

تقييم الضوضاء التفصيلي – تخطيطات محدثة

مشروع مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر
بقدرية 200 ميغاوات في مصر



16 فبراير 2025

سجل الموافقة على التقرير والمراجعة

رمز النموذج	J-UK-50783	رقم مراجعة النموذج:	REV-1
الإصدار	التاريخ	الوصف	أعدده
REV 0	2024/11/24	مشروع مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر بقدرة 200 ميجاوات في مصر	ايكوكونسلت
REV 1	2025/02/16	مشروع مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر بقدرة 200 ميجاوات في مصر	ايكوكونسلت

إخلاء المسؤولية:

لا يجوز الاعتماد على هذا التقرير أو استخدامه في أي مشروع آخر دون إجراء فحص مستقل لملاءمته والحصول على موافقة خطية مسبقة من المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، ولا تتحمل شركة إيكوكونسلت أي مسؤولية عن جزاءات استخدام هذه الوثيقة لغرض غير الأغراض التي أُعدت لها.

هذا التقرير سريٌّ للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، ولا يتحمل الاستشاري أي مسؤولية مهما كانت تجاه أي طرف خارجي يتم إطلاعه على هذا التقرير أو أي جزء منه، ويعتمد أي طرف على هذا التقرير على مسؤوليته الخاصة.

فهرس المحتويات

1.	تمهيد
1.1.	تمهيد
1.2.	الأغراض
1.3.	بيانات الإدخال
2.	تفاصيل المشروع
2.1.	لمحة عامة عن المشروع
2.2.	المواصفات الفنية لمولدات عنفات الرياح
2.3.	المستقبلات الحساسة للضوضاء
2.4.	مزارع الرياح الموجودة في المنطقة المحيطة
2.4.1.	مزارع رياح سكاتيك
2.4.2.	مزارع الرياح التابعة للوكالة اليابانية للتعاون الدولي وبنك التنمية الألماني وإسبانيا
3.	تحديد وتحليل اللوائح والمعايير
3.1.	الإطار التنظيمي لتقييم الضوضاء
3.2.	ملخص المعايير المطبقة وأفضل الممارسات ذات الصلة بتوربينات الرياح
3.2.1.	توجيهات مؤسسة التمويل الدولية بشأن طاقة الرياح في مجال الصحة والسلامة والبيئة
3.2.2.	ETSU-R-97 "تقييم وتقييم الضوضاء الصادرة عن مزارع الرياح" (1997)
3.2.3.	دليل الممارسات الجيدة الخاص بمعهد الصوتيات ل ETSU-R-97
3.2.4.	ISO 9613-2:1996 الصوتيات - توهين الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق - الجزء 2: الطريقة العامة للحساب
4.	القياسات الرئيسية
4.1.	مسح مراقبة الضوضاء
4.2.	تفاصيل مقياس مستوى الصوت
4.3.	اتجاه الميكروفون
4.4.	الظروف الجوية
4.5.	موقع مسح الضوضاء
4.6.	ملخص مسح الضوضاء
4.7.	سرعة الرياح
5.	التحليل العددي لمجموعة البيانات الرئيسية
5.1.	تحليل البيانات واستنتاج حد الضوضاء
5.2.	تصحيح قطع الرياح
5.2.1.	نتائج قياس الضوضاء
5.2.2.	تحديد العلاقة بين الضوضاء الخلفية وسرعة الرياح
6.	مولد توربينات الرياح
6.1.	وصف ضوضاء توربينات الرياح
6.1.1.	الضوضاء الديناميكية الهوائية
6.1.2.	الضوضاء الميكانيكية
6.2.	مولد توربينات الرياح Envision EN-169.5/7.5 ميجاوات و EN-169.5/8.0 ميجاوات
6.2.1.	بيانات مصدر الضوضاء من إنفيجن
6.2.2.	بيانات ضوضاء مزارع الرياح من مزرعة رياح سكاتك ووكالة التعاون الدولي اليابانية وبنك الائتمان لإعادة الإعمار وإسبانيا
7.	نموذج الضوضاء
7.1.	انتشار الصوت في الهواء الطلق
7.1.1.	أنواع المصادر
7.1.2.	الحواجز
7.1.3.	التوهين الجوي
7.1.4.	الرياح ودرجة الحرارة
7.1.5.	تأثيرات الأرض
7.2.	نمذجة انتشار الصوت
7.2.1.	خطة الصوت 9.1 - حسابات ISO 9613-2

7.3	افتراضات النمذجة والقيود
8	مستويات الضوضاء المتوقعة
8.1	مخططات منحنيات الضوضاء
8.2	نتيجة الضوضاء المتوقعة عند المستقبلات الحساسة للضوضاء (التخطيط 1)
8.3	نتيجة الضوضاء المتوقعة عند المستقبلات الحساسة للضوضاء (التخطيط 2)
9	تقييم تأثير الضوضاء
9.1	تحديد حد الضوضاء
9.1.1	تحديد حد الضوضاء النهارية وفقاً لمعيار ETSU-R-97
9.1.2	تحديد حد الضوضاء الليلية وفقاً لمعيار ETSU-R-97
9.1.3	ملخص حدود ETSU-R-97
9.2	ضوضاء الخلفية للمشروع وحدود التقييم
9.2.1	الضوضاء الخلفية المشتقة من الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)
9.2.2	تحديد حدود الضوضاء التقييمية
9.3	تقييم تأثير الضوضاء
9.3.1	أسوأ سيناريو: $Ws = 10$ م/ث - المخطط 1
9.3.2	أسوأ سيناريو: $Ws = 10$ م/ث - المخطط 2
9.4	ملخص تقييم تأثير الضوضاء
9.4.1	تقييم الأثر خلال النهار
9.4.2	تقييم الأثر أثناء الليل
10	الاستنتاجات والتوصيات
	الملحق أ - إحدائيات مجموعة العمل

فهرس الجداول

الجدول رقم 01: مواصفات مولد توربينات الرياح (التصميم الأول)	الجدول رقم 02: مواصفات مولد توربينات الرياح (التصميم الثاني)
الجدول رقم 03: المستقبلات الحساسة للضوضاء	الجدول رقم 04: مواصفات مولد توربينات الرياح
الجدول رقم 05: مواصفات مولد توربينات الرياح Siemens Gamesa G80 بقدرة 2.0 ميغا واط	الجدول رقم 06: إحداثيات موقع المستقبل الحساس للضوضاء / مراقبة الضوضاء
الجدول رقم 07: ملخص منهجية مسح الضوضاء	الجدول رقم 08: تكوين العناصر الرئيسية لصاري الرياح
الجدول رقم 09: مواصفات EN-169.5/7.5 ميجاوات	الجدول رقم 10: مواصفات EN-169.5/8.0 ميجاوات
الجدول رقم 11: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-169.5/7.5 MW)	الجدول رقم 12: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-169.5/8.0 MW)
الجدول رقم 13: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-171/8.0 MW)	الجدول رقم 14: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (سيمنز جاميسا SG G80 2.0 ميجاوات)
الجدول رقم 15: حساب النموذج وإعدادات المؤشرات وفقاً لمعيار ISO 9613-2	الجدول رقم 16: مواصفات إعداد خريطة محيط الضوضاء - ISO 9613-2
الجدول رقم 17: مستويات الضوضاء المتوقعة في مسارات الضوضاء الحساسة من مزرعة رياح سكاتيك (العزل والتراكم) (W10) - المخطط 1	الجدول رقم 18: مستويات الضوضاء المتوقعة عند مستقبلات الضوضاء الحساسة من مزرعة رياح سكاتيك (العزل والتراكم) (W10) - التصميم 2
الجدول رقم 19: ملخص حدود الضوضاء ETSU-R-97	الجدول رقم 20: حدود الضوضاء المقترحة لتقييم ضوضاء توربينات الرياح
الجدول رقم 21: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترات النهار، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 1	الجدول رقم 22: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترة الليل، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 1
الجدول رقم 23: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترات النهار، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 2	الجدول رقم 24: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترة الليل، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 2
الجدول رقم 25: إحداثيات توربينات الرياح في مخطط مزرعة رياح سكاتيك 1 (المنطقة 36) ...	الجدول رقم 26: إحداثيات توربينات الرياح في مخطط مزرعة رياح سكاتيك 2 (المنطقة 36) ...

فهرس الأشكال

- الشكل رقم 1: موقع المشروع – المحيط الإقليمي
- الشكل رقم 2: موقع المشروع – المحيط المحلي - مخطط سكاتك الأول
- الشكل رقم 3: موقع المشروع - السياق المحلي - مخطط سكاتك 2
- الشكل رقم 4: المستقبلات الحساسة للضوضاء – تخطيط سكاتيك الأول
- الشكل رقم 5: المستقبلات الحساسة للضوضاء – تخطيط سكاتيك الثاني
- الشكل رقم 6: مزارع الرياح الحالية والمقترحة - مخطط سكاتك 1
- الشكل رقم 7: مزارع الرياح الحالية والمقترحة - مخطط سكاتك 2
- الشكل رقم 8: موقع قياس الضوضاء - مخطط سكاتيك الأول
- الشكل رقم 9: موقع قياس الضوضاء - مخطط سكاتيك الثاني
- الشكل رقم 10: مثال على الحد من مستويات الضوضاء الخلفية السائدة الدنيا والعليا
- الشكل رقم 11: مخطط الضوضاء النهارية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML1
- الشكل رقم 12: مخطط الضوضاء الليلية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML1
- الشكل رقم 13: مخطط الضوضاء النهارية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML2
- الشكل رقم 14: مخطط الضوضاء الليلية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML2
- الشكل رقم 15: NM1 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح – النهار
- الشكل رقم 16: NM1 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح – ليلاً
- الشكل رقم 17: NM2 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح – النهار
- الشكل رقم 18: NM2 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح – ليلاً
- الشكل رقم 19: تمثيل مبسط لتدفق الهواء فوق شفرة مولد توربينات الرياح
- الشكل رقم 20: مخطط لمحور مولد توربينات الرياح وغطاء المحرك لمولد توربينات الرياح
- النموذجي
- الشكل رقم 21: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 1 - 10: W10 م/ث (تقييم معزول)
- الشكل رقم 22: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 1 - 10: W10 م/ث (تقييم تراكمي)
- الشكل رقم 23: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 2 - 10: W10 م/ث (تقييم معزول)
- الشكل رقم 24: خريطة محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 2 - 10: W10 م/ث (تقييم تراكمي)
- الشكل رقم 25: مستوى الضوضاء الخلفية السائدة وفقاً لسرعة الرياح القياسية W10 عند NM1
- الشكل رقم 26: مستوى الضوضاء الخلفية السائدة وفقاً لسرعة الرياح القياسية W10 عند NM2

الاختصارات

ديسيبل	dB
ديسيبل مُرَجَّح أ	dB(A)
وزارة الطاقة وتغيرات المناخ (المملكة المتحدة)	DECC
مولد الحث ذو التغذية المزدوجة	DFIG
البيئة والصحة والسلامة	EHS
وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة (وزارة التجارة والصناعة في المملكة المتحدة)	ETSU
بوليمر مقوى بألياف زجاجية	GFRP
مخطط شبكة الضوضاء	GNM
دليل الممارسات الجيدة	GPG
هرتز	Hz
اللجنة الكهروتقنية الدولية	IEC
مؤسسة التمويل الدولية	IFC
معهد الصوتيات (المملكة المتحدة)	IOA
المنظمة الدولية للمعايير	ISO
كيلووات	kW
كيلووات ساعة	kWh
الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	LA90
مستوى ضغط الصوت المستمر المكافئ المرجح أ	LAeq
مستوى ضغط الصوت	Lp
مستوى قوة الصوت	Lw
متر (أمتار)	m
ميغاوات	MW
مستقبلات حساسة للضوضاء	NSR
المملكة المتحدة	UK
منظمة الصحة العالمية	WHO
مولد عنفات الرياح	WTG

1. تمهيد

1.1. تمهيد

تهدف هذه الوثيقة إلى توضيح آثار مصادر ضوضاء مولدات عنفات الرياح على المجتمع المحيط والمستقبلات الحساسة، وذلك من خلال استكمال حسابات التنبؤ بالضوضاء، وقد قُيِّمت نتائج حسابات التنبؤ وفقًا للأنظمة والمعايير المحلية والدولية، وخاصةً معايير مؤسسة التمويل الدولية وتوجيهات وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة.

1.2. الأغراض

وبمثابة جزء من هذه الدراسة المتخصصة للضوضاء، وقد تم تحديد الأغراض الرئيسية التالية، وبالتالي تم اقتراحها كنتائج لهذا التقرير:

- مراجعة وتحليل بيانات الضوضاء الرئيسية المُقاسة في موقعين.
- حسابات التنبؤ بالضوضاء وتحليلها لأسوأ سيناريو ضوضاء مُحدد ($W_s = 10$ م/ث).
- تقييم السيناريو المذكور وفقًا لمؤسسة التمويل الدولية واللوائح المحلية.
- تقييم تأثير الضوضاء الناتج عن تحديث مولد عنفات الرياح سكاتك على مستقبلات الضوضاء الحساسة المحيطة.

1.3. بيانات الإدخال

تعتمد الدراسة على البيانات التالية:

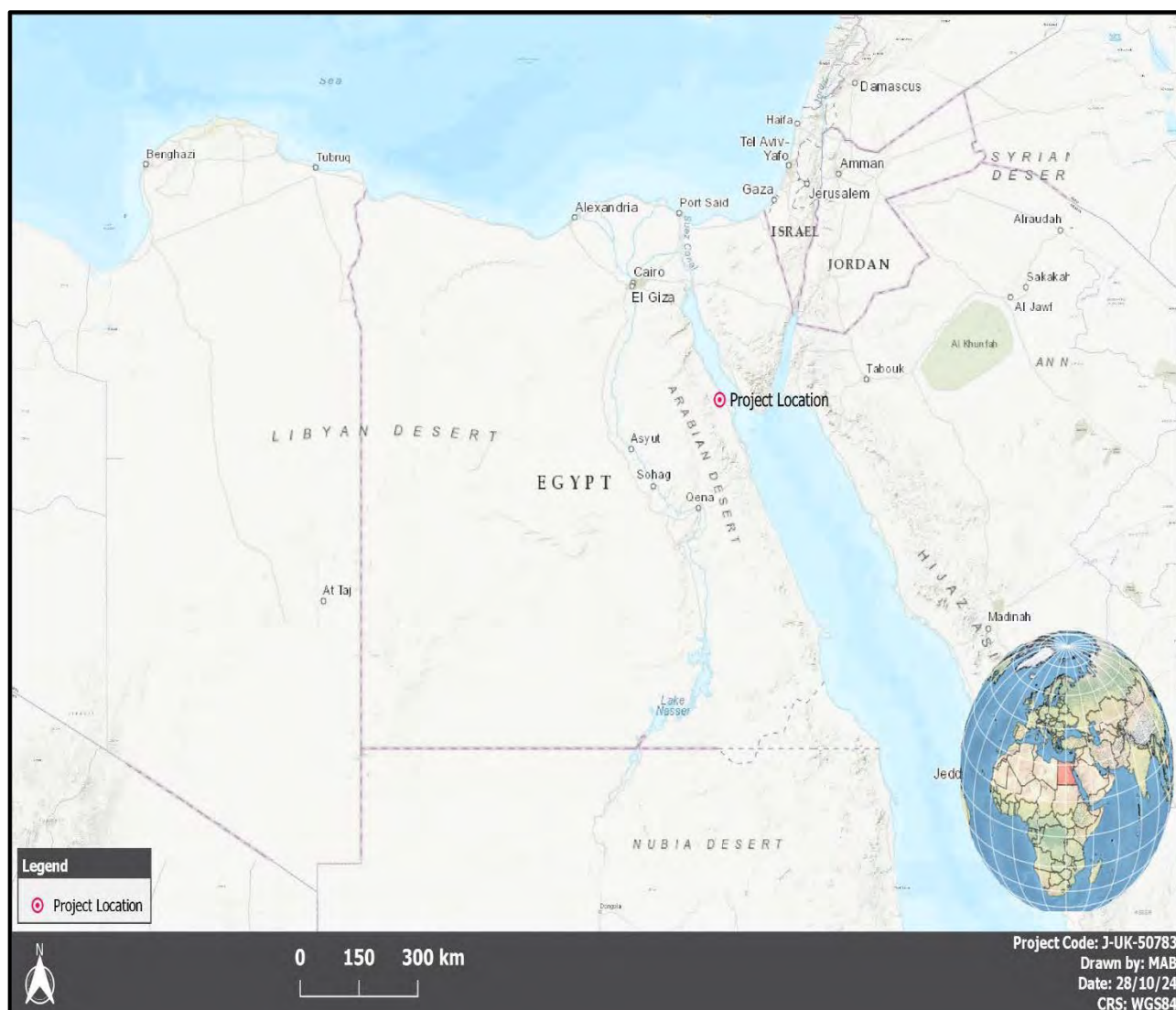
- الرسومات التخطيطية العامة لمزرعة الرياح، بما في ذلك التضاريس.
- بيانات موردي عنفات الرياح (بيانات ضوضاء الموردين).
- بيانات الضوضاء والمقاييس الرئيسية.
- مواقع مسار الرياح الشمالي.

2. تفاصيل المشروع

2.1. لمحة عامة عن المشروع

يقع المشروع قبالة خليج السويس شرق جمهورية مصر العربية، وتقع مزرعة رياح سكاتك على بُعد حوالي 300 كيلو متر جنوب شرق العاصمة، حيث يتكون مشروعًا سكاتك من 27 و 25 مولدًا عنفات للرياح على التوالي، ويغطيان مساحة تقارب 25 كيلو مترًا مربعًا.

يوضح الشكل رقم 1 موقع المشروع في المحيط إقليمي، ويوضح الشكل رقم 2 والشكل رقم 3 موقع المشروع في المحيط محلي بما في ذلك تخطيط مولدات الرياح.



الشكل رقم 1: موقع المشروع – المحيط الإقليمي



الشكل رقم 2: موقع المشروع - المحيط المحلي - مخطط سكاتك الأول



الشكل رقم 3: موقع المشروع - السياق المحلي - مخطط سكاتك 2

2.2. المواصفات الفنية لمولدات عنفات الرياح

يحتوي تصميم موقع مزرعة رياح سكاتيك على 27 و 25 مولدًا توربينًا للرياح على التوالي، وتبلغ قدرة كل من الأولى 7.5 ميغا وات وقطر دوارها 169.5 مترًا، بينما تبلغ قدرة الثانية 8.0 ميغا وات وقطر دوارها 169.5 مترًا. يرد أدناه في الجدول رقم 1 والجدول رقم 2 ملخص المواصفات الخاصة بمعياري EN-169.5/7.5 MW و EN-171/8.0 MW اللذين سيتم استخدامهما للمشروع المقترح.

الجدول رقم 01: مواصفات مولد توربينات الرياح (التصميم الأول)¹

إنفيجن	الشركة المصنعة
EN-169.5/7.5 MW	نوع الطراز
7,500 كيلو وات	الطاقة المقدرة
169.5 مترًا	قطر الدوار
100 م	ارتفاع المحور
3 م / ث	سرعة الرياح المقطوعة
25 م/ث	سرعة الرياح الخارجة
برج فولاذي/ هجين - أنبوبي	نوع البرج
البلاستيك المقوى بألياف الزجاج	نوع الشفرة
مولد الحث ذو التغذية المزدوجة	نوع المولد

¹ "إنفيجن، المواصفات الفنية لمستوى قدرة الصوت لتوربينات الرياح إنفيجن EN-171/8.0، DVP-0037456 B، 26 يوليو 2023"

الجدول رقم 2: مواصفات مولد توربينات الرياح (التصميم الثاني)²

الشركة المصنعة	إنفيجن
نوع الطراز	EN-171/8.0 MW
الطاقة المقدرة	8,000 كيلو واط
قطر الدوار	171 مترًا
ارتفاع المحور	100 م
سرعة الرياح المقطوعة	3 م / ث
سرعة الرياح الخارجة	25 م/ث
نوع البرج	برج فولاذي/ هجين - أنبوبي
نوع الشفرة	البلاستيك المقوى بألياف الزجاج
نوع المولد	مولد الحث ذو التغذية المزدوجة

2.3. المستقبلات الحساسة للضوضاء

بناءً على مراجعة بيانات المشروع ومراجعة مكتبية لموقع المشروع والمناطق المحيطة به، تم تحديد 35 مستقبلًا حساسًا للرياح بالقرب من مزرعة رياح سكاتيك. ولم يتم تحديد أي مستقبلات حساسة أخرى ضمن نطاق 2000 متر من أيٍّ من مولدات الرياح. يوضح الشكلان 4 و 5 مواقع المستقبلات، بينما يوضح الجدول أدناه إحداثياتها.

