 מגה-ואט חשמל תרמי סולרי באתר אחד.