طاقة الرياح لضخ وتحلية المياه

د. اسامة أحمد العاني

يؤدي الازدياد السكاني في لعالم إلى ازدياد الطلب على لماء لأغراض الشرب والزراعة والصناعة ، وقد برزت مسألة لأمن المائي وأهمية الحفاظ على مصادره كقضية هامة وخاصة ن معظم دول العالم تتسابق ي تطوير نفسها على جميع لأصعدة العلمية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية .

وقد قدرت الأمم المتحدة في الثمانينات ن القرن الحالي أن الإحتياجات المالية طلوبة لتطوير مصادر المياه على المستوى عالمي تقدر بحوالي ٩٠ مليار دولار ، وعليه من المؤكد أن يتضاعف هذا المبلغ عدة رات في ضوء تضاعف الكثافة السكانية لتنافس العالمي للاستقرار في ظل العولمة ي ستكون من مظاهر القرن الحادي لعشرين .

ورغم أن الماء موجود في كل مكان على رض في البحار والمحيطات والأنهار لآبار إلا أن شحه في بعض المناطق يادته في مناطق أخرى تجعل الاستفادة ه للأغراض المختلفة مشكلة كبيرة .

وقد إهتم الإنسان منذ القدم بطرق جمع ستخراج الماء للإستفادة منه في حياته ختلفة ، فبالإضافة إلى جمعه من الأنهار والبرك والبحار تطورت وسائل استخراج الماء بحفر الآبار السطحية ، ومن ثم استخراج الماء بواسطة دلو يُربط بحبل يتم سحبه بعد امتلائه ، وقد ورد ذكر استخراج الماء بهذه الطريقة في القرآن الكريم في قصة نبي الله يوسف عليه السلام وإخوته ، وقصة نبي الله موسى عليه السلام مع ابنتي شعيب عليه السلام .

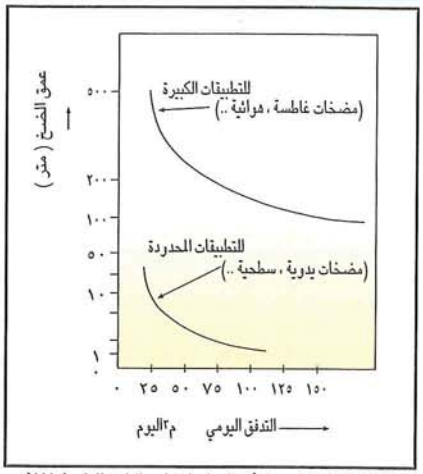
ومع التطور الصناعي والعلمي ظهرت آليات الضخ الهوائي التي تعمل بالطاقة لاستخراج الماء من الآبار السطحية وتحت السطحية . والتي يمكن أن تعمل بكفاءة عالية حتى عند أعماق سحيقة ، غير أن عدم توفر الطاقة في بعض الأماكن خاصة في القرى التي لاتصلها الطاقة الكهربائية ، استدعى البحث عن وسائل قديمة وتقليدية باستخدام مضخات يدوية ، أو مضخات تدار بواسطة الحيوانات .

كذلك ساعد التطور الذي حدث في مجال الطاقة المتجددة في إيجاد بدائل لسبل ضخ المياه ، سواء بالاستفادة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح التي كانت لها إيجابيات كثيرة خاصة في المناطق النائية .

ورغم إيجابيات آلية ضخ المياه بالطاقة المتجددة (رياح ، حرارية كهروضوئية) مقارنة بالضخ اليدوي ، أم بالطاقة التقليدية (آلات الاحتراق الداخلي) إلا أن لها سلبيات عديدة ، ويوضح الجدول (١) مقارنة عامة بين آليات الضخ المائي من حيث فوائدها والمشاكل المرافقة لها . لذلك يبدو أنه لابديل للضخ بواسطة الطاقة المتجددة في المناطق النائية ، ويوضح الجدول (٢) مقارنة اقتصادية لآليات

