

TSL  
2021-5732

# **Behovsstyrd hinderbelysning för vindkraftverk**

– en jämförelse mellan nationella och internationella krav

© Transportstyrelsen

Sjö- och luftfartsavdelningen  
Infrastrukturenheten

Rapporten finns tillgänglig på Transportstyrelsens webbplats [www.transportstyrelsen.se](http://www.transportstyrelsen.se)

Dnr/Beteckning TSL 2021-5732  
Författare Ekström Linnéa  
Månad År November 2021

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

## Sammanfattning

Transportstyrelsen har sedan länge krävt högintensiv hinderbelysning på föremål som är högre än 150 meter över land eller vattenyta. Vindkraftverk har i detta avseende inte särbehandlats i de nationella föreskrifterna.

Vindkraften står i dagsläget för ungefär en tiondel av den svenska energiproduktionen. Den kraftiga ökningen av vindkraftverk och vindkraftsparker med verk över 150 meter har även medfört en ökning av flyghindermarkering i form av högintensiva ljus. Ökningen av högintensiva ljus har i sin tur medfört ökade olägenheter på grund av ljuset framförallt för boende i närheten av vindkraftsparker, men även för djur och naturliv. Vindkraftsbranschen har därför försökt ta fram lösningar att styra hinderljusen så att dessa enbart är tända vid behov, det vill säga när ett luftfartyg närmar sig en vindkraftspark eller ett enskilt verk markerat med högintensiv belysning.

Transportstyrelsen har tidigare beviljat ansökningar om att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning med hjälp av radarsystem. Sedan 2013 har dock inga nya ansökningar beviljats av Transportstyrelsen, bland annat på grund av Försvarmaktens avrådan med hänsyn till rikets säkerhet.

Denna rapport redogör för svenska och internationella krav på hindermarkering av vindkraftverk samt hur kraven på hindermarkering av vindkraftverk samt tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning skiljer sig åt mellan europeiska länder. Vidare förklaras även hur den nationella modellen för samutnyttjande av det svenska luftrummet påverkar möjligheterna till att tillämpa behovsstyrda system för hinderbelysning.

## Begrepp och förkortningar

ADLS	Aircraft Detection Lighting System
ICAO	International Civil Aviation Organisation
Nacell	Maskinhuset längst upp på tornet på ett vindkraftverk.
TMZ	Transponder Mandatory Zone
VFR	Visuellflygregler

## Innehåll

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>BEGREPP OCH FÖRKORTNINGAR.....</b>	<b>4</b>
<b>INNEHÅLL .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte och frågeställningar .....	9
1.3 Avgränsningar.....	9
1.4 Disposition .....	10
<b>2 INTERNATIONELLA STANDARDER OCH REKOMMENDATIONER .....</b>	<b>11</b>
2.1 Chicagokonventionen .....	11
2.1.1 ICAO Annex 14.....	11
<b>3 NATIONELL REGLERING .....</b>	<b>14</b>
3.1 TSFS 2020:88.....	14
3.1.1 Markering av vindkraftverk .....	14
<b>4 NATIONELL LAGSTIFTNING I ANDRA EUROPEISKA LÄNDER.....</b>	<b>16</b>
4.1 Danmark .....	16
4.2 Norge .....	18
4.3 Finland .....	19
4.4 Nederländerna .....	19
4.5 Storbritannien.....	20
4.6 Tyskland.....	21
4.7 Frankrike .....	22
<b>5 DISKUSSION.....</b>	<b>22</b>
<b>6 SLUTSATSER .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>28</b>

# 1 Inledning

I regleringsbrevet för budgetåret 2021 avseende Transportstyrelsen ges myndigheten följande uppdrag:

*Transportstyrelsen ska redogöra för hur myndighetens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2010:155) om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan förhåller sig till de internationella standarder och rekommendationer som anges i Chicagokonventionens Annex 14 Aerodromes avseende möjligheten att bevilja undantag från reglerna och medge behovsstyrd hinderbelysning för vindkraftverk.*

