هذه الوثيقة لم تعد قيد الاستخدام من قبل مجموعة البنك الدولي. الإصدارات الجديدة من دليل مجموعة البنك الدولي للبيئة والصحة والسلامة متاحة في الرابط التالي

http://www.ifc.org/ehsguidelines.

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بطاقة الرياح

مقدّمة

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (**EHS**) هي وثائق مرجعية فنّية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (**GIIP**).[1] وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، التي تتيح الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعقّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنيّة. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines

وتتضمّن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تحققها في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

وينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب مع المخاطر والتهديدات المُحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المُضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنيّة، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنّية المحددة إلى الرأي المهني المتخصّص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

[1] هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصّر المُتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيّون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنّية.

التطبيق

تشمل الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بطاقة الرياح معلومات تتصل بجوانب البيئة والصحة والسلامة لمرافق طاقة الرياح البرية والبحرية. ويحتوي الملحق (أ) على وصف كامل لأنشطة الصناعة الخاصة بهذا القطاع. وتتناول الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل النقل والتوزيع الكهربي قضايا البيئة والصحة السلامة المرتبطة بتشغيل خطوط النقل. وهذه الوثيقة تم تنظيمها وفق الأقسام التالية:

القسم 1.0— الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها
القسم 2.0— مؤشرات الأداء ورصده
القسم 3.0 — ثبت المراجع والمصادر الإضافية
الملحق (أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

القسم 1.0: الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

يقدم القسم التالي موجزًا لقضايا البيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمرافق طاقة الرياح، مع تقديم توصيات حول كيفية التعامل معها.

1.1 البيئة

تشمل أعمال الإنشاء في مشاريع طاقة الرياح نموذجياً تهيئة الأرض من أجل إعداد الموقع وإنشاء طرق الوصول؛ والحفر، والتفجير، والردم؛ نقل مواد الإمداد والوقود؛ وإنشاء الأساسات التي تتضمن الحفر ووضع الخرسانة؛ وتشغيل الروافع للتفريغ وتركيب المعدات؛ وبدء تشغيل المعدات الجديدة. وتشمل أعمال إيقاف التشغيل إزالة البنية الأساسية للمشروع وإعادة تأهيل الموقع.

كما تشمل القضايا البيئية المرتبطة بأعمال الإنشاء وإيقاف التشغيل - من بين ما تشمل - الضوضاء والاهتزازات، وتعرية التربة، وتهديد التنوع البيولوجي، بما في ذلك تغيير خصائص الموائل والتأثير على الأحياء البرية. ونظراً لوجود مرافق تحويل طاقة الرياح عادة في مواقع نائية، فإن نقل المعدات والمواد أثناء الإنشاء وإيقاف التشغيل قد يشكل تحديات لوجستية. وتقدم توصيات بشأن التعامل مع تلك القضايا المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة في القسم الخاص بالآثار البيئية لعمليات الإنشاء وإيقاف التشغيل في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

وتشمل القضايا البيئية المتعلقة بتشغيل مشاريع ومرافق طاقة الرياح تحديداً، ما يلي:

- الآثار البصرية
- الضوضاء
- نفوق الأنواع الحية، أو إصابتها، أو إقلاقها
- القضايا المتعلقة بالإضاءة والإنارة
- تغيير خصائص الموائل
- نوعية المياه

الآثار البصرية

من الممكن أن تكون لمزارع الرياح آثار على الموارد البصرية، ويتوقف ذلك على الموقع وتصورات الجمهور المحلي. وتتعلق الآثار البصرية المرتبطة بمشاريع طاقة الرياح عادة بالتوربينات ذاتها (مثل لونها وارتفاعها وعددها) والآثار ذات الصلة بتفاعلها مع خصائص المناظر الطبيعية المحيطة بها.

تشمل تدابير المنع والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع الآثار البصرية ما يلي [2] :

- المشاورة مع المجتمع المحلي بشأن مواقع مزارع الرياح من أجل مراعاة قيم المجتمع المحلي في التصميم؛

[2] Gipe (1995).

- مراعاة خواص المناظر الطبيعية عند اختيار مواقع التوربينات؛
- دراسة الآثار البصرية للتوربينات من جميع زوايا الرؤية عند دراسة المواقع التي ستوضع بها؛
- الحد من الإنشاءات الملحقة في الموقع عن طريق تجنب التسييج، وتقليل الطرق، ودفن خطوط الطاقة الكهربية الداخلية الخاصة بالمشروع، وإزالة التوربينات المعطلة؛
- تجنب الميول الحادة، وتطبيق تدابير منع التعرية، وإعادة التخضير الفوري للأراضي التي تم تمهيدها بالأنواع النباتية المحلية فقط؛
- الحفاظ على تماثل التوربينات في الحجم والتصميم (مثل اتجاه الدوران، نوع التوربينات والأبراج، وارتفاعها)؛
- دهان التوربينات بلون موحد، على أن يكون ملائماً للون السماء (رمادي فاتح أو أزرق فاتح)، وفي الوقت نفسه، مراعاة اللوائح التنظيمية الخاصة بالعلامات الملاحية البحرية والجوية؛
- تجنب وضع كتابة، وشعارات الشركات، أو الإعلانات، أو الرسوم على التوربينات.

الضوضاء

تصدر التوربينات الهوائية ضوضاء أثناء تشغيلها. وتنشأ الضوضاء بالأساس من مصادر ميكانيكية وديناميكية هوائية. وتصدر الضوضاء الميكانيكية من الآلات الموجودة في الكِنة. أما ضوضاء الديناميكية الهوائية فتصدر من حركة الهواء حول أرياش التوربينات والبرج. وتشمل أنواع ضوضاء الديناميكية الهوائية الضوضاء منخفضة التردد، والضوضاء الدفعية منخفضة التردد، والضوضاء النغمية، والضوضاء المتواصلة عريضة النطاق. علاوة على ذلك، قد يزيد مقدار الضوضاء مع زيادة سرعة دوران أرياش التوربينات، ومن ثم فمن شأن تصميمات التوربينات التي تتيح سرعات دوران أقل في الرياح العالية أن تحد من مقدار الضوضاء المتولدة.

ترتبط التدابير الرامية إلى منع ومكافحة الضوضاء بصفة أساسية بمعايير التصميم الهندسي. على سبيل، تتولد الضوضاء عريضة النطاق من اضطراب الهواء خلف الأرياش، وتزيد مع زيادة سرعة دورانها. ويمكن السيطرة على تلك الضوضاء من خلال استخدام توربينات متغيرة السرعة أو أرياش مائلة لخفض سرعة الدوران.

تشمل التدابير الإضافية الموصى بها للتعامل مع الضوضاء ما يلي:

- الاختيار المناسب لموقع مزارع الرياح بحيث لا تكون قريبة من المستقبلات الحساسة للضوضاء (مثل المناطق السكنية، والمستشفيات، والمدارس)؛
- الالتزام بالمعايير التصميمية الوطنية أو الدولية للتوربينات الهوائية (مثل وكالة الطاقة الدولية، واللجنة الكهربائية التقنية الدولية، والمعهد الأمريكي للمعايير الوطنية).

نفوق الأنواع الحية، أو إصابتها، أو إقلاقها

المزارع البرية

قد يؤدي تشغيل التوربينات الهوائية البرية إلى اصطدام الطيور والخفافيش بالأرياش الدوارة للتوربينات الهوائية و / أو الأبراج، مما يؤدي إلى احتمال نفوق الطيور والخفافيش أو إصابتها. ومن بين الآثار المحتملة غير المباشرة على الطيور التغير في كمية ونمط أنواع الفرائس مما يؤدي إلى تغير في الموئل في موقع مشروع مزرعة الرياح، وحدوث تغيرات في نوع وعدد المجاثم وأماكن التعشيش نظراً لتغير الموئل الطبيعي أو استخدام الطيور للتوربينات الهوائية لذلك. [3]

[3] NWCC (1999).

