

دراسة وتقييم طاقة الرياح بمدينة زوارة بليبيا لإنشاء توربينات رياح لإمكانية توليد الطاقة الكهربائية

أ. نافع أحمد البُهلي

أ. عادل مصطفى جموم

كلية الهندسة صبراتة، جامعة صبراتة، ليبيا

المعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية

Adeljamom24@yahoo.com

المخلص:

تم دراسة وتقييم سرعة الرياح المتاحة لمدينة زوارة بليبيا باستخدام التحليل الإحصائي، لحساب متوسط سرعة الرياح الشهرية والسنوية عند الارتفاع المرجعي (10 m) وارتفاع المحور (80 m) فوق سطح الأرض، وحساب متغيرات وبيبل لحساب كثافة قدرة الرياح الشهرية والسنوية، وعامل السعة السنوي وكذلك الطاقة السنوية المنتجة لنموذج توربينة رياح من النوع الأفقي المحور ذي الصنف (Sozlon S88 2,1 MW)، على أساس ان توزيع وبيبل بصفة عامة يُعتبر الطريقة المقبولة للتنبؤ بالتوزيع التكراري لسرعة الرياح.

خصائص الرياح يمكن أن يتم التنبؤ بها باستخدام المنهجية المتبعة في النموذج الرياضي الذي تم استخدامه بهذا البحث. في هذا البحث تمت دراسة المتغيرات المشار إليها أعلاه خلال نموذج إحصائي، باستخدام متوسط كل ثلاث ساعات لبيانات سرعة الرياح المتاحة لدي فريق الارصاد الجوي بمدينة زوارة للعامين 2021 و2022 .
بنأ على ما تم حسابه من البيانات المشار اليها اعلاه عند ارتفاع محور توربينة الرياح تبين ان مدينة زوارة مناسبة لإنشاء مزرعة رياح بهدف إمكانية توليد الطاقة الكهربائية.
الكلمات الرئيسية: طاقة الرياح، بيانات سرعة الرياح، توزيع وبيبل، التحليل الاحصائي .

Study and evaluation of wind energy in Zwara, Libya for the construction of wind turbines for the possibility of generating electric power

Adel Mustafa Jamom¹, Nafaa Ahmed Albohli²

1. Institute of Science and Technology, Zawiya-libya

2. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Sabratha University, Libya
Adeljamom24@yahoo.com

ABSTRACT

The available wind speed for Zwara city in Libya was studied and evaluated using statistical analysis to calculate the average monthly and annual wind speed at reference 10 m height and axis 80 m height above ground level, and calculate Weibull variables to calculate the monthly and annual wind capacity intensity, as well as the annual energy produced for a horizontal-axis wind turbine model of class (Sozlon S88 2.1 MW), on the basis that the Weibull distribution in general is the accepted method for predicting the frequency distribution of wind speed.

Wind characteristics can be predicted using the methodology used in the mathematical model used in this research. In this research, the variables referred to above were studied during a statistical model, using an average every three hours of wind speed data available to the meteorological team in Zwara for the years 2021 and 2022.

Based on what has been calculated from the data referred to above at the height of the axis of the wind turbine, it is found that the city of Zuwara is suitable for the construction of a wind farm with the aim of generating electricity.

Keywords: wind energy, wind speed data, Weibull distribution, statistical analysis.

1. المقدمة:

تعتبر طاقة الرياح من مصادر الطاقة المتجددة وهي تلك الطاقة التي يمكن الحصول عليها من المصادر الطبيعية المتجددة وغير قابلة للانتهاء، وتكمن أهمية الدراسة في ان طاقه الرياح تعتبر نظيفة لا ينتج عن استخدامها أي تلوث للبيئة حيث تمتاز بالوفرة وسهولة الاستعمال، حيث يمكن استغلالها من خلال إنشاء محطات أو مزارع طاقة الرياح التي ليس لها أثر بيئي سلبي، إلا أنها تحتاج مساحات واسعة من الأراضي تبلغ نحو (1 Km^2) [1].

ان الطلب العالمي على النفط يؤدي الي زيادة في استهلاك الطاقة التي تحتاج الى ما يقارب 10% من النفط المنتج لعملية الانتاج والنقل والتكرير، حيث تمثل كلفة انتاج برميل واحد من النفط الثقيل ربع برميل، ففي صناعة النفط والغاز يتم استخدام تكنولوجيا الطاقة المتجددة لحل مشاكل توفير الكهرباء حيث تستخدم الطاقة المتجددة لغرض تزويد بعض المعدات في الحقول النفطية بالكهرباء والتقليل من الانبعاث الكربوني الملوث للبيئة [2]. وتعتبر ليبيا من الدول المصدرة للنفط، وهو المصدر الرئيسي للاقتصاد. في عدة دراسات حديثة عن طاقة الرياح اشارة أن لدي ليبيا مصادر هامة لطاقة الرياح متوفرة في مساحات عديدة وبمعدل سرعات كافية لحل أزمة الطاقة في العديد من المدن الليبية [3]. طاقة الرياح تقلل من الاعتماد على الوقود الاحفوري المعرض لعدم الاستقرار في السعر والإمداد، أثناء العقود الثلاثة الماضية يُلاحظ حدوث نمو ضخم في طاقة الرياح على المستوي العالمي، وطاقة الرياح سوف يكون لها التوقع الأعلى لأخذ النصيب الأعلى في توليد الطاقة في العقود القادمة [4].