*Transportstyrelsen ska dessutom redovisa en jämförelse mellan det svenska regelverket och andra relevanta europeiska länders nationella regelverk gällande behovsstyrd hinderbelysning.*

## 1.1 Bakgrund

Enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2020:88) om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten samt om flyghinderanmälan, ska föremål som har en höjd av 45 meter eller högre över mark- eller vattenytan och som är belägna utanför en flygplats fastställda hinderbegränsande ytor markeras i enlighet med den aktuella föreskriften.

Syftet med att markera föremål som är höga nog att utgöra en fara för luftfarten är att minimera risken för att luftfartyg kolliderar med dessa hinder. Hur vindkraftverk skulle markeras aktualiserades när vindkraften i allt större skala börjades användas i Sverige. För att omhänderta den flygsäkerhetsrisk som vindkraftverken kom att utgöra startade Transportstyrelsen ett föreskriftsprojekt 2008. Vid den tidpunkten hade den internationella civila luftfartsorganisationen ICAO inga standarder eller rekommendationer för markering av vindkraftverk. Projektet beslutade att vindkraftverk skulle ha samma krav på markering som alla andra objekt som utgör en fara för luftfarten. Skälet till Transportstyrelsens ställningstagande är att det inte kan anses råda någon flygsäkerhetsmässig skillnad om objektet som utgör en fara för luftfarten är ett vindkraftverk eller ett annat objekt.

Regleringen av markering av hinder som kan utgöra en fara för luftfarten är inte harmoniserad inom EU och skiljer sig därmed åt mellan medlemsländerna. Den nationella regleringen för markering av vindkraftverk fanns innan ICAO:s publicerade sina rekommendationer och

Sverige har valt att ha högre krav för viss typ av markering än vad ICAO rekommenderar.

Alla vindkraftverk i Sverige med en höjd över 45 meter ska förses med ljus. Upp till 150 meter gäller medelintensivt rött ljus. Vindkraftverk med en höjd över 150 meter ska markeras med högintensivt, vitt blinkande ljus på nacellen. Kraven redovisas mer utförligt nedan.

Hinderljus ska monteras på objektets högsta punkt. Syftet med installationen är att medvetengöra för piloten var objektet slutar. Planerar piloten att flyga över hinderljuset så ska ingen kollision med objektet inträffa. Ett vindkraftverks högsta punkt är, utifrån dess konstruktion, inte möjlig att markera med ett hinderljus. Anledningen är att den högsta punkten är vindkraftverkets rotorblad när det befinner sig i sitt högsta läge. Dagens teknik medger inte att hinderljus monteras på rotorbladen. Hinderljus på vindkraftverk monteras därför på den högsta fasta punkten som är vindkraftverkets turbinhus (nacellen).

De största vindkraftverken i dag kan ha rotorblad som har en längd över 100 meter. Det innebär att objektet som utgör en fara för luftfarten fortsätter 100 meter ovanför hinderljuset. Så i praktiken utgör vindkraftverken en högre flygsäkerhetsrisk än andra föremål, då det inte är möjligt att markera den högsta punkten.

När ICAO införde rekommendationer för markering av vindkraftverk år 2010 bedömde Transportstyrelsen att det nationella kravet på markering med högintensiv belysning för vindkraftverk över 150 meter skulle behållas, eftersom myndigheten ansåg att den tidigare utförda flygsäkerhetsbedömningen fortfarande var aktuell.

Det har sedan dess förts diskussioner mellan marknaden, Transportstyrelsen och andra berörda aktörer, myndigheter och departement, kring huruvida det krav som vi initialt bestämt ska gälla i Sverige fortfarande kan motiveras trots att det till viss del utgör avsteg från ICAO annex 14. Nämnas bör dock att avsnittet om markering av vindkraftverk endast är rekommendationer i annexet.