الجدول رقم 3: المستقبلات الحساسة للضوضاء

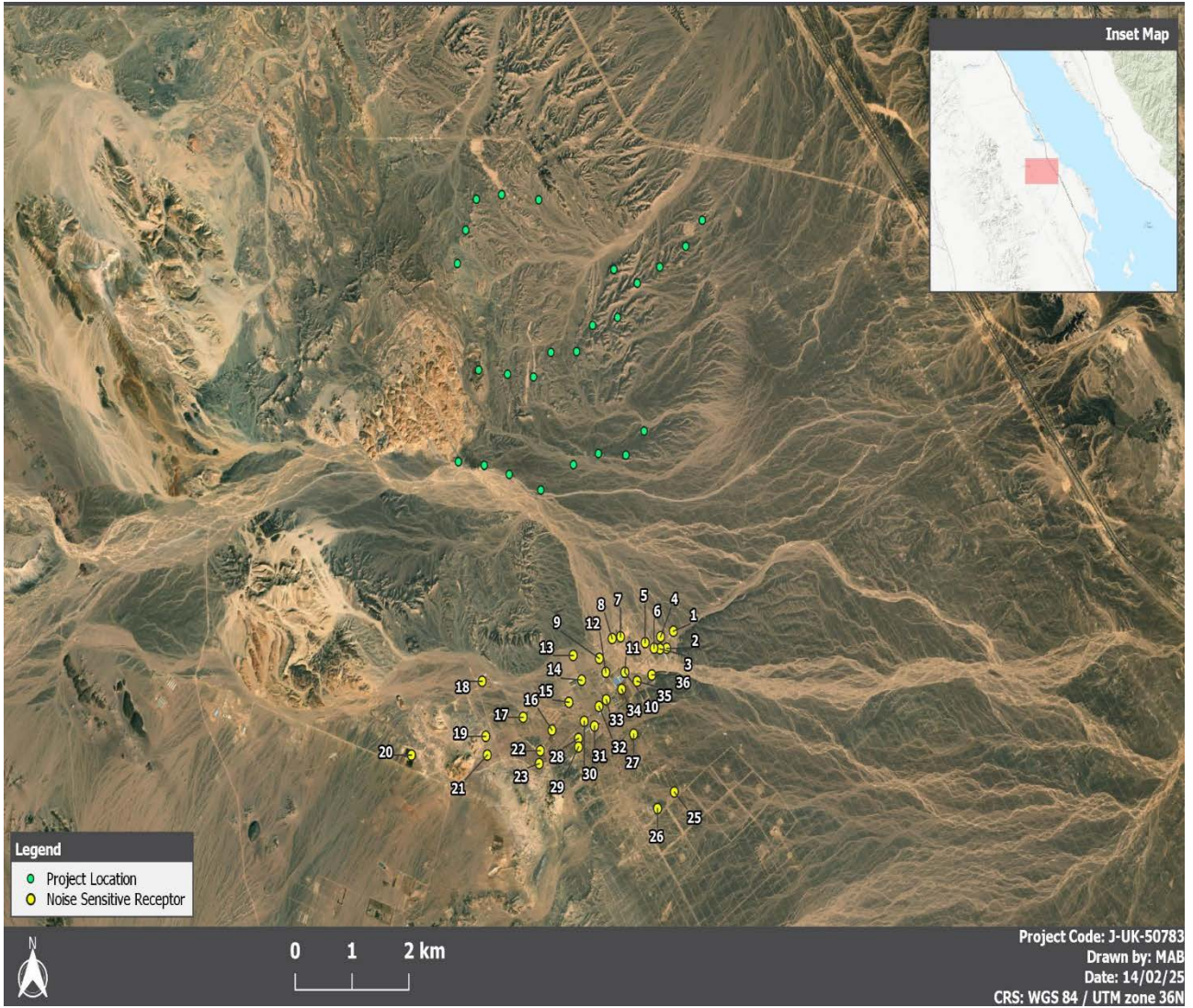
مستقبلات حساسة للضوضاء	إحداثيات نظام الإحداثيات العالمي المستعرض لمركاتور (المنطقة 36)	
	mN	mE
NSR1	3096856	523397
NSR2	3096627	523279
NSR3	3096619	523162
NSR4	3096781	523172
NSR5	3096702	522900
NSR6	3096304	522542
NSR7	3096304	522207
NSR8	3096530	521633
NSR9	3096199	521782
NSR10	3095902	521557
NSR11	3095529	521259
NSR12	3095702	520753
NSR13	3096184	520030
NSR14	3095446	520094
NSR15	3095195	518786
NSR16	3095195	520120
NSR17	3095253	521054
NSR18	3095080	521035
NSR19	3094699	523414
NSR20	3094477	523118
NSR21	3095475	522698
NSR22	3095417	521726
NSR23	3095302	521727
NSR25	3095647	521827
NSR26	3095582	522008
NSR27	3095846	522088

² "إنفيجن، المواصفات الفنية لمستوى قدرة الصوت لتوربينات الرياح إنفيجن EN-171/8.0، DVP-0037456 B، 26 يوليو 2023"

3095936	522215	NSR28
3096077	522487	NSR29
3096184	522757	NSR30
3096269	523017	NSR31
3096856	523397	NSR32
3096627	523279	NSR33
3096619	523162	NSR34
3096781	523172	NSR35
3096702	522900	NSR36



الشكل رقم 4: المستقبلات الحساسة للضوضاء - تخطيط سكاتيك الأول



الشكل رقم 5: المستقبلات الحساسة للضوضاء - تخطيط سكاتيك الثاني

2.4 مزارع الرياح الموجودة في المنطقة المحيطة

توجد مزارع رياح قائمة و/ أو مقترحة في المنطقة المحيطة بمواقع المشروع المقترحة، وقد تُسبب زيادةً في مستويات الضوضاء التراكمية عند مستقبلات الضوضاء الحساسة المحددة. لذلك، ينبغي أن يأخذ التقييم في الاعتبار جميع انبعاثات ضوضاء توربينات الرياح التي قد تُسبب زيادةً في مستويات الضوضاء عند المُستقبلات الحساسة للضوضاء. يُوضح الشكل أدناه مواقع مزارع الرياح القائمة بالنسبة لمزرعة رياح سكاتيك. وقد أُدرجت هذه المزارع في النموذج.

2.4.1 مزارع رياح سكاتيك (مصر للهيدروجين الأخضر)

تضم مزارع رياح سكاتيك 25 مولدًا لتوربينات الرياح، يضم كل منها توربين رياح من طراز Envision EN-171/8.0 ميجاوات، ويوضح الجدول أدناه المواصفات الرئيسية.

الجدول رقم 4: مواصفات مولد توربينات الرياح³

الشركة المصنعة	إنفيجن
نوع الطراز	EN-171/8.0 MW
الطاقة المقدرة	8,000 كيلو واط
قطر الدوار	171 مترًا
ارتفاع المحور	100 م
سرعة الرياح المقطوعة	3 م / ث
سرعة الرياح الخارجة	25 م/ث
نوع البرج	برج فولاذي / هجين - أنبوبي
نوع الشفرة	البلاستيك المقوى بألياف الزجاج
نوع المولد	مولد الحث ذو التغذية المزدوجة

2.4.2. مزارع الرياح التابعة للوكالة اليابانية للتعاون الدولي وبنك التنمية الألماني وإسبانيا

تحتوي مزارع الرياح التابعة للوكالة اليابانية للتعاون الدولي وبنك التنمية الألماني وإسبانيا على 290 مولدًا لتوربينات الرياح، يضم كل منها توربينًا رياحيًا من طراز Siemens Gamesa SG G80 بقوة 2.0 ميغا واط، ويوضح الجدول أدناه المواصفات الرئيسية.

الجدول رقم 5: مواصفات مولد توربينات الرياح Siemens Gamesa G80 بقوة 2.0 ميغا واط⁴

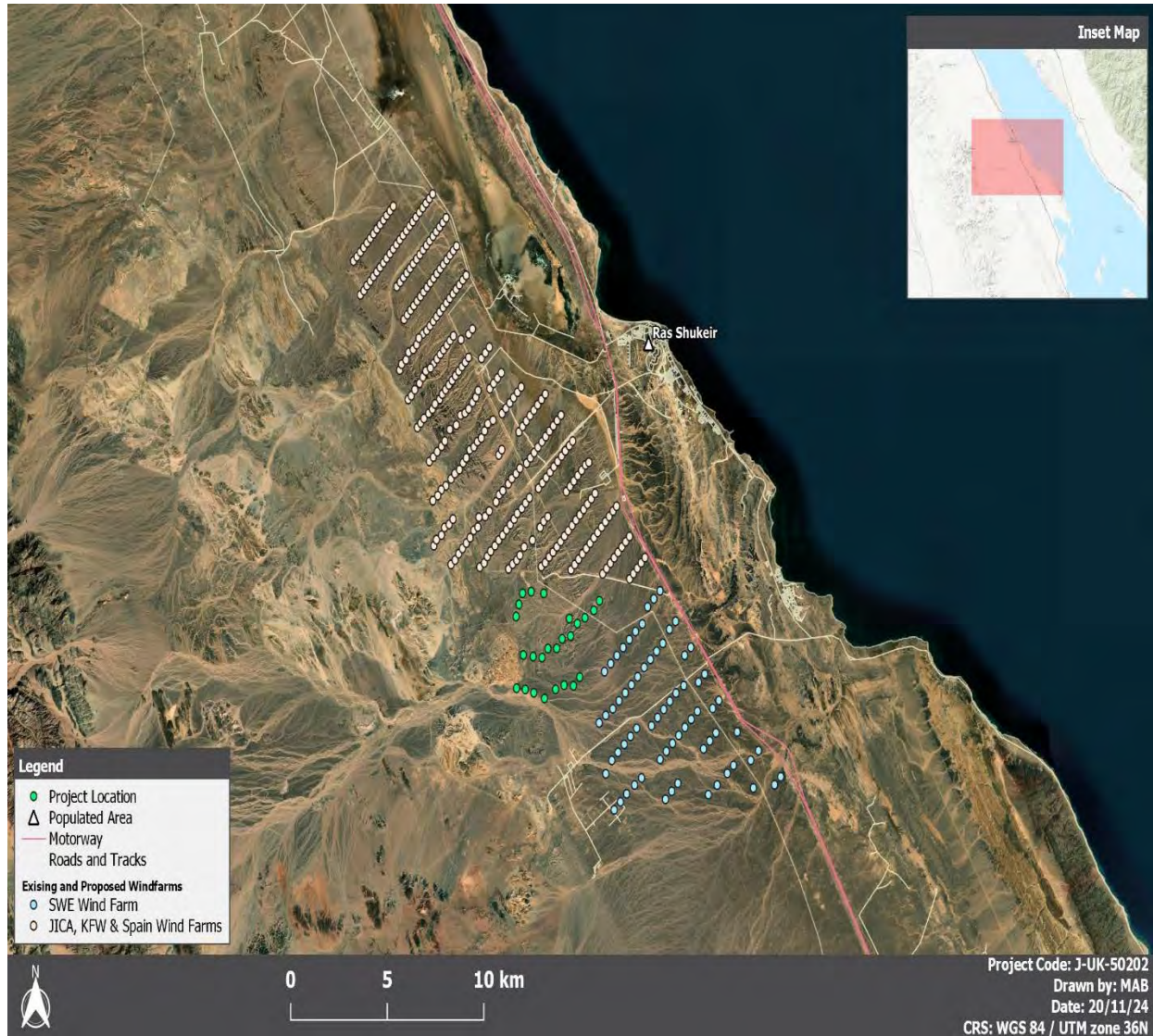
الشركة المصنعة	سيمنز جاميسا
نوع الطراز	G80 2.0 MW
الطاقة المقدرة	2,000 كيلو واط
قطر الدوار	80 مترًا
ارتفاع المحور	60 م
نوع البرج	أنبوب برميل فولاذي مخروطي
نوع الشفرة	سيمنز جاميسا - ألياف زجاجية مقواة براتنج إيبوكسي أو بوليستر
نوع المولد	آلة الحث ذات التغذية المزدوجة

³ "إنفيجن، المواصفات الفنية لمستوى قدرة الصوت لتوربينات الرياح إنفيجن EN-171/8.0، DVP-0037456 B، 26 يوليو 2023"

⁴ منحنى الطاقة ومستويات انبعاث الضوضاء لجهاز Siemens Gamesa G80 بقوة 2.0 ميغا واط، GD022912-en، 18/07/20



الشكل رقم 6: مزارع الرياح الحالية والمقترحة - مخطط سكاتك 1



الشكل رقم 7: مزارع الرياح الحالية والمقترحة - مخطط سكاتك 2

3. تحديد وتحليل اللوائح والمعايير

3.1 الإطار التنظيمي لتقييم الضوضاء

وقد شملت المبادئ التوجيهية الدولية التي تمت مراجعتها المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية بشأن الضوضاء المجتمعية (منظمة الصحة العالمية 2002)⁵ والمبادئ التوجيهية العامة للصحة والسلامة البيئية الصادرة عن مجموعة البنك الدولي / مؤسسة التمويل الدولية (2007)⁶. يمكن تطبيق مراجعة أفضل الممارسات الدولية فيما يتعلق بضوضاء توربينات الرياح في دراسة الضوضاء، وفيما يلي الممارسات الأكثر قابلية للتطبيق:

⁵ منظمة الصحة العالمية، المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية بشأن الضوضاء المجتمعية، 2002

<https://www.who.int/publications/i/item/a68672>

⁶ مؤسسة التمويل الدولية، توجيهات عامة حول الصحة والسلامة البيئية، 2007 - <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/2007-general-ehs-guidelines-en.pdf>

- ETSU-R-97 "تقييم وتصنيف الضوضاء الصادرة عن مزارع الرياح"، الصادر عن وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة لصالح وزارة التجارة والصناعة في المملكة المتحدة.⁷
- دليل الممارسات الجيدة لضوضاء توربينات الرياح الصادر عن معهد الصوتيات.⁸
- توجيهات مجموعة البنك الدولي / مؤسسة التمويل الدولية بشأن البيئة والصحة والسلامة في مجال طاقة الرياح.⁹

3.2 ملخص المعايير المطبقة وأفضل الممارسات ذات الصلة بتوربينات الرياح

فيما يلي ملخص للمعايير الرئيسية وأدلة أفضل الممارسات المتعلقة بضوضاء توربينات الرياح:

3.2.1 توجيهات مؤسسة التمويل الدولية بشأن طاقة الرياح في مجال الصحة والسلامة والبيئة

تشير توجيهات الصحة والسلامة والبيئة الصادرة عن مؤسسة التمويل الدولية بشأن طاقة الرياح إلى الاعتبارات المتعلقة بالضوضاء على النحو التالي:

الضوضاء التشغيلية

- يتضمن هذا القسم وصفاً لآلية إنتاج الضوضاء الرئيسية بالإضافة إلى منهجية عامة لإجراء تقييم تأثير الضوضاء وفقاً للمبادئ التالية:
- يجب اختيار المستقبلات وفقاً لحساسيتها البيئية (البشرية، أو الحيوانية، أو الحياة البرية).
- ينبغي إجراء نمذجة أولية لتحديد ما إذا كانت هناك حاجة إلى بحث أكثر تفصيلاً. يمكن أن تكون النمذجة الأولية بسيطة كافتراض انتشار نصف كروي (أي إشعاع الصوت، في جميع الاتجاهات، من نقطة المصدر). ينبغي أن تركز النمذجة الأولية على المستقبلات الحساسة ضمن نطاق 2000 متر من أي من توربينات منشأة طاقة الرياح.
- إذا أشار النموذج الأولي إلى أن ضوضاء التوربينات عند جميع المستقبلات الحساسة من المرجح أن تكون أقل من LA90 البالغ 35 ديسيبل عند سرعة رياح تبلغ 10 أمتار/ثانية (سرعة الرياح المقاسة على ارتفاع 10 أمتار) خلال النهار والليل، فمن المرجح أن تكون هذه النمذجة الأولية كافية لتقييم تأثير الضوضاء؛ وإلا، يُوصى بإجراء نمذجة أكثر تفصيلاً، والتي قد تشمل قياسات الضوضاء المحيطة الخلفية. ينبغي أن تأخذ جميع النمذجة في الاعتبار الضوضاء التراكمية الصادرة عن جميع منشآت طاقة الرياح المجاورة، والتي قد تزيد من مستويات الضوضاء.
- إذا استُخدمت معايير الضوضاء القائمة على الضوضاء المحيطة، فمن الضروري قياس ضوضاء الخلفية في غياب أي توربينات رياح. وينبغي إجراء ذلك عند مستقبل واحد أو أكثر حساس للضوضاء. غالباً ما تكون المستقبلات الحرجة هي الأقرب إلى منشأة طاقة الرياح، ولكن إذا كان أقرب مستقبل قريباً أيضاً من مصادر ضوضاء مهمة أخرى، فقد يلزم اختيار مستقبل بديل.
- يجب قياس ضوضاء الخلفية على فترات زمنية مدتها 10 دقائق، باستخدام حواجز رياح مناسبة. يجب إجراء خمسة قياسات على الأقل من هذه القياسات، كل منها مدته 10 دقائق، لكل سرعة رياح صحيحة من سرعة الانطلاق إلى 12 مترًا في الثانية.
- يتم الرجوع إلى المبادئ المذكورة أعلاه من الوثائق الرئيسية التالية الموضحة في الأقسام التالية:
- جامعة شرق تينيسي، تقرير ETSU-R-97، "تقييم وتصنيف الضوضاء الصادرة عن مزارع الرياح" (1997).
- معهد الصوتيات، "دليل الممارسات الجيدة لتطبيق ETSU-R-97 لتقييم وتصنيف ضوضاء توربينات الرياح"، 2013.

3.2.2 ETSU-R-97 "تقييم وتصنيف الضوضاء الصادرة عن مزارع الرياح" (1997)

نُشر تقرير ETSU-R-97 في سبتمبر 1996، وهو تقرير بحثي أعدته وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة، ويُعد هذا التقرير دليلاً مرجعياً هاماً للممارسات الجيدة، إذ يتضمن منهجية لتحديد حدود الضوضاء لتوربينات الرياح ومزارع الرياح. وتُشير حكومة المملكة المتحدة إلى ETSU-R-97 كدليل لأفضل الممارسات في التشريعات البريطانية. يتكون إجراء التقييم لـ ETSU-R-97 من الآتي:

⁷ وزارة التجارة والصناعة في المملكة المتحدة، ETSU-R-97 "تقييم وتصنيف الضوضاء الناتجة عن مزارع الرياح التي أنتجتها وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة لوزارة التجارة والصناعة في المملكة المتحدة، 1998

https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a798b42ed915d07d35b655a/ETSU_Full_copy_Searchable.pdf

⁸ معهد الصوتيات، دليل الممارسات الجيدة لضوضاء توربينات الرياح، 2013

<https://www.ioa.org.uk/sites/default/files/IOA%20Good%20Practice%20Guide%20on%20Wind%20Turbine%20Noise%20-%20May%202013.pdf>

⁹ مؤسسة التمويل الدولية، المبادئ التوجيهية للبيئة والصحة والسلامة لطاقة الرياح <https://www.ifc.org/en/insights-reports/2015/publications-policy-ehs-wind-energy>

- توقع مستويات الضوضاء الصادرة عن جميع التوربينات (الحالية والمقترحة) عند أقرب مستقبلات الضوضاء.
- تحديد منطقة الدراسة.
- تحديد العقارات التي يُحتمل تأثرها.
- (إذا لزم الأمر)، إجراء مسح قياسي يتضمن قياسات متزامنة لمستويات الضوضاء الخلفية في العقارات التمثيلية مع سرعة الرياح واتجاهها في موقع التوربين المقترح.
- تحليل البيانات لإزالة البيانات المتأثرة بالأقطار والبيانات غير النمطية، واستنتاج حدود الضوضاء للمشروع.
- تحديث توقعات الضوضاء وتقييم الامتثال لحدود الضوضاء للتوربين المرشح، وتقديم المشورة التصميمية إذا كان الامتثال للحدود غير محتمل.
- على وجه الخصوص، يوفر ETSU-R-97 منهجية مفصلة لتحديد حدود الضوضاء الخارجية والتي تكون إما:
 - بالنسبة للخلفية (الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%))؛ أو،
 - ثابتة عندما تكون مستويات الضوضاء في الخلفية منخفضة جدًا.