كفاءة طاقة الرياح تعتمد على سرعة الرياح التي يجب ان لا تقل في المتوسط على 8 ميل في الساعة أي نحو (3.576 m/s) [5]. نتائج طاقة الرياح المحتملة تعتمد على متوسط سرعات الرياح. [6] مضاعفة سرعة الرياح يزيد الطاقة المنتجة بثمانية أضعاف، ومع زيادة ارتفاع توربين الرياح تزداد سرعة الرياح بنسبة 10% فتزيد تبعا لذلك طاقة الرياح بنسبة (34%) [7]. تختلف سرعة الرياح المطلوبة لتوليد الطاقة باختلاف حجم المروحة، فكلما زاد نصف قطر المروحة زادت كمية الطاقة الكهربائية

المنتجة، ويُفضل أن تكون سرعة الرياح بين (12 km/h : 16 km/h) فادا كانت سرعة الرياح أقل من 12km/h أي تقريبا 3m/s فلا يمكن لتوربين الرياح ان تولد طاقة كهربائية كافية، ومع تزايد سرعة الرياح يزيد إنتاج الطاقة، ولكن إذا زادت سرعة الرياح عن 60 km/h اي حوال 16 m/s تزيد احتمالية خطر تدمير التوربين [8].

1-1 الدراسات السابقة:

العديد من الدراسات السابقة بنت تحليلها الإحصائي لخصائص الرياح وطاقتها الكامنة على فرضية التوقع باستخدام توزيع ويبول لتوقع سرعة ومظهر الرياح. (فرج عبد الله الواحدي وآخرون) [9]: قاموا بتحليل خصائص الرياح لثلاث مواقع مختارة تقع شرق ووسط الساحل الليبي باستخدام التحليل الإحصائي ومتغيرات ويبول لكل من مدينة درنة والمقرن وسرت بناءً على المتوسط اليومي لسرعة الرياح. (Shahnawaz Farhan) [10]: وآخرون قدموا دراسة لتقدير إمكانات طاقة الرياح على أربعة ارتفاعات مختلفة في هوكسباي كراتشي، أحد المواقع في الجزء الجنوبي من باكستان، كما قاموا بحساب كثافة طاقة الرياح وتوزيع ويبول لسرعة الرياح. (Yasin Abdallah) [11]: وآخرون اجروا تقييم محتمل لطاقة الرياح في مدن غريان ونالوت والاصابعة والريانية في المنطقة الغربية من ليبيا. (المبروك) [12]: قدم دراسة لتوقع طاقة الرياح وسرعة الرياح والطاقة السنوية والقدرة السنوية المبنية على أساس مواصفات تربية رياح لعدة مدن بليبيا وهي: مصراته وبنبي وليد وغات ونالوت واسبيعة وطرابلس والزاوية وهون للفترة الزمنية من 1996 - 2005. (اهويدي وبوشيحة) [13]: قاموا بدراسة للتنبؤ بخصائص الرياح والطاقة المقدرة للإنتاج لمدن مختلفة في ليبيا للفترة الزمنية 2000 - 2009 حيث شملت الدراسة كل من مدينة درنة و شحات وبنغازي و اجدابيا وسرت ومصراته وطرابلس والزاوية والكفرة و سبها و نالوت. (Gaow & Hasan) [14]: قاما بتقدير الأداء الشهري والسنوي والفصلي لمورد الرياح في منطقة الزاوية شمال غرب ليبيا.

2-1 الهدف من الدراسة:

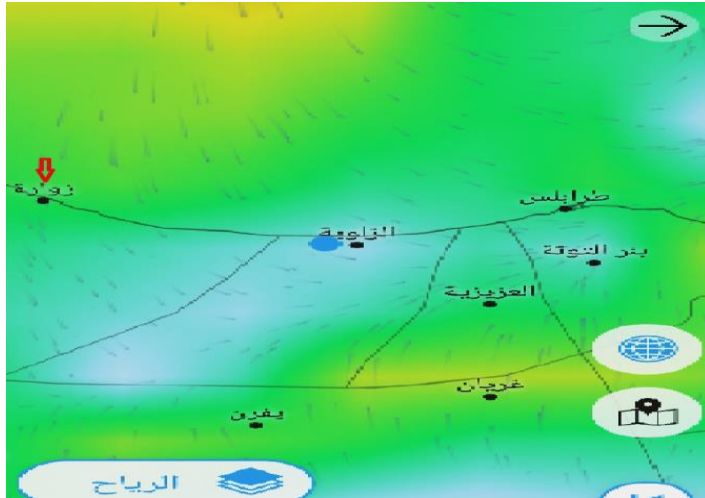
في ظل التوجه المحلي نحو استثمار مصدر الطاقة المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية وخاصة طاقة الرياح على نحو تجاري واقتصادي صديق للبيئة، يأتي الهدف من الدراسة في تحديد ما إذا كانت منطقة الدراسة (زواره) تؤهل لإمكانية تركيب توربينات رياح لغرض توليد الطاقة الكهربائية وذلك اعتمادا على توزيع سرعة الرياح وخصائصها واستقرارها وتحديد كثافة طاقة الرياح المتاحة في منطقة البحث.