Utöver problemet att markera den högsta punkten på ett vindkraftverk kan färgmarkeringskravet under vissa omständigheter skapa problem för piloter att visuellt upptäcka vindkraftverk. Vindkraftverk ska enligt ICAO Annex 14, liksom Transportstyrelsens föreskrifter, markeras med vit färg. Markeringskravet kan försvåra för piloter att upptäcka vindkraftverk då kontrasten mot himmel eller mark är låg under vissa meteorologiska förhållanden eller när marken är täckt med snö. Transportstyrelsen anser därför att det är försvarbart att vindkraftverk har samma markeringskrav som andra objekt som utgör en fara för luftfarten i syfte att öka synbarheten

och därigenom underlätta för piloter att i tid upptäcka vindkraftverk när ogynnsamma förhållanden råder.

Sverige har även reglerat områden som inte finns i annexet, t ex markering av staglinor samt linor till förankrade ballonger och drakar. Det finns alltså diskrepanser även på andra områden än det som är föremål för detta uppdrag.

Det senaste decenniet har vindkraften utvecklats till att bli en viktig del av Sveriges energisystem och vindkraften som resurs är en bidragande faktor i målet att nå ett helt förnybart elsystem<sup>1</sup>. Vindkraften har på bara några år gått från att vara en liten del i det svenska energisystemet till att i dagsläget stå för ca 11 % av Sveriges elproduktion.<sup>2</sup> I och med den kraftigt växande etableringen av nya vindkraftsparker med vindkraftverk med en höjd över 150 meter, har även markeringen med högintensiv belysning ökat och därmed de konsekvenser som följer med detta, t ex att ljuset från vindkraftverk kan störa boende och djurliv. Med anledning av detta har Transportstyrelsen de senaste åren tagit emot ett ökat antal ansökningar om undantag från TSFS 2020:88 och kraven på markering av vindkraftverk med högintensivt vitt blinkande ljus.

Enligt 43 § TSFS 2020:88 kan Transportstyrelsen medge undantag från föreskrifterna. För att Transportstyrelsen ska kunna fatta ett sådant beslut krävs dock att den sökande visar att flygsäkerheten kan omhändertas på ett likvärdigt sätt.

Ansökningar om undantag från kraven på hinderbelysning bereds genom att skickas på remiss till olika instanser, både internt inom myndigheten samt till externa aktörer som Försvarmakten, Polismyndigheten och Svenska flygbranschen. Transportstyrelsens prövning handlar om att ta reda på om den sökta lösningen kan anses acceptabel ur ett flygsäkerhetsperspektiv.

Under åren 2010-2013 beviljades en handfull ansökningar om att få tillämpa system för radarstyrning av vindkraftverk, vilket kortfattat innebär att hinderljuset endast är tända när ett luftfartyg befinner sig i parkens närhet.

År 2016 kom Försvarmakten med ett ställningstagande<sup>3</sup> avseende ansökningar om undantag från kraven på hinderbelysning i då gällande TSFS 2010:155 där det framgår att de inte kan lämna bifall till sådana godkännanden. Den militära luftfarten har behov av att kunna operera på ett annat sätt än den civila luftfarten för att kunna lösa sina uppgifter. Hur detta

<sup>1</sup> Energimyndigheten 2017. *Riksinressen energiproduktion-vindbruk* (energimyndigheten.se)

<sup>2</sup> *Vindkraft i Sverige* (energimyndigheten.se)

<sup>3</sup> *Försvarmaktens ställningstagande avseende begäran om undantag enligt 33 § i TSFS 2010:155 avseende hinderbelysning*, FM2016-10926:1.



tillämpas görs på olika sätt i olika europeiska länder givet nationell lagstiftning och vägval (mer om detta i kapitel 6).

Ställningstagandet fokuserade på radarstyrd hinderbelysning och slår fast att denna lösning inte kan anses uppnå acceptabel flygsäkerhet ur Försvarmaktens perspektiv, samt att användningen av radarstyrd hinderbelysning kan medföra men för rikets säkerhet.