3.2.3 دليل الممارسات الجيدة الخاص بمعهد الصوتيات ل ETSU-R-97

- دعت وزارة الطاقة وتغير المناخ معهد الصوتيات لتشكيل فريق عمل معني بالضوضاء لإعداد دليل الممارسات الجيدة لتطبيق معيار ETSU-R-97 من حيث العناصر الفنية فقط، وقد أعدت هذه الوثيقة فريق عمل متخصص، وراجعتها مجموعة من الخبراء المتخصصين في مختلف التخصصات ذات الصلة، وينبغي اعتبار هذه الوثيقة تحسينًا لتوجيهات معيار ETSU-R-97 لضمان اتساقها، ويتبع هذا التقييم للضوضاء المبادئ التوجيهية الواردة فيه.
- المبادئ التوجيهية الرئيسية في دليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات هي:
- جمع البيانات الرئيسية.
 - تحليل البيانات واستنتاج حدود الضوضاء.
 - نمذجة التوقعات بالضوضاء.
 - مبادئ تقييم الضوضاء التراكمية.
- علاوة على ذلك، توضح المبادئ التوجيهية العامة للهندسة الفيزيائية القضايا الرئيسية التالية من معيار ETSU-R-97:
- يُستخدم معيار ISO 9613 لتوقع ضوضاء توربينات الرياح، مع اشتراطات وقيود خاصة.
 - تصحح قياسات ضوضاء الخلفية (وبالتالي تحديد الحدود) لقطع الرياح من خلال ربطها بسرعة الرياح القياسية على ارتفاع 10 أمتار، والتي تُشتق من سرعة الرياح عند ارتفاع المحور باستخدام معادلة قياسية.

3.2.4 ISO 9613-2:1996 الصوتيات - توهين الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق - الجزء 2: الطريقة العامة للحساب

- يصف الجزء الثاني¹⁰ من معيار ISO 9613-2:1996 طريقةً لحساب توهين الصوت أثناء انتشاره في الهواء الطلق، وذلك لتوقع مستويات الضوضاء البيئية على مسافة من مصادر متنوعة، وتنبأ هذه الطريقة بمستوى ضغط الصوت المكافئ المستمر الموزون أ (كما هو موضح في معيار ISO 1996) في ظل الظروف الجوية.
- تم وصف تطبيق ومزيد من الوصف لمعيار ISO 9613-2 في القسم 7 - نموذج الضوضاء من هذا التقرير.

4. القياسات الرئيسية

4.1 مسح مراقبة الضوضاء

- بدأ مسح لرصد الضوضاء في موقعين بموقع المشروع في 27 يناير 2024، وانتهى في 10 فبراير 2024. وكان الهدف من المسح قياس مستويات الضوضاء الخلفية عبر نطاقٍ من سرعات الرياح. وأُجريت القياسات بشكلٍ مستمرٍ بفواصل زمنية مدتها 10 دقائق.

4.2 تفاصيل مقياس مستوى الصوت

- استُخدم جهازان من طراز B&K 2250 (الرقم التسلسلي: 3010390 و 2709811) من النوع الأول لقياس مستوى الصوت، بالإضافة إلى مُعايرة صوتية متعددة الوظائف من النوع 4231، لإجراء مسح القياس. تُسجل أجهزة قياس مستوى الصوت المُختارة تلقائيًا مُعاملات

¹⁰ المنظمة الدولية للمعايير (ISO)، ISO 9613-2 "الصوتيات - تخفيف الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق"، 2024
<https://www.iso.org/standard/74047.html>

قياس الضوضاء البيئية، بما في ذلك الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)، أُجريت قياسات الضوضاء وفقًا لأفضل الممارسات الموصى بها في المعيار الدولي "وصف وقياس الضوضاء البيئية ISO 1996¹¹"، بالإضافة إلى معيار ETSU-R-97 الذي يُحدد الاعتبارات الرئيسية لاختيار مواقع القياس.

تم معايرة جهاز قياس الضوضاء المُعابر في المصنع ميدانيًا قبل الاستخدام وبعد إجراء القياسات الميدانية للكشف عن أي انحراف محتمل في القياسات. شهادات المعايرة مُقدمة في الملحق ب.

٤.٣. اتجاه الميكروفون

أثناء قياس الضوضاء، وُضع الميكروفون لضمان حمايته من تيارات الهواء، والاهتزازات، والمجالات الكهربائية أو المغناطيسية، والغبار، وغيرها من المؤثرات التي قد تؤثر على قراءة الضوضاء. ولم تكن هناك أي هياكل عاكسة (باستثناء الأرض) لتقليل تأثير الانعكاسات. وُضع ارتفاع الميكروفون على ارتفاع ١.٥ متر فوق مستوى سطح الأرض.

4.4. الظروف الجوية

وُجدت ظروف جوية مناسبة عمومًا أثناء رصد الضوضاء الرئيسية، وتم تحديد فترة هطول أمطار خلال ليلي اليوم الثاني والثالث من فبراير، وسُجلت سرعة الرياح واتجاهها بفواصل زمني متوسطه عشر دقائق، مأخوذة من صاري المشروع الموضوع على ارتفاع محوري يبلغ 100 متر.

4.5. موقع مسح الضوضاء

ينص دليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات على أن "منطقة دراسة مسوحات الضوضاء الخلفية (وتقييم الضوضاء) يجب أن تكون، كحد أدنى، المنطقة التي قد تتجاوز فيها مستويات الضوضاء الصادرة عن توربينات الرياح المقترحة والمعتمدة والحالية مستوى ضغط الصوت المستمر المكافئ الموزون A 35 ديسيبل عند سرعة رياح تصل إلى 10 أمتار في الثانية". ونظرًا لما سبق، وُضعت مواقع مراقبة الضوضاء المختارة غرب موقع مزرعة الرياح، في موقع استراتيجي ضمن المنطقة التي تقع فيها غالبية نقاط مراقبة الضوضاء الخلفية، ويمكن اعتبارها ممثلة لنقاط مراقبة الضوضاء الخلفية الأخرى الموجودة في نفس المنطقة. يوضح الشكلان 8 و9 موقع نقطة مراقبة الضوضاء / نقطة مراقبة الضوضاء الخلفية مع الإحداثيات الواردة في الجدول أدناه.

الجدول رقم 6: إحداثيات موقع المستقبل الحساس للضوضاء / مراقبة الضوضاء

إحداثيات نظام الإحداثيات العالمي المستعرض لمركاتور (المنطقة 36)		مستقبلات حساسة للضوضاء
mN	mE	
3096119	520901	موقع قياس الضوضاء 1
3094785	521699	موقع قياس الضوضاء 2

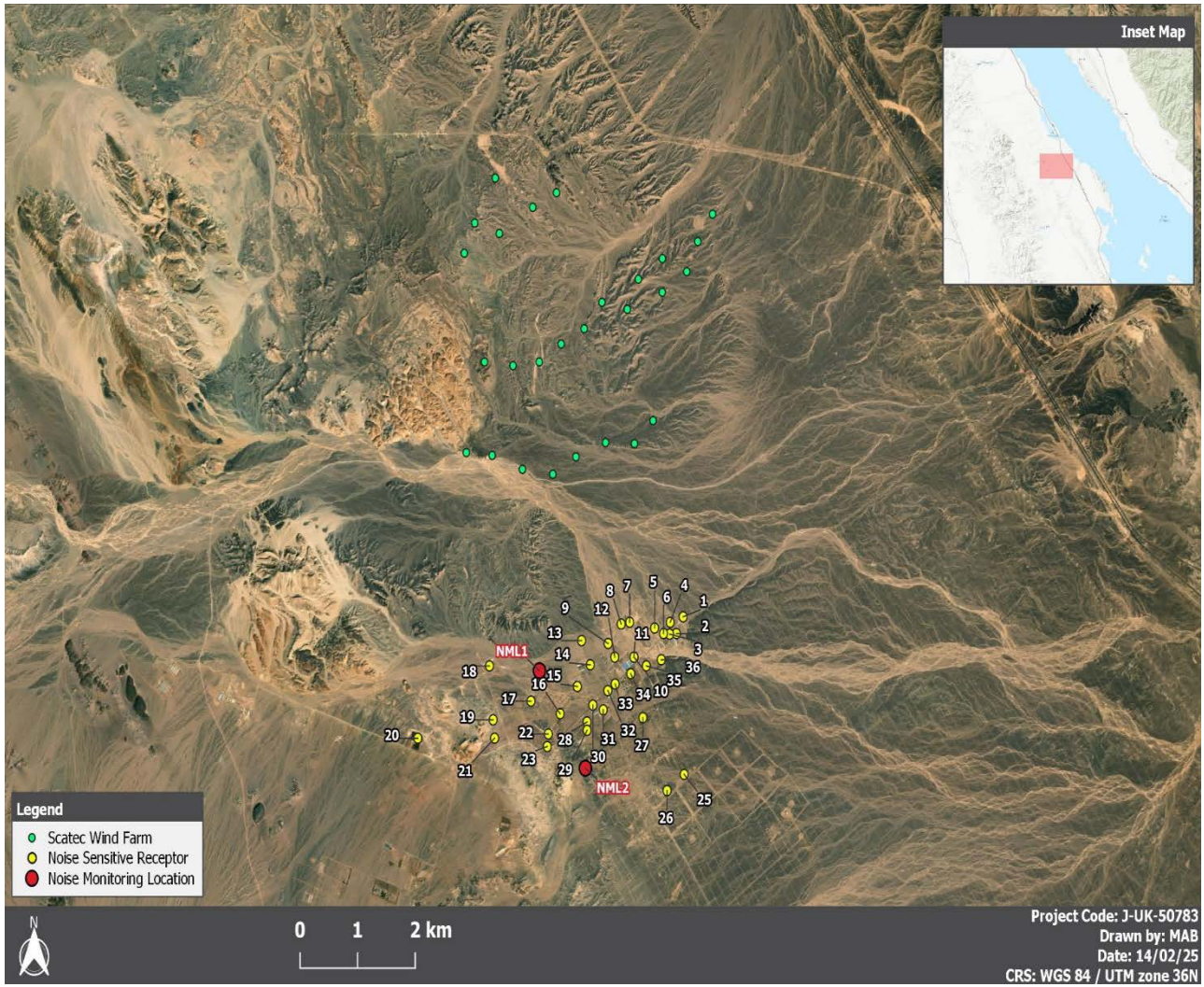
4.5.1. منهجية قياس الضوضاء

أُجريت جميع القياسات وفقًا للإجراءات والمتطلبات المنصوص عليها في معيار ETSU-R-97، وفيما يلي أهم اعتبارات القياس، كما لخصها دليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات:

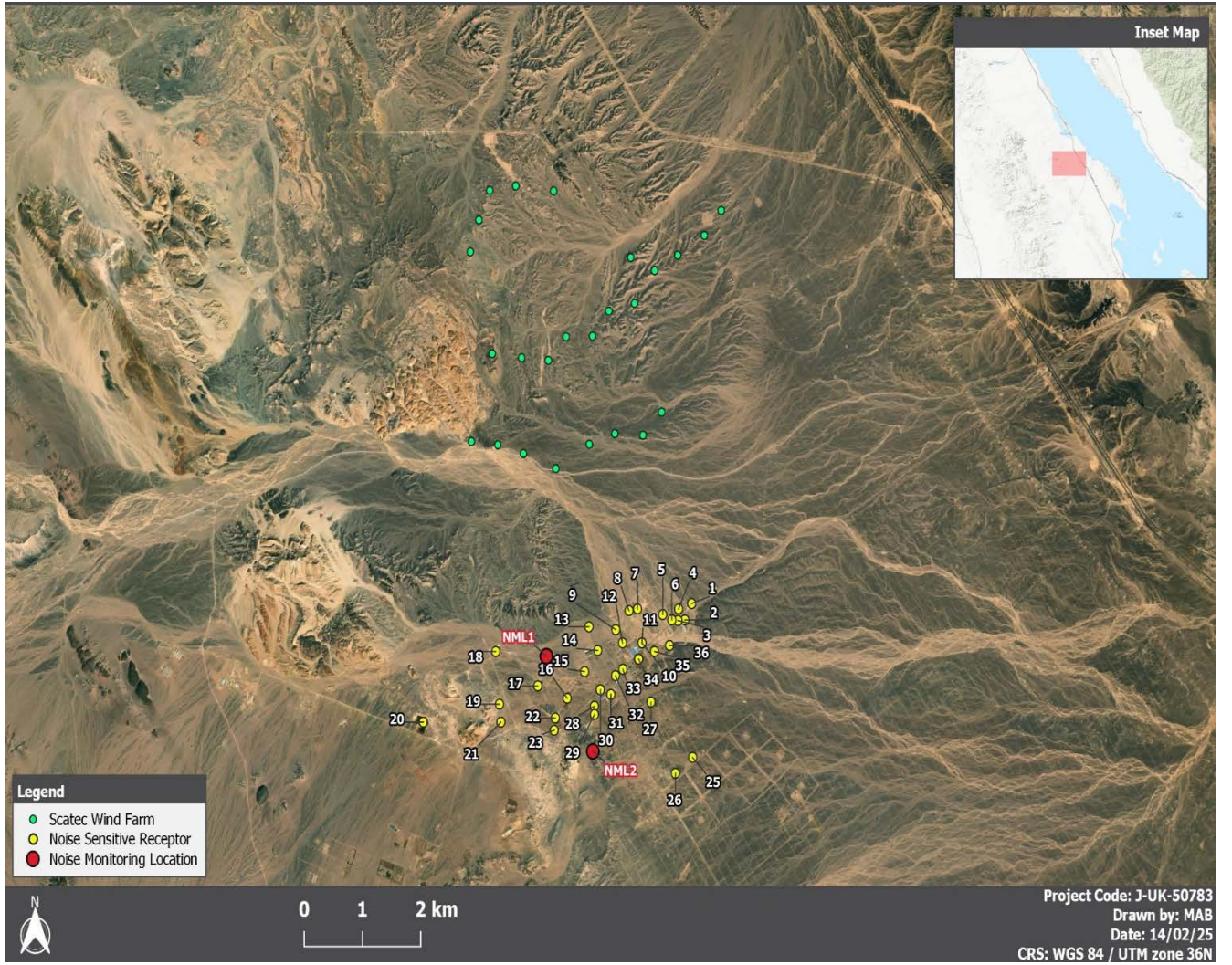
- يجب إجراء القياسات في مناطق المرافق على بُعد يتراوح بين 3.5 و20 مترًا من المسكن.
- يجب أن يسمح موقع القياس بقياس مستويات الضوضاء الخلفية التي تُعتبر نموذجية/دالة على المنطقة المحيطة بالمسكن وأي مساكن أخرى يكون موقع القياس بمثابة بديل لها.
- يجب مراعاة تأثير الضوضاء من المصادر المحلية عند اختيار مواقع القياس.
- يجب على الشخص الذي يختار مواقع مراقبة الضوضاء الخلفية ويزور هذه المواقع تسجيل انطباعاته الشخصية عن المصادر التي تُساهم في مستويات الضوضاء المحيطة المحلية.
- يجب استشارة السكان لتحديد حدوث ضوضاء غير عادية خلال فترة الرصد.

¹¹ "المنظمة الدولية للمعايير 2003: 1-1996 (ISO) "وصف وقياس الضوضاء البيئية"، 1996

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/59765/b0c065255b7a45658425773086323f0e/ISO-1996-1-2016.pdf>



الشكل رقم 8: موقع قياس الضوضاء - مخطط سكاتيك الأول



الشكل رقم 9: موقع قياس الضوضاء - مخطط سكاتيك الثاني

4.6. ملخص مسح الضوضاء

تم تلخيص منهجية المسح المتبعة في الجدول أدناه.

الجدول رقم 7: ملخص منهجية مسح الضوضاء

المؤشرات	مستوى ضغط الصوت المستمر المكافئ المرجح (أ) والضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)
المعدات	مقياس مستوى الصوت من النوع ١ معايير المجال وإلى الرياح حامل ثلاثي القوائم عالي التحمل
الطريقة المرجعية	ISO 1996-1:2003 (المنظمة الدولية للمعايير 1996-1:2003 (ISO) "وصف وقياس الضوضاء البيئية"، 1996)
عدد المواقع	2
الفصل الزمني للقياس	10 دقائق
المدة (لكل موقع)	15 يوماً
نقاط البيانات	NML 1: 2016 NML 2: 2016
التواريخ المشمولة	من تاريخ 27 يناير 2024 حتى 10 فبراير 2024
انحراف المعايرة خلال فترة القياس	0 ديسيبيل

تم تسجيل مؤشرات القياس داخل الذاكرة المدمجة في أجهزة قياس مستوى الصوت واسترجاعها باستخدام البرنامج ذي الصلة.

4.7. سرعة الرياح

تم تسجيل بيانات سرعة الرياح من صارية رصد جوي تقع بالقرب من موقع مزرعة الرياح المقترحة. تدعم الصاري مجموعة متنوعة من الأجهزة على ارتفاعات مختلفة، وفقاً للتكوين الموضح في الجدول أدناه.

الجدول رقم 8: تكوين العناصر الرئيسية لصاري الرياح

المعدات	الارتفاع (م)	وحدات القياس	الشركة المصنعة / الرقم التسلسلي
مقياس سرعة الرياح 1	100	م / ث	03223704
مقياس سرعة الرياح 2	82	م / ث	03223703
مقياس سرعة الرياح 3	60	م / ث	03223701
دوارة الرياح 1	96	درجة مئوية	03222135
دوارة الرياح 2	80	درجة مئوية	03222137
دوارة الرياح 3	22	درجة مئوية	03222132
ميزان الحرارة	91	درجة مئوية	253753
مقياس الضغط الجوي	91	ميجا بايت	B22 0162

يتم تسجيل البيانات من جميع الأجهزة على الصاري على مدار فترة متوسطها عشر دقائق من خلال مسجل بيانات، ثم تُنزل البيانات المُخزنة لتغطية فترة المراقبة المطلوبة.

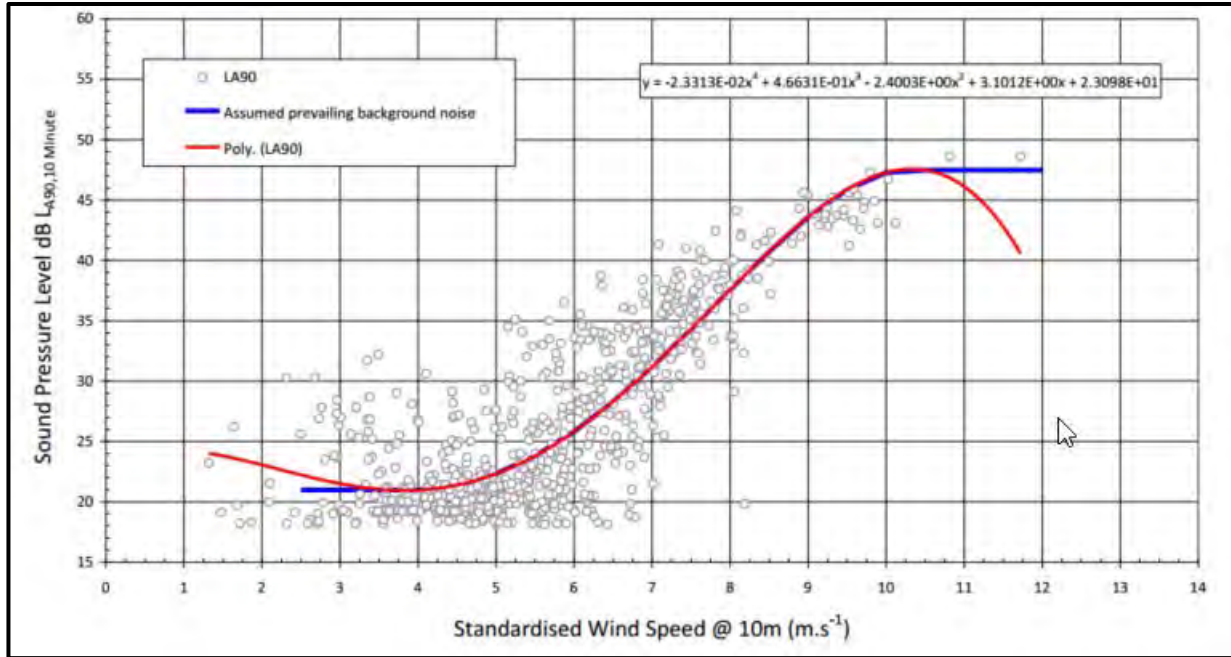
تم قياس سرعات الرياح المأخوذة من المحطة إلى W10 (سرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار) وفقاً لمعيار ETSU-R-97.

