

L'action du vent sur les constructions en Belgique Windbelasting op constructies in België

Door/par ON4CT – Traduit par/vertaling ON3PX

En tant que radioamateur, nous utilisons et entretenons des infrastructures d'antenne qui sont soumises aux éléments naturels. Dans cette étude, je vais vous informer des forces provoquées par les vents, sur les antennes et leurs constructions portantes.

Introduction

Dans notre pays on calculait les contraintes sur les constructions au moyen de la norme NBN B03-002-01. Par l'introduction de la norme européenne NBN EN 1991-1-4 (146 pages) la norme précédente n'est plus valable. Vu l'étendue et la complexité, ce texte est un résumé de la norme EN qui peut être utile aux radioamateurs.



Als radioamateur gebruiken en onderhouden wij antenneconstructies die onderhevig zijn aan de natuurelementen. Met deze wil ik u informeren over de krachten die de wind op antennes en hun dragende constructies veroorzaken.

Inleiding

In ons land werden de krachten op constructies berekend aan de hand van de norm NBN B03-002-01. Door de bekrachtiging van de Europese Norm NBN EN 1991-1-4 (146 pagina's) is de voorgaande norm niet meer geldig. Gezien de uitgebreide en soms complexe materie is dit een samenvatting van de EN-norm die voor radioamateurs nuttig kan zijn.

L'action du vent selon NBN EN 1991-1-4

L'action du vent sur une construction dépend de plusieurs facteurs:

1. La situation géographique: voir fig. 1.

La vitesse de base V_0 à une altitude de 10 m varie entre 23 et 26 m/s (= 85,8 à 93,6 km/h). C'est une vitesse de vent qui se produira quelques fois par an.

Ces vitesses sont définies par pays, par région, basées sur des mesures des années précédentes. En Allemagne on retrouve quatre zones: les vitesses vont de 22,5 à 30 m/s. Pour la région frontalière belgo-allemande: en Belgique 23 à 24 m/s, en Allemagne 23,8 m/s.

Il y a une tendance à augmenter cette vitesse de base, car on prévoit une augmentation du nombre de tempêtes et de la vitesse du vent. Cette année la côte ouest de l'Angleterre a été touchée par de nombreuses tempêtes successives. En 2007 «Kyrill» a balayé l'Allemagne avec des vitesses s'échelonnant de 144 km/h (Dusseldorf) avec un max. de 198 km/h au centre du pays. Pour la région de Courtrai on peut adopter pour $V_0 = 25$ m/s.

2. La classe de rugosité en hauteur: $C_e(z)$, $z =$ hauteur en m.

Ce paramètre tient compte de la rugosité du terrain. Il y a 5 possibilités de subdivisées en classes:

Classe 0	Zone côtière où règnent les vents marins
Classe 1	Territoire majoritairement ouvert avec peu de végétation, ex. bord de lac
Classe 2	Végétation basse dominante, ou avec des obstacles telles maisons et arbres écartés de 20 fois leur hauteur
Classe 3	Territoire où on retrouve régulièrement des bâtiments isolés et des arbres
Classe 4	Territoire citadin, avec des bâtiments d'au moins 15m de hauteur

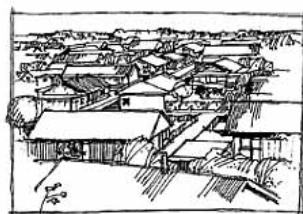


Fig. 3. Klasse 3 – Classe 3

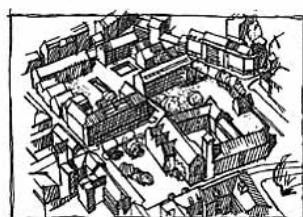


Fig. 4. Klasse 4 – Classe 4

En pratique il est possible que dans une direction on retrouve un territoire campagnard et dans l'autre sens une agglomération. On peut également retrouver des endroits qui se trouvent entre deux de ces classes décrites.

De windbelasting volgens NBN EN 1991-1-4

De windbelasting op een constructie is afhankelijk van enkele factoren:

1. De geografische ligging: zie figuur 1.

De basissnelheid V_0 op een hoogte van 10 m varieert van 23 tot 26 m/s (= 85,8 tot 93,6 km/h). Het is een windsnelheid die enkele malen per jaar zal voorkomen.