Försvarmakten uppdaterade sitt ställningstagande år 2021<sup>4</sup> och omfattar utöver radarstyrd hinderbelysning nu även transponderstyrd hinderbelysning samt hinderbelysning styrd med så kallade siktsystem. I ställningstagandet har Försvarmakten utgått från tre aspekter vid genomförd analys; risk för spridning av information rörande Sveriges säkerhet, flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del. Ståndpunkten är dock densamma; Försvarmakten avråder från samtliga former av behovsstyrd hinderbelysning.

Eftersom Försvarmaktens skäl till avrådan väger tungt i bedömningen av nämnda ärenden har Transportstyrelsen beaktat deras avrådan, vilket har bidragit till att Transportstyrelsen i dagsläget inte beviljar några ansökningar om att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning.

För att komma runt problemet att inte alla luftfartyg är utrustade med transponder och att det inte heller finns något transponderkrav för vissa lufterumsklasser (vilket krävs för att tillämpa transponderstyrd hinderbelysning) har det även kommit upp frågor gällande möjligheten att upprätta så kallade Transponder Mandatory Zones, TMZ, runt om vindkraftparker. Av denna anledning har detta tagits med som en fråga till de länder som valts ut under kapitel 1.3 och berörs även kortfattat i kapitel 5.

## **1.2 Syfte och frågeställningar**

Transportstyrelsens uppdrag har varit att jämföra och sammanställa information i syfte att ge Infrastrukturdepartementet en större förståelse för och en bättre översikt av svenska föreskrifter kontra internationella regelverk, samt kunna ta del av europeiska länders reglering och inställning i frågan.

## **1.3 Avgränsningar**

I uppdraget anges att Transportstyrelsen ska redovisa en jämförelse mellan det svenska regelverket och andra relevanta europeiska

---

<sup>4</sup> Försvarmaktens ställningstagande avseende behovsstyrd hinderbelysning, FK2021-15034:3.

länders nationella regelverk gällande behovsstyrd hinderbelysning. I och med detta har en avgränsning till följande länder gjorts:

- Danmark
- Norge
- Finland
- Nederländerna
- Storbritannien
- Tyskland
- Frankrike

Eftersom behovsstyrd hinderbelysning så gott som uteslutande berör vindkraftsparker med vindkraftverk som är högre än 150 meter har samtliga jämförelser och frågor avgränsats till att enbart omfatta verk med dessa höjder eller högre.

Jämförelsen mellan krav på typ av belysning i de olika länderna har avgränsats till att enbart titta på vilken typ av belysning som krävs på vindkraftverkens högsta fasta punkt. Det kan även förekomma markering med ljus på mellanliggande nivåer men dessa berörs inte i den här rapporten.

De ansökningar som kommit in till Transportstyrelsen gällande tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning har uteslutande rört vindkraftsverk/vindkraftsparker. Avsnitt 2 nedan avgränsas därför till att endast omfatta regler som har betydelse för markering vindkraftverk och berör inte markering av hinder i allmänhet.

#### **1.4 Disposition**

Inledningsvis redovisas det uppdrag som Transportstyrelsen ges i regleringsbrevet för 2021. Därefter följer en bakgrundsbeskrivning för att ge en bättre förståelse för frågans upprinnelse och komplexitet.

I kapitel 2 och 3 redogörs för internationella och nationella krav gällande markering av hinder och framförallt markering av vindkraftverk.

Kapitel 4 innehåller information om andra relevanta europeiska länders lagstiftning på området samt inställning till behovsstyrd hinderbelysning.

I kapitel 5 förs en diskussion kring varför Sverige har ansett att högintensiv belysning är motiverat och slutligen, i kapitel 6 sammanfattas det som tagits upp i övriga kapitel.