5. التحليل العددي لمجموعة البيانات الرئيسية

5.1. تحليل البيانات واستنتاج حد الضوضاء

ينص المعيار ESTU-97-R على أن الغرض من تحليل البيانات هو توفير مستوى تمثيلي للضوضاء الخلفية عبر نطاق من سرعات الرياح خلال ساعات النهار والليل، وبالتالي تحديد حدود الضوضاء المناسبة لمشروع تطوير طاقة الرياح المقترح. وفيما يلي إجراءات تحليل البيانات الخلفية:

- يُعدّ الحد من مصادر الضوضاء غير النمطية خلال فترة محددة من قياس الضوضاء أمرًا ضروريًا للحصول على صورة تمثيلية لبيئة الضوضاء السائدة في موقع قياس معين.
- تُرسم أزواج بيانات تصفية الضوضاء، ومستويات الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%) لمدة 90 دقيقة، ومستويات الضوضاء لمدة 10 دقائق، ومتوسط سرعة الرياح لمدة 10 دقائق، على مخطط تشتت. لتقليل تأثير مصادر الضوضاء غير النمطية، عادةً ما تكون تصفية البيانات ضرورية. من أمثلة مصادر الضوضاء غير النمطية الطائرات التي تحلق على ارتفاع منخفض، وتغريد طيور الصباح، وهطول الأمطار، وضوضاء حركة المرور.
- يُستخدم تحليل الانحدار باستخدام كثيرات الحدود (ما لم يُؤخذ في الاعتبار ضوضاء حركة المرور الكثيفة)، وفي معظم الحالات، يجب أن تكون كثيرات الحدود من الدرجة الثالثة كافية للسماح بتمثيل معقول لمستويات الضوضاء الخلفية السائدة خلال فترة المسح.
- يجب ألا يتجاوز منحنى متعدد الحدود المُشتق للضوضاء الخلفية السائدة النطاق الذي تغطيه نقاط البيانات "المناسبة"، وبالنسبة لسرعات الرياح العالية، يجب أن يقتصر على أعلى نقطة. وينبغي إجراء تصحيحات مماثلة لسرعات الرياح المنخفضة، أي اعتماد أدنى مستوى مُشتق للضوضاء الخلفية لجميع سرعات الرياح التي تقل عن الحد الأدنى المُشتق. ويوضح الشكل التوضيحي أدناه الاعتبارات المذكورة أعلاه.



الشكل رقم 10: مثال على الحد من مستويات الضوضاء الخلفية السائدة الدنيا والعليا¹²

5.2. تصحيح قطع الرياح

¹² معهد الصوتيات، دليل الممارسات الجيدة لضوضاء توربينات الرياح، 2013

تشتط الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات مراعاة قطع الرياح في الموقع لتقييم الضوضاء. قطع الرياح (أو تدرج الرياح) هو اختلاف في سرعة الرياح و/أو اتجاهها في الغلاف الجوي. وبشكل عام، يُؤخذ قطع الرياح الأفقي في الاعتبار عند التعامل مع توربينات الرياح، وهو التغير في سرعة الرياح مع تغير الارتفاع. يُفضل استخدام سرعة الرياح القياسية على ارتفاع ١٠ أمتار، وهي مُشتقة من سرعة الرياح عند ارتفاع المحور وفقًا لمعادلة قانون اللوغاريتم. تصف هذه المعادلة تباين سرعة الرياح مع الارتفاع. خشونة الأرض مُحددة عند ٠,٠٥ متر.

$$V_{10} = V_{hh} \cdot \frac{\ln \left[\frac{10}{z_0} \right]}{\ln \left[\frac{hh}{z_0} \right]} \quad (1)$$

حيث أن:

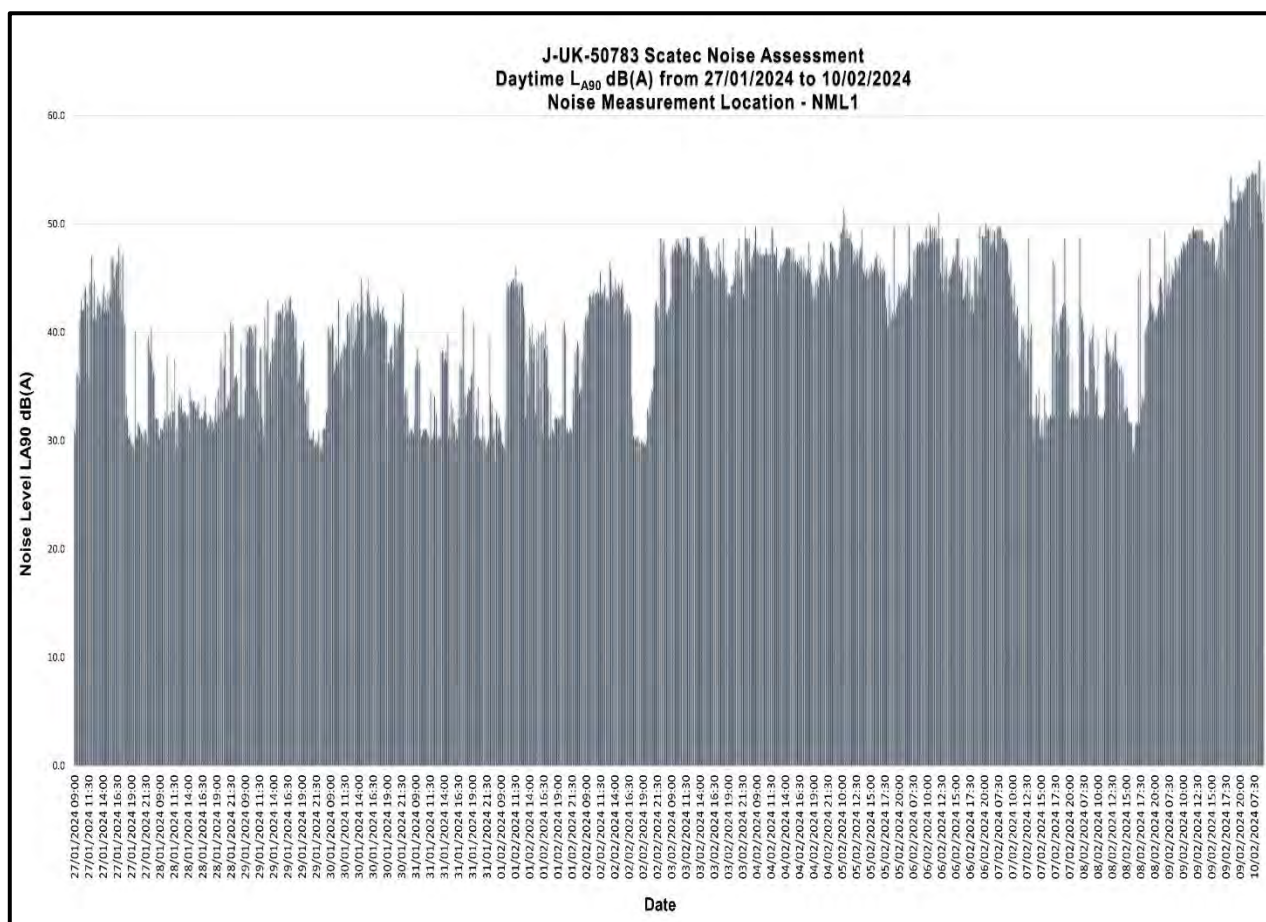
- V_{10} = سرعة الرياح على ارتفاع 10 أمتار؛

- V_{hh} = سرعة الرياح على ارتفاع المحور؛

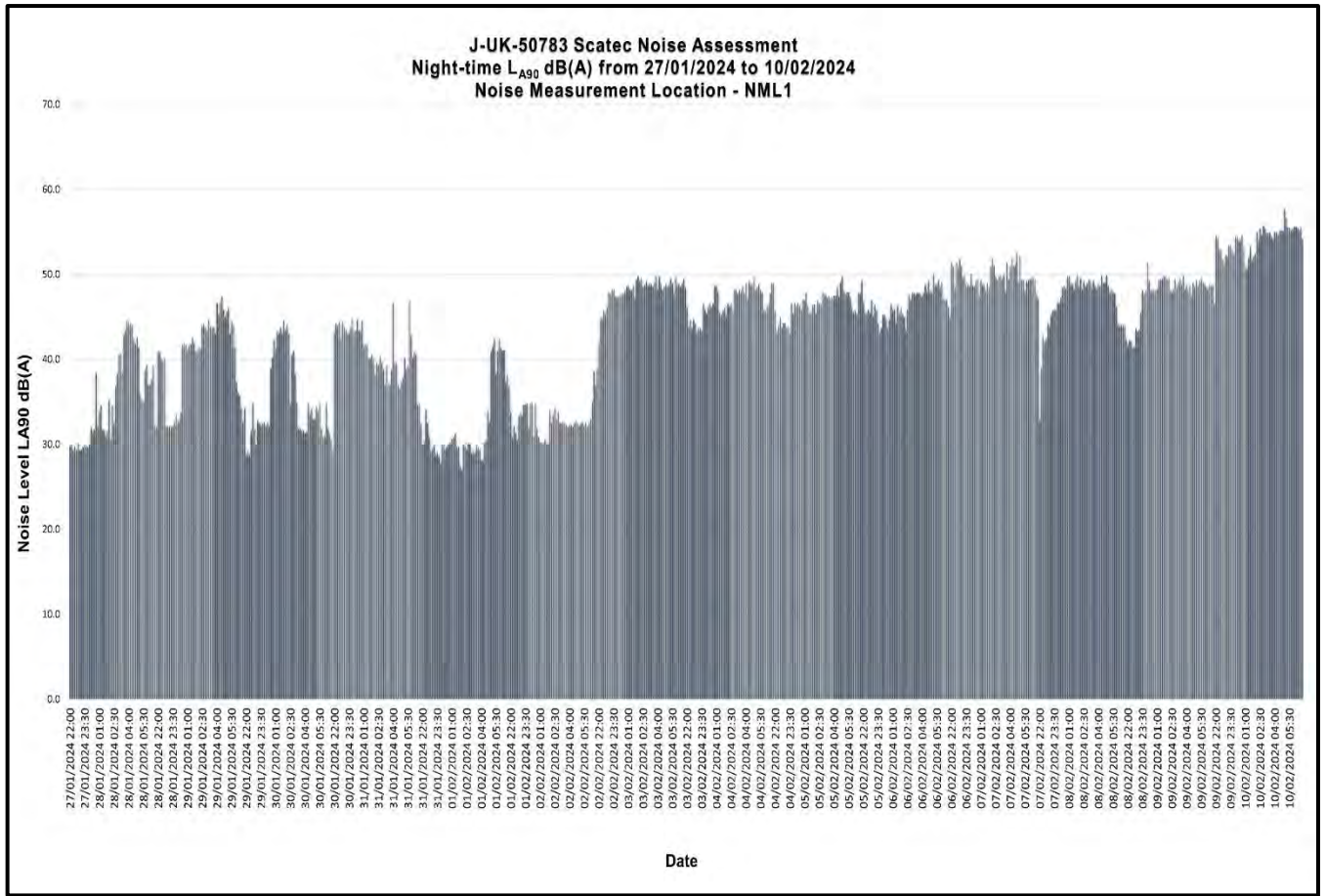
- z_0 = طول خشونة الأرض (0.05 متر).

5.2.1 نتائج قياس الضوضاء

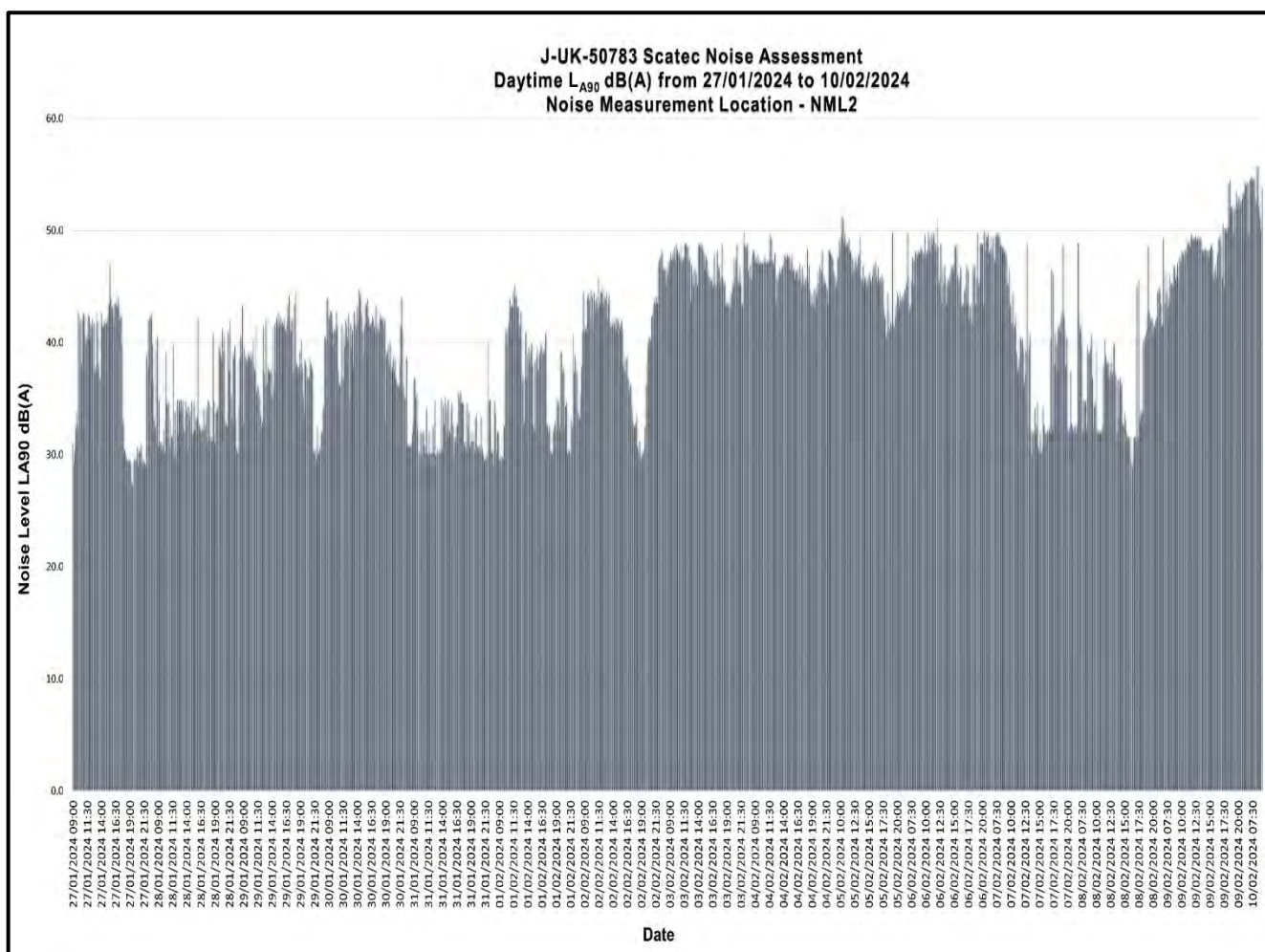
تظهر نتائج قياس الضوضاء من فترة القياس في الأشكال أدناه، والتي توضح مستوى الصوت مقابل الوقت لكل من مستوى الضوضاء الخلفية.



الشكل رقم 11: مخطط الضوضاء النهارية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML1

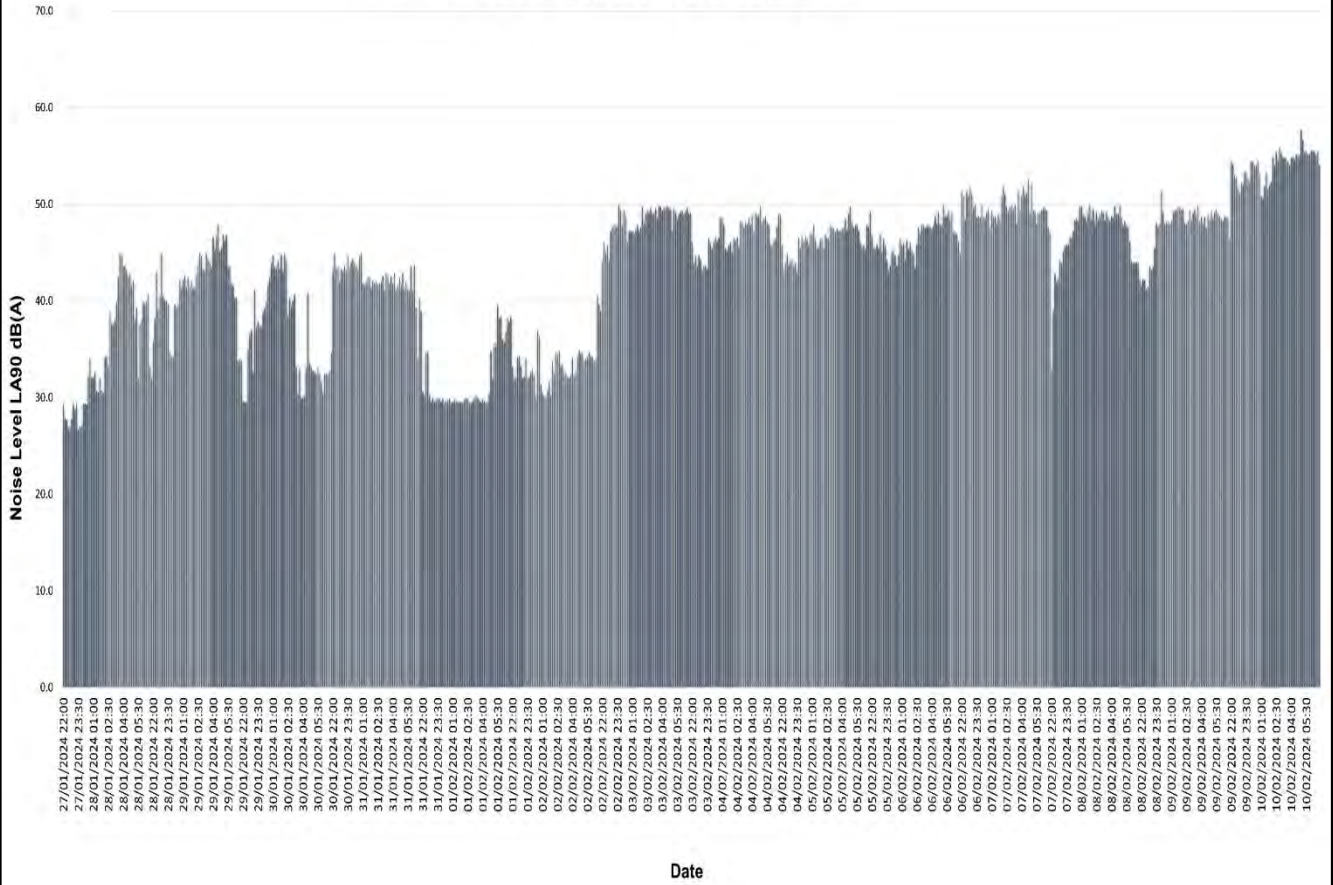


الشكل رقم 12: مخطط الضوضاء الليلية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML1



الشكل رقم 13: مخطط الضوضاء النهارية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML2

J-UK-50783 Scatec Noise Assessment
Night-time L_{A90} dB(A) from 27/01/2024 to 10/02/2024
Noise Measurement Location - NML2