Deze snelheden zijn per land, per regio vastgelegd door metingen in de voorbije jaren. In Duitsland zijn er 4 zones: de snelheden gaan van 22,5 tot 30 m/s. Voor de grensstreek België - Duitsland: in België 23 tot 24 m/s, in Duitsland 23,8 m/s.

Er is een tendens om deze basissnelheid te verhogen omdat er een toename van het aantal stormen en windsnelheden voorspeld is. Deze winter is de westkust van Engeland zwaar getroffen geweest door talrijke en opeenvolgende stormen. In 2007 raasde «Kyrill» door Duitsland met windsnelheden van 144 (in Düsseldorf) tot max. 198 km/h in midden Duitsland. Voor de streek van Kortrijk kunnen we $V_0 = 25$ m/s aannemen.

2. De terreinruwheidsklasse en hoogte: $C_e(z)$, $z =$ hoogte in m.

Deze parameter houdt rekening met de ruwheid van het terrein. Er zijn 5 mogelijke indelingen:

Klasse 0	kustzone waar zeewinden heersen
Klasse 1	overwegend open gebied met zeer weinig vegetatie, bv. gelegen aan een meer
Klasse 2	overwegend lage vegetatie, of met obstakels zoals huizen en bomen op een onderlinge afstand 20 x hun hoogte
Klasse 3	een gebied waar regelmatig alleenstaande gebouwen en bomen voorkomen
Klasse 4	stedelijk gebied, met gebouwen van tenminste 15 m hoogte

In de praktijk is het mogelijk dat er in één richting een landelijk gebied is en in een andere richting een stedelijk gebied. In de praktijk heb je ook gebieden die zich situeren tussen de omschreven klassen.

Pour une interprétation claire, je vous renvoie vers les sources précitées.

Les directions du vent qui provoquent les vents les plus rapides sont sud à sud-est, ouest à nord-ouest. Le vent le moins fréquent vient de l'est.

Il est recommandé d'utiliser la classe qui provoque la plus grande vitesse de vent. Vous ne pouvez pas influencer la direction d'où vient le vent.

Pour une antenne verticale, adoptez la hauteur moyenne: ex. Une antenne verticale de 5m sur un bâtiment de 32 m. La hauteur z sera dans ce cas $32 + 2,5 = 34,5$ m. Dans ce même cas, si vous constatez que du sommet de ce toit, vous dominez tous les toitures environnantes, vous pouvez passer de la classe 4 vers la 3. Quand on monte des antennes sur des coteaux ou dans des vallées, on doit augmenter la vitesse de base pour tenir compte des effets "tunnel". Les normes donnent des directives concernant cette augmentation de vitesse (voir les sources).

De l'abaque fig 4 nous pouvons déterminer $C_e(z)$ en fonction de la classe de terrain et de l'altitude.

Une construction à 20 m de hauteur à la côte, classe 0: $C_e(20) = 3,4$.

Une construction à 20 m de hauteur dans un endroit classe 3: $C_e(20) = 2,2$.

La pression éolienne de base (Q_b) sur une surface d'altitude z se calcule de la façon suivante:

$$Q_b(z) = C_e(z) \times 1/2 (Rho \times Vo^2) \text{ en N/m}^2$$

avec $Rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ (masse volumique de l'air) et Vo en m/s (voir carte).

Exemple: une construction située à la côte à 20 m: $Q_b = 3,4 \times 1/2(1,25 \times 26^2) = 1436,5 \text{ N/m}^2$.

Exemple: dans la régions de Courtrai la pression éolienne appliquée à un bâtiment situé à 20 m (classe 3) sera de $Q_b = 859 \text{ N/m}^2$. La pression est supérieure d'environ 5 % à 10 % que dans la norme précédente.

