



אבי גנקובסקי - אסיסטנט בע"מ
avi@asystems.co.il



יש חשמל באוויר

טורבינות רוח קטנות לייצור חשמל

באנרגיה מתחדשת יש ניצול של משאבי הטבע ליצירת אנרגיה שאינה נגמרת לעולם. בצד האנרגיה הסולרית מתפתחת בשנים האחרונות אנרגיה מן הרוח. בישראל יש כמה אזורים מועדפים שבהם יש תנועת רוח ראויה שאפשר להפיק ממנה חשמל ובכך להשתלב בצרכי הסביבה וגם להפיק הכנסה נוספת.

אנרגיה מתחדשת

בשנים האחרונות עוברת ישראל מיני מהפכה ירוקה. לאחר שנים של פיתוח טכנולוגיה לטובת ארצות אחרות, החליטה הממשלה באמצעות רשות החשמל, להשקיע באנרגיה ירוקה לטובת גיבוי רשת החשמל מחד, ולטובת הצרכנים והמשקיעים הירוקים מאידך. רבים טוענים כי אין בכך די וכי מעטים נהנים מהרווחים על חשבון כלל הציבור, אולם בשנתיים האחרונות נושא החשמל הירוק נכנס חזק לתודעת אזרחי המדינה. לאחר שנוצלה כמעט כל המכסה הסולרית המקורית, פורסמו בספטמבר 2009 תקנות רשות החשמל לטורבינות רוח קטנות. מאמר זה יסקור על

קצה המזלג את נושא ניצול אנרגיית הרוח לטובת ייצור חשמל ויעניק הבנה בסיסית בנושא המורכב הזה. משחרר ההיסטוריה האנושית ידע האדם לרתום את הרוח לצרכיו השונים. בין אם בליבוי בערת אש לצורך חימום, שימוש בסירות מפרש במסעותיו של קולומבוס ובין אם הנעת גלגלי שיניים בטחנות רוח בהולנד. טורבינת הרוח הראשונה לייצור חשמל הומצאה בשנת 1888 על ידי הממציא האמריקאי צ'ארלס ברש. מאז העיקרון נשאר זהה - רוח מסובבת להבים אשר מניעים גנרטור - אולם הטכנולוגיה וניצול האנרגיה השתפרו רבות עם השנים.

אנרגיית הרוח מגיעה מן השמש... זו מחממת את איזור קו המשווה יותר מאשר את הקטבים. הפרשי הטמפרטורות יוצרים הבדלי לחצים ותזוזת האוויר הזו - היא הרוח

אנרגיית הרוח

אנרגיית הרוח מגיעה מן השמש... זו מחממת את איזור קו המשווה יותר מאשר את הקטבים. הפרשי הטמפרטורות יוצרים הבדלי לחצים ותזוזת האוויר הזו - היא הרוח. גם בקנה מידה קטן יותר ובגובה נמוך יותר מעל פני הקרקע, הרוח נוצרת כתוצאה מהפרשי לחצים וטמפרטורות. הרים ועמקים, יערות ומבנים מנתבים את הרוח ויוצרים הבדלי מהירויות גם בטווחים קצרים. את מהירות הרוח וכוונה מודדים באמצעות מד רוח (אנמומטר) ולרוב משתמשים בקנה מידה של מטר לשנייה. לצורך ההמחשה, מהירות רוח של 10 מטר לשנייה שווה ל-36 קמ"ש.



טורבינת רוח קטנה

טורבינות גדולות וקטנות

בעולם ישנה הבחנה ברורה בין טורבינות רוח גדולות לקטנות. הבדל ראשון הוא כמובן בגודל הטורבינה, לא רק הפיזי, אלא גם בתפוקת הגנרטור. טורבינות קטנות מכילות גנרטורים של עד כמה עשרות קילוואט, לעומת הגדולות של כמה מאות ועד 3 מגוואט. טורבינות קטנות יש להן, לרוב, זנב המפנה את הטורבינה תמיד לכוון הרוח וגובה התורן נע בין 6-15 מטר. טורבינות גדולות מופנות אל כוון הרוח באמצעות מד כוון רוח שפוקד על התורן להסתובב אל הרוח. כמו כן, הטורבינות הגדולות מכילות בתוכן את כל מרכיבי המערכת כגון ממירים, גיר וכו' לעומת הקטנות, שלרוב מכילות רק להבים וגנרטור - את שאר הציודים מרכזים במיקום מרכזי אחד.

הטורבינות הקטנות מחולקות לשתי קטגוריות: רוב הטורבינות הקטנות הן אופקיות ומיעוטן אנכיות. טורבינות אופקיות - ניצולת האנרגיה מהרוח היא גבוהה יותר גם במהירויות נמוכות, אולם האנכיות ניתנות להתקנה במיקומים רבים יותר עם תורן נמוך יחסית או על גג בטון של מבנה.