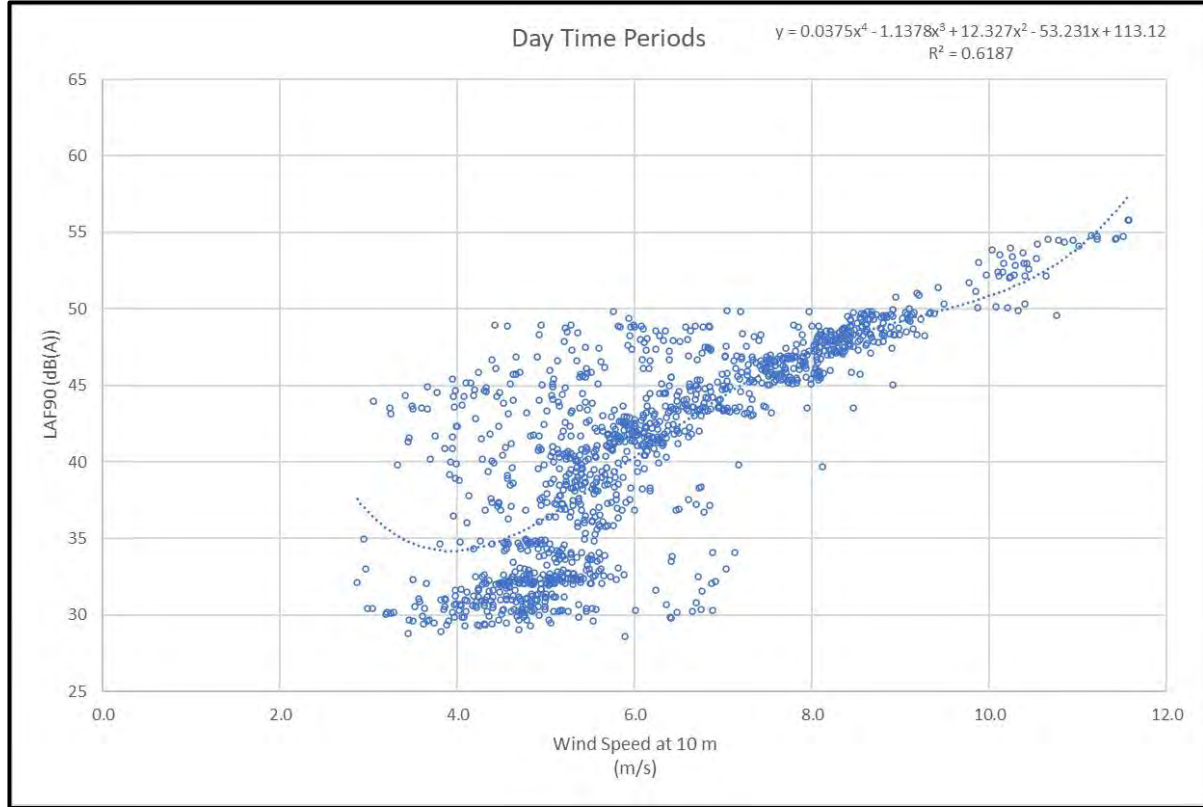


الشكل 14: مخطط الضوضاء الليلية لقياسات خط الأساس - موقع القياس NML2

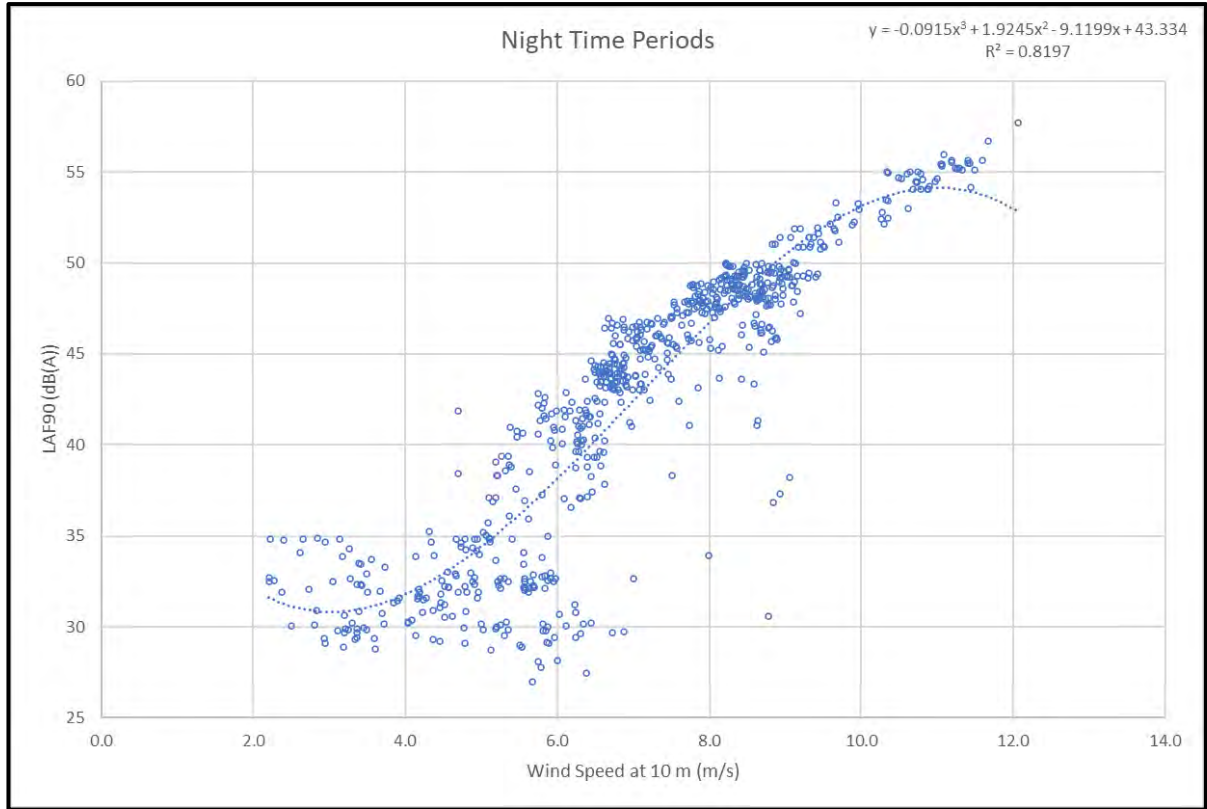
5.2.2 تحديد العلاقة بين الضوضاء الخلفية وسرعة الرياح

تمت تصفية بيانات خط الأساس وتقسيمها إلى ساعات نهارية وليلية وفقاً للفترة الزمنية المحددة في إرشادات ETSU-R-97 و IFC. ثم رُسمت نقاط البيانات في مخطط تشتت، مع عرض ضوضاء الخلفية (نسبة 90% من الضوضاء) (التي تُعتبر مُمثلة لضوضاء الخلفية) كدالة لسرعة الرياح. ثم حُسب انحدار متعدد الحدود للعلاقة بين هذه المؤشرات. في حالة وجود فترات هطول أمطار، أُزيلت نقاط البيانات هذه من مجموعة البيانات.

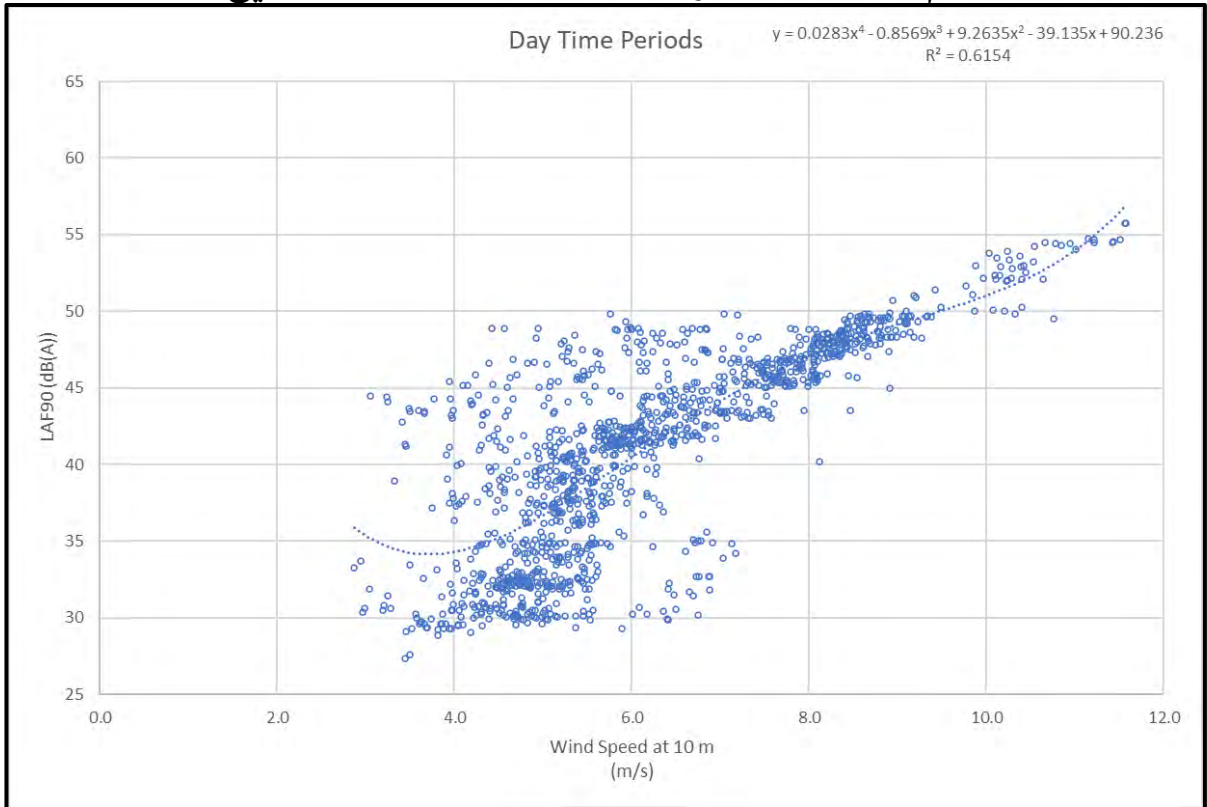
تظهر العلاقات المشتقة للضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%) كدالة لسرعة الرياح خلال فترة النهار والليل على مدار حملة المراقبة هذه في الشكلين 15 و 16.



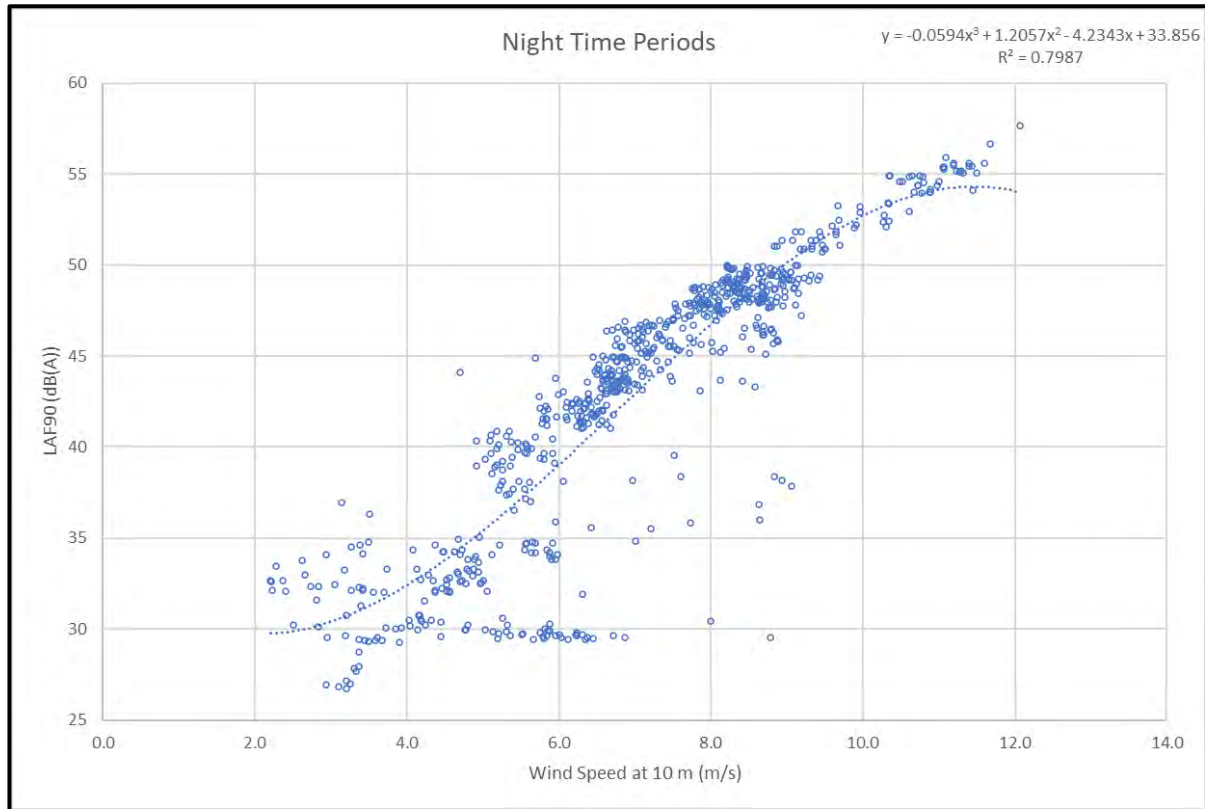
الشكل رقم 15: NM1 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح - النهار



الشكل رقم 16: NM1 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح - ليلاً



الشكل رقم 17: NM2 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح - النهار



الشكل رقم 18: NM2 - الضوضاء الخلفية بمثابة دالة لسرعة الرياح - ليلاً

6. مولد توربينات الرياح

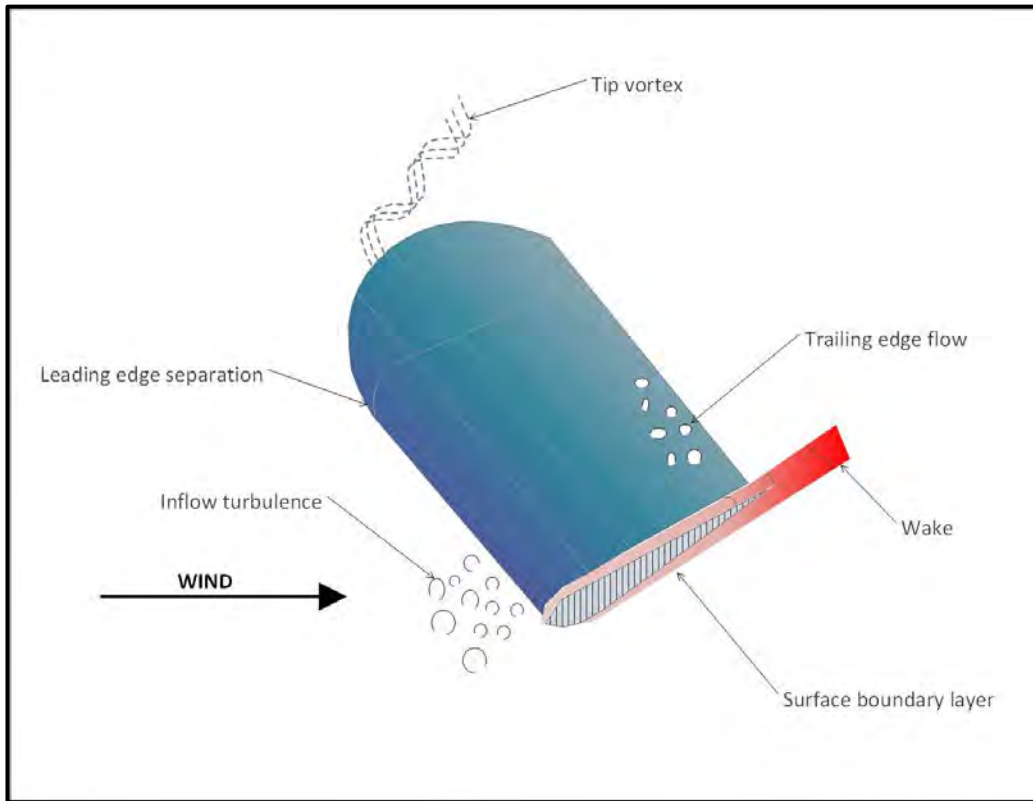
6.1. وصف ضوضاء توربينات الرياح

هناك مصدران رئيسيان للضوضاء الناتجة عن توربينات الرياح:

- الضوضاء الديناميكية الهوائية - الناتجة عن تدفق الهواء حول الشفرات.
- الضوضاء الميكانيكية - الناتجة عن المكونات الميكانيكية والكهربائية داخل غلاف المحرك (الغطاء الذي يحتوي على مكونات توليد الطاقة في مولد الرياح).

6.1.1 الضوضاء الديناميكية الهوائية

تنتج الضوضاء الديناميكية الهوائية من تدفق الهواء حول الشفرات. يمكن أن تكون هذه الانبعاثات الصوتية إما نغمية أو واسعة النطاق. تتميز الضوضاء واسعة النطاق بطيف ترددي لا توجد فيه نغمات منفصلة أو سائدة (طور وسعات غير دورية وعشوائية نسبيًا)، بينما تهيمن على الضوضاء النغمية ترددات محددة يمكن تحديدها بوضوح. يوضح الشكل أدناه تمثيلًا مبسطًا لتدفق الهواء فوق شفرة توربين الرياح.



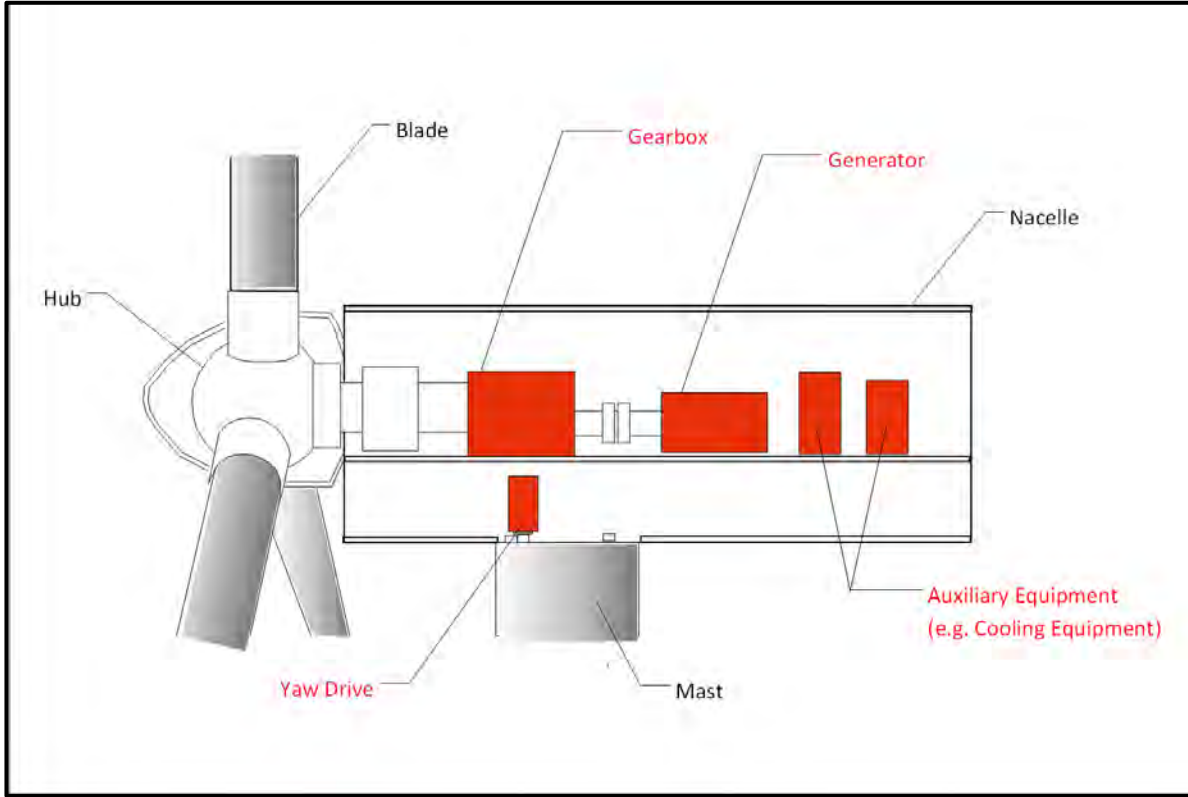
الشكل رقم 19: تمثيل مبسط لتدفق الهواء فوق شفرة مولد توربينات الرياح

يصدر ضوضاء ديناميكية هوائية واسعة النطاق من توربينات الرياح أثناء دوران الشفرات، وتتفاعل مع الاضطرابات الجوية أثناء تدفق الهواء المُرَّاح على طول أسطح الشفرات. ينتج عن ذلك ما يُسمى "صوت صفير" من خلال عدة آليات:

- تحدث ضوضاء اضطراب التدفق الداخلي عندما تواجه ريش الدوار اضطرابًا جويًا أثناء مرورها عبر الهواء. يؤدي الضغط غير المتساوي على ريش الدوار إلى اختلافات في زاوية الهجوم المحلية، مما يؤثر على قوى الرفع والسحب مسببًا تقلبات في التحميل الديناميكي الهوائي. هذا يولد ضوضاء تختلف عبر نطاق واسع من الترددات ولكنها تكون أكثر وضوحًا عند مستويات أقل من 500 هرتز.
- تنتج ضوضاء الحافة الخلفية عندما يمر اضطراب الطبقة الحدودية حول رقاقة الهواء إلى أعقاب الشفرة، أو الحافة الخلفية لها. تتوزع هذه الضوضاء عبر نطاق ترددي واسع ولكنها تكون أكثر وضوحًا عند الترددات العالية بين 700 هرتز و2 كيلو هرتز.
- تحدث ضوضاء دوامة الطرف عندما يتفاعل اضطراب الطرف مع سطح طرف الشفرة. في حين أن هذا مسموع بالقرب من التوربين، إلا أنه يميل إلى أن يكون مكونًا صغيرًا من الضوضاء الكلية الأبعد.
- تحدث ضوضاء التوقف أو الانفصال بسبب تفاعل الاضطرابات مع سطح الشفرة.

6.1.2. الضوضاء الميكانيكية

تنتج الضوضاء الميكانيكية وتنبعث من الآلات الميكانيكية والكهروميكانيكية الموجودة داخل هيكل التوربين. يُظهر الشكل أدناه منظرًا أساسيًا لهيكل التوربين ومكوناته الشائعة في معظم توربينات الرياح.



الشكل رقم 20: مخطط لمحور مولد توربينات الرياح وغطاء المحرك لمولد توربينات الرياح النموذجي

6.2. مولد توربينات الرياح Envision EN-169.5/7.5 ميجاوات وEN-169.5/8.0 ميجاوات
يتميز مولد توربينات الرياح EN-169.5/7.5 ميجاوات بقوة 7.5 ميجاوات وقطر دوار يبلغ 169.5 مترًا، بينما يتميز مولد توربينات الرياح EN-169.5/8.0 ميجاوات بقوة 8.0 ميجاوات بنفس قطر الدوار. يتميز كلاهما بهيكل ثلاثي الشفرات مصنوع من الألياف الزجاجية المصنوعة بتقنية التسريب، ومثبت عكس اتجاه الرياح للبرج. يحتوي صندوق التروس على 3 مراحل عالية السرعة، وهو مولد ثلاثي الطور غير متزامن مزدوج التغذية، مزود بمحرك دوار ملفوف، ومتصل بمحول ترددي لتعديل عرض النبضة. تظهر في الجدول أدناه مواصفات توربينات الرياح EN-169.5/7.5 MW و EN-169.5/8.0 MW التي سيتم استخدامها للمشروع المقترح.