2 البيانات والعلاقات المستخدمة

1.2 البيانات:

تم اخذ بيانات متوسط سرعة الرياح من محطة الرصد الجوي لمدينة زواره التابعة للمركز الوطني للأرصاد الجوية بليبيا، المقاسة كل ثلاث ساعات لسنة (2021 & 2022)، الموضحة في الجدول (2).

المنطقة المختارة لموضوع الدراسة في ليبيا موضحة بالشكل (1)، لمدينة زواره التي تقع على الساحل الشمالي الغربي لليبيا على خط الطول E 12.10 وخط العرض 32.93N.



شكل (1). الموقع المختار للدراسة زواره الساحل الشمالي الغربي لليبيا.

2.2: العلاقات المستخدمة:

تم تحليل سرعة الرياح المتاحة لمدينة زوارة المقاسة كل ثلاث ساعات لسنة (2021 & 2022)، بناءً على هذه البيانات أُجريت الحسابات باستخدام برنامج اكسل للحصول على متوسط سرعة الرياح الشهرية والسنوية عند الارتفاع المرجعي (10m) وارتفاع محور التوربين (80m) فوق سطح الأرض و الانحراف المعياري باستخدام العلاقة 1 و 2 وسرعة الرياح المحتملة الحدوث و أقصى سرعة للرياح، كما تم حساب خصائص الرياح باستخدام التحليل الاحصائي ومتغيرات وييل عامل الشكل (k) وعامل القياس (c) لحساب كثافة قدرة الرياح والطاقة السنوية ومعامل السعة لتوربين الرياح لتوليد الكهرباء لبيانات كل سنة، وتمت الحسابات باستخدام العلاقات التالية [15]:

1.2.2 تحويل سرعة الرياح من الارتفاع المرجعي (ارتفاع جهاز الانيمومتر) إلي ارتفاع محور توربين الرياح باستخدام الدالة اللوغاريتمية (القانون اللوغاريتمي) من العلاقة (1).

$$\frac{V(Z)}{V(Z_r)} = \frac{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_r}{Z_0}\right)} \quad (1)$$

حيث $V(Z)$ سرعة الرياح عند الارتفاع Z ، $V(Z_r)$ سرعة الرياح عند الارتفاع المرجعي Z_r حيث $(Z_r = 10 \text{ m})$ و Z_0 طول خشونة السطح الذي يعتمد على موقع الدراسة موضحة بشكل عام في الجدول (1)[16]. علماً بأن القيمة التي تم استخدامها هي $Z_0 = 0.05$.

جدول (1): الطول النموذجي لخشونة السطح لحساب التوزيع الرأسي لسرعة الرياح

| نوع السطح | طول خشونة السطح Z_0 (m) |
|---|---------------------------|
| المساحات المائية | 0.001 |
| أرض مفتوحة، وبعض المعالم السطحية | 0.05 |
| أرض زراعية مع مباني وحواجز | 0.12 |
| أرض زراعية مع الكثير من الأشجار والغابات الأخرى | 0.3 |

2.2.2. حساب متوسط سرعة الرياح من المعادلة (2).

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \bar{V}_i \right] \quad (2)$$

حيث n عدد بيانات سرعة الرياح \bar{V}_i سرعة الرياح للقراءة i .

3.2.2. حساب الانحراف المعياري لسرعة الرياح من المعادلة (3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (V_i - \bar{V})^2} \quad (3)$$

4.2.2. حساب متغير ويبيل لمعامل الشكل اللابعدى (K) لمتوسط سرعة الرياح من

المعادلة (4).

$$K = \left[\frac{\sigma}{\bar{V}_i} \right]^{-1.086} \quad (4)$$

5.2.2. حساب متغير ويبيل لمعامل القياس (C)

معامل القياس أو الخاصية المميزة لسرعة الرياح، هو متغير السرعة الذي يعتمد على متوسط سرعة الرياح عند موقع الدراسة. يمكن حسابه من المعادلة (5).

$$C = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^k \right]^{\frac{1}{k}} \quad (5)$$

6.2.2. حساب دالة ويبول الاحتمالية لسرعات الرياح:

المتغيرين c و k يمثلان الخصائص الكامنة في الرياح لموقع الدراسة، حيث يشير عامل القياس C الى ما اذا كانت الرياح مرتفعة او منخفضة في موقع الدراسة في حين ان عامل الشكل k يشير الى استقرار الريح. دالة كتلة الاحتمال كدالة ويبول تستخدم

توزيع سرعة الريح لموقع تذرره الرياح خلال فترة من الزمن شهرية أو سنوية، تحسب من المعادلة (6) .