Cette pression éolienne de base se produira environ une fois tous les 50 ans et sera répétée plusieurs fois pendant 1 à 3 secondes. C'est aussi ce que l'on appelle un vent exceptionnel. C'est ainsi que je me souviens de la tempête de février 1992. On y a relevé une vitesse de vent de 158 km/h à l'aérodrome de Wevelgem. Depuis lors la plupart des tempêtes dans la région sont situées entre 100 et 128 km/h. La hauteur où l'on relève cette vitesse n'est souvent pas indiquée, mais plus la situation de l'antenne est élevée, plus la vitesse du vent est grande et également la force appliquée à l'installation d'antenne. Les derniers temps, des phénomènes météorologiques locaux tels vent tombants et mini-tornades ont fait leur apparition. On ne parvient pas à retrouver leur vitesse exacte car le phénomène est très localisé. Je pense que malgré tout, si vous suivez la norme, vous pouvez utiliser l'installation en toute tranquillité.

Le paramètre C_e est de 10 % supérieur à celui de la norme précédente.

Pour une construction temporaire qui est installée par exemple pour 5 ans, on peut réduire la pression de 15 %, pour 20 ans une réduction de 5 %.

3. Les forces de contrainte sur les constructions: F

La force que le vent va exercer sur un élément est une fonction de la forme de cet élément.

$$F = C_s \times C_d \times C_f \times Q_b(z) \times A$$

avec $Q_b(z)$ la pression éolienne en N/m^2 à une hauteur z,

avec $C_s \times C_d$ comme paramètre structurels $= \pm 1$ pour les constructions d'amateur.

C_f = paramètre de forme, voir la suite

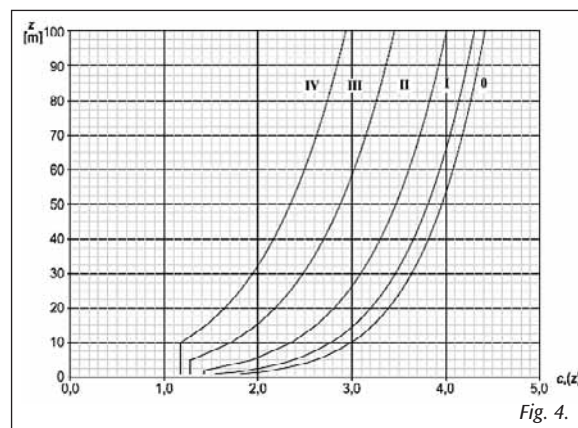
A = la surface projetée en m^2 de l'élément.

Voor de interpretatie hiervan verwijs ik naar de vermelde bronnen.

De windrichtingen die de grootste windsnelheden veroorzaken zijn zuid tot zuidwest, west tot noordwest. De minst voorkomende windrichting is oost.

Het is aangewezen steeds de klasse toe te passen die de hoogste windsnelheid veroorzaakt. De richting van waaruit de wind komt, kun je niet bijsturen.

Voor staafantennes neem je de gemiddelde hoogte: vb. een antenne-staaf met een lengte van 5 m staat op een gebouw van 32 m hoogte. De hoogte z zal in dat geval $32 + 2,5 = 34,5$ m zijn. Wanneer je in datzelfde geval de omgeving bekijkt vanop het dak en het blijkt dat je over alle daken heen kunt kijken, dan kun je de klasse aanpassen van 4 naar 3. Wanneer men op hellingen of in valleien antennes opstelt, dan dient de basisnelheid verhoogd te worden omdat men rekening dient te houden met zogenaamde tunneleffecten. De norm geeft richtlijnen inzake deze snelheidsverhoging (zie bronnen).



In de volgende figuur kunnen we $C_e(z)$ afleiden in functie van de terreinclassen en de hoogte.

Een constructie op 20 m hoogte aan kust, klasse 0: $C_e(20) = 3,4$.

Een constructie op 20 m hoogte in een klasse 3 gebied: $C_e(20) = 2,2$.

De basiswinddruk (Q_b) op een oppervlak van een constructie met hoogte z wordt als volgt berekend:

$$Q_b(z) = C_e(z) \times 1/2 (Rho \times Vo^2) \text{ in N/m}^2$$

met $Rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ (massadichtheid van lucht) en Vo in m/s (zie kaart).