آلية الضخ	الفوائد	المشاكل المرافقة
يدوي تقليدي	– تكاليفها قليلة – بسيطة التقنية – نظيفة بيئيا – لاتحتاج إلى وقود	– صيانة دورية مستمرة – التدفق المائي منخفض – غير عملية في حالة التطبيقات الكبيرة – تطبيقاتها محدودة جدا
طاقة متجددة(حراري ، كهروضوئي ، رياح ...)	– صيانتها قليلة نسبيا – نظيفة بيئيا – لاتحتاج إلى وقود – سهلة التركيب – عمر التشغيل طويل نسبيا – تطبيقاتها مقبولة	– تكاليفها التاسيسية مرتفعة نسبياً – انخفاض أدائها في الأجواء السيئة (انخفاض الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح ...) – تحتاج إلى خبرة في التشغيل.
طاقة تقليدية آلات الاحتراق (ديزل أو غاز)	– تكاليفها مقبولة – متنقلة – سهلة التركيب – خبرة تشغيلها معروفة – تطبيقاتها واسعة	– عمر التشغيل متغير نسبيا وتحتاج إلى وقود وتشغيل وزيوت . – ملوثة للبيئة (ضجيج ، غبار ، دخان ...)

جدول (١) : مقارنة عامة لآليات الضخ المائي



● شكل (١) التصنيف العام لتطبيقات الضخ المائي.

الضخ بالعنفات الهوائية، والضخ اليدوي، والضخ باستخدام الحيوانات.

إضافة لذلك يبدو أن الضخ بالطاقة – سواء أكانت متجددة أم أحفورية – يكون من أفضل الوسائل لاستخراج المياه من الآبار العميقة، حيث أنه يمتاز بكفاءة استخراج عالية مقارنة بطرق الضخ اليدوي، شكل (١).

وقد تتالت سبل استخراج المياه خاصة من الآبار تحت السطحية بتطوير المضخات الكهربائية المرتبطة بنظم تحلية المياه، مما ساعد على تأمين المياه الصالحة للشرب والري والصناعات الغذائية لمجتمعات كبيرة وبصورة أسهل، كما تم حديثا تطوير نظم ضخ وتحلية تعمل بالطاقة المتجددة كالنظم الحرارية والكهروضوئية، والمضخات العاملة بطاقة الرياح وغيرها. وإنطلاقا من أهمية العلاقة الطبيعية بين الغيوم والرياح، يتناول هذا المقال بعض الإستخدامات الممكنة لتقنية طاقة الرياح في مجال ضخ المياه وتحليتها، كما سيتم التعرف بإيجاز على بعض الأمثلة والتجارب والتطبيقات الميدانية في هذا المجال.

عوامل طاقة الرياح وأهميتها

تُعرف الرياح بانها الحركة المستمرة للهواء، أما طاقة الرياح فهي الطاقة الحركية لكتلة معينة من الهواء التي تمر من خلال مقطع ما.

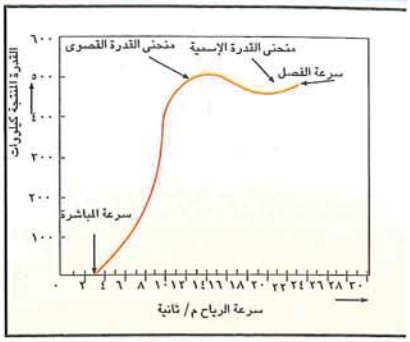
ويعود استخدام طاقة الرياح في ضخ المياه وطحن الحبوب (الطواحين الهوائية) إلى آلاف السنين حيث لوحظ في القرنين التاسع عشر والعشرين إنتشار العنفات الهوائية (أي مايسمى بالتوربينات الهوائية «Wind Turbines») لضخ المياه الجوفية لأغراض الري وخاصة في نهاية الأربعينيات، وذلك في مختلف بقاع العالم ومن ضمنها المنطقة العربية، حتى أن بعض قطع هذه العنفات والمضخات الملحقة كانت تصنع محليا، إلا أن إكتشاف النفط بوفرة، فضلا عن التقدم التقني في إنتاج محركات الديزل والمضخات التي تعمل معها، أدى إلى الإبتعاد عن إستخدام العنفات الهوائية على الرغم من انتشارها حتى الآن في بعض الدول.