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (6)$$

7-2-2 كثافة قدرة الرياح دالة في توزيع سرعات الرياح وتأثير كثافة الهواء . كثافة قدرة الرياح قدرة من عوامل وايبل تحسب من المعادلة (7):

$$P = \frac{1}{2} \rho C^3 \left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (7)$$

8-2-2 الطاقة السنوية المنتجة من التوربين تم حسابها من العلاقة التالية (8):

$$\text{Energy} = T \sum_{v=0}^{v=25} f(v)P(V) \quad (8)$$

حيث T عدد ساعات السنة و $f(v)$ من المعادلة (6) و $P(V)$ القدرة الخارجة من توربين الرياح مأخوذة من منحني الطاقة [17].

9-2-2 معامل السعة السنوية تحسب من العلاقة التالية (9):

$$C_f (\%) = \frac{\text{wind energy produced} \left(\frac{wh}{year}\right)}{\text{rated wind energy produced} \left(\frac{wh}{year}\right)} \times 100 \quad (9)$$

3. النتائج والمناقشة:

الجدول (2) و(3) يوضح متوسط سرعة الرياح الشهرية للسنتين التي تم حسابهما عند الارتفاع المرجعي 10m وارتفاع المحور 80 m تبين انه عند زيادة الارتفاع ازدادت سرعة الرياح.

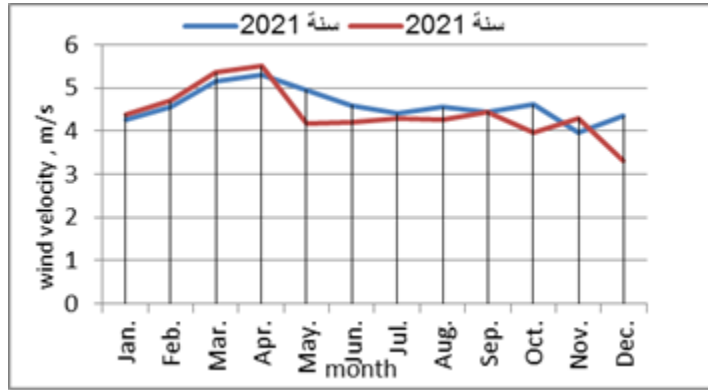
جدول (2): متوسط سرعة الرياح الشهرية عند الارتفاع المرجعي 10m

| Month | V m/s 2021 | V m/s 2022 |
|-------|------------|------------|
| Jan. | 4.3 | 4.39 |
| Feb. | 4.6 | 4.7 |
| Mar. | 5.1 | 5.35 |
| Apr. | 5.3 | 5.5 |
| May. | 4.9 | 4.18 |
| Jun. | 4.6 | 4.2 |
| Jul. | 4.4 | 4.28 |
| Aug. | 4.5 | 4.26 |
| Sep. | 4.4 | 4.44 |
| Oct. | 4.6 | 3.96 |
| Nov. | 4.0 | 4.3 |
| Dec. | 4.3 | 3.3 |

جدول (3) متوسط سرعة الرياح الشهرية عند الارتفاع المحور 80m

| Month | V m/s 2021 | V m/s 2022 |
|-------|------------|------------|
| Jan. | 5.94 | 6.05 |
| Feb. | 6.34 | 6.55 |
| Mar. | 7.16 | 7.46 |
| Apr. | 7.38 | 7.66 |
| May. | 6.88 | 5.82 |
| Jun. | 6.40 | 5.85 |
| Jul. | 6.12 | 5.96 |
| Aug. | 6.33 | 5.94 |
| Sep. | 6.16 | 6.18 |
| Oct. | 6.42 | 5.52 |
| Nov. | 5.52 | 6.02 |
| Dec. | 6.05 | 4.64 |

تم رسم المتوسطات الشهرية لسرعات الرياح في الشكل (2) حيث تبين انه كانت اعلى سرعة رياح في شهر ابريل لكلا السنتين كانت متقاربة حيث كانت قيمة سرعتها 5.3m/s و 5.5m/s عند الارتفاع المرجعي



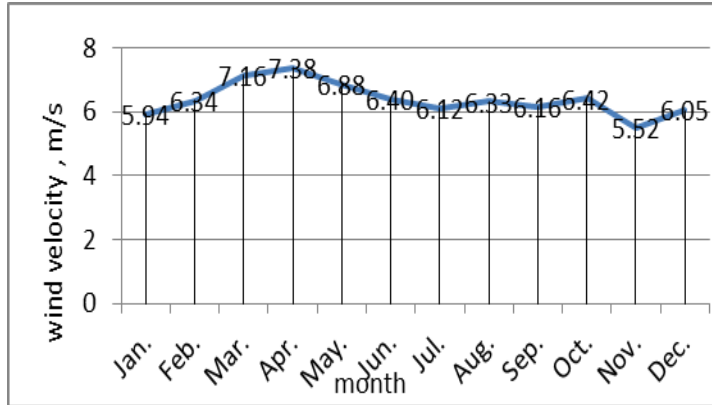
شكل (2): المتوسط الشهري لسرعة الرياح لسنة 2021 و 2022 عند الارتفاع المرجعي 10m.