الجدول رقم 9: مواصفات EN-169.5/7.5 ميجاوات

التفاصيل العامة	
7,500 كيلو وات	الطاقة المقدرة
لا يوجد	فئة الرياح
169.5 مترًا	قطر الدوار
28,730.25 مترًا مربعًا	منطقة الشفرات
261.05 وات / م ²	كثافة الطاقة
3 مراحل	وحدة التروس
مولد الحث ذو التغذية المزدوجة	المولد الكهربائي
50 هرتز	التردد
الشفرات	
83.9	الطول
التصميم التقليدي مع الأهداف الهيكلية	نوع الجناح/الشفرة
الأبعاد المادية	

ارتفاع المحور	100 م
نوع البرج	برج فولاذي/هجين - أنبوبي

الجدول رقم 10: مواصفات EN-169.5/8.0 ميغا وات

التفاصيل العامة	
الطاقة المقدرة	8,000 كيلو وات
فئة الرياح	لا يوجد
قطر الدوار	169.5 مترًا
منطقة الشفرات	28,730.25 مترًا مربعًا
كثافة الطاقة	278.45 وات / م ²
وحدة التروس	3 مراحل
المولد الكهربائي	مولد الحث ذو التغذية المزدوجة
التردد	50 هرتز
الشفرات	
الطول	83.9
نوع الجناح/الشفرة	التصميم التقليدي مع الأصداف الهيكلية
الأبعاد المادية	
ارتفاع المحور	100 م
نوع البرج	برج فولاذي/هجين - أنبوبي

6.2.1. بيانات مصدر الضوضاء من إنفيجن

يُرد أدناه وصفٌ لبيانات انبعاث مصادر الضوضاء، ومواصفات أداء مستوى الصوت، وتحليل انبعاث الضوضاء، وضمانات الصوت لتوربينات إنفيجن المقترحة.

تُشتق مستويات طاقة الصوت من قياسات اختبار الصوت وفقًا للمعيار IEC 61400-11، الإصدار 3، أنظمة مولدات توربينات الرياح - الجزء 11: تقنيات قياس الضوضاء الصوتية¹³.

يبلغ مستوى طاقة الصوت عند خرج القدرة المُصنّف الكامل للمعيارين EN-169/7.5 ميغا وات و EN-169.5/8.0 ميغا وات (سرعة دوران عالية) 110.1 ديسيبل (أمبير) و 111.1 ديسيبل (أمبير) على التوالي، ولذلك يُعتبر أسوأ سيناريو.

تم تطبيق تصحيح بمقدار 2 ديسيبل لمراعاة عدم التحقق.

الجدول رقم 11: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-169.5/7.5 MW)

وصف السيناريو	سرعة الرياح (على ارتفاع 10 أمتار)	مستوى طاقة الصوت ديسيبل (أ)	تصحيح لعدم اليقين
أسوأ الحالات	م / ث 10	110.1	ديسيبل + 2

الجدول رقم 12: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-169.5/8.0 MW)

وصف السيناريو	سرعة الرياح (على ارتفاع 10 أمتار)	مستوى طاقة الصوت ديسيبل (أ)	تصحيح لعدم اليقين
أسوأ الحالات	م / ث 10	111.1	ديسيبل + 2

6.2.2. بيانات ضوضاء مزارع الرياح من مزرعة رياح سكاتك ووكالة التعاون الدولي اليابانية وبنك الائتمان لإعادة الإعمار وإسبانيا

يتم توفير بيانات انبعاث مصدر الضوضاء لمزرعة الرياح مزرعة رياح سكاتك في الجدول 13 أدناه.

¹³ اللجنة الكهروتقنية الدولية، أنظمة مولدات توربينات الرياح - الجزء 11: تقنيات قياس الضوضاء الصوتية، 2012 <https://webstore.iec.ch/en/publication/5428>

الجدول رقم 13: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (EN-171/8.0 MW)

وصف السيناريو	سرعة الرياح (على ارتفاع 10 أمتار)	مستوى طاقة الصوت ديسيبل (أ)	تصحيح لعدم اليقين
أسوأ الحالات	10 م/ث	110.1	+ 2 dB

يتم توفير بيانات انبعاث مصادر الضوضاء لمزرعة الرياح التابعة لوكالة التعاون الدولي اليابانية وبنك التنمية الألماني وإسبانيا في الجدول رقم 14 أدناه.

الجدول رقم 14: سيناريو نمذجة إنفيجن للتقييم (سيمنز جاميسا SG G80 2.0 ميجاوات)

وصف السيناريو	سرعة الرياح (على ارتفاع 10 أمتار)	مستوى طاقة الصوت ديسيبل (أ)	تصحيح لعدم اليقين
أسوأ الحالات	10 م/ث	103.1	+ 2 dB

7. نموذج الضوضاء

تم تنفيذ نموذج الضوضاء المستخدم في دراسة تأثير الضوضاء هذه باستخدام برنامج SoundPLAN 9.1 المعترف به في الصناعة، والذي يتضمن معيار التنبؤ بالضوضاء ISO 9613-2 وفقًا لدليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات.

7.1 انتشار الصوت في الهواء الطلق

الصوت عبارة عن سلسلة من موجات الضغط تنتشر عبر وسط مائع، في جميع حالات انتشار الصوت الخارجي في الهواء، تؤثر العوامل التالية على انتشار الصوت ومستوياته الناتجة من المصدر.

- نوع المصدر (نقطة، خط، أو منطقة)
- المسافة من المصدر
- الامتصاص الجوي
- الرياح
- درجة الحرارة وتدرجها
- العوائق مثل الحواجز والمباني (تأثيرات الحواجز)
- الامتصاص الأرضي
- الانعكاسات
- الرطوبة وهطول الأمطار

وفيما يلي وصف موجز لما ورد أعلاه:

7.1.1 أنواع المصادر

تعتبر المصادر النقطية مصادر صغيرة الحجم مقارنةً بمسافة جهاز الاستقبال، ومن أمثلة المصادر النقطية المداخل والمراوح. تنتشر طاقة الصوت كرويًا، ويكون مستوى ضغط الصوت متساويًا في جميع النقاط الواقعة على نفس المسافة من المصدر. إذا كان المصدر ضيقًا وطويلاً في اتجاه واحد عمودياً على مسافة جهاز الاستقبال، يُسمى مصدرًا خطيًا. ينتشر مستوى الصوت أسطوانيًا بحيث يكون مستوى ضغط الصوت متساويًا في جميع النقاط على نفس المسافة من الخط.

7.1.2 الحواجز

يعتمد الحد من الضوضاء الناتجة عن الحواجز على عاملين رئيسيين:

1. فرق مسار الموجة الصوتية عند مرورها عبر الحاجز مقارنةً بانتقالها المباشر إلى المستقبل.
2. تردد الصوت للضوضاء المعنية.

7.1.3 التوهين الجوي

التوهين الجوي مُعقد، لذا سيتم تلخيصه بإيجاز، حيث يعتمد التوهين الجوي على العوامل الرئيسية التالية:

- المسافة من المصدر
- محتوى تردد الضوضاء

- درجة الحرارة المحيطة
- الرطوبة النسبية
- الضغط المحيط

المسافة من المصدر ومحتوى التردد هما العاملان الأكثر تأثيرًا على التوهين الجوي.

7.1.4. الرياح ودرجة الحرارة

تؤثر الرياح ودرجة الحرارة على انتشار الضوضاء من حيث اتجاهية أو تركيز الانتشار وزيادة مسافة انتشاره، في حالة تأثيرات الرياح، من المهم ملاحظة أن تأثير الرياح المعاكسة أكبر بكثير من فرق الديسبيل في اتجاه الرياح المعاكس. تؤثر درجة الحرارة على الضوضاء من خلال آلية تدرجات الحرارة. تشبه هذه التأثيرات تدرجات الرياح، ولكن على عكس تدرجات الرياح، تكون التأثيرات شاملة الاتجاهات داخل المنطقة الموضعية التي يوجد فيها تدرج درجة الحرارة. يتمثل التأثير الصافي في أن الصوت ينتقل لمسافات أبعد حيث يوجد انعكاس في درجة الحرارة، حيث تنتقل الموجات الصوتية بمساعدة الظروف الجوية المواتية لانتشار الصوت.

7.1.5. تأثيرات الأرض

تتفاعل انعكاسات الأرض (تتداخل) مع الصوت المنتشر مباشرةً، وتؤثر على مستوى جهاز الاستقبال تبعًا لنوع الأرض وسطحها. يختلف تأثير الأرض باختلاف نوعها. فعادةً ما تكون الأرض الصلبة (مثل الماء أو الخرسانة) عاكسة وتضيف 3 ديسبيل إضافية، بينما تُخفّض الأرض اللينة (مثل العشب والنباتات) مستوى الصوت عند جهاز الاستقبال (يختلف باختلاف التردد). لذلك، من أجل توقع مستويات الضوضاء للمشروع بشكل فعال، يتعين مراعاة ما ورد أعلاه ونمذجته بشكل فعال باستخدام حزمة البرامج المختارة لنمذجة التنبؤ بانتشار الضوضاء.

7.2. نمذجة انتشار الصوت

7.2.1. خطة الصوت 9.1 - حسابات ISO 9613-2

تم إكمال نمذجة التنبؤ بالضوضاء للمشروع باستخدام برنامج خطة الصوت 9.1، وهو برنامج رائد في نمذجة الضوضاء، ويتيح البرنامج حساب مستويات ضغط الصوت الناتجة عن مصادر مختلفة باستخدام خوارزميات حساب تجريبية للمعايير واللوائح الدولية المطبقة.

تستند منهجية الانتشار المعتمدة في دراسة الضوضاء هذه، والمعادلات المستخدمة في نموذج خطة الصوت، إلى معيار المنظمة الدولية للمعايير 9613:2024 "الصوتيات - توهين الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق" - الجزء 2: الطريقة الهندسية للتنبؤ بمستويات ضغط الصوت في الهواء الطلق (ISO 9613-2)، وفقًا لمتطلبات النمذجة الواردة في دليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات. يمكن مراجعة المعيار كاملاً من خلال الحصول على نسخة مرخصة منه من المنظمة الدولية للمعايير. فيما يلي ملخص موجز للمعيار والتفاصيل المطبقة. ISO 9613-2 هو معيار عام لانتشار الضوضاء الخارجية، ويحدد طريقة لحساب توهين الصوت أثناء انتشاره في الهواء الطلق، وذلك للتنبؤ بمستويات الضوضاء البيئية على مسافة من مصادر متنوعة.

تتنبأ هذه الطريقة بمستوى ضغط الصوت المكافئ المستمر المرجح (أ) في ظل ظروف جوية مواتية لانتشار الضوضاء من مصادر انبعاث صوت معروفة. ويراعي المعيار التأثيرات الفيزيائية التالية على الصوت:

- التباعد الهندسي؛
- الامتصاص الجوي؛
- التأثير الأرضي؛
- الانعكاس من الأسطح؛
- الحجب بالعوائق.

يتم تقليل الضوضاء الصادرة عن مولدات الرياح من خلال المسافة، والخسائر الجوية، وتأثيرات الحجب، وغيرها من الخسائر "المتنوعة". تحسب الصيغة التجريبية للمعيار ISO 9613-2 مستوى ضغط الصوت المتوقع عند مسافة محددة، مع مراعاة مستوى طاقة الصوت في نطاقات التردد الأوكتاف، وطرح عدد من عوامل التخفيف كما هو موضح أعلاه.

يتم حساب مستوى الضوضاء المتوقع لكل نطاق أوكتاف بواسطة المعادلة التالية (1) ويتم عرض معادلة النمذجة كما تم تطبيقها بواسطة برنامج الحساب وفقاً للمعادلة (2).

$$(1) \quad L_{90} = L_{w(eq)} + D - A_{geo} - A_{atm} - A_{agr} - A_{bar} - A_{misc} - 2 \text{ dB}$$

حيث:

الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%): مستوى الصوت يتجاوز 90% من الوقت.

$L_{w(eq)}$: مستوى طاقة الصوت المستمر المكافئ (ديسيبل)

D: الاتجاهية (ديسيبل)

A_{geo} : التوهين عبر المسافة (ديسيبل)

A_{atm} : التوهين الجوي (ديسيبل)

A_{agr} : التوهين الناتج عن الغطاء الأرضي (ديسيبل)

A_{bar} : التوهين الحاجز (ديسيبل)

A_{misc} : عوامل توهين متنوعة (ديسيبل)

يمثل 2 ديسيبل تصحيحاً يُستخدم لتحويل مستويات ضغط الصوت المستمر المكافئ الموزون A، كما هو مستخدم لوصف قوة صوت التوربينات، إلى معامل الضوضاء الخلفية (نسبة 90% من الضوضاء)، المستخدم في تقييم ETSU-R-97.

المعادلة المطبقة على المعيار المحسوب هي كما يلي:

$$(2) \quad L_s = [L_W + D_1 + K_0] - [D_s + \sum D]$$

حيث:

L_s : مستوى ضغط الصوت لتردد واحد

L_W : قوة الصوت

D_1 : اتجاهية المصدر

K_0 : نموذج كروي ($K_0 = 10$) لوغاريتم $[\pi/\sigma^4]$ حيث σ هي الزاوية المكانية

$D_s(S)$: الانتشار الهندسي ($D_s(S) = 10$) لوغاريتم $(dist.source, receiver) + 11$ (ديسيبل (A))

$\sum D$: العوامل المساهمة - امتصاص الهواء، امتصاص الأرض، التأثيرات الجوية، امتصاص نوع الحجم، والحجب

ملخص لإعدادات الحساب والمعايير موضح بالتفصيل في الجدول أدناه.

الجدول رقم 15: حساب النموذج وإعدادات المؤشرات وفقاً لمعيار ISO 9613-2

إعدادات المؤشرات / المعيار								مؤشرات النموذج
ISO 9613-2 "الصوتيات - توهين الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق - الجزء 2: طريقة هندسية لتوقع مستويات ضغط الصوت في الهواء الطلق (ISO، 2024)"								معيار الحساب
التطبيق وفقاً للدليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات								
10.0 م/ث								سرعة الرياح
0.5								معامل امتصاص الأرض
4 م								ارتفاع جهاز الاستقبال
الرطوبة 70% الضغط الجوي 1013.3 مليبار درجة الحرارة = 25 درجة مئوية								بيانات الأرصاد الجوية ¹⁴
63 هرتز	125 هرتز	250 هرتز	500 هرتز	1 كيلوهرتز	2 كيلوهرتز	4 كيلوهرتز	8 كيلوهرتز	معاملات التوهين الجوي (ديسيبل/كم)

¹⁴ المنظمة الدولية للمعايير (ISO)، ISO 9613-2 "الصوتيات - تخفيف الصوت أثناء الانتشار في الهواء الطلق"، 2024
<https://www.iso.org/standard/74047.html>

مؤشرات النموذج								إعدادات المؤشرات / المعيار	
0.1	0.3	1.1	2.8	5.0	9.0	22.9	76.6		

7.3. افتراضات النمذجة والقيود

- وقد تم وضع الافتراضات التالية لتقييم النمذجة، وحيثما أمكن، تم اتباع نهج متحفظ:
- تحسب المواصفة ISO 9613-2 مستويات الضوضاء المتوقعة بافتراض أن وحدات الاستشعار تقع في اتجاه رياح ضوضاء التوربينات، حيث يُعتبر هذا الافتراض الأكثر تحفظًا. لذلك، لم تُؤخذ في الاعتبار الاتجاهية والتوهين الناتجين عن عوامل متروولوجية، مثل سرعة الرياح واتجاهها في اتجاه الرياح من مصدرها.
 - نظرًا لكون المنطقة المحيطة مزيجًا من الأسطح الأرضية الصلبة واللينة، فقد افترضنا معامل امتصاص قدره 0.5.

8. مستويات الضوضاء المتوقعة

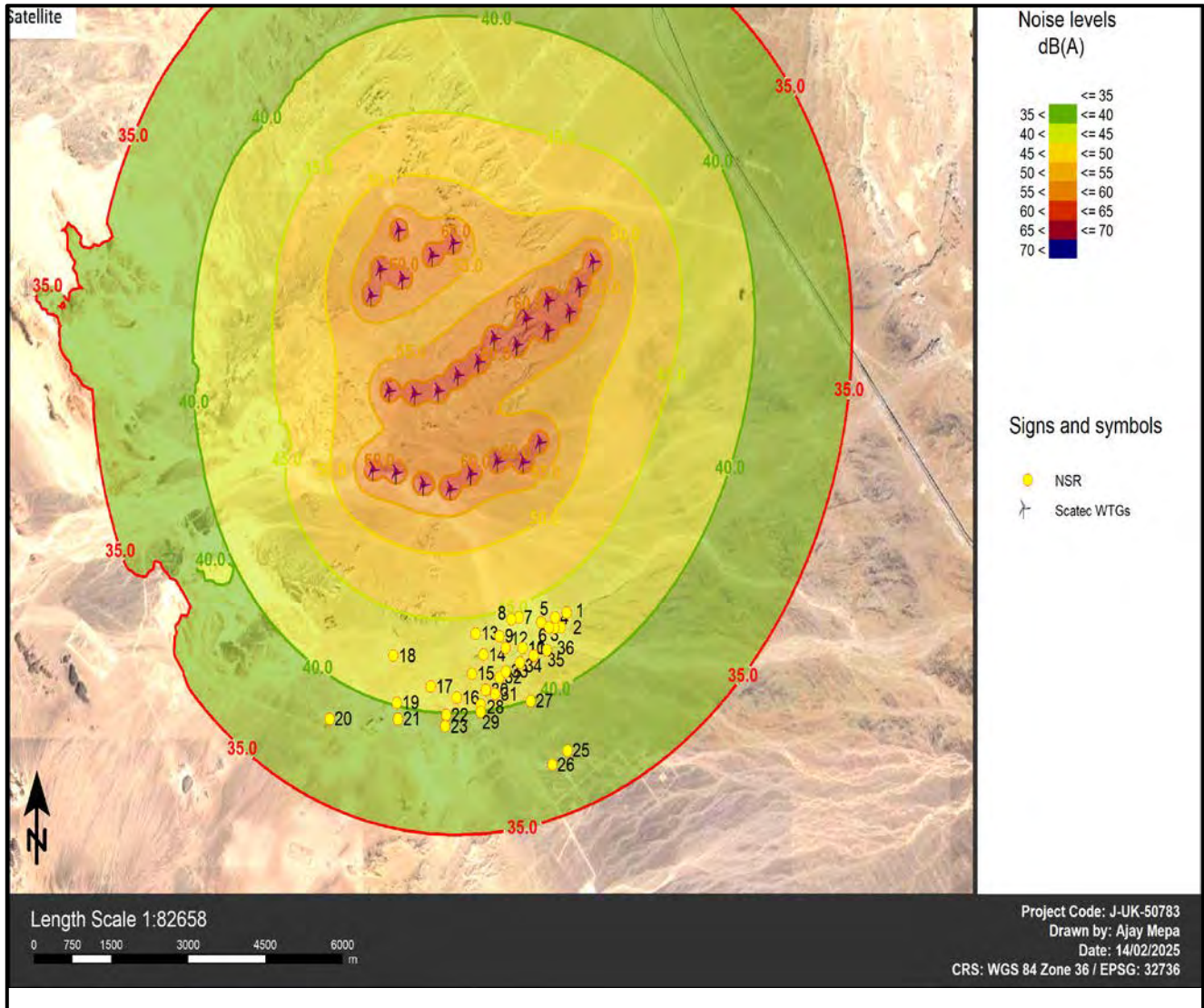
أُجريت حسابات نمذجة الضوضاء لأسوأ سيناريو معاكس للرياح، بما في ذلك حساب شبكي وحساب مُستقبل مُنفصل، وذلك لإعداد مخططات ضوضاء شبكية شاملة، ولإجراء تقييم مُجدول في مسارات الرياح الشمالية على التوالي، وترد نتائج النموذج في الأقسام التالية.