يتوقف الأثر على الطيور والخفافيش على حجم المشروع والعوامل الأخرى، بما فيها الاعتبارات التكنولوجية (مثل أبعاد البرج وتصميم التوربينات)، وإضاءة التوربينات الهوائية، وتخطيط مزرعة الرياح. بالإضافة إلى ذلك، ربما تؤثر خصائص الموقع هي الأخرى على تلك الآثار، بما في ذلك السمات الفيزيائية وسمات المظهر الطبيعي لموقع مزرعة الرياح (مثل القرب من الموائل الذي قد يؤدي إلى تركز الطيور، أو الخفافيش، أو فرائسها)، أعداد الطيور والخفافيش التي تتحرك في موقع مزرعة الرياح، والسلوكيات الخطرة للطيور (ارتفاع التحليق في الجو) والخفافيش (مثل مسارات الهجرة)، والاعتبارات الجوية.

تشمل تدابير المنع والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- إجراء اختيار الموقع بحيث يراعي مسارات الهجرة المعروفة أو المناطق التي تتركز فيها الطيور والخفافيش بصورة كثيفة. وتشمل الأمثلة على المناطق ذات التركيز العالي: الأراضي الرطبة، والملاذ المعينة للأحياء البرية، ومناطق التجمع، ومجاثم الغربان، وأماكن إسبات الخفافيش، والمجاثم، وسلاسل التلال، وأودية الأنهار، والمناطق النهرية؛
- تصميم ترتيب التوربينات لتجنب النفوق المحتمل للطيور (مثل تجميع التوربينات بدلاً من نشرها على مساحة واسعة أو توجيه صفوف التوربينات بحيث تكون موازية لتحركات الطير المعروفة)؛
- تطبيق التدابير الملائمة للتعامل مع مياه الأمطار لتجنب تكوين عوامل جاذبة مثل البرك الصغيرة التي قد تجذب إليها الطيور والخفافيش كمصادر للتغذية أو التعشيش، بالقرب من مزارع الرياح.

المزارع البحرية

الضوضاء الصادرة أثناء تشغيل مزارع الرياح البحرية لا تؤدي على الأرجح إلى ترحيل الأسماك والثدييات البحرية بعيداً عن موقع المشروع. إلا أن الأنشطة المصاحبة لتركيب أو إزالة التوربينات الهوائية البحرية والكبلات تحت السطحية قد تؤدي إلى ترحيل مؤقت للأسماك، والثدييات البحرية، وسلاحف البحر، والطيور. ويرجع ذلك الترحيل بشكل مباشر إلى التأثيرات السمعية، أو البصرية، أو الاهتزازية المقلقة، أو بشكل غير مباشر نتيجة زيادة مستويات الرسابة في عمود الماء نتيجة لإحداث خلل بقاع البحر.

وتعتمد تدابير التعامل مع تلك الآثار على خصائص الموائل المحلية، ويمكن أن تشمل الآتي:

- تطبيق إجراءات بدء تشغيل هادئ لأنشطة دق الأوتاد للمساعدة على منع تعرض الأسماك، والثدييات البحرية، وسلاحف البحر لمستويات ضارة من الأصوات وتوفير فرصة لها لمغادرة المنطقة؛
- استخدام تكنولوجيا الحرث الهيدروليكي النفاث لتمديد الكبلات، والتي تعد أقل البدائل إضراراً بالبيئة مقارنة بالتكنولوجيات التقليدية؛
- استخدام عمود أحادي كأساس للتوربينات، مما يعني التسبب في أقل قدر من الاختلال لقاع البحر مقارنة بأنواع الأساسات الأخرى. [4]

وكما هو الحال مع مزارع الرياح البرية، ثمة خطر لنفوق الطيور وإصابتها بسبب الاصطدام بالتوربينات الهوائية البحرية. وتشمل تدابير المنع والمكافحة التي تهدف إلى الحد من مخاطر اصطدام الطيور البحرية ما يلي:

[4] CWA (2004).

- تحديد الموضع بشكل سليم لتنجب الأماكن التي تستخدمها الطيور بكثافة عالية، بما في ذلك مسارات الهجرة؛
- الإبقاء على ارتفاع أبراج التوربينات دون الارتفاع المعتاد لمسارات هجرة الطيور؛
- الحفاظ على مسافة مناسبة بين الأرياش الدوارة وبين سطح المحيط لتجنب تصادمها مع نشاط الطيور البحرية القريبة من سطح المحيط؛
- استخدام أرياش دوراة بطيئة الدوران لتكون أكثر وضوحاً. [5]

اهتزاز الظل وتلألؤ الأرياش

يحدث اهتزاز الظل عندما تمر الشمس خلف توربين الرياح ملقية ظلالاً. وبدوران الأرياش الدوارة، تمر الظلال فوق نفس النقطة مما يحدث تأثيراً يسمى اهتزاز الظل. وربما يسبب اهتزاز الظل مشكلة عند وجود الأماكن السكنية بالقرب من مزارع الرياح، أو كانت في اتجاه محدد منها.

وكما هو الحال مع اهتزاز الظل، تتلألأ الأرياش والأبراج عندما تضرب الشمس الأرياش الدوارة أو الأبراج من اتجاه معين. ومن الممكن أن يؤثر ذلك على المجتمع المحلي، حيث ينعكس ضوء الشمس من الأرياش الدوارة بزاوية تجاه الأماكن السكنية القريبة. ويعد تلألؤ الأرياش ظاهرة مؤقتة للتوربينات الجديدة فقط، وتختفي عادة عندما تعلوها الأوساخ بعد بضعة شهور من التشغيل.

تشمل تدابير المنع والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- اختيار مواقع التوربينات الهوائية وتوجيهها بحيث تتجنب الأماكن السكنية الواقعة ضمن الشرائط الضيقة، التي تكون في الغالب جنوب غربي وجنوب شرقي التوربينات، حيث يتزايد تكرار اهتزاز الظل. ويمكن الاستعانة بالبرامج المتوفرة تجارياً لتصميم النماذج واستخدامها في تحديد منطقة الاهتزاز ومن ثم يمكن إقامة مزارع الرياح على نحو مناسب؛
- طلاء أبراج التوربينات الهوائية بطلاء غير عاكس لتجنب الانعكاس من الأبراج.

تغيير خصائص الموائل

المزارع البرية

تعتبر احتمالات تغيير خصائص الموائل البرية المصاحبة لإنشاء وتشغيل التوربينات الهوائية البرية محدودة نظراً للمساحة الفردية الصغيرة التي تشغلها تلك المرافق. وقد تناولت **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** طرق تفادي تلك الآثار والحد منها كما هو مبين أعلاه. إلا أن إنشاء طرق وصول لإقامة مرافق الرياح في المواقع النائية قد يؤدي إلى مخاطر إضافية لتغيير خصائص الموائل البرية. وتقدم **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطرق** إرشادات إضافية بشأن منع ومكافحة الآثار المرتبطة بإنشاء وتشغيل البنية الأساسية للطرق.

المزارع البحرية

ربما يؤدي نصب أساسات التوربينات الهوائية البحرية إلى فقدان الموائل البحرية القائمة نتيجة لحفر قاع البحر. وتبعاً لموقع التوربينات الهوائية، قد يؤدي ذلك إلى فقد إحدى دورات الحياة الرئيسية (مثل التسرئة، والتنشئة)، موائل المصائد الترفيهية والتجارية، على الرغم من انخفاض احتمالات حدوث آثار سلبية بالنظر إلى محدودية المساحة التي تشغلها تلك التركيبات. [6] وقد يوفر التواجد المادي للجزء المغمور من أبراج التوربينات الهوائية والأساسات ركيزة جديدة (موئلاً صناعياً)، مما يؤدي إلى استيطان بعض الأنواع البحرية على

[5] CWA (2004).

[6] CWA (2004).

الركيزة الجديدة. كما قد تؤدي أساسات التوربينات أيضاً إلى إنشاء موئل حماية جديداً للأسماك البحرية والكائنات الحية الأخرى. [7]

ويمكن تجنب الآثار السلبية المحتملة أو الحد منها عن طريق إقامة التوربينات بشكل سليم خارج المناطق الحساسة بيئياً.

نوعية المياه

المزارع البرية

قد يؤدي تركيب أساسات التوربينات، والكبلات تحت الأرضية، وإنشاء طرق الوصول إلى زيادة التعرية والترسب في المياه السطحية. وقد تم تناول التدابير التي من شأنها منع ومكافحة التعرية والترسب في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** وفي **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطرق**.