تم حساب متغيرات ويبول الشهرية K و C لسنة 2021 و 2022، كما تم حساب متوسط سرعة الرياح والانحراف المعياري وسرعة الرياح المحتملة الحدوث و أقصى سرعة للرياح وحساب كثافة قدرة الرياح WPD عند ارتفاع المحور (80m) فوق سطح الارض موضحة في الجدولين (4) و(5)، أيضا تم حساب الطاقة السنوية ومعامل السعة لتوربين الرياح. توضح النتائج أن المتغيرات تختلف من شهر إلي شهر علي طول السنة. فعند سنة 2021 كانت اعلى قيمة للمتغير (C) في شهر أبريل و اقل قيمة في شهر نوفمبر، ومتوسط سرعة الرياح الشهرية كما في شكل(3) وجدت بين مدى 5.52 m/s الى 7.38 m/s وقيم عامل القياس C لويبول وجدت انها تتفاوت في حدود 3.41 الى 6.16. تم التنبؤ بأعلى سرعة رياح محتمل الحدوث بدلالة متغيرات ويبول وكانت 7.7 m/s في شهرا بريل. ويوضح الشكل (4) اعلى قيمة لمتوسط كثافة القدرة 561 w/m لشهر مارس.

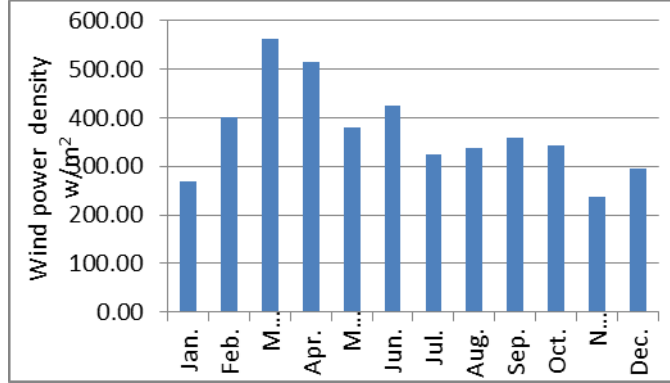
تم استلام الورقة بتاريخ: 2023/12/25م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/28م

جدول (4): المتوسط الشهري لسرعة الرياح V والانحراف المعياري، عامل الشكل k ، عامل القياس C ، كثافة طاقة الرياح WPD ، وسرعة الرياح المحتملة الحدوث V_{mp} ، السرعة القصوى للرياح V_{max} على ارتفاع $80m$ لسنة 2021 الخشونة 0.05

| 2021 | V m/s at 80 m | الانحراف σ | k | C | WPD_{at80} m | V_{mp} المحتملة | V_{max} |
|------|--------------------|----------------------|------|------|---------------------|----------------------|-----------|
| Jan. | 5.94 | 1.41 | 4.76 | 6.46 | 269.66 | 6.1 | 6.9 |
| Feb. | 6.34 | 1.92 | 3.66 | 7.10 | 400.88 | 6.5 | 8.0 |
| Mar. | 7.16 | 2.17 | 3.66 | 7.95 | 561.88 | 7.3 | 9.0 |
| Apr. | 7.38 | 1.64 | 5.14 | 8.08 | 513.39 | 7.7 | 8.6 |
| May. | 6.88 | 1.29 | 6.16 | 7.46 | 379.67 | 7.2 | 7.8 |
| Jun. | 6.40 | 2.07 | 3.41 | 7.16 | 424.41 | 6.5 | 8.2 |
| Jul. | 6.12 | 1.61 | 4.26 | 6.76 | 323.49 | 6.3 | 7.4 |
| Aug. | 6.33 | 1.62 | 4.38 | 6.89 | 338.41 | 6.5 | 7.5 |
| Sep. | 6.16 | 1.38 | 5.09 | 7.15 | 357.42 | 6.8 | 7.6 |
| Oct. | 6.42 | 1.49 | 4.91 | 7.02 | 343.45 | 6.7 | 7.5 |
| Nov. | 5.52 | 1.32 | 4.73 | 6.17 | 236.31 | 5.9 | 6.6 |
| Dec. | 6.05 | 1.47 | 4.66 | 6.64 | 295.83 | 6.3 | 7.2 |



شكل (3) المتوسط الشهري لسرعة الرياح لسنة 2021 عند ارتفاع $80m$



شكل (4) كثافة طاقة الرياح الشهرية لسنة 2021 عند ارتفاع 80m

ولسنة 2022 كانت اعلى قيمة للمتغير (C) في شهر ابريل وأقل قيمة في شهر ديسمبر، ومتوسط سرعة الرياح الشهرية كما في شكل (5) وُجدت بين مدى m/s 4.64 الى $7.66 m/s$ وقيم عامل القياس C لويبول وجدت انها تتفاوت في حدود $5.2 m/s$ الى $8.5 m/s$ وعامل الشكل K وحدى مداه ما بين 2.4 الى 4.9، تم التنبؤ بأعلى سرعة رياح محتمل الحدوث بدلالة متغيرات ويبول وكانت $7.8 m/s$ في شهر ابريل. ويوضح الشكل (6) اعلى قيمة لمتوسط كثافة القدرة عند $w/m^2 689.69$ في شهر ابريل .