Voorbeeld: aan de kust gelegen constructie op 20 m: $Q_b = 3,4 \times 1/2(1,25 \times 26^2) = 1436,5 \text{ N/m}^2$.

Voorbeeld: voor een in de streek van Kortrijk gelegen constructie op 20 m (klasse 3) zal de basiswinddruk $Q_b = 859 \text{ N/m}^2$ bedragen. De druk is ongeveer 5 % tot 10 % hoger dan in de voorgaande norm.

Deze basiswinddruk zal gemiddeld één maal om de 50 jaar voorkomen en zal herhaaldelijk aanhouden gedurende 1 tot 3 seconden. Dit wordt ook een uitzonderlijke wind genoemd. Zo herinner ik mij de storm van februari 1992. Toen werd op de luchthaven van Wevelgem 158 km/h gemeten. Sindsdien waren de meest voorkomende stormen in onze streek tussen de 100 tot 128 km/h. De hoogte waarop de snelheid gemeten wordt, is meestal niet meegedeeld, maar hoe hoger de opstelling van de antenne, hoe hoger de windsnelheid en ook de winddruk die de constructie belast. De laatste tijd zijn er lokale weerfenomenen waargenomen zoals windhozen en 'valwinden'. De snelheid hiervan is moeilijk te achterhalen omdat het zeer plaatselijk is. Doch ik meen dat indien je de norm hanteert, je met een geruster gemoed je opstelling kan gebruiken.

De C_e -parameter is 10 % hoger dan bij de voorgaande norm.

Voor een tijdelijke constructie die bijvoorbeeld voor een periode van 5 jaar opgesteld wordt, mag de druk met 15 % verlaagd worden, voor 20 jaar een vermindering met 5 %.

3. De krachten op de constructies: F

De kracht die de wind op een element zal uitoefenen is in functie van de vorm van dat element.

$$F = C_s \times C_d \times C_f \times Q_b(z) \times A$$

met $Q_b(z)$ de winddruk in N/m^2 op een hoogte z,

met $C_s \times C_d$ als structurele parameters $= \pm 1$ voor amateurconstructies.

C_f = vormparameter, zie verder

A = het geprojecteerde oppervlak in m^2 van het element.

Cf tient compte de la forme aérodynamique et est pour:

- des profilés tels I, U,.... = 2
- pièces plates: 2 à 2,4, avec angles arrondis 1,8 à 2,2
- polygones: pentagone 1,8, hexagone 1,6, octogone à dodécagone 1,3
- pour des tubes lisses: dépend de la forme du filet d'air (nombre de Reynolds), quelques règles de base: tuyau diamètre < 40 mm: 1,2, tuyau 60 mm: 1,05, tuyau 80 mm: 0,95.
- câbles en acier: 1,2
- boule: 0,6
- pour les mâts triangulaires en tube: pour la majorité des mats pour amateurs, Cf situé entre 1,3 et 1,45
- mats carrés en profilé: 2,4 à 3

Un exemple.

Une yagi 6 m à 5 éléments (radiateur 2,8 m, longueur du boom 4,5 m) construite en tube aluminium de 12 mm installé dans une zone classe 2 (campagne) à 15 m de hauteur, à Roulers.

La force F exercée sur l'élément se définit de la façon suivante:

- Vo (Roulers) = 26 m/s
- Ce(15) classe 2 = 2,6
- Qb = $2,6 \times 1/2 (1,25 \times 26^2) = 1098,6 \text{ N/m}^2$
- A = $0,012 \times 2,8 \text{ m} = 0,0336 \text{ m}^2$ en Cf = 1,2
- F = $1,2 \times 1098,6 \times 0,0336 \text{ m}^2 = 44,3 \text{ N}$ pour un élément.

Si l'élément sera définitivement plié est un autre calcul. Remarque: avec une épaisseur de paroi de 2 mm, l'élément survivra à la tempête, avec une paroi de 1 mm, l'élément est à la limite de plier..

Pour cette antenne directive à 5 éléments, ceux-ci provoqueront une charge de 221 N. Vous pouvez ajouter à cette force 10 % pour le hardware genre vis, plaquettes, fixe-tube... à prendre en compte, cela devient 243 N.