## 2 Internationella standarder och rekommendationer

Inledningsvis bör nämnas att det saknas harmoniserad lagstiftning inom EU för markering av hinder som ligger utanför en flygplats hinderbegränsande ytor. Den internationella regleringen på området återfinns i ICAO:s Annex 14, vilket redogörs för nedan.

### 2.1 Chicagokonventionen

Chicagokonventionen (Doc 7300/9) utgör grunden till det internationella samarbete som drivs av ICAO. Konventionen undertecknades 1947 av de då 52 medlemsstaterna och har sedan dess ratificerats av 193 stater, där Sverige är en av dem.

Chicagokonventionen innehåller sammanlagt 96 artiklar som reglerar medlemsstaternas rättigheter och skyldigheter inom den civila luftfartens olika sakområden. ICAO fastställer normer och rekommendationer vilka publiceras i konventionens 18 bilagor (annex). Normerna och rekommendationerna ska vägleda medlemsstaterna vid utformning av nationella regler och måste införlivas i nationell lagstiftning för att bli bindande i Sverige och direkt tillämpliga för svenska verksamhetsutövare. Standarder ska ses som bindande för medlemsstaten att implementera medan rekommendationer är valbara. En medlemsstat kan dock välja att inte införliva en standard och sådana avvikelser ska i sådana fall meddelas ICAO.

#### 2.1.1 ICAO Annex 14

ICAO Annex 14 –Aerodromes innehåller standarder och rekommendationer för flygplatsers drift och utformning.

Enligt Annex 14 1.2.1 ska standarder och rekommendationer i annexet tillämpas av alla flygplatser som är öppna för allmänheten i enlighet med Chicagokonventionen artikel 15. Kapitlet riktar sig således mot flygplatser men innehåller även delar som ska tillämpas på hinder utanför en flygplats hinderbegränsande ytor. Annex 14 har inga standarder eller rekommendationer för behovsstyrd hinderbelysning.

Standarder och rekommendationer för markering av hinder inom en flygplats hinderbegränsande område finns i ICAO Annex 14 kapitel 6, Visual Aids for denoting obstacles.

Nedan redogörs för de avsnitt i Annex 14 som är relevanta för den aktuella frågeställningen.

### Visual aids for denoting obstacles

Enligt 6.2.4.1 ska ett vindkraftverk markeras och/eller förses med ljus om det klassas som ett hinder för luftfarten. Enligt not 1 får respektive medlemsstat avgöra om det behövs ytterligare markering.

I not 2 hänvisas till 4.3.1 och 4.3.2, som båda är rekommendationer. Not 1 talar om att den behöriga myndigheten ska konsulteras gällande föremål som föreslås föras upp utanför en flygplats hinderbegränsande ytor och som sträcker sig över en höjd som fastställts av samma myndighet. Not 2 säger att utanför en flygplatshinderbegränsande ytor ska *minst* föremål som är 150 meter eller högre betraktas som hinder, såvida inte en flygoperativ analys visar att de inte utgör någon fara för luftfartyg.

Notera att avsnittet om markering av vindkraftverk nedan endast är rekommendationer och därmed inte bindande för medlemsstaten att införliva.

*6.2.4.1 A wind turbine shall be marked and/or lighted if it is determined to be an obstacle.*

*Note 1.— Additional lighting or markings may be provided where in the opinion of the State such lighting or markings are deemed necessary.*

*Note 2.— See 4.3.1 and 4.3.2*

*6.2.4.3 Recommendation.— When lighting is deemed necessary, in the case of a wind farm, i.e. a group of two or more wind turbines, the wind farm should be regarded as an extensive object and the lights should be installed:*

