IEC 61400-12-5

Edition 1.0 2022-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Wind energy generation systems – Part 12-5: Power performance – Assessment of obstacles and terrain

Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-5: Performance de puissance – Évaluation des obstacles et du terrain

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-5603-9

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Symbols, units and abbreviated terms 9
5 General 9
6 Measurement sector procedure to be used for power performance measurements according to IEC 61400-12-1 10
6.1 General 10
6.2 Requirements regarding neighbouring and operating wind turbines 11
6.3 Requirements regarding obstacles 11
6.4 Method for calculation of sectors to exclude 12
6.5 Special requirements for extended obstacles 15
7 Measurement sector procedure to be used during the determination of the nacelle transfer function (NTF) between free wind speed and nacelle anemometer wind speed 15
8 Measurement sector procedure to be used during the determination of the nacelle power curve (NPC) 15
8.1 General 15
8.2 Requirements regarding neighbouring and operating wind turbines 16
8.3 Requirements regarding obstacles 16
8.4 Calculation of the excluded sector 17
8.5 Self-consistency check procedure for the measurement sector 18
9 Assessment of terrain at the test site 19
10 Terrain classification for evaluation of NTF and NPC 22
10.1 General 22
10.2 RIX indices 22
10.3 Average slope 22
10.4 Determine terrain class 23
10.5 Ridge formations 24

Figure 1 – Sectors to exclude due to wakes of neighbouring and operating wind turbines and significant obstacles 13
Figure 2 – An example of sectors to exclude due to wakes of the wind turbine under test, a neighbouring and operating wind turbine and a significant obstacle 14
Figure 3 – Example of the result of a sector self-consistency check 19
Figure 4 – Illustration of area to be assessed, top view 20
Figure 5 – Example of determination of slope and terrain variation from the best-fit plane: "2L to 4L" and the case "measurement sector" (Table 5, line 2) 21
Figure 6 – Determination of slope for the distance "2L to 4L" and "8L to 16L" and the case "outside measurement sector" (Table 5, line 3 and line 5) 21

Table 1 – Interfaces from other International Standards to this document 10
Table 2 – Interfaces from this document to other International Standards 10
Table 3 – Obstacle requirements: relevance of obstacles 12

Table 4 – Obstacle requirements: relevance of obstacles 17
Table 5 – Test site requirements: topographical variations 20
Table 6 – Slope terrain classification 23
Table 7 – RIX terrain classification 23
Table 8 – Final terrain class 23
Table 9 – Maximum ridge step effects on terrain class 24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-5: Power performance – Assessment of obstacles and terrain

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61400-12-5 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

This first edition of IEC 61400-12-5 is part of a structural revision that cancels and replaces the performance standards IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013. The structural revision contains no technical changes with respect to IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013, but the parts that relate to wind measurements, measurement of site calibration and assessment of obstacle and terrain have been extracted into separate standards.

The purpose of the re-structure was to allow the future management and revision of the power performance standards to be carried out more efficiently in terms of time and cost and to provide a more logical division of the wind measurement requirements into a series of separate standards which could be referred to by other use case standards in the IEC 61400 series and subsequently maintained and developed by appropriate experts.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
88/825/CDV	88/870/RVC

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 61400 series, published under the general title *Wind energy generation systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

The content of the corrigendum 1 (2025-05) has been included in this copy.

INTRODUCTION

The purpose of this part of IEC 61400 is to describe procedures to determine a measurement sector that is not influenced by turbines or other obstacles for a specific wind turbine. The measurement sector is used to assess the terrain and determine if a site calibration is required. This measurement sector can be used to evaluate wind turbine power performance.

Clause 6 describes a procedure to determine one or more sectors which are not usable for a power performance measurement because the flow at the wind turbine under test and/or the flow at the position of the wind measurement equipment (WME: a meteorological mast or a remote sensing device) might be affected by an operating wind turbine and/or by an obstacle.

Clause 7 describes a procedure for establishing the measurement sector during the determination of the nacelle transfer function.

Clause 8 describes a procedure for establishing the measurement sector during the determination of the nacelle power curve.

Clause 9 describes a procedure to assess the terrain surrounding the site and to determine if it is sufficiently complex to require site calibration. The purpose of site calibration is generally to measure the change in the boundary layer as it follows the orography, which is generally attached flow, whereas obstacles often generate more turbulent wakes associated with them, which are affected by sharp edges and vertical surfaces that can trigger flow separation.

Clause 10 describes a procedure to classify the terrain in order to apply the nacelle transfer function for a nacelle power curve measurement. The classification is used to estimate the uncertainty of the nacelle transfer function (NTF) and nacelle power curve (NPC) and also to determine under what terrain condition the NTF can be used for the NPC.