מודעה

במונחים כספיים, בעבור חווה קטנה של טורבינות רוח קטנות של 15 קילוואט מותקן, יתקבל תזרים של עשרות אלפי בימים עם רוח הלשה מאוד, לעומת תזרים של מעל אלפי אלפי ביממה של רוחות סערה

מדידת הרוח

למדידת הרוח וניתוח מושכל באתר יש חשיבות רבה. לטורבינות גדולות, עקב עלות השקעה עצומה אשר יכולה להגיע למיליוני דולרים ליחידה, יש צורך במדידות של כשנה עד שלוש שנים, על מנת לנטר את משטר הרוחות במדויק בכל מיקום ספציפי באתר. טעות מדידה בחוות טורבינות גדולות תעלה באובדן ניכר של הכנסות. גם בעבור טורבינות קטנות יש חשיבות רבה לנטר את השטח הפוטנציאלי. כוון הרוח הדומיננטי חשוב מאוד, אם יש מכשולים טבעיים או מלאכותיים בסביבה. מהירות הרוח כאמור משתנה מעת לעת ויהיה זה לא אחראי להסיק ממדידה של חודש על שנה שלמה, אולם יש שני יוצאים מן הכלל: הראשון הוא אם המדידה באה רק לוודא מדידות עבר והשני אם קיימים נתונים שוטפים מתחנות מטאורולוגיות או אחרות בסביבה. במקרה שכזה, ניתן להצליב נתונים ולקבל מקדם מסויים של מיקום מד הרוח אל מול התחנות האחרות. האם זה מדויק לחלוטין? לא... אולם, האלטרנטיבה היא בדיקה של שנה שלמה שבסופה ישנו סיכוי שהאתר לא מתאים.

ההמלצה המקובלת במקרה של ניטור רוח לטובת טורבינות קטנות היא למדוד חודש ראשון תוך השוואה למדידות מקבילות במיקומים שידועים כטובים על בסיס העבר. לאחר חודש ניתן לקבל אינדיקציה ראשונית ואז לפסול את המקום או להמשיך מדידות לעוד מספר חודשים ולקבל הערכה מדויקת יותר של פוטנציאל אנרגיית הרוח באתר.

תפוקת הטורבינות

כל יצרן טורבינות בעולם מחוייב למסור את נתוני התפוקה של הטורבינה שאותה הוא משווק. ישנם שני סוגים של עקומות רלוונטיות. הראשונה הינה עקומת תפוקה רגעית - כמה וואט מייצרת הטורבינה בכל מהירות רוח נתונה. העקומה השנייה מחשבת מהי התפוקה השנתית בכל מהירות רוח ממוצעת.

במונחים כספיים, בעבור חווה קטנה של טורבינות רוח קטנות של 15 קילוואט מותקן, יתקבל תזרים של עשרות ₪ בימים עם רוח חלשה מאוד, לעומת תזרים של מעל אלף ₪ ביממה של רוחות סערה. ברוב המקרים, אתרים שבהם סטיית התקן גבוהה, עדיפים על אתרים עם אותו ממוצע וסטיית תקן נמוכה. הטורבינות ככלל שונות אחת מהשנייה וגם אם מדובר באותו הספק של גנרטור, הרי אחוזי הנצילות בכל מהירות רוח שונים מדגם לדגם ומיצרן ליצרן. יש לשים לב שכמעט כל הטורבינות הקטנות בעולם מגיעות לשיא הייצור במהירויות של 10-12 מטר לשנייה. אולם, בבוא הלקוח לערוך השוואה כלכלית בין

הטורבינות חשוב שייקח בחשבון את משטר הרוחות באתר שלו. קרוב לוודאי שעדיף ללקוח בארץ טורבינה המצטיינת ברוחות חלשות ובינוניות, משום שברוחות חזקות ההבדל בין הטורבינות קטן יותר.

מרכיבי המערכת

מעל לכל, הטורבינה היא החלק החשוב במערכת אולם היא החלק הראשון בסדרה. רק תכנון קפדני, חשמלי והנדסי, יבטיחו יעילות ותפוקה מרביות של המערך עם מינימום תקלות ואחזקה, למשך כל חיי הסובסידיות של 20 שנה. כך לדוגמה, התורן חייב לעבור תכנון ואישור הנדסי. מינימום גובה - 6 מטרים ורצוי גבוה ככל שניתן, לפי הגבלות הוועדה לתכנון ובנייה המקומית. עדיף להתקין תרנים קוניים, כצורת עמודי תאורה, על מנת לחסוך בשטח הבסיס. רכיבים נוספים הם מגיני מתח - הן להגנה על הטורבינות במהירויות גבוהות והן להגנה על הממירים. ממירים המאושרים על ידי חברת חשמל בלבד. תפקידם לקבל זרם ישר ולהפוך אותו לזרם חילופין המתאים לרשת החשמל

חוות טנא מייצרת חשמל גם מהרוח

משה ואורית טנא היו החלוצים של האנרגיה הסולרית במסגרת הכללים החדשים של רשות החשמל. פנלים סולרים על הגג, תחנות עקיבה סולריות והם ממשיכים במסורת החדשנות והראשוניות.