Chez un constructeur d'antenne commercial, 170 N sont donnés pour une antenne à 5 éléments pour 130 km/h. La différence est principalement à attribuer au fait que la vitesse du vent dans la norme est plus élevée, dans ce cas sensiblement 152 km/h.

En supposant qu'on utilise un boom carré de 25 mm de coté, de combien deviendra la force exercée par le vent?

Dans ce cas on place alors l'antenne à angle droit avec le vent en présence. La surface du boom est de $0,025 \times 4,5 \text{ m} = 0,1125 \text{ m}^2$ et dans ce cas Cf = 2 (coté plat).

$F = 2 \times 0,1125 \text{ m}^2 \times 1098,6 \text{ N/m}^2 = 247 \text{ N} + 10 \%$ pour le hardware + et le frottement le long des éléments ($\pm 10 \%$ ou 2,21 N) = 274 N, ce qui est supérieur au calcul précédent.

Dans ce cas il est préférable de positionner l'antenne dirigée dans la direction du vent.

Si le boom était un tuyau (Cf = 1,2) d'un diamètre de 25 mm, dans ce cas la force sur le boom ne serait que de $148 \text{ N} + 10 \% + 2,21$ (frottement le long des éléments) = 165N.

Pour les antennes HF il faut déterminer la surface de l'élément. Exemple: un élément 20 m avec une longueur totale de 10,5 m, le demi élément fait alors 5,25 m et se compose de longueurs de 1 m, diamètres 32 mm, puis 28 mm, 25 mm, 20 mm, 16 mm et un bout de 12 mm et de 0,25 m La surface du demi-élément est de

$$A = (0,032 + 0,028 + 0,025 + 0,020 + 0,016) \times 1 \text{ m} + (0,012 \times 0,25 \text{ m}) = 0.124 \text{ m}^2$$

L'élément a une surface totale de 0,248 m². Si on installe l'élément à une hauteur de 24 m, en rase campagne classe 1, à Menin, on retrouve

$$Qb = 3,4 \times 1/2 \times 1,25 \times 26^2 = 1436 \text{ N/m}^2$$

(la vitesse éolienne selon la norme est alors de 172 km/h)

Cf houdt rekening met de aerodynamische vorm en is voor:

- profielen zoals zwee, I, U,.... = 2
- platte stukken: 2 tot 2,4, met afgeronde hoeken 1,8 à 2,2
- veelhoeken: vijfhoek 1,8, zeshoek 1,6, acht- tot twaalfhoek 1,3
- voor gladde buizen: afhankelijk van de vorm van de luchtstroming (reynoldsgetal); enkele vuistregels: buis diameter < 40 mm: 1,2, buis 60 mm: 1,05, buis 80 mm: 0,95
- staalkabels: 1,2
- bol: 0,6
- voor driehoekige masten met buizen: voor de meeste amateurmasten is Cf = 1,3 tot 1,45
- voor vierhoekige masten met profielen: 2,4 à 3

Een voorbeeld.

Een 6 m 5 el yagi (stralerlengte 2,8 m, boomlengte 4,5 m) gebouwd met 12 mm aluminiumbuis is opgesteld in klasse 2 gebied (landelijk) op 15 m hoogte, in Roeselare.

De kracht F op het element wordt als volgt bepaald:

- Vo (Roeselare) = 26 m/s
- Ce(15) klasse 2 = 2,6
- Qb = $2,6 \times 1/2 (1,25 \times 26^2) = 1098,6 \text{ N/m}^2$
- A = $0,012 \times 2,8 \text{ m} = 0,0336 \text{ m}^2$ en Cf = 1,2
- F = $1,2 \times 1098,6 \times 0,0336 \text{ m}^2 = 44,3 \text{ N}$ voor één element.

Of de aluminiumbuis blijvend zal geplooid zijn, is een andere berekening. Opmerking: bij een wanddikte van 2 mm zal het element de storm overleven, bij een wanddikte van 1 mm zal het element juist niet plooiën.