وقد ساهمت معادلة التوازن بين الطاقة والإقتصاد والبيئة في تطوير مصادر الطاقة المختلفة، ومن بينها الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية، والرياح، وجوف الأرض، وغيرها. وتفيد الدراسات الإقتصادية بجدوى إستغلال طاقة الرياح في توليد الكهرباء وضخ المياه خاصة في المناطق التي تتمتع برياح ذات سرعات مناسبة (كالمناطق الساحلية مثلا)، كما أن أكثر من ٦٠٪ من سكان العالم يعيشون في المدن الصغيرة التي تعاني في معظم الأحيان من نقص في مصادر الطاقة لبعدها عن شبكات الكهرباء الرئيسة، ولصعوبة نقل الوقود إليها أحيانا، وكذلك لعدم توفر الخبرات الفنية لتشغيل وصيانة وإصلاح محركات الديزل التقليدية. وبالتالي فإنه من المناسب إقامة وحدات صغيرة تعمل بالرياح لإنتاج الكهرباء أو ضخ المياه وتحليتها. كما تؤكد معظم الدراسات أن هناك عدداً من خزانات المياه الجوفية (العذبة وشبه المالحة) المنتشرة في العالم، وخاصة في منطقة الجزيرة العربية وبعض مناطق مصر والسودان، ويمكن لطاقة الرياح أن تقوم بدور فعال في ضخ المياه من هذه المناطق الطبيعية، ومن ثم تحليتها.

وتعتمد كمية الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها من الرياح أساساً على سرعة الرياح في الموقع الذي تقام فيه العنفة الهوائية. وعموما تتغير سرعة الرياح من موقع لآخر ومن وقت لآخر، ولذا فإن التقييم الدقيق لطاقة الرياح يتطلب توفر معلومات كافية عن سرعات الرياح وتغيرها مع الزمن لسنوات متتالية قد تصل إلى ١٠-١٥ سنة تقريبا. أما عن قدرات العنفات الهوائية التي يمكن استخدامها لتوليد كمية من الطاقة، فإن ذلك يعتمد أساساً على تحديد معامل توفر المصدر في الموقع المدروس، ويُعَرف معامل توفر المصدر بأنه متوسط كمية الطاقة المنتجة

نظام الضخ	طاقة الرياح	الحيوانات	يدوي
القدرة المنتجة	تعتمد على قدرة الرياح (سرعتها) المتوفرة	٢١٠وات	٣٦وات
التكلفة	٣٣٠دولار/م٢ في وحدة المساحة	٣٠٠ دولار / حيوان (٦,٢دولار / وات)	٢٤٠-٣٢٠دولار لكل مضخة (٦,٥-٩دولار لكل وات)
حجم الخزان المائي	١٠٠-٣٠٠دولار/م٣	———	———
متوسط العمر -مصدر الطاقة -المضخةالمستخدمة	٢٠--٣٠ سنة ٥-١٠ سنة	١٠ سنوات ١٠-١٥ سنة	غير محدودة ٥-١٠ سنوات
تكاليف الصيانة	٥٠دولار /سنة	١٠ دولار / سنة	٥٠دولار/سنة
عدد ساعات التشغيل (ساعة اليوم)	٢٤ساعة تقريبا	٥-٨ ساعات	٦-٨ساعات
تكاليف التشغيل	———	٢,٥دولار/حيوان في اليوم	غير محددة

● الجدول (٢) : مقارنة وبيانات إقتصادية لبعض نظم الضخ المائية المعروفة (يدوي، حيوانات، رياح ...)



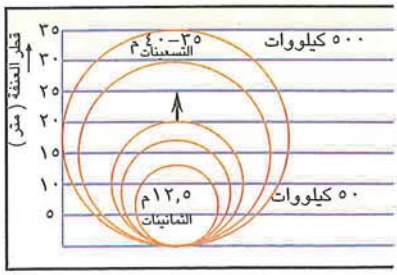
شكل (٢) العلاقة بين سرعة الرياح والطاقة المنتجة
نفة هوائية قدرتها الأسمية ٥٠٠ كيلووات .