- a) to identify the perimeter of the wind farm;*
- b) respecting the maximum spacing, in accordance with 6.2.3.15, between the lights along the perimeter, unless a dedicated assessment shows that a greater spacing can be used;*
- c) so that, where flashing lights are used, they flash simultaneously throughout the wind farm;*
- d) so that, within a wind farm, any wind turbines of significantly higher elevation are also identified wherever they are located; and*
- e) at locations prescribed in a), b) and d), respecting the following criteria:*
  - i) for wind turbines of less than 150 m in overall height (hub height plus vertical blade height), medium-intensity lighting on the nacelle should be provided;*
  - ii) for wind turbines from 150 m to 315 m in overall height, in addition to the medium-intensity light installed on the nacelle, a second*

*light serving as an alternate should be provided in case of failure of the operating light. The lights should be installed to assure that the output of either light is not blocked by the other; and*

*iii) in addition, for wind turbines from 150 m to 315 m in overall height, an intermediate level at half the nacelle height of at least three low-intensity Type E lights, as specified in 6.2.1.3, should be provided. If an aeronautical study shows that low-intensity Type E lights are not suitable, low-intensity Type A or B lights may be used.*

*Note.— The above 6.2.4.3 e) does not address wind turbines of more than 315 m of overall height. For such wind turbines, additional marking and lighting may be required as determined by an aeronautical study.*

*6.2.3.15, between the lights along the perimeter, unless a dedicated assessment shows that a greater spacing can be used; c) so that, where flashing lights are used, they flash simultaneously throughout the wind farm; d) so that, within a wind farm, any wind turbines of significantly higher elevation are also identified wherever they are located; and e) at locations prescribed in a), b) and d), respecting the following criteria: i) for wind turbines of less than 150 m in overall height (hub height plus vertical blade height), medium-intensity lighting on the nacelle should be provided; ii) for wind turbines from 150 m to 315 m in overall height, in addition to the medium-intensity light installed on the nacelle, a second light serving as an alternate should be provided in case of failure of the operating light.*

*The lights should be installed to assure that the output of either light is not blocked by the other; and iii) in addition, for wind turbines from 150 m to 315 m in overall height, an intermediate level at half the nacelle height of at least three low-intensity Type E lights, as specified in 6.2.1.3, should be provided. If an aeronautical study shows that low-intensity Type E lights are not suitable, low-intensity Type A or B lights may be used.*

*Note.— The above 6.2.4.3 e) does not address wind turbines of more than 315 m of overall height. For such wind turbines, additional marking and lighting may be required as determined by an aeronautical study.*

*6.2.4.4 Recommendation.— The obstacle lights should be installed on the nacelle in such a manner as to provide an unobstructed view for aircraft approaching from any direction.*

*6.2.4.5 Recommendation.— Where lighting is deemed necessary for a single wind turbine or short line of wind turbines, the installation should be in accordance with 6.2.4.3 e) or as determined by an aeronautical study*

Nedan redovisas även rekommendationen gällande markering av övriga hinder som överstiger 150 meter.

*Lighting of objects with a height 150 m or more above ground level*

*6.2.3.28 Recommendation.— High-intensity obstacle lights, Type A, should be used to indicate the presence of an object if its height above the level of the surrounding ground exceeds 150 m and an aeronautical study indicates such lights to be essential for the recognition of the object by day.*

*6.2.3.29 Where high-intensity obstacle lights, Type A, are used, they shall be spaced at uniform intervals not exceeding 105 m between the ground level and the top light(s) specified in 6.2.3.10, except that where an object to be marked is surrounded by buildings, the elevation of the tops of the buildings may be used as the equivalent of the ground level when determining the number of light levels.*

## **3 Nationell reglering**

### **3.1 TSFS 2020:88**

TSFS 2010:155 upphävdes i december 2020 genom Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2020:88) om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten samt om flyghinderanmälan.

TSFS 2020:88 ska tillämpas vid markering av föremål som har en höjd av 45 meter eller högre över mark- eller vattenytan och som är belägna utanför en flygplats fastställda hinderbegränsande ytor.