المزارع البحرية

ربما يؤدي تركيب أساسات التوربينات وتمديد الكبلات تحت السطحية إلى إحداث خلل في قاع البحر مما يؤدي إلى زيادة مؤقتة في الرسابة في عمود الماء، ومن ثم يقلل من نوعية المياه ومن الممكن أن يؤثر على الأنواع البحرية والمصائد التجارية والترفيهية.

تشمل تدابير المنع والمكافحة من أجل التعامل مع تلك الآثار، ما يلي:

- إجراء عملية لاختيار الموقع تراعي احتمالات إعاقة المكونات الإنشائية للمشروع لمصائد الأسماك التجارية والترفيهية وموائل الأنواع البحرية؛
- تخطيط تركيب المكونات الإنشائية مع الأخذ في الاعتبار فترات دورات الحياة الحساسة؛
- استخدام ستائر طمي، إن كان ذلك ممكناً من الناحية العملية، لاحتواء التعكر الناتج عن أعمال الإنشاء تحت المائية.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

مخاطر الصحة والسلامة المهنية التي تحدث أثناء إنشاء مشاريع تحويل طاقة الرياح البرية والبحرية، وتشغيلها، وإيقاف تشغيلها، تماثل بصفة عامة تلك التي تحدث في المنشآت الصناعية الكبيرة ومشاريع البنى الأساسية. وتشمل المخاطر المادية مثل العمل على ارتفاعات، والعمل في أماكن محصورة، والعمل مع الآلات الدوارة، والأشياء المعرضة للسقوط. ويتم تناول منع تلك المخاطر ومكافحتها وغيرها من المخاطر البدنية، والكيميائية، والبيولوجية، والإشعاعية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

تشمل مخاطر الصحة والسلامة المهنية الخاصة تحديداً بمرافق طاقة الرياح وأنشطتها بصفة أساسية ما يلي: [8]

- العمل على ارتفاعات
- العمل فوق سطح الماء

العمل على ارتفاعات

ربما يلزم العمل على ارتفاعات أثناء أعمال الإنشاء، بما في ذلك تجميع مكونات أبراج الرياح وأعمال الصيانة العامة أثناء العمليات. ويشمل منع ومكافحة المخاطر المرتبطة بالعمل على ارتفاعات ما يلي:

- قبل الشروع في العمل، يجب اختبار سلامة المنشأة؛

[7] أظهرت الدراسات أن الإنشاءات الصناعية المغمورة قد تقلل من معدل نفوق الأنواع السمكية، وتزيد من توافر الغذاء، وتوفر ملجأ لها (Bombace 1997).

[8] تتوفر مجموعة شاملة من الإرشادات بشأن إجراءات العمل الآمن أثناء إنشاء وتشغيل وصيانة التوربينات الهوائية البحرية في BWEA (2005).

- تنفيذ برنامج للحماية من السقوط يتضمن التدريب على أساليب التسلق واستخدام تدابير الحماية من السقوط؛ وفحص معدات الحماية من السقوط، وصيانتها، واستبدال التالف منها؛ وإنقاذ العمال المعلقين؛
- وضع معايير لاستخدام وسائل الحماية التامة من السقوط بنسبة 100 في المائة (في العادة عند العمل على ارتفاع يفوق المترين فوق سطح العمل، ولكن يمكن أن يمتد إلى 7 أمتار، حسب طبيعة العمل). ويجب أن يكون نظام الحماية من السقوط مناسباً لهيكل البرج والحركات اللازمة، بما في ذلك الصعود، والهبوط والتحرك من نقطة إلى أخرى؛
- تركيب مثبتات على أجزاء البرج لتيسير استخدام أنظمة الحماية من السقوط؛
- تزويد العمال بالأنظمة المناسبة من الأجهزة المساعدة في ضبط موضع العمل. ويجب أن تكون وصلات أنظمة ضبط الوضع متوافقة مع مكونات البرج الموصلة به؛
- ضمان تقنين معدات الرفع وصيانتها بشكل سليم، وحصول عمال تشغيل المرفاع على التدريب المناسب؛
- يجب ألا تقل أحزمة السلامة عن 15.8 ملليمتر (مم) (5/8 بوصة) من النايلون المقوى (اثنين في واحد) أو أية مادة أخرى مكافئة له في الشدة. ويجب استبدال أحزمة السلامة الحبلية قبل أن تظهر بوضوح أية علامات تقادم أو اهتراء على الألياف؛
- عند تشغيل الآلات الكهربائية على ارتفاع عال، يجب على العمال استخدام حزام سلامة آخر (كاحتياطي)؛
- يجب إزالة أية لافتات أو أية معوقات أخرى من الأعمدة أو الهياكل قبل الشروع في العمل؛
- يجب استخدام حقيبة أدوات معتمدة لرفع أو خفض الأدوات أو المواد إلى العمال الذين يعملون على الإنشاءات المرتفعة.
- تجنب نصب الأبراج أو إجراء أعمال الصيانة في الأحوال الجوية السيئة خاصة عند وجود مخاطر الصواعق؛

العمل فوق سطح الماء

تشمل تدابير المنع والمكافحة ذات الصلة بالعمل فوق سطح المياه المفتوحة المبادئ الأساسية الموصوفة للعمل على الارتفاعات، كما سبق، بالإضافة إلى ما يلي:

- الانتهاء من إجراء تقييم مخاطر وخطة إدارة للمياه، والرياح، والظروف الجوية قبل بدء العمل؛
- استخدام معدات الطفو المعتمدة (مثل سترات النجاة، والصدريات، وأحبال الطفو، والعوامات الحلقية) عند وجود العمال فوق سطح المياه، أو بالقرب منها، في حالة وجود مخاطر غرق.
- توجيه العمال لتجنيبهم التعرض إلى الرشاش الملحي والتعرض للأمواج؛
- توفير المركبات البحرية المناسبة ومشغلي المراكب وأفراد الطوارئ المؤهلين.

1.3 صحة وسلامة المجتمع

مخاطر صحة وسلامة المجتمع التي تحدث أثناء إنشاء مشاريع تحويل طاقة الرياح البرية والبحرية، وتشغيلها، وإيقاف تشغيلها، تماثل بصفة عامة تلك التي تحدث في المنشآت الصناعية الكبيرة ومشاريع البنى الأساسية. وتشمل السلامة الإنشائية للبنية الأساسية للمشروع، وسلامة الحياة والوقاية من الحرائق، وإمكانية دخول ووصول الجمهور للموقع، وحالات الطوارئ، وقد تمت مناقشة طرق التعامل معها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

تشمل مخاطر صحة وسلامة المجتمع الخاصة تحديداً بمرافق طاقة الرياح وأنشطتها بصفة أساسية ما يلي:

- سلامة الملاحة الجوية والبحرية
- قذف الأرياش والجليد
- التداخل والإشعاع الكهرومغناطيسي
- دخول الجمهور العام

سلامة الملاحة الجوية والبحرية [9]

قد تصل أطراف أرياش التوربينات، في أعلى نقطة لها، إلى أكثر من 100 متر في الارتفاع. وفي حالة وجودها بالقرب من المطارات أو مسارات الطيران المعروفة، يمكن أن تؤثر مزرعة الرياح على سلامة الطيران بشكل مباشر عن طريق الاصطدام المحتمل أو تغير مسارات الطيران. وبالمثل، في حالة وجود التوربينات الهوائية البحرية بالقرب من الموانئ، والمرافئ، أو ممرات السفن المعروفة، فيمكن أن تؤثر على سلامة السفن عن طريق الاصطدام أو تغيير حركة المراكب.

تشمل تدابير المنع والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- التشاور مع السلطات المنظمة للحركة الجوية والبحرية قبل نصبها، وفقاً للوائح التنظيمية بشأن سلامة الحركة الجوية والبحرية؛
- وحيثما يكون ممكناً من الناحية العملية، يجب تجنب اختيار مواقع مزارع الرياح بالقرب من المطارات والموانئ، أو ضمن أغلفة مسارات الطيران المعروفة أو ممرات السفن؛
- استخدام أنظمة العلامات والإضاءة المضادة للاصطدام على الأبراج والأرياش.