8.1. مخططات منحنيات الضوضاء

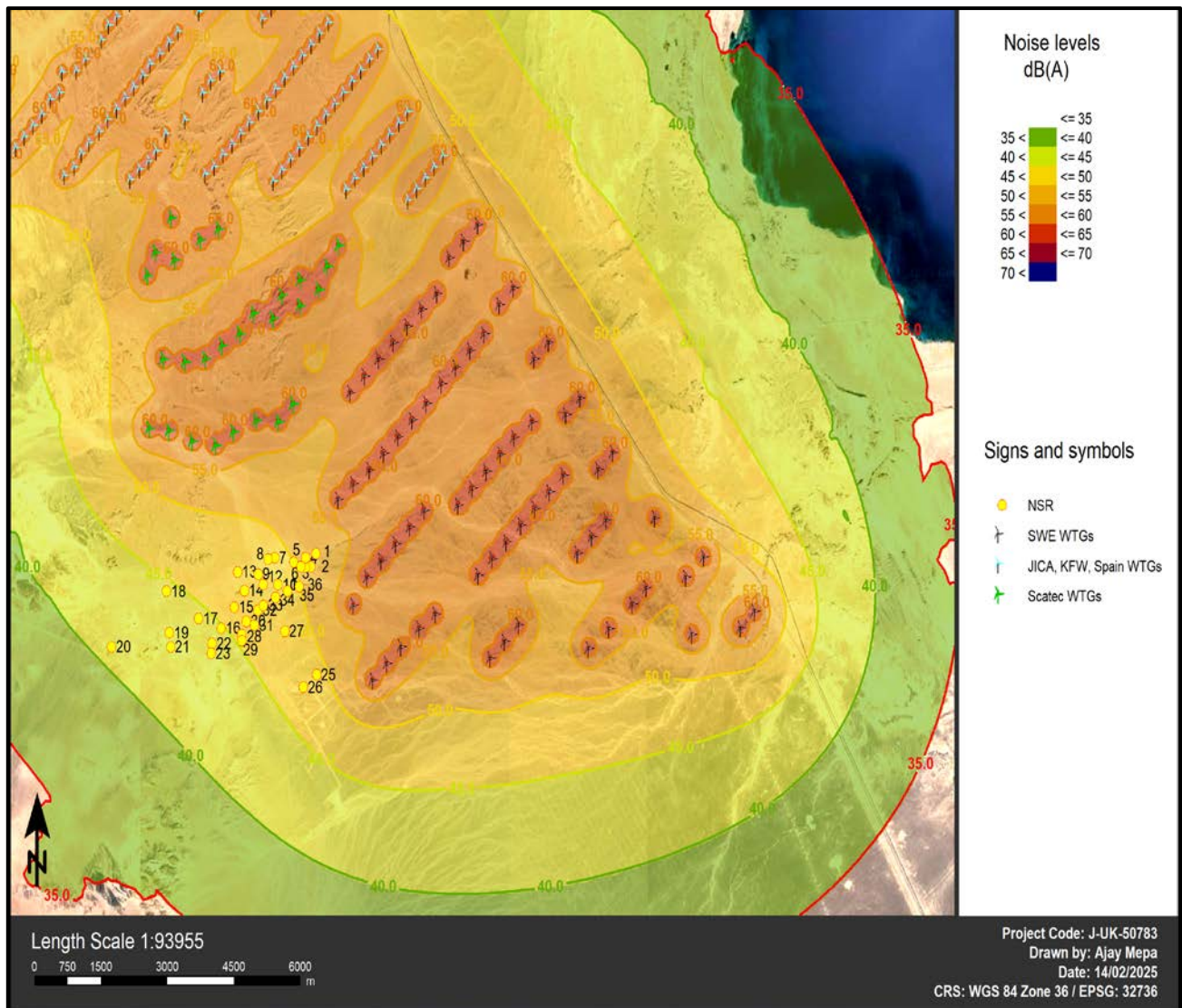
حُسبت مخططات منحنيات الضوضاء لأسوأ سيناريوهات الضوضاء لكلٍ من التقييمات المعزولة والتراكمية، وهي مُعرضة في الشكلين ٢١ و ٢٢ (للتصميم ١) والشكلين ٢٣ و ٢٤ (للتصميم ٢) في الصفحات التالية. تُظهر الخرائط خطوط الكنتور ومناطق أو "مناطق" انتشار الضوضاء بين خطوط الكنتور. الغرض من خريطة منحنيات الضوضاء هو توفير نظرة عامة على مستويات الضوضاء في منطقة جغرافية معينة، مما يسمح بإجراء تحليل أساسي سريع لانتشار الضوضاء لتحديد مستويات الضوضاء الطبيعية المحددة. مواصفات النمذجة لنمذجة خريطة منحنيات الضوضاء هي كما هو موضح في الجدول أدناه.

الجدول رقم 16: مواصفات إعدادات خريطة محيط الضوضاء - ISO 9613-2

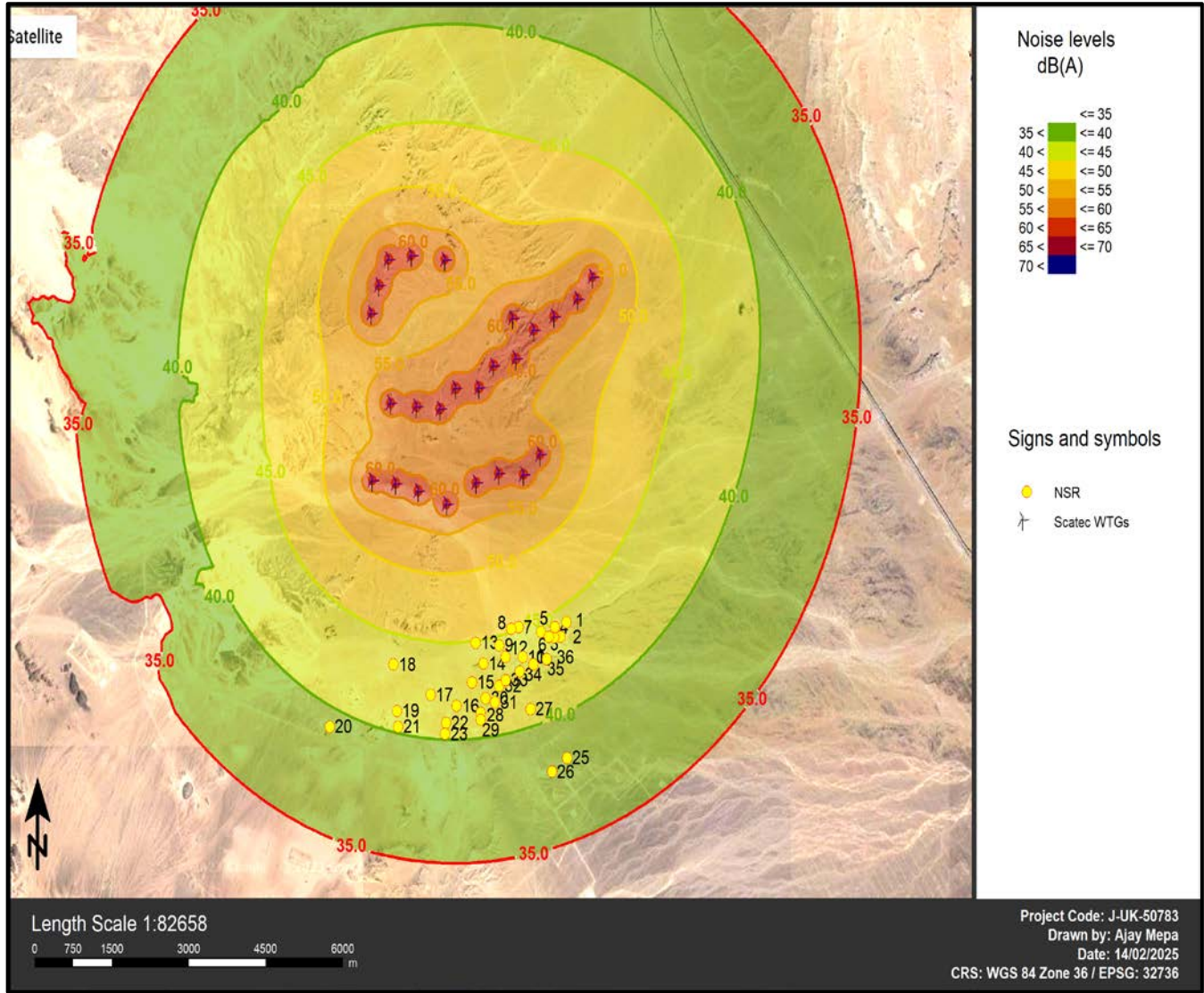
وصف المؤشر	مؤشر مخططات الضوضاء
تشغيل توربينات الرياح	أسوأ حالة - تشغيل جميع مولدات الرياح
دقة شبكة رسم المخططات	25 × 25 م
نطاق نتيجة التعيين	35 - 70 ديسيبل (أ)



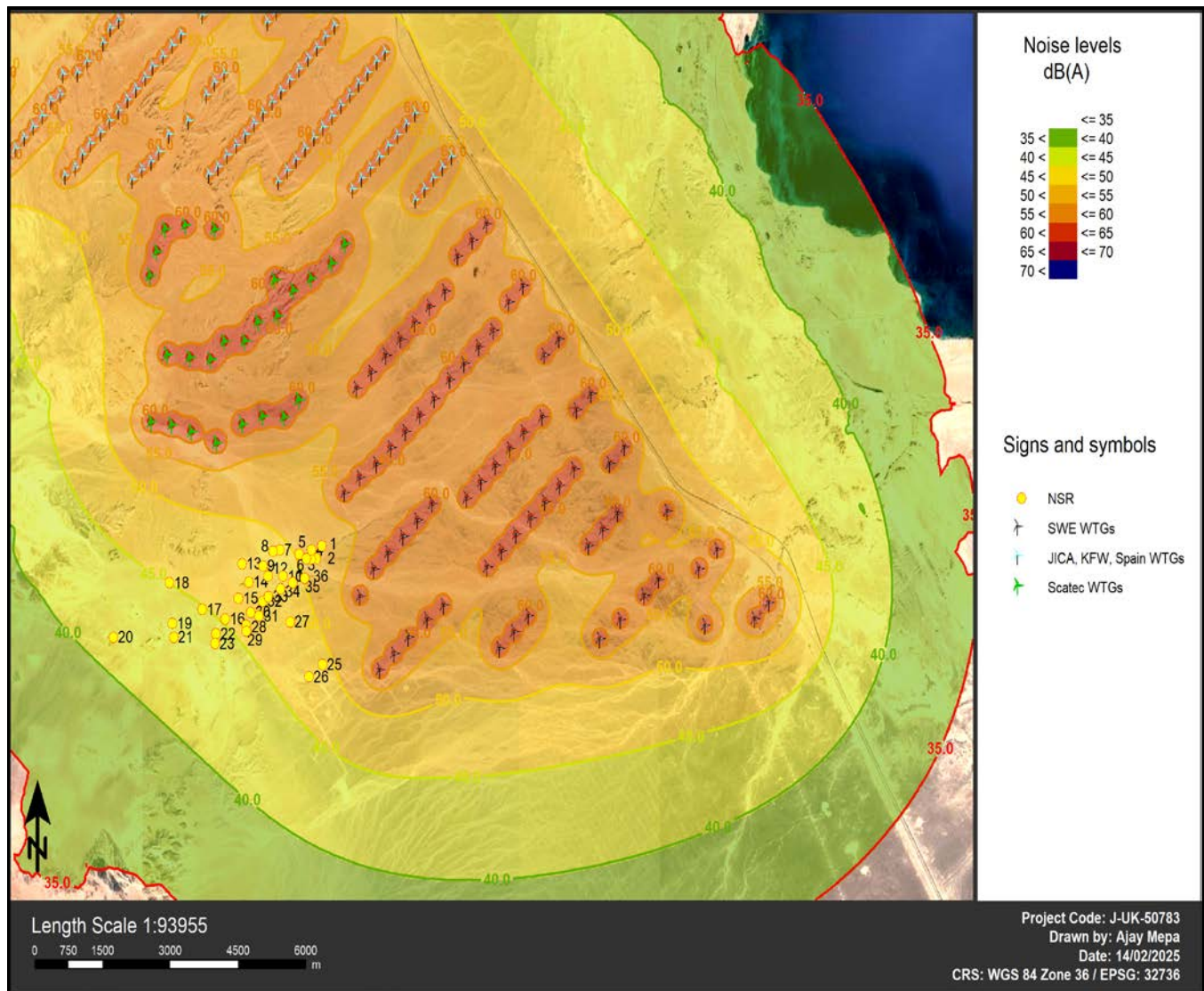
الشكل رقم 21: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 1 - 10 W10: م/ث (تقييم معزول)



الشكل رقم 22: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 1 - 10: W10 م/ث (تقييم تراكمي)



الشكل رقم 23: مخطط محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 2 - 10: W10 م/ث (تقييم معزول)



الشكل رقم 24: خريطة محيط الضوضاء لتخطيط سكاتك 2 - 10 W10 م / ث (تقييم تراكمي)

8.2 نتيجة الضوضاء المتوقعة عند المستقبلات الحساسة للضوضاء (التخطيط 1)

استنادًا إلى نتائج مخطط محيط الضوضاء وتحديد مستويات الضوضاء الصافية، ويعرض الجدول أدناه نتائج مستوى الضوضاء المتوقعة في كل مستوى من مستويات الضوضاء الصافية من المخطط 1 لمزرعة الرياح سكاتك لكل من تقييمات توربينات الرياح المعزولة والتراكمية.

الجدول رقم 17: مستويات الضوضاء المتوقعة في مسارات الضوضاء الحساسة من مزرعة رياح سكاتك (العزل والتراكم) (W10) - المخطط 1

مستقبل حساس للضوضاء	مستوى الضوضاء المتوقع عند سرعة الرياح 10 م/ثانية (W10) - ديسيل (أمبير)	
	سكاتك (عزل)	سكاتك (تراكمي)
NSR1	43.2	51.9
NSR2	42.7	51.2
NSR3	42.8	50.8
NSR4	43.3	51.0
NSR5	43.4	50.1

مستوى الضوضاء المتوقع عند سرعة الرياح 10 م/ثانية (W10) - ديسيل (أمير)		مستقبل حساس للضوضاء
سكاتيك (عزل)	سكاتيك (تراكي)	
43.0	50.4	NSR6
44.3	49.1	NSR7
44.3	48.8	NSR8
43.6	47.9	NSR9
42.6	48.6	NSR10
42.6	48.6	NSR11
42.9	47.8	NSR12
44.0	47.3	NSR13
42.8	46.9	NSR14
41.9	46.0	NSR15
40.7	44.9	NSR16
41.2	44.4	NSR17
42.4	44.4	NSR18
40.1	43.0	NSR19
38.2	40.8	NSR20
39.4	42.6	NSR21
39.9	44.0	NSR22
39.4	43.7	NSR23
37.3	48.8	NSR25
37.0	47.3	NSR26
39.9	47.8	NSR27
40.3	45.5	NSR28
40.0	45.3	NSR29
41.0	46.0	NSR30
40.7	46.3	NSR31
41.5	46.9	NSR32
41.7	47.3	NSR33
41.9	48.1	NSR34
42.0	49.0	NSR35
41.9	49.9	NSR36

8.3. نتيجة الضوضاء المتوقعة عند المستقبلات الحساسة للضوضاء (التخطيط 2)

استنادًا إلى نتائج مخطط محيط الضوضاء وتحديد مستويات الضوضاء الصافية، يعرض الجدول أدناه نتائج مستوى الضوضاء المتوقعة في كل مستوى من مستويات الضوضاء الصافية من المخطط 2 لمزرعة الرياح سكاتك لكل من تقييمات توربينات الرياح المعزولة والتراكمية.

الجدول رقم 18: مستويات الضوضاء المتوقعة عند مستقبلات الضوضاء الحساسة من مزرعة رياح سكاتيك
(العزل والتراكمي) (W10) - التصميم 2

مستوى الضوضاء المتوقع عند سرعة الرياح 10 م/ثانية (W10) - ديسيل (أمبير)		مستقبل حساس للضوضاء
سكاتيك (تراكمي)	سكاتيك (عزل)	
52.0	44.0	NSR1
51.3	43.5	NSR2
50.9	43.7	NSR3
51.2	44.2	NSR4
50.3	44.3	NSR5
50.6	43.9	NSR6
49.4	45.1	NSR7
49.1	45.2	NSR8
48.3	44.4	NSR9
48.8	43.4	NSR10
48.8	43.4	NSR11
48.1	43.7	NSR12
47.7	44.9	NSR13
47.2	43.6	NSR14
46.3	42.7	NSR15
45.2	41.6	NSR16
44.8	42.1	NSR17
45.0	43.3	NSR18
43.5	41.0	NSR19
41.3	39.1	NSR20
43.0	40.3	NSR21
44.4	40.8	NSR22
44.1	40.3	NSR23
48.9	38.1	NSR25
47.4	37.8	NSR26
47.9	40.8	NSR27
45.7	41.2	NSR28
45.5	40.8	NSR29
46.3	41.8	NSR30
46.5	41.5	NSR31
47.1	42.3	NSR32
47.5	42.5	NSR33
48.3	42.8	NSR34
49.2	42.8	NSR35

مستقبل حساس للضوضاء		مستوى الضوضاء المتوقع عند سرعة الرياح 10 م/ثانية (W10) - ديسيبيل (أمبير)
سكاتيك (عزل)	سكاتيك (تراكي)	
42.8	50.1	

9. تقييم تأثير الضوضاء

9.1 تحديد حد الضوضاء

يفسر معهد الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات لتطبيق ETSU-R-97 لتقييم وتصنيف ضوضاء توربينات الرياح تحديد ETSU-R-97 لحدود الضوضاء وفقاً للملخص التالي من القسم 3.2 من دليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات.

9.1.1 تحديد حد الضوضاء النهارية وفقاً لمعيار ETSU-R-97

يُحدّد حد الضوضاء النهاري في ETSU-R-97 على أساس حماية مرافق الأفراد خارج مساكنهم. ويستند هذا الحد إلى العلاقة بين مستوى الضوضاء الخلفية السائدة وسرعة الرياح، مع وجود حد ضوضاء قدره + 5 ديسيبيل.

9.1.2 تحديد حد الضوضاء الليلية وفقاً لمعيار ETSU-R-97

يشير معيار ETSU-R-97 إلى أنه لحماية نوم شاغلي المباني، يُعد مستوى الضوضاء الخلفية الخارجية في المجال الحر البالغ 43 ديسيبيل (نسبة مئوية 90%) مناسباً عندما تُعتبر مستويات الضوضاء الخلفية منخفضة. وعندما تكون مستويات الضوضاء الخلفية مرتفعة بما يكفي، تُضبط حدود الضوضاء على مستوى الضوضاء الخلفية السائد + 5 ديسيبيل.

9.1.3 ملخص حدود ETSU-R-97

يوضح الجدول أدناه ملخصاً للحدود المتاحة المطبقة وفقاً لما هو موضح في ETSU-R-97.