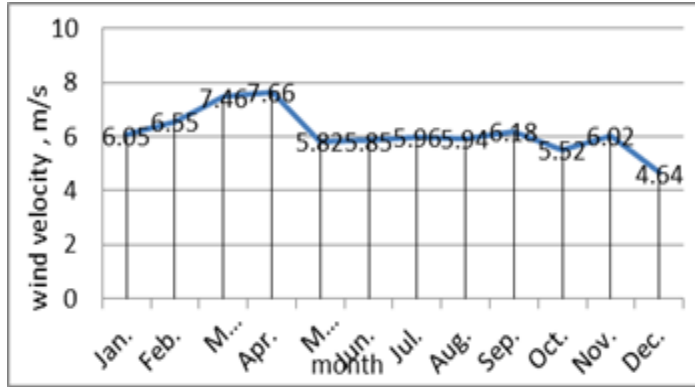
جدول (5): المتوسط الشهري لسرعة الرياح v والانحراف المعياري، عامل الشكل k ، عامل القياس C ، كثافة طاقة الرياح WPD ، وسرعة الرياح المحتملة الحدوث V_{mp} ، السرعة

القصوة للرياح V_{max} عند ارتفاع 80m لسنة 2022

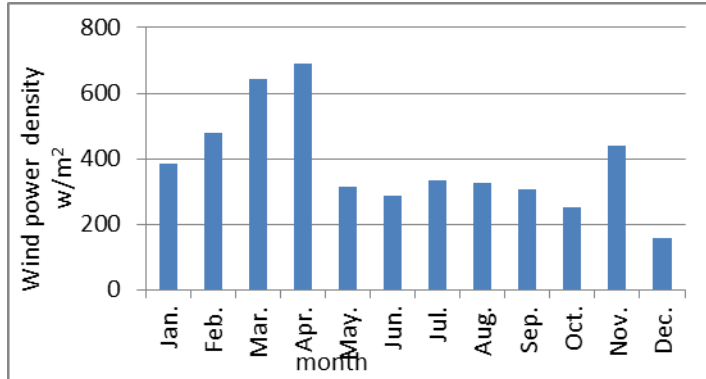
| 2022 | V_{ave} m/s | الانحراف δ | K | C m/s | WPD w/m ² | V_{mp} المحتملة الحدوث | V_{max} |
|------|------------------|----------------------|------|----------|-------------------------|--------------------------------|-----------|
| Jan. | 6.05 | 2.2 | 3.0 | 6.8 | 384.83 | 5.9 | 8.0 |
| Feb. | 6.55 | 2.2 | 3 | 7.4 | 480.62 | 6.6 | 8.6 |
| Mar. | 7.46 | 2.2 | 3.69 | 8.3 | 644.48 | 7.6 | 9.4 |

تم استلام الورقة بتاريخ: 2023/12/25م وتم نشرها على الموقع بتاريخ: 2024/1/28م

| | | | | | | | |
|------|------|-----|------|-----|--------|-----|-----|
| Apr. | 7.66 | 2.3 | 3.66 | 8.5 | 689.69 | 7.8 | 9.6 |
| May. | 5.82 | 1.8 | 3.64 | 6.5 | 314.68 | 6.0 | 7.4 |
| Jun. | 5.85 | 1.6 | 4.1 | 6.5 | 287.78 | 6.0 | 7.1 |
| Jul. | 5.96 | 2.0 | 3.3 | 6.6 | 334.59 | 5.9 | 7.6 |
| Aug. | 5.94 | 1.8 | 3.7 | 6.7 | 327.97 | 6.1 | 7.5 |
| Sep. | 6.18 | 1.4 | 4.9 | 6.8 | 308.30 | 6.5 | 7.3 |
| Oct. | 5.52 | 1.6 | 3.7 | 6.1 | 253.06 | 5.6 | 6.9 |
| Nov. | 6.02 | 2.7 | 2.4 | 6.8 | 439.31 | 5.4 | 8.8 |
| Dec. | 4.64 | 1.4 | 3.7 | 5.2 | 156.00 | 4.8 | 5.8 |