The creation of this new standard was mandated with the restriction that no technical changes to the content copied from the source documents (IEC 61400-12-1 and IEC 61400-12-2) would be allowed. Therefore, in this first edition of the new standard IEC 61400-12-5, there are some obvious areas of technical disagreement (e.g. assessment of terrain in Clauses 9 and 10) where a choice needs to be made depending on whether the intended use case is as an input to a IEC 61400-12-1 or to a IEC 61400-12-2 power curve evaluation. It is recommended that future revisions of this document aim to harmonise the technical content.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-5: Power performance – Assessment of obstacles and terrain

1 Scope

This part of IEC 61400 specifies the procedures for assessing the significance of obstacles and terrain variations on a proposed power performance measurement site and applies to the performance testing of wind turbines of all types and sizes connected to the electrical power network as described in other parts of the IEC 61400 series. The procedure applies to the performance evaluation of specific wind turbines at specific locations.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61400-12-1, *Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*

IEC 61400-12-2, *Wind energy generation systems – Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry*

IEC 61400-12-3, *Wind energy generation systems – Part 12-3: Power performance – Measurement based site calibration*

IEC 61400-12-6, *Wind energy generation systems – Part 12-6: Measurement based nacelle transfer function of electricity producing wind turbines*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 28
INTRODUCTION 30
1 Domaine d'application 31
2 Références normatives 31
3 Termes et définitions 31
4 Symboles, unités et termes abrégés 33
5 Généralités 33
6 Procédure du secteur de mesure à utiliser pour les mesurages de la performance de puissance conformément à l'IEC 61400-12-1 34
6.1 Généralités 34
6.2 Exigences relatives aux éoliennes voisines en fonctionnement 35
6.3 Exigences pour les obstacles 35
6.4 Méthode de calcul des secteurs à exclure 36
6.5 Exigences spéciales relatives aux obstacles étendus 39
7 Procédure du secteur de mesure à utiliser pour déterminer la fonction de transfert de la nacelle (NTF) entre la vitesse du vent libre et la vitesse du vent de l'anémomètre de la nacelle 39
8 Procédure du secteur de mesure à utiliser pour déterminer la courbe de puissance de la nacelle (NPC) (la NTF a déjà été déterminée) 39
8.1 Généralités 39
8.2 Exigences relatives aux éoliennes voisines en fonctionnement 40
8.3 Exigences pour les obstacles 41
8.4 Calcul du secteur exclu 42
8.5 Procédure de vérification de la cohérence interne du secteur de mesure 42
9 Évaluation du terrain sur le site d'essai 44
10 Classification du terrain pour l'évaluation de la NTF et de la NPC 46
10.1 Généralités 46
10.2 Indices RIX 47
10.3 Pente moyenne 47
10.4 Déterminer la classe de terrain 47
10.5 Formations de crêtes 48

Figure 1 – Secteurs à exclure en raison des sillages d'éoliennes voisines en fonctionnement et d'obstacles significatifs 37
Figure 2 – Exemple de secteurs à exclure en raison des sillages de l'éolienne en essai, d'une éolienne voisine en fonctionnement et d'un obstacle significatif 38
Figure 3 – Exemple de résultat d'une vérification de la cohérence interne d'un secteur 44
Figure 4 – Représentation de la surface à évaluer, vue de dessus 45
Figure 5 – Exemple de détermination de la pente et de la variation du terrain par rapport au plan idéal pour la distance: "2L à 4L" et le cas "secteur de mesure"(Tableau 5, ligne 2) 46
Figure 6 – Détermination de la pente pour les distances "2L à 4L" et "8L à 16L" et le cas "à l'extérieur du secteur de mesure" (Tableau 5, ligne 3 et ligne 5) 46

Tableau 1 – Interfaces d'autres normes avec le présent document 34
Tableau 2 – Interfaces du présent document avec d'autres normes 34

Tableau 3 – Exigences relatives aux obstacles: pertinence des obstacles.....36
Tableau 4 – Exigences relatives aux obstacles: pertinence des obstacles.....41
Tableau 5 – Exigences relatives au site d'essai: variations topographiques 45
Tableau 6 – Classification du terrain en fonction de la pente.....48
Tableau 7 – Classification du terrain en fonction du RIX 48
Tableau 8 – Classe finale du terrain.....48
Tableau 9 – Effets de marche maximale de la crête sur la classe de terrain.....49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 12-5: Performance de puissance – Évaluation des obstacles et du terrain

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61400-12-5 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Systèmes de génération d'énergie éolienne. Il s'agit d'une Norme internationale.