בסך הכול רצו שבשבת על הגבעה ומזה נולדה טורבינת רוח לייצור חשמל. חברת סולר-פאואר נענתה לבקשתם והתקינה להם טורבינה קטנה שמפיקה כ-1,600 קילוואט בשנה ומספקת חלק מצרכי החשמל של החווה.

הטורבינה בגובה 12 מ' וממוקמת בקצה הגבעה שמעל לחווה. הניסיון המצטבר של הטורבינה, במשך שנה וחצי, מראה שהרוח בקיץ גדולה מהחורף והיא נושבת בעיקר בין 11.00 ועד 21.00. היא שקטה למדי והרעש שהיא מייצרת דומה לנסיעת מכוניות על הכביש הראשי.

התחשיב הכלכלי אינו תומך נלהב של טורבינת רוח באזור הזה, ההשקעה הייתה כ-25,000 ₪ ומשה מעריך שבאזורים אחרים



טורבינת רוח על הגבעה של חוות טנא בנגב

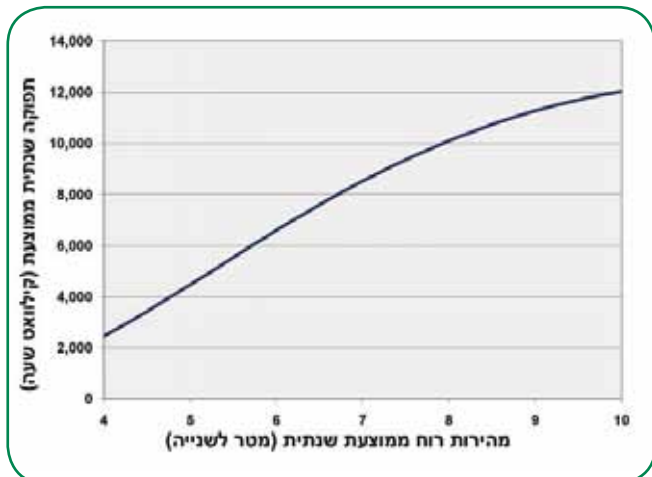
בארץ כמו הגולן, הגליל, הגלבע, ומקומות גבוהים נוספים, מהירות הרוח יותר גדולה ואיתה תפוקת חשמל גדולה יותר. כיום הוא מתלבט לשים טורבינה על גג הרפת בגובה של 4-5 מ' והיא תשלים את מלוא אספקת החשמל לחווה. היצירתיות המתמשכת של בני הזוג טנא ראויה להערכה רבה ומעניין מה יהיה הפרויקט הבא שיחנכו בשנה הקרובה. ■



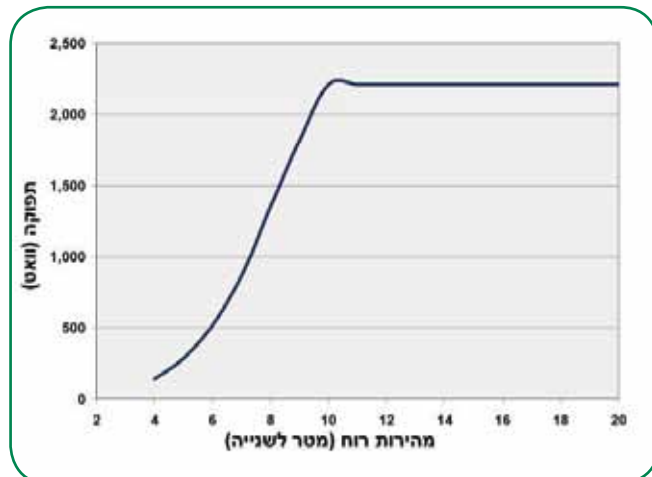
המראה המדהים של החווה על שלל מתקני האנרגיה המחודשת



משה טנא ליד שבשבת ומד הרוח של הטורבינה



תפוקת אנרגיה שנתית



תפוקה רגעית

50 קילוואט מותקן. מכאן נובע שמערך קטן - החזר ההשקעה מהיר יותר לעומת מערך גדול שהתזרים בסופו של דבר בו הוא גבוה יותר. תעריפים אלה נכונים עד סוף 2010 כאשר מי שנכנס להסדר ב-2011 ואילך, התעריף יורד בשני אחוזים לשנה. התעריפים צמודים למדד המחירים לצרכן ולסל המטבעות בדומה להסדרה הסולרית. על מנת להנות מן ההסדר בפועל צריך מונה חשמל במרחק סביר ממיקום הטורבינות, להיות בעל השטח ובעל המונה. ניתן כמובן לשלב בין מערכות סולריות ורוח על אותו מונה חשמל וליצור מערכת היברידית אשר תשיא את ייצור החשמל לאורך זמן.