Voor deze 5-element richtantenne zullen de elementen 221 N belasting veroorzaken. Je mag deze kracht met 10 % verhogen om de belasting van de hardware zoals platen, bouten/moeren, buisklemmen,... in rekening te brengen, dit wordt dan 243 N.

Bij een commerciële antennebouwer wordt voor een 5-element 170 N bij 130 km/h opgegeven. Het verschil is voornamelijk te wijten aan het feit dat de windsnelheid bij de norm hoger ligt, in dit geval is dat namelijk 152 km/h.

In de veronderstelling dat er een vierkante boom van 25 mm zijde gebruikt wordt, hoeveel wordt dan de kracht uitgeoefend door de wind?

De antenne wordt in dit geval haaks op de heersende windrichting geplaatst. Het boomoppervlak is $0,025 \times 4,5 \text{ m} = 0,1125 \text{ m}^2$ en in dit geval is Cf = 2 (plat vlak).

$F = 2 \times 0,1125 \text{ m}^2 \times 1098,6 \text{ N/m}^2 = 247 \text{ N} + 10 \%$ voor hardware + wrijving langsheen de elementen ($\pm 10 \%$ of 2,21 N) = 274 N, hetgeen hoger is dan eerder berekend.

In dit geval is het aangewezen om de richtantenne in de wind te laten staan.

Indien de boom een buis (Cf = 1,2) met een diameter van 25 mm zou zijn, dan is de kracht op de boom slechts $148 \text{ N} + 10 \% + 2,21$ (wrijving langsheen de elementen) = 165N.

Voor HF-antennes dien je het oppervlak van een element te bepalen: bv. een 20 m element met een totale lengte van 10,5 m, een half element is dan 5,25 m en is opgebouwd met 1 m lengte diameter 32 mm, dan 28 mm, 25 mm, 20 mm, 16 mm en de tip is 12 mm met een lengte van 0,25 m. De oppervlakte van het half element is

$$A = (0,032 + 0,028 + 0,025 + 0,020 + 0,016) \times 1 \text{ m} + (0,012 \times 0,25 \text{ m}) = 0.124 \text{ m}^2$$

Het element heeft een totale oppervlakte van 0,248 m². Indien het element op 24 m hoogte opgesteld staat, in een zeer landelijk gebied klasse 1, in Menen, dan wordt

$$Qb = 3,4 \times 1/2 \times 1,25 \times 26^2 = 1436 \text{ N/m}^2$$

(de genormeerde windsnelheid is dan 172 km/h)

L'élément subira alors une force de $F = 1,2 \times 1436 \text{ N/m}^2 \times 0,248 \text{ m}^2 = 427 \text{ N/m}^2$.

Un autre exemple, c'est une X7 de Cushcraft, à laquelle constructeur attribue 920 N à 130 km/h. En appliquant la norme cela devient 1120 N par 150 km/h. En se plaçant perpendiculairement à la direction du vent la charge devient 480 N à 150 km/h.

Je veux faire quelques réserves quand on prétend que l'on peut placer les antennes "en berne". Pendant les tempêtes le vent change de direction quand l'œil est passé. Au cours des mini-tornades et les vents tombants, la direction du vent change souvent rapidement et plusieurs fois.

Que faire quand votre antenne rotative refuse de tourner? Vous considérez alors la force la plus puissante sur cette antenne. Prenez alors cette force en compte lors du calcul des structures portantes comme le tube de mat supérieur et pour finir le mat complet et la fixation à la façade.

Conclusion

La force sur les antennes et finalement sur le tube terminal et le mat est fonction de la hauteur et de l'emplacement géographique de l'installation. Une antenne installée à la cote subit pratiquement deux fois plus de sollicitations qu'une installation citadine. Les vitesses du vent et les forces y afférentes données par les constructeurs se produisent environ tous les 5 ans dans notre pays et à la cote au moins une fois par an. Ils ne mentionnent que rarement la vitesse du vent pour laquelle l'antenne a été calculée (survival velocity).

Pour l'application de la norme vous pouvez définir vous-même les efforts dans votre application. Dans ce cas vous pouvez acheter une antenne et la transformer, soit en construire une vous-même. Dans ce cas, en condition exceptionnelle, vous aurez moins de dégâts.