ن العنفة الهوائية في وحدة الزمن لكل
يلووات ، وعادة يتم تعيين هذا المعامل –
ل من واحد صحيح – إذا عرفت خصائص
رياح في المنطقة ، ومنحنى الطاقة للعنفة
هوائية ، وكلما اقترب المعامل من الواحد
صحيح كان هذا الموقع أفضل من ناحية
صائص الرياح فيها ، ويأخذ معامل توفر
صدر في الحسبان مؤشرات أداء العنفة
هوائية على النحو التالي :

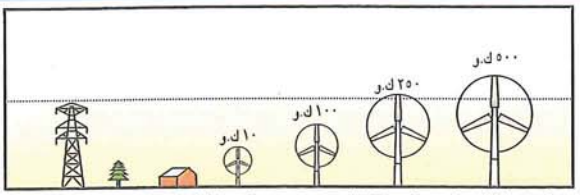
) سرعة المباشرة (Cut-in Speed) ،
هي أكبر سرعة للرياح تعمل عندها العنفة
هوائية (وتتراوح عادة ما بين ٣ إلى ٤م/ث)
يتم إيقاف العنفة عندما تقل سرعة الرياح
ن سرعة المباشرة .

ب) سرعة الفصل (Cut - Off Speed) ،
هي أكبر سرعة للرياح تعمل عندها العنفة
هوائية (تكون عادة أعلى من ٣٠م/ث)
عندما تزيد سرعة الرياح عن سرعة
فصل توجه الريش الفولاذية للعنفة
هوائية بحيث تكون في مستوى مواز
تجاه الرياح وبذلك تتوقف حركة العنفة .

جـ) السرعة التصميمية الإسمية
(Rated Speed) ، وهي أقل سرعة للرياح
تج عندها العنفة قدرتها الإسمية ، وعند
بادة سرعة الرياح عن السرعة الإسمية
إن القدرة الناتجة عن العنفة تبقى ثابتة
د قيمتها الإسمية .



شكل (٣) تطور العلاقة بين أقطار العنفات الهوائية
ولاذية والقدرة الكهربائية (١٩٨٠ ـ ١٩٩٥م).



● شكل (٤) تطور العلاقة بين حجم العنفة والطاقة الكهربائية المنتجة خلال منتصف التسعينيات.

ولتبيان العلاقة بين العنفة الهوائية والسرعات المختلفة للرياح يوضح الشكل (٢) أن الطاقة المنتجة تزيد بازدياد سرعة الرياح عن سرعة المباشرة حتى تصل الى الطاقة القصوى ، ثم يحدث تغيير طفيف في إنتاج الطاقة بزيادة سرعة الرياح لتصل الطاقة المنتجة إلى الطاقة الإسمية ، وبعدها تصل سرعة الرياح إلى السرعة التي يتم عندها إيقاف العنفة .

كذلك يعتمد أداء العنفة الهوائية على تصميمها الهندسي ونوعية المواد المستخدمة في صنعها . وقد حدث تطور في صناعة العنفات خلال الأعوام ١٩٨٠ إلى ١٩٩٥ بإدخال عدة تعديلات على قطر العنفة والذي كلما زاد تحسن إنتاج الطاقة ، شكل (٣) ، كذلك يوضح شكل (٤) تطور العلاقة بين أحجام العنفات والطاقة الكهربائية المنتجة خلال منتصف التسعينيات .

ضخ المياه بطاقة الرياح

يحتاج التصميم الجيد لنظام ضخ مائي يعمل بواسطة الرياح إلى تحديد مايلي:

– حجم المياه (م٣/اليوم) .
– المسافة المطلوبة لنقل المياه من المصدر المائي (البئر) إلى موقع المعالجة أو الإستخدام .
– مواصفات العنفة الهوائية .
– القدرة الكهربائية المتوفرة من طاقة الرياح بوحدة كيلووات ساعة / اليوم (مصدر طاقة الرياح) .
– نوع المياه المنقولة ونوعية استخدامها (للشرب ، الري ، الحيوانات ...) .