قذف الأرياش / الجليد

من الممكن أن يؤدي حدوث خلل في الأرياش الدوارة أو تراكم الجليد إلى قذف الريشة الدوارة أو الجليد من التوربينة الهوائية، [10] مما قد يؤدي إلى التأثير على سلامة العامة، إلا أن مخاطر قذف الجليد تقتصر فقط على المناخات الباردة والمخاطر العامة لقذف الأرياش تعد منخفضة للغاية. [11]

تشمل استراتيجيات التعامل مع خطر قذف الأرياش ما يلي:

- تحديد مسافات تباعد من أجل السلامة، وتصميم / اختيار مواقع مزارع الرياح بحيث لا تكون هناك مبان أو مناطق سكنية ضمن نطاق المسار المحتمل للأرياش. ومن المستبعد أن يزيد نطاق مسافة التباعد من أجل السلامة على 300 متر، على الرغم من أن ذلك النطاق قد يتفاوت تبعاً لحجم، وشكل، ووزن، وسرعة الدوار، وارتفاع التوربينات؛ [12] ، [13]
- تزويد التوربينات الهوائية بحساسات للاهتزاز يمكنها التفاعل مع أي اختلال في اتزان الأرياش الدوارة وإيقاف تشغيل التوربينة عند الضرورة;
- صيانة التوربينات الهوائية بانتظام؛
- استخدام اللافتات التحذيرية لتحذير الجمهور من المخاطر.

تشمل استراتيجيات التعامل مع قذف الجليد ما يلي: [14]

- خفض تشغيل التوربينات الهوائية أثناء فترات تراكم الجليد؛
- وضع لافتات على بعد 150 متراً على الأقل من التوربينات الهوائية في جميع الاتجاهات؛
- تزويد التوربينات بسخانات وحساسات للجليد؛

[9] تتوفر الإرشادات الخاصة بعلامات السلامة الملاحية البحرية الدولية في IALA (2004). يمكن الاطلاع على مثال لعلامات السلامة الملاحية الجوية في CASA (2004).

[10] تبلغ مخاطر الإصابة بأجزاء التوربينات أو شظيات الجليد في حدود مسافة 210 أمتار(1:10000000. (Taylor and Rand, 1991

[11] وتشير البيانات إلى أن معظم شظايا الجليد التي يعثر عليها على الأرض تقدر كتلتها بما يتراوح بين 0.1 إلى 1 كيلوجرام وتكون على مسافة 15 إلى 100 متر من التوربينات الهوائية. (Morganet al. 1998)

[12] للمزيد من المعلومات عن اعتبارات مسافات التباعد من أجل السلامة راجع Larwood (2005).

[13] Taylor and Rand (1991).

[14] Laakso et al. (2003).

- استخدام صلب مقاوم للبرودة في صنع أبراج التوربينات؛
- استخدام مزلقات صناعية مقننة لدرجات الحرارة الباردة؛
- استخدام أرياش سوداء مطلية بالفلورو إيثان؛
- توفير تسخين لسطح الريشة بالكامل، إن كان ذلك متاحاً، أو استخدام سخانات على الحافة الأمامية لا يقل عرضها عن 0.3 متر.

التداخل الكهرومغناطيسي

من الممكن أن تتسبب التوربينات الهوائية في إحداث تداخلات كهرومغناطيسية مع أنظمة رادار الطيران والاتصالات السلكية واللاسلكية (مثل الميكروويف، والتليفزيون، والراديو). ويحدث ذلك التداخل عن طريق ثلاث آليات رئيسية، ألا وهي آثار المجال القريب، والحيود، أو الانعكاس أو التشتت. [15] , [16] وتتوقف طبيعة الآثار المحتملة بصفة أساسية على موقع التوربينات الهوائية بالنسبة للمرسل والمستقبل، وخصائص الأرياش الدوارة، وخصائص مستقبل تردد الإشارة، وخصائص انتشار الموجات اللاسلكية في الأجواء المحلية. [17]

رادار الطيران

ربما تؤثر مزارع الرياح الواقعة بالقرب من المطارات على تشغيل رادارات الطيران عن طريق التسبب في تشوه الإشارة، مما يؤدي إلى فقدان الإشارة و / أو ظهور إشارات غير صحيحة على شاشة الرادار. تحدث تلك الآثار نتيجة الانعكاس من مكونات البرج والدوار وتقطيع إشارة الرادار. [18]

وتشمل تدابير المنع والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- أن يوضع في الاعتبار استخدام تصميمات لمكونات معدات طاقة الرياح للحد من التداخل مع الرادار، بما في ذلك شكل أبراج التوربينات، وشكل الكنة والمواد المصنوعة منها، واستخدام معالجات سطحية ممتصة لموجات الرادار (مثل الأرياش الدوارة المصنوعة من الإيبوكسي أو البوليستر المقوى بالألياف الزجاجية) لا تسبب تشويهاً كهربائياً؛
- أن يوضع في الاعتبار خيارات تصميم مزارع الرياح، بما في ذلك التخطيط الهندسي وموقع التوربينات والتغيرات في مسارات الحركة الجوية.
- أن يوضع في الاعتبار إجراء تعديلات في تصميم الرادار بما في ذلك تغيير مواقع الرادارات المتأثرة، وإخلاء المناطق المتأثرة من الرادارات، أو استخدام أنظمة رادار بديلة لتغطية المنطقة المتأثرة. [19]

شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية

تشمل تدابير المنع والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع الآثار على شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية ما يلي:

[15] Bacon (2002).

[16] يشير المجال القريب إلى احتمال أن تتسبب إحدى التوربينات الهوائية في حدوث تداخل بسبب المجالات الكهرومغناطيسية التي يبثها مولد التوربينة ومكونات التحويل. ويحدث الحيود عندما لا تعكس التوربينات الهوائية إشارت الاتصالات السلكية واللاسلكية فقط ولكن تمتصها أيضاً. ويحدث الانعكاس والتشتت عندما تعوق التوربينات الهوائية أو تعكس الإشارة بين المرسل والمستقبل.

[17] Sengupta and Senior (1983).

[18] الانعكاس من البرج: يمكن أن تعكس أبراج التوربينات المعدنية نسبة عالية من الإشارات المرسلة مرة أخرى إلى الرادار ومن ثم تقلل من اكتشاف الطائرات التي بالقرب من أبراج التوربينات. الانعكاس من مكونات الدوار: قد تسبب الأرياش الدوارة "وميض الريشة"، وهو التعبير المستخدم في وصف الإشارة القوية المعكوسة إلى الرادار من أرياش الدوار. ولكن نسبة وقوع ذلك الخطر تعد منخفضة للغاية، وإذا ما وقعت تكون قصيرة الأجل. كما يمكن أن تتداخل المكونات الدوارة في الكنة (مثل أعمدة الإدارة والمولدات) مع الرادارات. تقطيع إشارة الرادار: قد يتسبب دوران الأرياش في إحداث تغيير أو "تقطيع" في إشارة الرادار خلف الريشة، نظراً لأن أرياش الدوار تحجب بشكل متقطع مرتجعات الرادار للأشياء التي خلفها (AWEA, 2004a).

[19] AWEA (2004a).

- تعديل موضع التوربينات الهوائية لتجنب التداخل المادي مع شبكات الاتصال من نقطة إلى نقطة؛
- تركيب هوائيات اتجاهية؛ [20]
- تعديل الهوائيات القائمة؛
- تركيب مكبرات لتقوية الإشارة. [21]

التليفزيون

تشمل تدابير المنع والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع الآثار على البث التليفزيوني ما يلي:

- اختيار موقع التوربينات بعيداً عن مدى رؤية مرسل البث؛
- استخدام أرياش توربينات غير معدنية؛
- في حالة اكتشاف تداخل أثناء التشغيل:
  - تركيب هوائيات أعلى جودة أو اتجاهية؛
  - توجيه الهوائيات ناحية مرسل بث بديل؛
  - تركيب مكبر؛
  - تغيير موضع الهوائي؛
  - دراسة إنشاء محطة تقوية جديدة، في حالة تأثر مساحة واسعة. [22]

حضور الجمهور

من الممكن أن تنشأ قضايا متعلقة بالسلامة جراء دخول الجمهور إلى التوربينات الهوائية (مثل التسلق غير المصرح به للتوربينات) أو إلى المحطة الفرعية بمزرعة الرياح.