בישראל. רכיבים נוספים הקריטיים לתפקוד בטוח של הטורבינות בפרט ולבטיחות בכלל, בימי סערה, הם מגיני נחשולי זרם - על מנת להגן על המערכת מברקים ופורקי עומס יתר המונעים חימום יתר של הגנרטורים. חשוב לציין שמערך הטורבינות מוארק בהארקת יסוד וניתן לנתק את כל טורבינה ואת המערכת כולה בלוח החשמל. ברחבי העולם וכך גם בארץ, נוהגים להתקין מערכי טורבינות קטנות במרחק מה מקרבת אנשים. כך לדוגמה יותקנו טורבינות באיזור החקלאי של היישוב ובשטחים פתוחים ולא בקרבה לריכוזי אוכלוסייה ובתים. לגבי שאלת הקרינה האלקטרומגנטית, היא רלוונטית לטורבינות גדולות בלבד. טורבינות קטנות בנויות מחומרים מרוכבים, אינן יוצרות קרינה והרעש שנוצר זניח - פחות מ 40 דציבל.

תקנות רשות החשמל מעניקות 1.68 ₪ לכל קילוואט עד מערך טורבינות של 15 קילוואט מותקן ובנוסף 1.31 ₪ לקילוואט בעבור מערך של עד 50 קילוואט מותקן

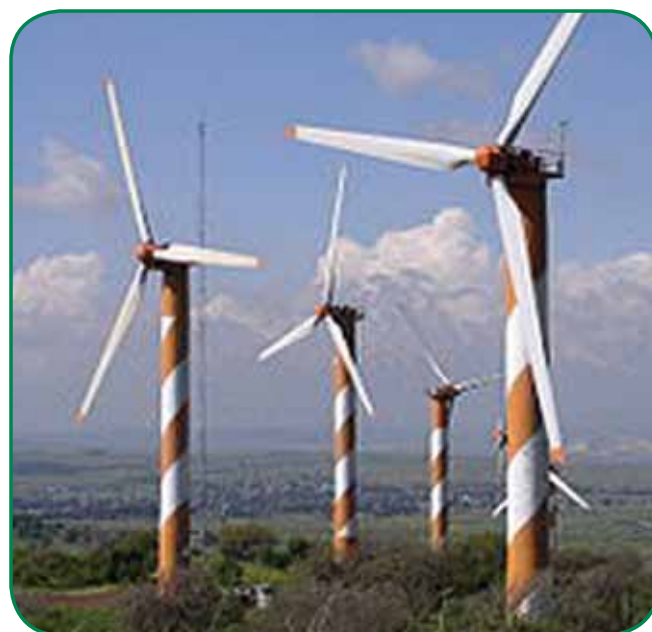
תקנות וסובסידיות

תקנות רשות החשמל מעניקות 1.68 ₪ לכל קילוואט עד מערך טורבינות של 15 קילוואט מותקן ובנוסף 1.31 ₪ לקילוואט בעבור מערך של עד

לסיכום

בישראל יש פוטנציאל רוח של מאות מגוואט לטורבינות רוח קטנות וישנם מספר אזורים המתאימים באופן כללי להצבת טורבינות רוח קטנות כדוגמת: רמת הגולן, הגליל, גוש עציון וכו'. באזורים האלה ועוד, החזר ההשקעה באופן כללי, בעבור חוות טורבינות קטנות עומד על 4-5 שנים בלבד. שטח הקרקע הנדרש בעבור הקמת 15 טורבינות קטנות, לצורך הדוגמה, עומד על פחות מדונם אחד, כאשר לרוב ההתקנה מבוצעת לאורך גדר היקפית על מנת לחסוך בשטח הנתפס על ידי התרנים, שאגב בסיסם הוא של כחצי מטר מרובע כל אחד.

כאמור, לא בכל האיזורים הנ"ל ואחרים ניתן להתקין. יש להתחשב במכשולים טבעיים ומלאכותיים מסביב - צה"ל, מועצה אזורית, חברת חשמל וכו'; אולם, באותם אתרים שבהם משטר הרוחות הוא טוב, ניתן להכריז באחריות מלאה כי השקעה בטורבינות רוח היא ההשקעה הירוקה המשתלמת ביותר. ■



טורבינות רוח רמת הגולן