شكل (5) المتوسط الشهري لسرعة الرياح عند ارتفاع 80m لسنة 2022

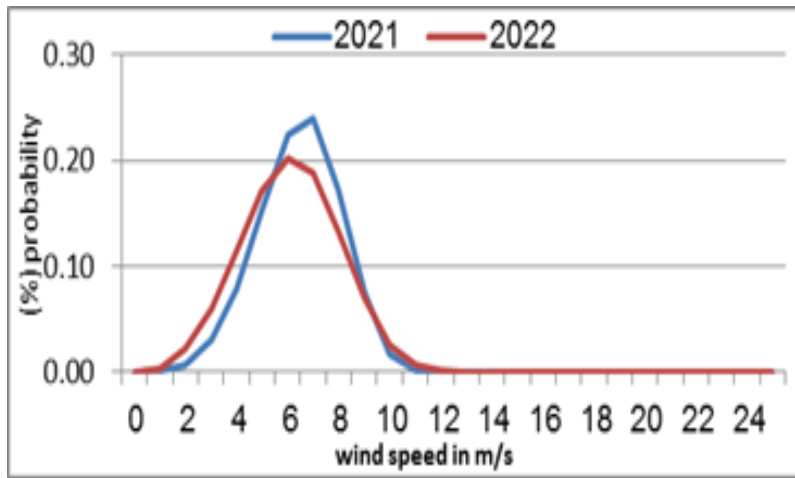


شكل (6) كثافة طاقة الرياح الشهرية عند ارتفاع 80m لسنة 2022

بناء على النتائج المتحصل عليها من الجدول (6) نجد ان معدل سرعة الرياح السنوية متقاربة لكلا السنتين حيث وجدت قيمتهما 6.39m/s و 6.14m/s ومعدل متوسط كثافة طاقة الرياح السنوية قيمتهما 370.40w/m^2 و 385.10w/m^2 لسنة 2021 و 2022 على التوالي، وهذا يشير إلى ان مساحة موقع الدراسة لها سرعة و طاقة رياح مناسبة لإنشاء توربينات رياح لتوليد الكهرباء، كذلك يوضح الشكل (7) منحنى دالة توزيع ويبول الاحتمالية لسرعات الرياح باستخدام قيم معاملات الشكل والقياس.

جدول (6): متوسط سرعة الريح (V) والانحراف المعياري وعامل المقياس (C) وعامل الشكل (K) ودالة كتلة الاحتمالية وكثافة طاقة الرياح WPD السنوية عند ارتفاع 80 m .

| Year | Annual mean V (m/s) | Standard deviation δ | Scale parameter C (m/s) | Shape parameter K | Probability (%) | WPD w/m ² |
|------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| 2021 | 6.39 | 1.61 | 7.07 | 4.57 | 0.24 | 370.40 |
| 2022 | 6.14 | 1.90 | 6.8 | 3.6 | 0.20 | 385.10 |

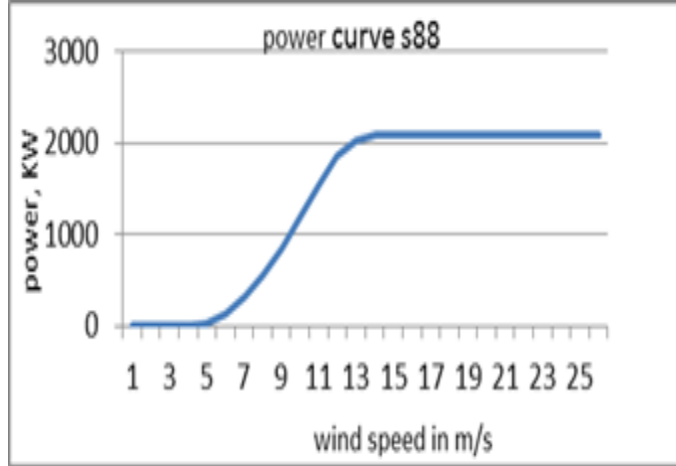


شكل (7) توزيعات ويبول الاحتمالية لسرعات الرياح.

بيانات توربين الرياح التي تم تطبيقها في هذا البحث موضحة في الجدول (7) والشكل (9) يوضح منحنى الطاقة لتوربين الرياح [17] .

جدول (7): بيانات توربين الرياح

| Turbine model | Suzlon S88 2.1 MW |
|--------------------------|-------------------|
| Rated power (kw) | 2100 |
| Rotor diameter (m) | 88 |
| Hub height (m) | 80 |
| Cut-in wind speed (m/s) | 4 |
| Rated wind speed (m/s) | 14 |
| Cut-out wind speed (m/s) | 25 |



شكل (8) منحنى الطاقة لتوربين الرياح Suzlon S88 2.1 MW

ويوضح الجدول (8) إنتاج طاقة الرياح لسنة 2021 بمقدار 486.53KW من توربين الرياح، حيث يبلغ إنتاج الطاقة السنوي حوالي 4262.03 MWh ومعامل سعة 0.23 . بينما سنة 2022 كانت إنتاج طاقة الرياح بمقدار 441.66 KW والطاقة السنوية تبلغ قيمتها 3868.92 MWh ومعامل سعة 0.21 .

جدول (8) الطاقة السنوية المنتجة من التوربين لسنة 2021 و 2022

| Year | 2021 | 2022 |
|-----------------------|---------|---------|
| Power Generated (kW) | 486.53 | 441.66 |
| energy per year (MWh) | 4262.03 | 3868.92 |
| Capacity Factor | 0.23 | 0.21 |

الاستنتاجات

- متوسط سرعة الرياح الشهرية للعامين 2021 و 2022 جدا متقاربة، مما يساعد في عدم تغير معامل الشكل بشكل كبير، كذلك عدم تغير معامل القياس بشكل كبير.
- سرعة الرياح تزداد بزيادة ارتفاع محور التوربين الأفقي المحور.
- معدل سرعة الرياح السنوية متقاربة للعامين، مما يؤدي للحصول على معدل متوسط كثافة طاقة الرياح السنوية، ودالة كتلة الاحتمالية جداً متقاربة.
- الطاقة السنوية المنتجة من توربين الرياح ذي الصنف (Sozlon S88 2,1 MW) لسنة 2021 و 2022 (4262.03 MWh و 3868.92 MWh) ومعامل السعة (0.23 و 0.21) على التوالي.
- مساحة موقع الدراسة لها سرعة وطاقة رياح مناسبة لإنتاج الطاقة الكهربائية من توربين الرياح المشار اليه أعلاه.