وتشمل تدابير المنع والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع القضايا الناجمة عن دخول الجمهور، ما يلي:

- وضع بوابات على طرق الوصول؛
- تسييج موقع مزرعة الرياح، أو التوربينات الفردية، لمنع وصول الجمهور بالقرب من التوربينات؛
- منع الوصول إلى سلالم أبراج التوربينات؛
- وضع لوحات إعلامية عن المخاطر على السلامة العامة وبيانات الاتصال في حالات الطوارئ.

2.0 مؤشرات الأداء ورصده

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

لا تولد مرافق طاقة الرياح عادة انبعاثات ونفايات سائلة من عملياتها أثناء تشغيلها. وتشير القيم الإرشادية الخاصة بالانبعاثات والنفايات السائلة الناتجة عن العمليات في ذلك القطاع إلى وجود ممارسات صناعية دولية جيدة، وهو ما تعكسه المعايير المعنية في البلدان التي تتوفر بها إطارات تنظيمية معترف بها. تتناول **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** انبعاث الملوثات في الهواء، وتصريف المياه المستعملة، والنفايات الصلبة، المرتبطة بأعمال الإنشاء وإيقاف التشغيل.

الإرشادات بشأن الضوضاء

لا ينبغي أن تتجاوز تأثيرات الضوضاء المستويات المبينة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**, ولا أن تنتج عنها زيادة في الحد الأقصى لمستويات الضوضاء الخلفية البالغة 3 ديسيبل عند أقرب موقع للمستقبل.

إلا أن الضوضاء الناتجة عن مزارع الرياح تجنح إلى الزيادة مع زيادة سرعة الرياح، وكذلك الضوضاء الخلفية الكلية نظراً لاحتكاك الهواء المار فوق معالم المناظر الطبيعية القائمة. ويمكن أن تؤدي سرعات الرياح الزائدة إلى حجب الضوضاء التي تصدرها مزارع الرياح ذاتها، كما يمكن أن تؤثر سرعة

[20] AWEA (2004b).
[21] URS (2004).
[22] AWEA (2004b).

الرياح واتجاهها على اتجاه ومدى انتشار الضوضاء. ولذا ينبغي عند تطبيق القيم الإرشادية للضوضاء، وتقييم مستويات ضوضاء الخلفية، أن تؤخذ تلك العوامل في الاعتبار.

وربما يتطلب الأمر أن يؤخذ كذلك في الاعتبار التعامل مع عامل الإزعاج المرتبط بالخصائص الدافعة أو النغمية للضوضاء (صوت ذي تردد معين، مماثل للنغمات الموسيقية) الصادر من بعض تكوينات مزارع الرياح. [23]

الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد كونها تحدث آثاراً كبيرة محتملة على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد.

ولرصد معدل نفوق وإصابة الطيور والخفافيش، يعد البحث عن الطيور الميتة - بما في ذلك البحث عن الجثث الكاملة، والبقايا الجزئية، وريش الطيور - الطريقة الأكثر شيوعاً لرصد حالات الاصطدام مع مزارع الرياح. [24]

علاوة على ذلك يجب أن ترصد مؤشرات البيئة البحرية لمزارع الرياح البحرية زمنياً ومكانياً بما في ذلك الكائنات الحية القاعية، والثدييات، والأسماك. كما يمكن أن تشمل المؤشرات الحيوانات القاعية (الرسابة والمجتمعات القاعية)؛ وموائل الركائز الصلبة؛ والساندیل (أنواع تعد مؤشراً على التغيرات في خصائص الرسابة)؛ والطيور؛ والثدييات البحرية (الفقم ودلافين المرافئ).

وينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رصده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

2.2 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) المنشورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH) [25]، ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) [26]، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA) [27]، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني

[23] تطبق بعض المناطق "عقوبة" مقدارها 5 ديسيبل (سمعي) تضاف إلى المستويات المتوقعة.
[24] راجع Brett Lane & Assoc. (2005) لمزيد من المعلومات عن رصد حالات اصطدام الطيور والخفافيش. وتتوفر معلومات إضافية أيضاً من Environment Canada (2005).

[25] متاح على الموقع التالي: http://www.acgih.org/TLV/ وعلى الموقع http://www.acgih.org/store/
[26] متاح على الموقع التالي: http://www.cdc.gov/niosh/npg/
[27] متاح على الموقع التالي: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي [28] ، أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواءً المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويمكن مقارنة معدلات المنشأة بأداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع بالبلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (على سبيل المثال: مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) [29] .

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب رصد بيئة العمل بحثاً عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين [30] كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على المرافق الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر من خلال **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية.

[28] متاح على الموقع التالي:
http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/
[29] متاح على الموقعين التاليين:
http://www.bls.gov/iif/
http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm
[30] يمكن أن يكون من بين المهنيين المعتمدين خبراء الصحة الصناعية المعتمدون، أوالخبراء المسجلون المعنيون بممارسة المهن، أو المهنيون اللمعتمدون المعنيون بالسلامة، أو الأفراد المماثلون.

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

AWEA (Australian Wind Energy Association). 2002. Best Practice Guidelines for Implementation of Wind Energy Projects in Australia.AWEA (Australian Wind Energy Association). 2004a. Wind Farm Safety in Australia. Fact Sheet.

AWEA (Australian Wind Energy Association). 2004b. The Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Field Implications for Wind Farms in Australia. Fact Sheet.

AWEA (Australian Wind Energy Association). 2004c. Wind Farm Siting Issues in Australia. Fact Sheet.

Bombace, G. 1997. Protection of Biological Habitats by Artificial Reefs. In A.C. (ed) European.

Brett Lane & Assoc. 2005. Interim Standards for Assessing Risks to Birds from Wind Farms in Australia. Australian Wind Energy Association.

BWEA (British Wind Energy Association). 1994. Best Practice Guidelines for Wind Energy Development.

BWEA (British Wind Energy Association). 2005a. Guidelines for Health and Safety in the Wind Energy Industry.

BWEA (British Wind Energy Association). 2005b. BWEA Briefing Sheet: Wind Turbine Technology.

BWEA (British Wind Energy Association). 2005c. BWEA Briefing Sheet: Offshore Wind.

BWEA (British Wind Energy Association). 2005d. BWEA Briefing Sheet: Wind Power and Intermittency: The Facts.

CASA (Civil Aviation Safety Authority). 2004. Obstacle Lighting and Marking of Wind Farms AC 139-18(0).

Contra Costa County (California). 1996. Municipal Code (Wind Energy Conversion Systems) Article 88-3 Section 612.

CWA (Cape Wind Associates, LLC). 2004. Cape Wind Energy Project Draft Environmental Impact Statement.

Elsam Engineering A/S. 2005. Elsam Offshore Wind Turbines—Horns Rev Annual Status Report for the Environmental Monitoring Program January 1–December 2004.

Environment Canada. 2005. Wind Turbines and Birds—A Guidance Document for Environmental Assessment, Final Draft. Canadian Wildlife Service.

Erikson, W.P., et al. 2001. Avian Collision with Wind Turbine: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the U.S. A National Wind Coordinating Committee Resource Document. Western Ecosystems Technology, Inc.

European Wind Energy Association. European Best Practice Guidelines for Wind Energy Development.

Gardner, P., A. Garrad, P. Jamieson, H. Snodin, G. Nicholls, and A. Tindal. 2003. Wind Energy—The Facts. Volume 1 Technology. European Wind Energy Association (EWEA).

Gipe, P.B. 1995. Wind Energy Comes of Age. New York: John Wiley and Sons.

IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities). 2004. IALA Recommendation O-117 on the Marking of Offshore Windfarms Edition 2.

Irish Wind Energy Association. Wind Energy Development Best Practice Guidelines.

Laakso, T., H. Hottinen, G. Ronsten, L. Tallhaug, R. Horbaty, I. Baring-Gould, A. Lacroix, E. Peltola, and B. Tammelin. 2003. State-of-the-art of Wind Energy in Cold Climates.

Larwood, S. 2005. Permitting Setbacks for Wind Turbines in California and Blade Throw Hazard. Prepared for California Wind Energy Collaborative. Report Number CWEC-2005-01.

Lowther, S. 2000. The European Perspective: Some Lessons from Case Studies. Proc. National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998. National Wind Coordinating Committee, Washington, DC.