La présente première édition de l'IEC 61400-12-5 fait partie d'une révision structurelle qui annule et remplace les normes de performance IEC 61400-12-1:2017 et IEC 61400-12-2:2013. Cette révision structurelle ne contient aucune modification technique par rapport à l'IEC 61400-12-1:2017 et l'IEC 61400-12-2:2013. Toutefois, les parties relatives aux mesurages du vent, au mesurage de l'étalonnage du site et à l'évaluation des obstacles et du terrain ont été extraites vers des normes distinctes.

Cette restructuration a pour objet de permettre, à l'avenir, une gestion et une révision plus efficaces des normes de performance de puissance en matière de temps et de coût, ainsi que de fournir une division plus logique des exigences de mesure du vent en une série de normes distinctes auxquelles d'autres normes de cas d'utilisation de la série IEC 61400 pourront faire

référence. Ces normes distinctes pourront ultérieurement être maintenues et élaborées par les experts appropriés.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
88/825/CDV	88/870/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61400, publiées sous le titre général *Systèmes de génération d'énergie éolienne*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

Le contenu du corrigendum 1 (2025-05) a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 61400 a pour objet de décrire les procédures qui permettent de déterminer un secteur de mesure non influencé par les éoliennes ou autres obstacles concernant une éolienne spécifique. Le secteur de mesure est utilisé pour évaluer le terrain et déterminer si un étalonnage du site est exigé. Ce secteur de mesure peut être utilisé pour évaluer la performance de puissance des éoliennes.

L'Article 6 décrit une procédure permettant de déterminer un ou plusieurs secteurs qui ne sont pas aptes à être utilisés pour mesurer la performance de puissance, car l'écoulement au niveau de l'éolienne en essai et/ou l'écoulement à l'emplacement du matériel de mesure du vent (WME – wind measurement equipment – mât météorologique ou dispositif de télédétection) peuvent être affectés par une éolienne en fonctionnement et/ou par un obstacle.

L'Article 7 décrit une procédure qui permet d'établir le secteur de mesure lors de la détermination de la fonction de transfert de la nacelle.

L'Article 8 décrit une procédure qui permet d'établir le secteur de mesure lors de la détermination de la courbe de puissance de la nacelle.

L'Article 9 décrit une procédure qui permet d'évaluer le terrain qui entoure le site et de déterminer s'il est assez complexe pour exiger un étalonnage du site. L'étalonnage du site a généralement pour objet de mesurer les variations qui interviennent dans la couche limite, car elles suivent l'orographie, qui est généralement un écoulement associé, alors que les obstacles produisent souvent des sillages plus turbulents, lesquels sont affectés par les bords saillants et les surfaces verticales qui peuvent entraîner une séparation de l'écoulement.

L'Article 10 décrit une procédure qui permet de classer les terrains afin d'appliquer la fonction de transfert de la nacelle dans le cadre du mesurage de la courbe de puissance de la nacelle. La classification est utilisée pour estimer l'incertitude de la fonction de transfert de la nacelle (NTF – nacelle transfer function), de la courbe de puissance de la nacelle (NPC – nacelle power curve) et également pour déterminer les conditions de terrain dans lesquelles la NTF peut être utilisée pour la NPC.

Pour la création de cette nouvelle norme, il a été décidé qu'aucune modification technique du contenu reproduit à partir des documents sources (IEC 61400-12-1 et IEC 61400-12-2) n'est autorisée. Par conséquent, dans cette première édition de la nouvelle norme IEC 61400-12-5, il subsiste des zones évidentes de désaccord technique (par exemple, l'évaluation du terrain dans l'Article 9 et l'Article 10) pour lesquelles un choix doit être fait selon que le cas d'utilisation prévu est destiné à une évaluation de la courbe de puissance IEC 61400-12-1 ou IEC 61400-12-2. Il est recommandé que les révisions ultérieures du présent document visent à harmoniser le contenu technique.

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 12-5: Performance de puissance – Évaluation des obstacles et du terrain

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 spécifie les procédures d'évaluation de l'importance des obstacles et des variations de terrain sur un site proposé pour le mesurage de la performance de puissance et s'applique aux essais de performance des éoliennes de tous types et de toutes tailles raccordées au réseau électrique comme cela est décrit dans d'autres parties de la série IEC 61400. La procédure s'applique à l'évaluation de la performance d'éoliennes spécifiques sur des sites spécifiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61400-12-1, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-1: Mesurages de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité*

IEC 61400-12-2, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-2: Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle*

IEC 61400-12-3, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-3: Performance de puissance – Étalonnage du site fondé sur le mesurage*

IEC 61400-12-6, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-6: Fonction de transfert de la nacelle fondée sur le mesurage des éoliennes de production d'électricité*