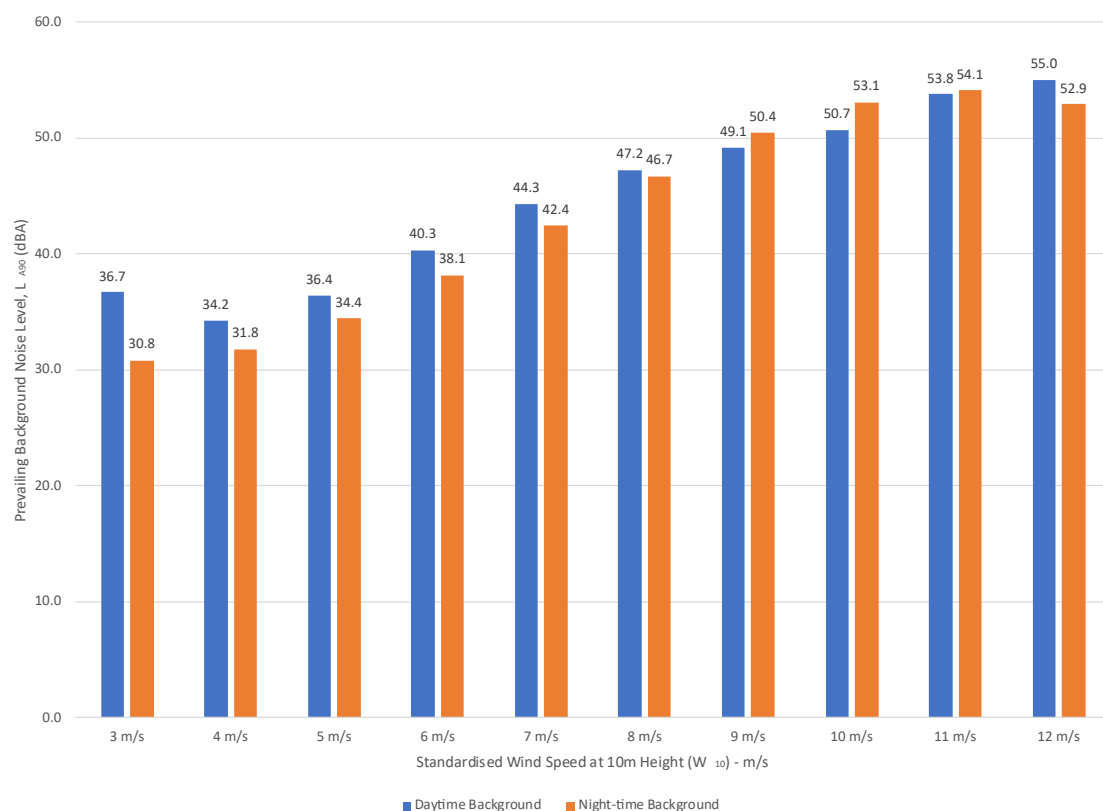
الجدول رقم 19: ملخص حدود الضوضاء ETSU-R-97

الحدود	فترة التقييم
35 ديسيبيل (أ) أو 5 ديسيبيل فوق الخلفية السائدة، أيهما أعلى.	خلال النهار
43 ديسيبيل (أ) أو 5 ديسيبيل فوق الخلفية السائدة، أيهما أعلى.	وقت الليل

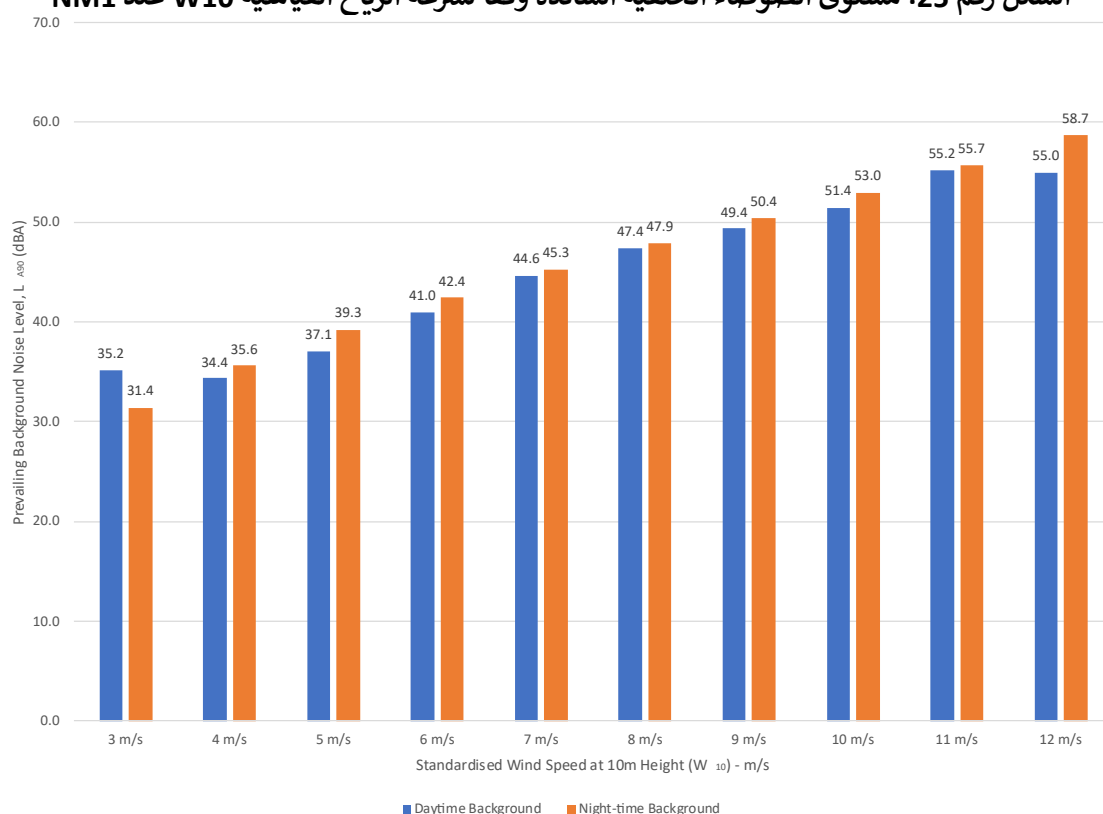
9.2 ضوضاء الخلفية للمشروع وحدود التقييم

9.2.1 الضوضاء الخلفية المشتقة بالضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)

وباستخدام المنهجية الموضحة في ETSU-R-97، تم حساب مستوى الضوضاء الخلفية أثناء النهار والليل في NM1 و NM2 وتم تقديمه بيانياً في الأشكال أدناه.



الشكل رقم 25: مستوى الضوضاء الخلفية السائدة وفقاً لسرعة الرياح القياسية W10 عند NM1



الشكل رقم 26: مستوى الضوضاء الخلفية السائدة وفقاً لسرعة الرياح القياسية W10 عند NM2

9.2.2. تحديد حدود الضوضاء التقييمية

بالنسبة لفترتي النهار والليل، يُحدّد الحد بناءً على مستوى ضوضاء الخلفية + ٥ ديسيبل، حدود تقييم الضوضاء المقترحة موضحة في الجدول أدناه.

الجدول رقم 20: حدود الضوضاء المقترحة لتقييم ضوضاء توربينات الرياح

الموقع / المنطقة	سرعة الرياح القياسية على ارتفاع 10 أمتار، م/ث			
	حدود الضوضاء ETSU-R-97، الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%) ديسيبيل في أسوأ الحالات، 10 م/ث			
	حد الضوضاء الخلفية في الليل (نسبة الضوضاء 90%) ديسيبيل (أ)	ضوضاء الخلفية الليلية (نسبة الضوضاء 90%) ديسيبيل (أ)	حد الضوضاء الخلفية خلال النهار (نسبة الضوضاء 90%) ديسيبيل (أ) أي الخلفية + 5 ديسيبيل (أ)	ضوضاء الخلفية النهارية (نسبة الضوضاء 90%) ديسيبيل (أ)
NML1	58.1	53.1	55.7	50.7
NML2	58.0	53.0	56.4	51.4

على الرغم من تشابه مجموعتي بيانات سرعة الرياح، إلا أنه للحفاظ على مستوى تحفظي، يُطبق أدنى حد للضوضاء النهارية والليلية المشتق من موقعي الرصد على جميع أنظمة مستقبلات حساسة للضوضاء، هذا يعني أن حد الضوضاء النهارية هو 55.7 ديسيبل (أمير)، وحد الضوضاء الليلية هو 58 ديسيبل (أمير).

9.3. تقييم تأثير الضوضاء

تلخص الأقسام والجدول التالية تقييم الضوضاء عند مستويات الضوضاء المحددة من حيث حدود ETSU-R-97 لحالة نمذجة الضوضاء الأسوأ.

9.3.1. أسوأ سيناريو: $Ws = 10$ م/ث - المخطط 1

تُظهر الجدول أدناه تقييمات فترات النهار والليل، على التوالي، لسرعة رياح تبلغ 10 أمتار في الثانية، وهو ما يُمثل أسوأ سيناريو للمخطط 1 لمزرعة رياح سكاتيك. ولنهج أكثر تحفظًا، تتضمن مساهمة الضوضاء المتوقعة من مولدات الرياح مستويات الضوضاء التراكمية من جميع مولدات الرياح في المنطقة المحيطة.

الجدول رقم 21: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترات النهار، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 1

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسيبل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	55.7	54.4	51.9	NSR1
0	55.7	54.0	51.2	NSR2
0	55.7	53.8	50.8	NSR3
0	55.7	53.9	51.0	NSR4
0	55.7	53.4	50.1	NSR5
0	55.7	53.6	50.4	NSR6
0	55.7	53.0	49.1	NSR7
0	55.7	52.9	48.8	NSR8
0	55.7	52.5	47.9	NSR9
0	55.7	52.8	48.6	NSR10
0	55.7	52.8	48.6	NSR11
0	55.7	52.5	47.8	NSR12
0	55.7	52.3	47.3	NSR13
0	55.7	52.2	46.9	NSR14
0	55.7	52.0	46.0	NSR15

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبيل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	55.7	51.7	44.9	NSR16
0	55.7	51.6	44.4	NSR17
0	55.7	51.6	44.4	NSR18
0	55.7	51.4	43.0	NSR19
0	55.7	51.1	40.8	NSR20
0	55.7	51.3	42.6	NSR21
0	55.7	51.5	44.0	NSR22
0	55.7	51.5	43.7	NSR23
0	55.7	52.9	48.8	NSR25
0	55.7	52.3	47.3	NSR26
0	55.7	52.5	47.8	NSR27
0	55.7	51.8	45.5	NSR28
0	55.7	51.8	45.3	NSR29
0	55.7	52.0	46.0	NSR30
0	55.7	52.0	46.3	NSR31
0	55.7	52.2	46.9	NSR32
0	55.7	52.3	47.3	NSR33
0	55.7	52.6	48.1	NSR34
0	55.7	52.9	49.0	NSR35
0	55.7	53.3	49.9	NSR36

الجدول رقم 22: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترة الليل، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 1

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبيل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	58	55.5	51.9	NSR1
0	58	55.2	51.2	NSR2
0	58	55.0	50.8	NSR3
0	58	55.1	51.0	NSR4
0	58	54.8	50.1	NSR5
0	58	54.9	50.4	NSR6
0	58	54.5	49.1	NSR7
0	58	54.4	48.8	NSR8
0	58	54.2	47.9	NSR9
0	58	54.3	48.6	NSR10
0	58	54.3	48.6	NSR11
0	58	54.1	47.8	NSR12
0	58	54.0	47.3	NSR13
0	58	54.0	46.9	NSR14
0	58	53.8	46.0	NSR15
0	58	53.6	44.9	NSR16

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبل) الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية) الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	مساهمة الضوضاء المتوقعة الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	مستقبل حساس للضوضاء
0	58	53.6	44.4	NSR17
0	58	53.6	44.4	NSR18
0	58	53.4	43.0	NSR19
0	58	53.3	40.8	NSR20
0	58	53.4	42.6	NSR21
0	58	53.5	44.0	NSR22
0	58	53.5	43.7	NSR23
0	58	54.4	48.8	NSR25
0	58	54.0	47.3	NSR26
0	58	54.1	47.8	NSR27
0	58	53.7	45.5	NSR28
0	58	53.7	45.3	NSR29
0	58	53.8	46.0	NSR30
0	58	53.8	46.3	NSR31
0	58	54.0	46.9	NSR32
0	58	54.0	47.3	NSR33
0	58	54.2	48.1	NSR34
0	58	54.5	49.0	NSR35
0	58	54.7	49.9	NSR36

9.3.2. أسوأ سيناريو: $W_s = 10$ م/ث - المخطط 2

تُظهر الجداول أدناه تقييمات فترات النهار والليل، على التوالي، لسرعة رياح تبلغ 10 أمتار في الثانية (W_{10})، وهو ما يُمثل أسوأ سيناريو للمخطط الثاني لمزرعة رياح سكاتيك. ولنهج أكثر تحفظًا، تتضمن مساهمة الضوضاء المتوقعة من مولدات الرياح مستويات الضوضاء التراكمية من جميع مولدات الرياح في المنطقة المحيطة.

الجدول رقم 23: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترات النهار، $W_{10} = 10$ م/ث - المخطط 2

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبل) الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية) الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	مساهمة الضوضاء المتوقعة الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	مستقبل حساس للضوضاء
0	55.7	54.4	52.0	NSR1
0	55.7	54.0	51.3	NSR2
0	55.7	53.8	50.9	NSR3
0	55.7	54.0	51.2	NSR4
0	55.7	53.5	50.3	NSR5
0	55.7	53.7	50.6	NSR6
0	55.7	53.1	49.4	NSR7
0	55.7	53.0	49.1	NSR8
0	55.7	52.7	48.3	NSR9
0	55.7	52.9	48.8	NSR10
0	55.7	52.9	48.8	NSR11
0	55.7	52.6	48.1	NSR12

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبيل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	55.7	52.5	47.7	NSR13
0	55.7	52.3	47.2	NSR14
0	55.7	52.0	46.3	NSR15
0	55.7	51.8	45.2	NSR16
0	55.7	51.7	44.8	NSR17
0	55.7	51.7	45.0	NSR18
0	55.7	51.5	43.5	NSR19
0	55.7	51.2	41.3	NSR20
0	55.7	51.4	43.0	NSR21
0	55.7	51.6	44.4	NSR22
0	55.7	51.6	44.1	NSR23
0	55.7	52.9	48.9	NSR25
0	55.7	52.4	47.4	NSR26
0	55.7	52.5	47.9	NSR27
0	55.7	51.9	45.7	NSR28
0	55.7	51.8	45.5	NSR29
0	55.7	52.0	46.3	NSR30
0	55.7	52.1	46.5	NSR31
0	55.7	52.3	47.1	NSR32
0	55.7	52.4	47.5	NSR33
0	55.7	52.7	48.3	NSR34
0	55.7	53.0	49.2	NSR35
0	55.7	53.4	50.1	NSR36

الجدول رقم 24: تقييم تأثير الضوضاء خلال فترة الليل، $W10 = 10$ م/ث - المخطط 2

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبيل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	58	55.5	52.0	NSR1
0	58	55.2	51.3	NSR2
0	58	55.1	50.9	NSR3
0	58	55.2	51.2	NSR4
0	58	54.9	50.3	NSR5
0	58	55.0	50.6	NSR6
0	58	54.6	49.4	NSR7
0	58	54.5	49.1	NSR8
0	58	54.3	48.3	NSR9
0	58	54.4	48.8	NSR10
0	58	54.4	48.8	NSR11
0	58	54.2	48.1	NSR12

الحد الأقصى لقيمة التجاوز	ETSU-R-97 حد النهار (خلفية لسرعة ١٠ أمتار/ثانية + ٥ ديسبل)	إجمالي الضوضاء (المساهمة + الخلفية)	مساهمة الضوضاء المتوقعة	مستقبل حساس للضوضاء
الضوضاء الخلفية	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	الضوضاء الخلفية (نسبة الضوضاء 90%)	
0	58	54.1	47.7	NSR13
0	58	54.0	47.2	NSR14
0	58	53.8	46.3	NSR15
0	58	53.7	45.2	NSR16
0	58	53.6	44.8	NSR17
0	58	53.6	45.0	NSR18
0	58	53.5	43.5	NSR19
0	58	53.3	41.3	NSR20
0	58	53.4	43.0	NSR21
0	58	53.6	44.4	NSR22
0	58	53.5	44.1	NSR23
0	58	54.4	48.9	NSR25
0	58	54.1	47.4	NSR26
0	58	54.2	47.9	NSR27
0	58	53.7	45.7	NSR28
0	58	53.7	45.5	NSR29
0	58	53.8	46.3	NSR30
0	58	53.9	46.5	NSR31
0	58	54.0	47.1	NSR32
0	58	54.1	47.5	NSR33
0	58	54.3	48.3	NSR34
0	58	54.5	49.2	NSR35
0	58	54.8	50.1	NSR36

9.4. ملخص تقييم تأثير الضوضاء

وقد تم تلخيص الاستنتاجات الرئيسية من نتائج التقييم في الأقسام التالية.

9.4.1. تقييم الأثر خلال النهار

بالنسبة لسيناريو أسوأ حالة W10 من سيناريو 10 م/ث لكل من التخطيط 1 والتخطيط 2، تم التنبؤ بأن مستويات الضوضاء التراكمية الناتجة ستكون أقل من حد الضوضاء النهاري ETSU-R-97 لجميع المستقبلات الحساسة للضوضاء.

9.4.2. تقييم الأثر أثناء الليل

بالنسبة لسيناريو أسوأ حالة W10 من سيناريو 10 م/ث لكل من التخطيط 1 والتخطيط 2، تم التنبؤ بأن مستويات الضوضاء التراكمية الناتجة ستكون أقل من حد الضوضاء الليلي ETSU-R-97 لجميع المستقبلات الحساسة للضوضاء.

10. الاستنتاجات والتوصيات

أجري تقييم لتقييم التأثير الضوضاء المحتمل للمخططين المقترحين لمشروع مزرعة رياح سكاتك، الواقع في جمهورية مصر العربية، وركز التقييم على مسارات الرياح الشمالية في المناطق المجاورة مباشرةً للمناطق السكنية.

أُجري مسح أساسي للضوضاء في موقعين لقياس الضوضاء يقعان بالقرب من مستقبلات الضوضاء الحساسة، بجوار مشروع تطوير مزرعة الرياح. حُدِدت حدود الضوضاء من البيانات الأساسية، وحُسبت تنبؤات الضوضاء باستخدام برنامج مخطط الصوت 9.1 وفقًا للمعيار ISO 9613-2، مع تحديد معلمات الإدخال والقيود وفقًا لدليل الممارسات الجيدة لمعهد الصوتيات. مولدات توربينات الرياح المقترحة هي Envision EN-169.5/7.5 ميجاوات (المخطط 1) و Envision EN-169.5/8.0 ميجاوات (المخطط 2). قُدمت بيانات طاقة الصوت في شكل أوراق بيانات الموردين.

ركز التقييم على أسوأ سيناريو محتمل لمستوى الضوضاء، والذي يشمل جميع مولدات توربينات الرياح، بما في ذلك مولدات توربينات الرياح الحالية، والتي تعمل بأقصى طاقة صوتية (10 أمتار/ثانية). لم يُتوقع حدوث أي تجاوزات للحد المُستند إلى ETSU-R-97 خلال النهار أو الليل في أيٍّ من محطات توليد مستويات الضوضاء.

- وبناءً على نتائج دراسة الضوضاء هذه، لا يتطلب المشروع أي تخفيف أو تقليص مُحدد للضوضاء، ومع ذلك، تُقدّم التوصيات التالية:
- سيتم إنشاء آلية شكاوى لمتابعة أي شكاوى تتعلق بالضوضاء.
 - في حال وجود شكاوى، سيتم إجراء قياسات ضوضاء مستمرة لمدة 48 ساعة فورًا في المنطقة التي وردت فيها الشكاوى. بناءً على النتائج، سيتم تحديد تدابير الإدارة والتخفيف المناسبة والاتفاق عليها مع صاحب الشكاوى (مثل تركيب عزل ضوضاء في المبنى، مثل النوافذ الزجاجية المزدوجة، والحواجز النباتية، إلخ).
 - سيتم إجراء حملات رصد ضوضاء سنويًا خلال أول عامين من مرحلة التشغيل. في حال أشارت النتائج إلى أن مستويات الضوضاء ضمن الحدود المسموح بها ولم يتم تلقي أي شكاوى، فلا حاجة إلى أي متطلبات إضافية. في حال تلقي أي شكاوى، تُطبق المتطلبات المذكورة في النقطة الأولى.
- عند اكتمال بناء مزرعة الرياح، وخلال فترة التشغيل، ينبغي تطبيق برنامج مُفصّل وطويل الأمد لرصد الضوضاء، ينبغي تصميم برنامج الرصد بعناية مع تخطيط دقيق للمعدات ومواقع القياس وفتراته.

الملحق أ - إحدائيات مجموعة العمل

الجدول رقم 25: إحدائيات توربينات الرياح في مخطط مزرعة الرياح سكاتيك 1 (المنطقة 36)

خط العرض	خط الطول	مولد توربينات الرياح
3101832.3	519593.3	A01
3102245.4	519774.8	A02
3102103	520202.1	A03
3102861	520132.4	A04
3102460.4	520782.7	A05
3102661.1	521195.5	A06
3100343.6	519945.2	B07
3100292.9	520439.6	B08
3100344.3	520895.6	B09
3100589.5	521277.5	B10
3100799.3	521676.5	B11
3101160.8	521985.1	B12
3101063.6	522425.8	B13
3101477	522618	B14
3101297.6	523033	B15
3101758.6	523034.7	B16
3101579.9	523458.7	B17
3101991.4	523650.9	B18
3102366.7	523908.1	B19
3099103.1	519628.4	C20
3099065.4	520077.7	C21
3098874.7	520604.3	C22

خط العرض	خط الطول	مولد توربينات الرياح
3098807.8	521132	C23
3099044.6	521534.1	C24
3099240.4	522048.1	C25
3099226.4	522550.8	C26
3099541.6	522874.9	C27

الجدول رقم 26: إحداثيات توربينات الرياح في مخطط مزرعة الرياح سكاتيك 2 (المنطقة 36)

خط العرض	خط الطول	مولد توربينات الرياح
3101785.8	519593.1	A01
3102233.7	519741.4	A02
3102647.5	519927.8	A03
3102709.6	520373.7	A04
3102640.9	521025.1	A05
3100358.5	519968.8	A06
3100301.3	520475.1	B07
3100265	520934.2	B08
3100595.1	521240	B09
3100605.4	521692.4	B10
3100956.4	521974.3	B11
3101063.1	522414	B12
3101706.8	522350.2	B13
3101523.5	522761.1	B14
3101739.8	523157.8	B15
3102017.2	523614.4	B16
3102366.4	523905.2	B17
3099127.8	519611.5	B18
3099081	520066.9	B19
3098958.4	520506.9	C20
3098748.4	521062.5	C21
3099088.8	521637.9	C22
3099238.1	522077	C23
3099216.9	522561.1	C24
3099538.9	522881.4	C25