Morgan, C., E. Bossanyi, and H. Seifert. 1998. Assessment of Safety Risks Arising from Wind Turbine Icing. Proceeding of the International Conference, Wind Energy Production in Cold Climate, BOREAS IV, held at Hetta, Finland, March 31–April 2, 1998. Published by Finnish Meteorological Institute.

Natural Resources Canada. 2003. Environmental Impact Statement Guidelines for Screenings of Inland Wind Farms under the Canadian Environmental Assessment Act.

NWCC (National Wind Coordinating Committee). 1999. Methods for Studying Energy/Bird Interactions. A Guidance Document.

NWCC (National Wind Coordinating Committee) Siting Committee. 2002. Permitting of Wind Energy Facilities. A Handbook.

Ontario, Ministry of the Environment. 2004. Interpretation for Applying MOE Technical Publication to Wind Turbine Generators.

Sengupta, D. and T. Senior. 1983. Large Wind Turbine Siting Handbook: Television Interference Assessment, Final Subcontract Report.

State of Wisconsin. 2003. Draft Model Wind Ordinance for Wisconsin.

Taylor, D. and M. Rand. 1991. How to Plan the Nuisance out of Wind Energy. Town and Country Planning 60(5): 152-155.

United Kingdom. Department of Trade and Industry. 1997. Report ETSU-R-97, The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms.

URS (URS Australia Pty. Ltd.). 2004. Woodlawn Wind Farm Environmental Impact Statement.

Westerberg, H. 1999. Impact Studies of Sea-based Windpower in Sweden. Technische Eingriffe in Marine Lebensraume.

Winkelman, J.E. 1995. Bird/wind Turbine Investigations in Europe. Proc. of National Avian-Wind Planning Meeting, Denver, CO, July 1994..

الملحق(أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

تقوم مشاريع تحويل طاقة الرياح على الاستفادة من الرياح الطبيعية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. وقد زاد عدد تلك الأنواع من مشاريع الطاقة على مدى العشرين عاماً الماضية وأصبحت مصدراً أكثر أهمية للطاقة المتجددة. ومن الممكن أن تقام تلك المشاريع في مواقع برية أو بحرية. والعامل الرئيسي الذي يحدد الموقع المقترح لإقامة مزرعة رياح هو وجود مورد جيد للرياح. حيث يجرى تقييم لمدى الاستفادة من مورد الرياح لتقييم خصائصه قبل تعيين موضع مزرعة الرياح وتصميمها، وإنشائها. وثمة عوامل أخرى، من بينها، التكلفة المالية للإنشاء، وإمكانية الوصول لخطوط النقل، والظروف البيئية، واستعمال الأراضي، ومساندة المجتمع المحلي.

وكما هو الحال في القطاعات الصناعية الأخرى، تتألف دورة حياة مشروع تحويل طاقة الرياح من مراحل إجراء تقييم لمدى الاستفادة من مورد الرياح، والإنشاء، والتشغيل، والصيانة، وإيقاف تشغيل المشروع. وتشمل الأنشطة المصاحبة لمرحلة الإنشاء إقامة طرق وصول أو تطوير القائم منها، إعداد الموقع، ونقل مكونات التوربينات الهوائية، وتركيب مكونات مشروع تحويل طاقة الرياح (مثل مقاييس شدة الريح، والتوربينات الهوائية، المحولات، والمحطات الفرعية). وتتوقف أنشطة إيقاف تشغيل المشروع على الاستخدام اللاحق المقترح للموقع، ولكنها تتألف عادة من إزالة البنية الأساسية (مثل التوربينات، المحطات الفرعية، الطرق) واستصلاح موقع المشروع، والذي قد يتضمن إعادة التخضير خاصة في المشاريع التي تقع في المناطق البرية. ويقدم القسم التالي وصفاً للمرافق والأنشطة المشتركة بين كل من مشاريع إنشاء وتشغيل مشاريع تحويل طاقة الرياح البحرية والبرية. أما الخصائص الفريدة لمشاريع تحويل طاقة الرياح البحرية فيفرد لها أدناه قسم فرعي مستقل.

المرافق والأنشطة المشتركة بين مزارع الرياح البرية والبحرية

تواجه التوربينات الهوائية عادة الرياح بحيث تكون الكنة والبرج إلى الخلف، ويتم ترتيبها بطريقة تحول دون إعاقة إحدى التوربينات لالتقاط التوربينات الأخرى للرياح. وترتب التوربينات عادة، في المشاريع كبيرة الحجم، على هيئة شرائط أو صفوف متعامدة مع اتجاه الريح السائد أو تتبع كونتورات التلال للحصول على سرعات أعلى للرياح. والعامل الرئيسي الذي يحدد المسافة الفاصلة بين التوربينات الفردية في مزرعة الرياح هو سرعة الرياح واضطرابها. وكقاعدة عامة، تساوي المسافة الفاصلة بين التوربينات باتجاه الريح 5 إلى 7 مرات قطر الدوار. وتتفاوت المساحة اللازمة لمشروع التوربينات الهوائية طبقاً لعدد التوربينات المقترحة، إلا أن المساحة الفعلية التي يتسبب مشروع طاقة الرياح في اختلالها (مثل المساحة اللازمة للتوربينات وطرق الوصول) تكون أقل كثيراً من المساحة الإجمالية للمشروع. على سبيل المثال، تمتد مزرعة رياح نموذجية مؤلفة من 20 توربيناً على مساحة 1 كيلومتر مربع، ولكن لا يستخدم فعلياً سوى 1 في المائة من مساحة الأرض. [31]

وتشمل العناصر الإنشائية لمشروع طاقة الرياح التوربينات الهوائية، والمحولات، وكبلات نقل للمجمع تحت الأرضي بين التوربينات الهوائية، المحطات الفرعية، وخطوط النقل الأرضية التي تتصل بشبكة الكهرباء القائمة وطرق الوصول (الشكل ألف - 2). وتتم المباعدة بين التوربينات الهوائية لتحقيق أقصى استفادة من قدرة طاقة الرياح وفي الوقت نفسه تقليل استخدام المساحة. والعوامل الرئيسية الذي تحدد المسافة الفاصلة بين التوربينات الفردية هي سرعة الرياح واضطرابها. وبصفة عامة، يفصل بين التوربينات الهوائية بمقدار 3 إلى 5

[31] AWEA 2004c.

أضعاف قطر الدوار في الاتجاه المتعامد مع اتجاه طاقة الريح السائدة وبمقدار 5 إلى 7 أضعاف قطر الدوار في الاتجاه المحاذي لاتجاه طاقة الرياح السائدة. [32] وتحدد بعض المناطق المسافة الدنيا الموصى بها بين التوربينات الهوائية بمسافة 200 متر لتفادي إعاقة حركة الطيور بين التوربينات. [33] وإذا كانت التوربينات في حدود مسافة فاصلة تبلغ 5 أضعاف قطر الدوار في اتجاه رياح دائم، فمن المرجع أن تنتج خسائر مرتفعة في الحيز الخلفي. [34]

يعد مولد التوربينة الهوائية المكون الأساسي في مشاريع طاقة الرياح حيث يعد المسؤول عن الاستفادة من الرياح وتحويلها إلى كهرباء. وكان التصميم السائد للتوربينات الهوائية هو الآلة ثابتة السرعة، ثلاثية الأرياش، في اتجاه الريح، ذات تحكم سلبي بالإيقاف. ويعد التصميم التالي الأكثر شيوعاً مماثلاً، ولكن يتم التحكم فيه بالإمالة أو التحكم النشط بالإيقاف. وقد زادت السعة الاسمية المقننة (مثل الحجم) للتوربينات الهوائية بشكل ثابت من 50 كيلوواط في 1980 إلى 5 ميغاواط في 2003، وبلغ الحجم المتوسط للتوربينات الهوائية البرية في عام 2005 نحو 2 ميغاواط. [35] وقد أدت الزيادة في سعة توليد التوربينات الهوائية إلى زيادة قطر العضو الدوار وارتفاع الأبراج.