Les booms carrés sont actuellement fort populaires parmi les constructeurs, mais les forces en présence sont ici de 40 % supérieures à l'application avec tube rond.

Un prochain article traitera de la résistance des matériaux utilisés et comment on peut calculer la structure portante.

ON4CT
Dirk

Sources

- NBN B003-002-01 dec 1988: Windbelasting op bouwwerken – Algemeen - Winddruk op een wand en gezamenlijke windeffecten op bouwwerken.
- EN 1991-1-4 Actions on structures - part 1-4 Wind actions.
- <http://users.belgacom.net/gc009046/documenten/referenties/referentie2.htm>: interprétation du terrain.

Het element zal een kracht $F = 1,2 \times 1436 \text{ N/m}^2 \times 0,248 \text{ m}^2 = 427 \text{ N/m}^2$ ondervinden.

Een andere voorbeeld is een X7 van Cushcraft, waarvan de fabrikant 920 N bij 130 km/h publiceert. Bij het toepassen van de norm wordt dit 1120 N bij 150 km/h. Bij het haaks op de windrichting plaatsen wordt de belasting 480 N bij 150 km/h.

Ik wil enig voorbehoud maken bij het feit dat men antennes 'uit de wind' kan plaatsen. Bij stormen verandert de windrichting na het 'oog' van richting. Bij windhozen en valwinden verandert de windrichting zeer snel en meestal meerdere malen.

Wat indien uw rotor de antenne niet meer kan verdraaien? Je beschouwt best de grootst inwerkende kracht van een antenne. Deze kracht breng je dan in rekening bij het bepalen van de dragende constructies zoals de topbuis en uiteindelijk de mast of een gevelbevestiging.

Besluit

De kracht op de antennes en uiteindelijk op de topbuis en de mast is in functie van de hoogte en de geografische plaats van opstelling. Een antenneopstelling aan de kust wordt bijna tweemaal zwaarder belast dan een opstelling in een stedelijk gebied. De windsnelheden en bijhorende krachten opgegeven door antennefabrikanten komen in ons land gemiddeld om de 5 jaar voor, aan de kust is dat minimum eenmaal per jaar. Zij vermelden slechts zelden de maximum windsnelheid waarmee de antenne berekend is (survival velocity).

Door het toepassen van de norm kun je zelf de krachten bepalen in uw toepassing, dan kun je eventueel een antenne aankopen of (ver) bouwen, die geschikt is voor uw topbuis/mast. Waardoor je bij uitzonderlijk weer minder schade zal hebben.

Vierkante booms zijn heden populair bij de fabrikanten, maar de krachten hierop zijn tot 80 % hoger dan bij het toepassen van een buis.

Een volgend artikel zal handelen over de sterkte van gebruikte materialen en hoe men een dragende constructie kan berekenen.

ON4CT
Dirk

Bronnen

- NBN B003-002-01 dec 1988: Windbelasting op bouwwerken – Algemeen - Winddruk op een wand en gezamenlijke windeffecten op bouwwerken.
- EN 1991-1-4 Actions on structures - part 1-4 Wind actions.
- <http://users.belgacom.net/gc009046/documenten/referenties/referentie2.htm>: interpretatie van het terrein.

VAARSCHOOL KAMINA
Theorie - Praktijk - Marifoon/VHF

Pierre YSERBYT
Stuurman Bijz. Vaart

ON4YP
0862.995.835
Lid NAUTIBEL
050 61 56 87
0495 34 33 56
kamina@skynet.be
www.vaarschoolkamina.be



E.R.S. Telecom Walderdonk 77-79
b.v.b.a. 9185 Wachetebeke
Belgium

ON6ERS
(Eddie)
+32 (0)475 289 507



All telecommunications equipment, repairs & services: CB - Ham-radio - GSM - VHF/UHF - Marine & Airband - security & observing systems - GPS & tracking - motorintercom's ...

Tel. +32 (0)9 342 9507 Fax. +32 (0)9 342 0017
www.ers.be www.CBshop.eu info@ers.be