تتكون معظم نظم الضخ المائية بإستخدام طاقة الرياح ، شكل (٥) ، مما يلي :–

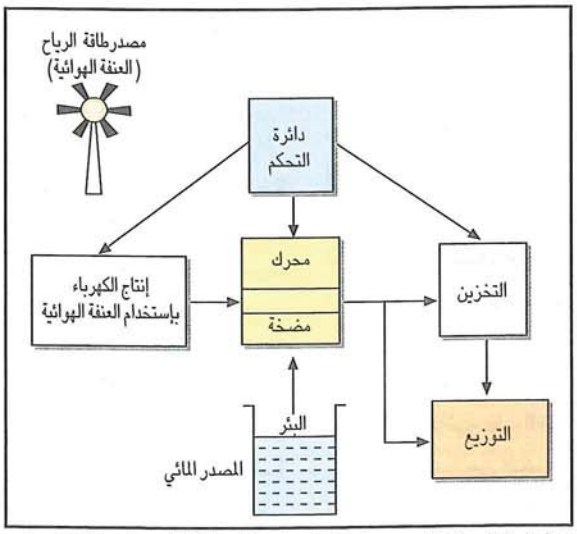
١– عنفة توليد الطاقة الكهربائية .
٢– محرك (مستمر أو متناوب) مع مبدلة كهربائية .
٣– دارة تحكم آلي للتشغيل الأمثل .
٤– مضخة .
٥– ملحقات أخرى (كوابل ، قوابس ، أنابيب وغيرها ...) .

ويتم اختيار نظام المضخة التي تعمل بطاقة الرياح وفق عدد من الخطوات يتم على ضوئها اختيار المضخة الملائمة ، والنظام الموافق لها ، وذلك حسب كمية التدفق اليومي المطلوب ، ويوضح شكل (٦) تلك الخطوات حسب ترتيبها .

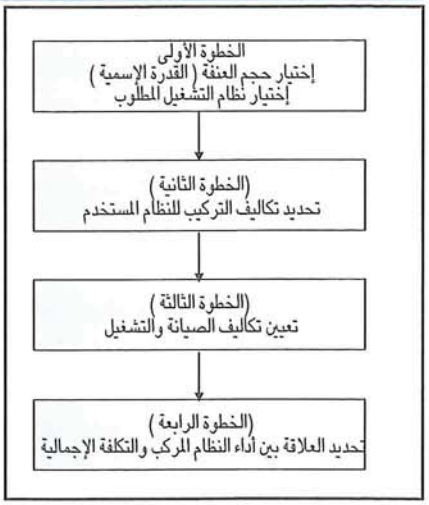
وتختلف تقنيات ضخ المياه بطاقة الرياح حسب نوع البئر المستخدم ، ونظام العنفات الهوائية ، ونوع الطاقة المصاحب لنظام الضخ بطاقة الرياح ، وذلك كما يلي :–

● الضخ المباشر للمياه السطحية أو الجوفية

تستخدم في هذه الحالة نظم العنفات الهوائية البسيطة ذات الشكل المروحي والتي تدير مضخة ماصة – كابسة (ترددية) لضخ المياه مباشرة من الآبار ، ويتراوح عدد الريش الفولاذية من ست إلى أربع وعشرين ريشة ، حيث يصلح هذا النوع من العنفات الهوائية لضخ المياه من الأنهار والقنوات والآبار قليلة الأعماق ، وفي العادة تكون قدرة العنفة الواحدة في حدود ٣–٥ كيلووات ، وتكفي لري مساحات صغيرة من الأراضي الزراعية .



● شكل (٥) مخطط مبسط لنظام مضخة مائية تعمل بطاقة الرياح.



● شكل (٦) خطوات أختيار المضخة العاملة بطاقة الرياح.

● الضخ بالمضخات الهوائية

تكون المضخات الهوائية عادة ذات قدرة أعلى من المضخات التي تستخدم مع العنفات الهوائية ، حيث تقوم العنفة الهوائية في هذه الحالة بتدوير ضاغط هوائي للحصول على هواء تحت ضغوط عالية يستخدم لتدوير المضخة الهوائية التي يمكنها فيما بعد ضخ المياه من أعماق كبيرة . ومن التصاميم المعروفة في هذا الخصوص عنفة هوائية لها أربع ريش فولاذية فقط وبقطر يعادل ٣,٥ متر ، حيث تقوم هذه العنفة بتدوير ضاغط له القدرة على ضخ مايقرب من متر مكعب واحد في الساعة الواحدة ورفعه من عمق عشرين متراً إلى إرتفاع عشرة أمتار فوق سطح الأرض .

ومن الجدير بالذكر أن بعض المضخات لها القدرة على رفع المياه من أعماق تصل إلى ستين مترا ، ولكن بكمية تصريف أقل نسبيا تصل إلى ٣٠٠ لتر في الساعة .