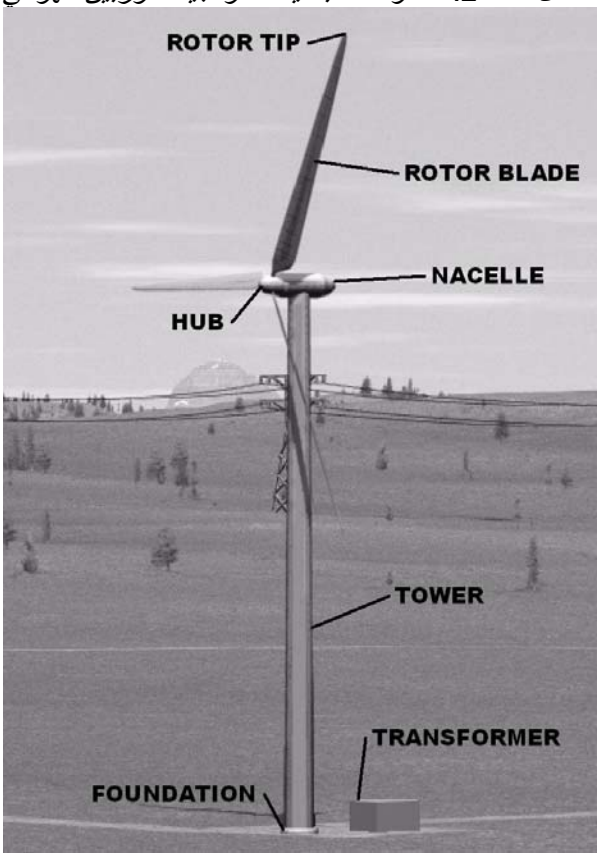
يتكون التوربين من أساس، وبرج، وكنة، وأرياش دوراة، وصرة الدوار، وأضواء (الشكل ألف - 1). ويربط البرج بالأساس بمسامير ملولبة، ويكون الأساس في التوربينات البرية على هيئة شريحة ثخينة من الخرسانة المقواة تبلغ 12 إلى 15 متراً لكل بعد أفقي ومن 2 إلى 3 أمتار عمقاً. [36]

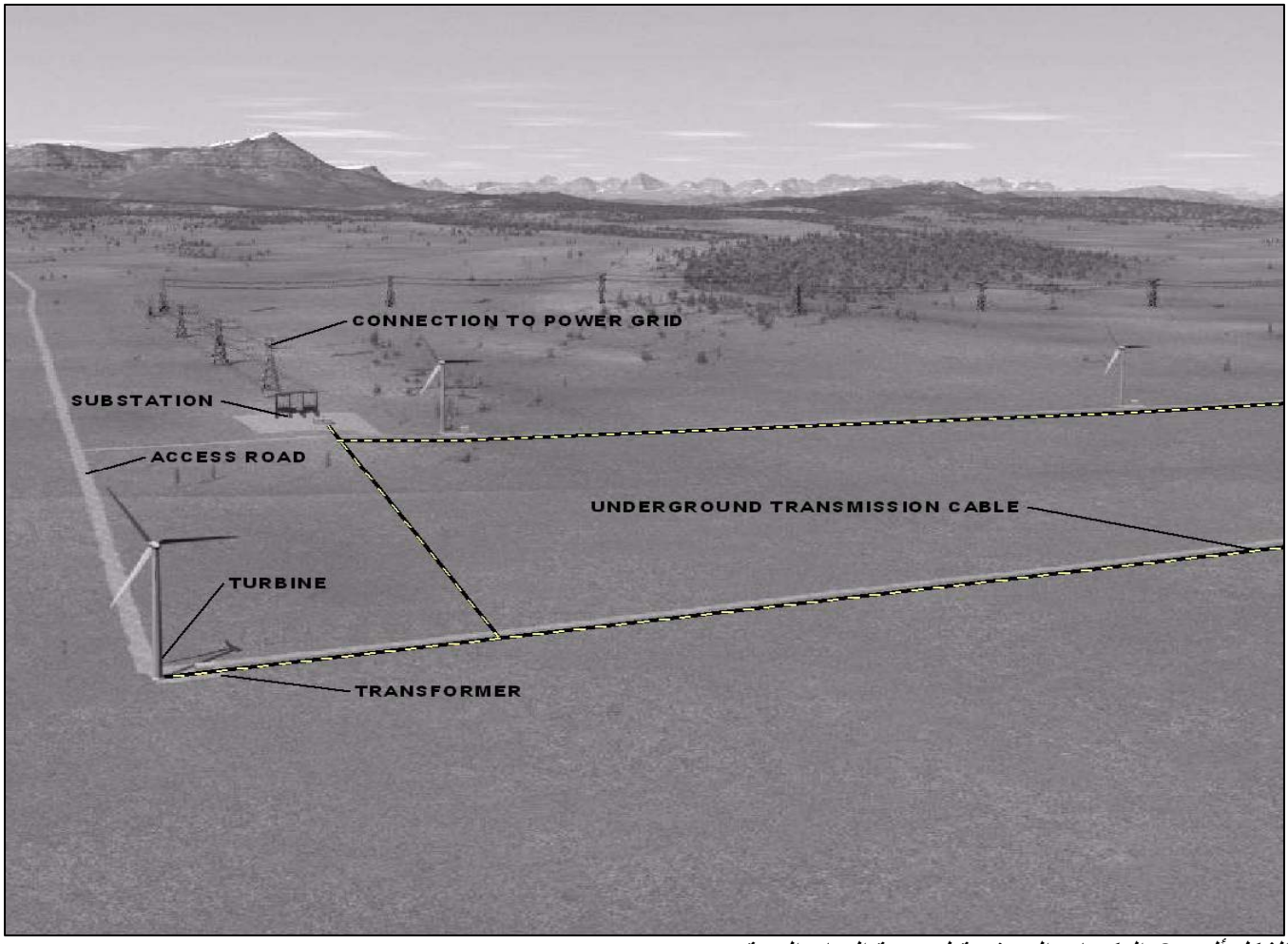
لالتقاط الريح، يتم رفع الأرياش الدوارة عن الأرض بواسطة أبراج. وتكون أبراج التوربينات في الغالب على هيئة أسطوانية مستدقة، وتصنع عادة من الصلب، ومن الممكن أن يتراوح ارتفاعها من 25 متراً إلى أكثر من 100 متر. وتدهن عادة باللون الرمادي الفاتح، ولكنها تحمل علامات مختلفة من أجل سلامة الحركة الجوية والبحرية (في التوربينات البحرية)، وفقاً لاشتراطات كل بلد بعينه.

وتصنع غالبية الأرياش الدوارة من راتنج البوليستر المقوى بألياف الزجاج، أو اللدائن الحرارية أو راتنجات الإيبوكسي (يغلب الآن استخدام راتنجات الإيبوكسي). ويتزايد استخدام ألياف الكربون كجزء من الإنشاء المركب. وتتميز تلك المواد بالقوة العالية، وخفة الوزن، والمرونة. زاد قطر الدوار على مدى السنوات الأربعين الأخيرة من 24 متراً في 1960 إلى 114 متراً في 2003. [37] جميع دوارات التوربينات الهوائية الحديثة تقريباً تدور أرياشها تقليدياً في اتجاه حركة عقارب الساعة عند مواجهة التوربينات والصرة إلى الأمام. [38] ويبلغ قطردوار التوربينات البرية عادة من 60 إلى 80 متراً.

[32] AWEA 2004c.
[33] EC 2005.
[34] Gardner et al. 2003.
[35] Gardner et al. 2003.
[36] AWEA 2004d.
[37] Gardner et al. 2003.
[38] AWEA 2004d.