الخلاصة

في هذه الورقة تم تحديد سرعة الرياح بناءً على البيانات المأخوذة من المركز الوطني للرصد الجوي لمدينة زوارة المقاسة كل ثلاث ساعات لمدة سنتين (2021 - 2022)، وتم تحليل البيانات على الارتفاع المرجعي وارتفاع محور التوربين اليومية والشهرية لإيجاد متوسط سرعة الرياح لكل سنة، كذلك تم تحديد الانحراف المعياري، كما تم استخدام التحليل الإحصائي لمتغيرات ويبيل لعامل الشكل (K) وعامل القياس (C) لحساب كثافة قدرة الرياح وسرعة الرياح المحتملة الحدوث واقصى سرعة للرياح

(خصائص الرياح)، وتم اختيار توربين رياح من النوع الافقي المحور ذي الصنف (Sozlon S88 2,1 MW) لحساب الطاقة الكهربائية من سرعة الرياح المتحصل عليها من الموقع. وقد تم تحديد عامل القياس (C) لسرعة الرياح وكانت قيمته (7.07 m/s) وعامل الشكل (K) قيمته (4.57) لسنة 2021، وعامل القياس والشكل لسنة 2022 (3.6 و 6.8 m/s) على التوالي. من النتائج المتحصل عليها تُعتبر منطقة الدراسة لها القدرة على انتاج الطاقة الكهربائية من توربينات الرياح، حيث كان معدل الطاقة السنوي المنتج من توربين الرياح المشار اليه أعلاه لسنة 2021 و 2022 (4262.03 MWh و 3868.92 MWh) ومعامل السعة (0.23 و 0.21) على التوالي.

التوصيات

- التحقق من نتائج البحث باستخدام بيانات لسرعة الرياح لأكثر من سنتين.
- استخدام اكثر من توربين رياح أفقي المحور لمقارنة النتائج المتحصل عليها لمعرفة أفضل توربين رياح يمكن استخدامه.

المراجع:

[1] . المركز الاقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية، القاهرة مصر، 2012.

[2] . مركز البحث والتطوير النفطي، الجدوى الاقتصادية من استخدام الطاقة المتجددة في الحقول النفطية العراقية، 1992.

[3]. Embirsh H.,S.A, IkshadahEng.y,A,M."Future Prospects of the Wind Energy in Libya" International Journal of Scientific and Research Publications ,2017,7,(10).pp163-164

- [4]. Youm I.,Sarr J.,Sall.M,Ndiaye A. and Kane M.M., "Analysis of Wind Data and Wind Energy Potential Along the Northern Coast of Senegal",.Rev.Energy Ren.2005, vol8,pp95-108.
- [5]. الراوي واخرون، المناخ التطبيقي، المكتبة الوطنية بغداد العراق، 1990.
- [6]. Justus C. G., Hargraves W.r , Yalcin Ali, Nationwidw Assessment of Potential Output from Wind-Power Generators, Journal of Applied Meterology. 1976, Vol.15 No.7.
- [7]. Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., Wind Energy Hand Book, England, 2001.
- [8]. على غانم، المناخ التطبيقي، دار المسيرة - عمان/الأردن، 2010.
- [9]. فرج عبد الله الواحدي واخرون، تقييم الطاقة الكامنة في الرياح لمناطق تقع شرق ووسط الساحل الليبي، المؤتمر الدولي للعلوم التقنية، 2019.
- [10]. Shahnawaz Farhan Khahro, AM Soomro, K Tabbassum, L Dong, X Liao." Assessment of wind power potential at Hawksbay, Karachi Sindh, Pakistan," TELKOMNIKA, Vol. 11, No. 7, July 2013, pp. 3479 ~ 3490 e-ISSN: 2087-278X.
- [11]. Yasin Abdallh, Ali A. Alshommaki, Kamal Habel , Mohamed A." Assessment and evaluation of wind energy in some cities of Libya", International Science and Technology Journal Volume 25.April 2021,ISSN 2519-9846.
- [12]. Elmabrouk A.M., "Estimation of and Wind in Some (Second Zone) in Libya "Ecologic Vehicles. Renewable Engineering, MONACO,2009 MACH26-29.
- [13]. Ahwide, F., Bousheha, S.; "Estimation of Characteristics and Energy Yield at Different Towns in Libyan", International Journal of Energy and power Engineering 2017 ,11,5, pp611-617.

- [14]. Hassan H.S.A., Guwaedwe A., Gaow., "Wind Energy Assessment of the Zawiya Region in Northwest Libay Energy and power Engineering ,2017, vol 9, pp 325 -331.
- [15]. Mathew S., " Wind Energy", Springer Berlin -Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [16]. جون ووكر ونيكولاس جنكن، ترجمة: د. وداد الأسطى، تقنية طاقة الرياح، المكتب الوطني للبحث والتطوير، 2003.
- [17]. [https://antrogroup.com/onewebmedia/10xNever_Used_Suzlon S88 2,1 MW.pdf](https://antrogroup.com/onewebmedia/10xNever_Used_Suzlon_S88_2,1_MW.pdf).