● الضخ بالمولد الكهربائي

يسمى هذا النوع من النظام بالمنظومة المتكاملة ، وفيه تدير العنفة الهوائية مولداً كهربائياً يقوم بدوره بتغذية محرك كهربائي يدير مضخة يمكنها ضخ المياه من الآبار من أعماق مختلفة ، ويتم ضخ المياه في هذه الحالة إما إلى المزارع مباشرة أو إلى خزان طبيعي أو صناعي للإستفادة من المياه عند الحاجة إليها . وتكون العنفة الهوائية في هذه الحالة من النوع ذي المحور العمودي (الرأسي) ، حيث يمكن أن تصل القدرة إلى مئات الكيلووات . هذا وتتميز هذه التقنية بما يلي :

- التغلب على مشكلة اختيار موقع إقامة العنفة الهوائية بالنسبة لموقع البئر (المصدر المائي) .
- يمكن استخدام مضخات من النوع القابل للغطس (Submersible) أو من النوع التوربيني ذي العمود (Shaft - Type Turbine) وذلك عوضاً عن المضخات الترددية في حالة الربط المباشر مع العنفة الهوائية .
- يمكن ربطها مع شبكات الكهرباء -إن وجدت- لضمان استمرارية الضخ واتباع تعليمات وتوجيهات سياسة ترشيد الكهرباء .

تحلية المياه بطاقة الرياح

لاتتوفر المياه العذبة - عادة - سواء السطحية أو الجوفية بالقرب من المجتمعات الصحراوية النائية ، ولكن يمكن أن تتوفر وبشكل كبير مياه جوفية شبه مالحة تتراوح درجة ملوحتها مابين ١٠٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ جزء في المليون ، أو مياه بحر تصل درجة ملوحتها أحيانا إلى ٥٥,٠٠٠ جزء في المليون . وفي كلتا الحالتين يمكن تحلية هذه المياه بإستخدام طاقة الرياح باحدى الآليات التالية :

● التناضح العكسي

تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق الإقتصادية المعروفة في تحلية المياه المالحة ، وهي تعتمد على ظاهرة فيزيائية بسيطة ، وهي أنه في حالة عزل محلول مائي يحتوي على مادة ذائبة غير قابلة للتبخر عن الماء العذب بواسطة غشاء يسمح بمرور الماء العذب ويقاوم مرور المادة المذابة ، فسوف ينشأ ضغط تناضحي (أسموزي) نحو المحلول بغرض الإقلال من تركيزه ، وتزداد قيمة هذا الضغط كلما زاد تركيز المحلول ، وفي حالة التأثير على الغشاء بضغط أكبر من الضغط الأسموزي فإن الماء العذب سوف يتجه تلقائياً من المحلول إلى الماء العذب في الجهة الأخرى من الغشاء ، ويسمى هذا الضغط الزائد الذي يعكس العملية الطبيعية بالضغط الأسموزي العكسي (التناضح العكسي) ، وبالتالي يمكن استغلال هذه الظاهرة في فصل الماء العذب (المذيب) من الماء المالح (المحلول) .

وفي حالة التحلية بطاقة الرياح فان عملية التناضح العكسي تحتاج إلى طاقة ميكانيكية يمكن توفيرها مباشرة من مضخة تدار بعنفة هوائية لأنتاج الكهرباء ، حيث تقدر الطاقة الكهربائية اللازمة لتحلية متر مكعب واحد من المياه بالعلاقة التالية :

$$E_d = \frac{P}{25R}$$

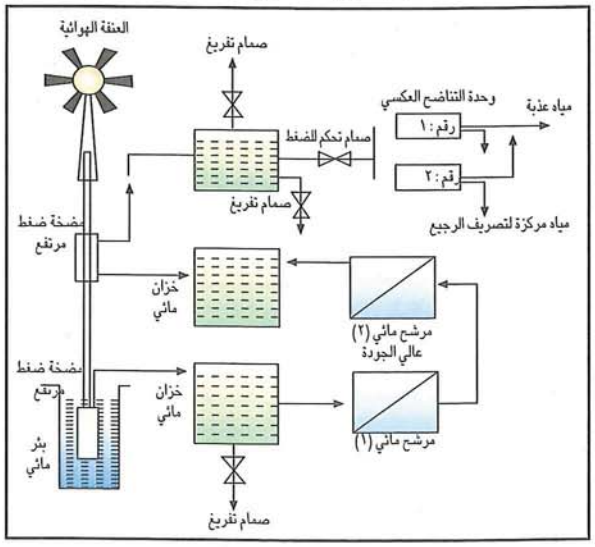
حيث:-

P : ضغط التشغيل (مقدرا بالبار) .