الشكل ألف- 1. المكونات البنائية النموذجية للتوربين الهوائي





الشكل ألف-2. المكونات النموذجية لمزرعة الرياح البرية

وتشمل الإجراءات النموذجية لنصب التوربينات الهوائية البرية إعداد الأساس؛ وتجميع البرج؛ ورفع الصرة، والدوار والكنة؛ وتجميع الدوار. [39]

مع زيادة سرعة الرياح، تبدأ الأرياش الدوارة في الدوران. ويقوم ذلك الدوران بتدوير المولد داخل الكنة، ومن ثم يحول بعض طاقة الرياح إلى كهرباء. وتبدأ معظم التوربينات الهوائية في توليد الكهرباء عند سرعات الرياح البالغة 3-4 م/ث (10.8 - 14.4 كم/س)، وتولد أقصى طاقة كهربية عند سرعات الرياح البالغة ما يقرب من 15 م/ث (54 كم/س)، وتتوقف عن التشغيل منعاً لحدوث أضرار بها عند ما يقرب من 25 م/ث (90 كم/س). [40] وتبلغ أقصى سرعة طرفية للريشة 89 م/ث أو 320 كم/س تقريباً. [41] وتستخدم ثلاث وسائل أساسية للحد من قدرة الدوار عند سرعات الرياح العالية: التحكم بالإيقاف، التحكم المتغير في الميل، والتحكم النشط بالإيقاف. في التحكم بالإيقاف، ينظم التصميم الهوائي الديناميكي للريشة الدوارة قدرة الدوار. فعند سرعات الرياح العالية، ستتوقف الأرياش التي يتم التحكم فيها بالإيقاف عندما تتجاوز حداً محدداً مسبقاً للقدرة يحدده التصميم الديناميكي

[39] Gardner et al. 2003.

[40] BWEA 2005b.
[41] NZWEA 2005.

الهوائي لريشة الدوار. أما في طريقة التحكم في الميل، فيمكن تغيير ميل الأرياش الدوارة حتى 90^{o} لزيادة التقاط الرياح. وعند بلوغ حد القدرة، يتم تغيير الميل للبدء في تسريب الطاقة من الدوار. أما التحكم النشط بالإيقاف فيجمع بين التحكم بالإيقاف والتحكم بالميل حيث تصمم الأرياش على غرار الأرياش المستخدمة في التحكم بالإيقاف مع تزويدها بإمكانية تعديل ميلها. وحتى تسعينيات القرن الماضي، كان الضبط السلبي بواسطة الإيقاف هو الاستراتيجية المفضلة، إلا أن ضبط الميل والضبط النشط بالإيقاف صارا الآن من الوسائل المفضلة للحد من قدرة الدوار في التوربينات الكبيرة. [42]

تولد التوربينة الكهرباء في العادة على مدى 70 إلى 85 في المائة من الوقت. [43] وتتناسب الطاقة الموجودة في الرياح مع مكعب سرعة الريح. وبمعنى آخر، يؤدي مضاعفة سرعة الرياح إلى مضاعفة طاقة الرياح ثمانية أضعاف. ولا يتغير إنتاج طاقة الرياح من التوربينات بنفس النسبة، ولكن يتغير مع مربع سرعة الرياح تقريباً. ويبلغ جهد الطاقة الكهربية المولدة من التوربينات الهوائية عامة 700 فولت، وهو ما يعد غير مناسب لنقل الطاقة. [44] ومن ثم، يزود كل توربين بمحول لزيادة الجهد لكي يصل إلى مستوى توزيع الجهد الخاص بمرفق الخدمات المحدد. ويتم نقل تلك الطاقة إلى محطة فرعية قريبة لتجميع الطاقة من جميع التوربينات بمزرعة الرياح. ويمكن الربط بين محول التوربينة والمحطة الفرعية وبين المحطة الفرعية وشبكة الكهرباء بواسطة كبلات نقل تحت أرضية وأرضية. وتبعاً لتخطيط المشروع، يمكن ربط محولات التوربينات بشكل مستقل بالمحطة الفرعية، أو يمكن إجراء ربط بيني بين التوربينات ثم ربطها بالمحطة الفرعية.

ويبلغ العمر التصميمي لتوربينات الرياح 20 عاماً تقريباً، ولكن من الناحية العملية، يمكن أن تدوم التوربينات مدة أطول في المواقع التي تكون بها اضطراب الرياح قليلاً. ويتم تصميم الأرياش الدوارة وفقاً لمعايير دقيقة إلى الحد الذي يندر معه استبدالها حتى بعد أن تتجاوز العمر التصميمي، بينما أظهرت التجارب الأخيرة أن صناديق التروس قد تحتاج إلى الاستبدال قبل انتهاء العمر التصميمي المقنن لها. ولا يتطلب تشغيل مشاريع طاقة الرياح في العادة وجود طاقم عاملين في الموقع.

وتستغرق أعمال الصيانة الروتينية على مدى عمر التوربينات الهوائية، بصفة عامة، ما يبلغ 40 ساعة سنوياً. [45] وتشمل أعمال الصيانة صيانة التوربينات والدوار، وتزليق الأجزاء، والفحص الدقيق الكامل للمولد، وصيانة المكونات الكهربائية حسب الحاجة.

ولا يتسبب تشغيل مزارع الرياح وصيانتها عادة في انبعاث أية ملوثات في الهواء أو تصريف أية نفايات سائلة. فالسوائل والنفايات الأخرى التي تصاحب أعمال الصيانة التقليدية لا تخزن عادة في الموقع ويجري التخلص منها وفقاً للوائح التنظيمية الإقليمية أو الوطنية و / أو أفضل الممارسات الإدارية.

المرافق التي تنفرد بها مزارع الرياح البحرية

تماثل العناصر البنائية لمزارع الرياح البحرية وتشغيلها مثيلتها في مزارع الرياح البرية. وتكمن الفوارق الرئيسية بين التوربينات البحرية والبرية في حجم التوربينات، وارتفاع أبراجها، وقطر أرياش الدوار. ويبلغ ارتفاع توربينة الرياح البحرية حتى القمة ما بين 100 إلى 120 متراً، وارتفاع البرج ما بين 60 إلى 80 متراً تقريباً، ويتراوح طول ريشة الدوار ما بين 30 إلى 40 متراً. [46] وثمة فارق آخر يتمثل

[42] AWEA 2004d.
[43] BWEA 2005d.
[44] BWEA 2005b.
[45] Gardner et.al. 2003.
[46] BWEA 2005c.

في أن مزارع الرياح البحرية تستخدم عادة كبلات تحت السطح (بحرية وبرية) لنقل الكهرباء من التوربينات إلى المحولات ومن المحولات إلى المحطة الفرعية الموجودة على البر (الشكل ألف-3).

وتماثل مواد المكونات البنائية لها (مثل الأبراج) نظيرتها البرية، ولكن تستخدم طرقاً مختلفة لتكييف الهيكل مع البيئة البحرية، من حيث طلاء الأجهزاء المعدنية لحماية من التآكل؛ واستخدام الكنات محكمة الغلق؛ وتصميم أساسات / أبراج مختلفة للتعامل مع الرياح، والأمواج، والتيار، والمد والجزر، والتفاعلات مع قاع البحر (انظر الشكل ألف-2)؛ وتوفير منصات خاصة للوصول من أجل إجراء الصيانة.

وتقام مزارع الرياح البحرية بصفة عامة في المياه الضحلة نسبياً التي يقل عمقها عن 30 متراً. وتتفاوت المسافة من الشاطئ تبعاً لكل مشروع، حيث تتوقف على متطلبات اختيار الموقع (مثل خصائص الرياح) والقيود الموجودة (القضايا البيئية مثل المتعة البصرية).

وتشمل الانشطة التقليدية لإنشاء التوربينات الهوائية البحرية إقامة أساس التوربينة؛ والنقل البحري لمكونات التوربينة؛ وتجميع البرج؛ ورفع الكنة والدوارات على البرج الهوائي؛ وتجميع الدوار / الكنة.

تشمل أنواع الأساسات والتطبيقات ذات الصلة التي يمكن استخدامها مع التوربينات الهوائية البرية ما يلي:

- الخازوق الأحادي - يستخدم في أغلب الظروف، ويفضل في المياه الضحلة وليس في المادة اللينة العميقة؛
- منصب ثلاثي: يستخدم في أغلب الظروف، ويفضل عدم استخدامه مع المواد اللينة العميقة وهو مناسب لأعماق المياه التي تزيد على 30 متراً؛
- قاعدة ثقالية خرسانية: في جميع ظروف الترسب تقريباً؛
- قاعدة ثقالية من الصلب: في جميع ظروف الترسب تقريباً، وفي مياه أعمق من النوع الخرساني؛
- قيسون أحادي الشفط: في ظروف الرمال والطمي اللين؛
- قيسون متعدد الشفط: في ظروف الرمال والطمي اللين؛ في أعماق مياه أكبر من النوع أحادي الشفط؛ و
- عائم - في المياه العميقة التي تزيد على 100 متر.

الشكل ألف-3. المكونات النموذجية لمزرعة الرياح البحرية