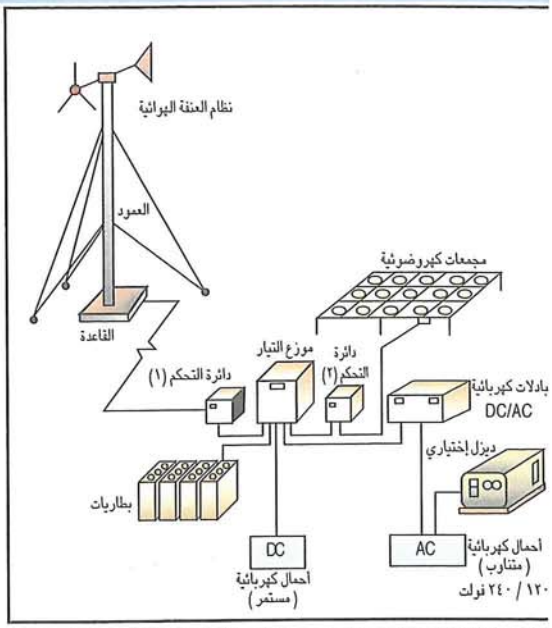
R : نسبة حجم المياه العذبة إلى حجم المياه المالحة المعالجة .

E_d : الطاقة الكهربائية اللازمة (كيلووات ساعة /م٣) .

وبتطبيق العلاقة الأخيرة يتبين أن كمية الطاقة الكهربائية المطلوبة باستخدام نظم طاقة الرياح لتحلية متر مكعب واحد من مياه البحر يتراوح من ١٠ إلى ١٤ كيلووات ساعه /م٣ ، وتصل إلى ١,٥ كيلووات ساعة/م٣ للمياه شبه المالحة (مياه جوفية) ويطلق على هذه الطريقة إختصاراً تقنية طاقة الرياح والتناضح العكسي لتحلية المياه أو : (Wind reverse Osmosis Technology) ويوضح الشكل (٧) مثالا نموذجيا لنظام



● شكل (٧) نموذج لنظام ضخ متكامل (رياح - وحدة تحلية مائية) بطريقة التناضح العكسي.



شكل (٨) نظام الطاقة المعدل في المناطق النائية (رياح - كهروضوئي - ديزل).

خ متكامل (رياح – وحدة
لية المياه بالتناضح
كسي) ، حيث تقوم العنفة
وائية (عدة ريش قطر الواحدة
أمتار) بتدوير المضخة المائية
حدة التناضح العكسي ، ويصل
سغط الجوي المستخدم في هذا
نظام إلى ٢٠ بار (بدقة $\pm$ =٥٪)
شغيل وحدة التحلية . كما يعمل
ظام بدءاً بالسرعة النموذجية
وفرة في كافة المناطق التي
صل إلى ٤م/ث ، وتتم الصيانة
ورية من أجل الحفاظ على جودة
اه العذبة المنتجة وزيادة فعالية
ظام ، كما يمكن إضافة بعض
لايا الكهروضوئية والبطاريات في
الة التطبيقات النائية قاسية
روف كما هو مبين في الشكل (٨) .

الديلزة الكهربائية

تعتمد طريقة الديلزة الكهربائية (Electro- Dialysis Method - E على إذا مر تيار كهربائي مباشرة خلال لول متأين بواسطة قطبين الأول وجب والآخر سالب فإن الأيونات جبة سوف تتجه إلى القطب السالب ، أيونات السالبة إلى القطب الموجب ، فإذا وضعت أغشية بين هذين القطبين بحيث تسمح بعضها بمرور الأيونات الموجبة فقط والبعض الآخر تسمح بمرور الأيونات السالبة فقط مما يؤدي إلى وجود مناطق عبر الأغشية تحتوي على كميات من المحلول بتركيز مرتفع (الماء الرجيع) ومناطق أخرى تحتوي على كميات من المحلول بتركيز منخفض (المياه العذبة) . ويكون دور طاقة الرياح في هذه الحالة هو إنتاج الكهرباء اللازمة لمرور التيار بين الأقطاب الموجبة والسالبة . وتتميز طريقة الديلزة الكهربائية عن طريقة التناضح العكسي بكونها أقل تكلفة ، ولكنها غير مناسبة في حالة وجود البكتيريا والعوالق في الماء .

• التبخير الومضي

يتم في طريقة التبخير الومضي (Flash Evaporation-FE) تسخين الماء أو أي سائل آخر بوجود وسيط ناقل للحرارة لرفع درجة حرارة المياه المالحة قريبا من درجة الغليان ، وبمرور هذه المياه في حجرات التبخير وتحت ضغوط تنخفض تدريجيا يتشكل بخار الماء فجأة ، وذلك بسبب إنخفاض درجة الغليان ، ثم تتكثف هذه الابخرة الى مياه عذبة نقية وبمواصفات جيدة . ويكون دور طاقة الرياح في هذه الحالة إنتاج الكهرباء اللازمة لتسخين المياه .

أمثلة للضخ والتحلية المائية

تم في العقد الماضي تزويد أكثر من مائة ألف عائلة تعيش في مناطق نائية في الصين بمولدات طاقة الرياح (العنفات الهوائية) . وقد نجحت الصين في تطوير مضخات وعنفات جديدة تعمل بطاقة الرياح ، حيث كان لبرامج التعاون الدولي والدعم الحكومي المستمر الدور الرئيسي في تحقيق ذلك ، وعلى سبيل المثال فقد تم إنتاج عنفات صغيرة القدرة (٥٠-٢٠٠وات) وبكميات تجارية تصل إلى ١٠ ألف وحدة لكل عام ، وفي بداية عام ١٩٩١ تم الإنتهاء من تركيب وتشغيل أكثر من ١١٠ ألف وحدة تعمل في المناطق الساحلية في الصين وخاصة تلك التي لايصلها التيار الكهربائي . كما تم إنتاج عنفات هوائية تتراوح قدرتها مابين ١-٢٠ كيلووات .

وقد أفادت دراسات الجدوى الإقتصادية للعنفات الهوائية عند سرعة رياح ٤م/ث أن تكلفة الكهرباء المنتجة تعادل ٤٠سنتا / كيلوات ساعة ، أي أن طاقة الرياح تعد منافسة بل أرخص بكثير من فوانيس الكيروسين أو مولدات الديزل أو حتى المولدات الكهربائية ، ويعد الارتفاع الكبير لأسعار الطاقة التقليدية والتكاليف المضافة لنقلها والمشاكل البيئية المختلفة من الأسباب التي تجعل من العنفات الهوائية أكثر تلاؤما مع تطبيقات المناطق النائية .

وفي البرازيل تمثل مياه الآبار والتي تصل أعماقها إلى ٤٠٠م نسبة كبيرة في تأمين مياه الشرب ، وخاصة للقرى والمناطق البعيدة ، وتستخدم العنفات الهوائية في هذه الحالة بنسبة ٢٥٪ في ضخ المياه من هذه الآبار ، وتقدر إنتاجية العنفات الهوائية بحوالي ٢٠٠٠لتر /ساعة .

وفي المانيا تقدمت مجموعة بحوث التطوير في الجامعة التقنية ببرلين بنظم متعددة لاستغلال طاقة الرياح في تشغيل المضخات المائية (الغاطسة) لأغراض الري والصرف المائي ، وقد وصلت كفاءة النظم المقترحة إلى ٧٠٪ وذلك مع مضخة تعمل بسرعة ١٥٠دورة / دقيقة .

وفي تونس تتمثل أهمية إستغلال طاقة الرياح في تطبيقات ضخ المياه وكهربة المناطق النائية ، حيث تتوزع وحدات ضخ المياه عدديا على النحو التالي :

١- المحركات التقليدية ٢٣٨٠٠ وحدة .
٢- الحيوانات (كالخيول والأبقار) ٢٢٨٠٠ وحدة .