#### **3.1.1 Markering av vindkraftverk**

*14 § Ett vindkraftverk som inklusive rotorn i sitt högsta läge har en höjd av 45–150 meter över mark- eller vattenytan ska markeras med vit färg enligt 23 § och vara försett med medelintensivt rött blinkande ljus på nacellen enligt bilaga 3.*

*Ett vindkraftverk som inklusive rotorn i sitt högsta läge har en höjd över 150 meter över mark- eller vattenytan ska markeras med vit färg enligt 23 § och vara försett med högintensivt vitt blinkande ljus på nacellen i enlighet med bilaga 3. Hinderljuset som installeras på nacellen ska placeras på ett sådant sätt att det blir synligt i alla riktningar för annalkande luftfartyg.*

*När nacellen har en höjd över 150 meter över mark- eller vattenytan ska tornet även markeras med minst tre stycken lågintensiva ljus på halva höjden upp till nacellen. För vindkraftverk som inklusive rotorn i sitt högsta läge har en höjd som är högre än 315 meter över mark- eller vattenytan kan*

*ytterligare markeringar och belysning krävas. I dessa fall ska beslut inhämtas från Transportstyrelsen.*

*15 § Ett vindkraftverk som inklusive rotorn i sitt högsta läge har en höjd som är mellan 110 och 150 meter över mark- eller vattenytan får som alternativ till medelintensivt rött blinkande ljus föras med högintensivt vitt blinkande ljus under skymning, gryning och mörker.*

*16 § Vindkraftverk utan monterade rotorerna kan likställas med övriga föremål och markeras enligt 18 § till dess att rotorerna monterats. Bestämmelser om utformning, placering och tekniska specifikationer om ljus samt reducering av ljusstyrkor finns i 28–37 §§. Särskilda bestämmelser för vindkraftverksparker*

*17 § I en vindkraftverkspark ska minst de vindkraftverk som utgör parkens yttre gräns markeras enligt 14 § och enligt metoden i bilaga 4 respektive bilaga 5. Detta gäller även de vindkraftverk som är belägna innanför vindkraftverksparkens yttre gräns och som inte täcks in av något av de vindkraftverk som finns i den yttre begränsningslinjen. Övriga vindkraftverk som ingår i en vindkraftverkspark ska markeras med vit färg samt minst föras med lågintensiva ljus på vindkraftverkets högsta fasta punkt.*

Enligt TSFS 2020:88 krävs högintensiv belysning för samtliga hinder som är 150 meter eller högre, oavsett vilken typ av hinder det rör sig om. Detta har varit ett nationellt krav i mer än tio år. Det faktum att det inte går att placera hinderljus på vindkraftverkets högsta punkt (rotorn) utan belysningen måste placeras på verkets högsta fasta punkt, motiverar ytterligare att vindkraftverk inte bör ha lägre krav än andra föremål med samma höjd.

Kravet på högintensiv hinderbelysning gäller dock enbart för vindkraftverk som är belägna i en vindkraftparks yttre gräns, eller enskilda vindkraftverk. För verk som befinner sig inne i en vindkraftspark krävs enbart lågintensiva ljus om ljusen från de yttre verken täcker in de inre. Transportstyrelsens föreskrifter medger att ljusstyrkan av högintensiva ljus kan reduceras under skymning och mörker.

*36 § Högintensiva ljus ska utgöras av vitt blinkande ljus. Ljusen ska i övrigt följa de specifikationer som anges i tabell 1 och 3 i bilaga 3. Avseende vertikal ljusspridning gäller även tabell 3 i bilaga 3. Den reducering av ljusstyrkan som anges i tabell 1 i bilaga 3 får göras under de förhållanden som anges i bilagan.*

I det allmänna rådet till paragrafen anges att blinkande ljus om möjligt bör synkroniseras med närliggande föremåls blinkande ljus för att minska störningar i omgivningen.

*43 § Transportstyrelsen får medge undantag från dessa föreskrifter.*

Enligt 43 § får Transportstyrelsen medge undantag från föreskrifterna.

För att Transportstyrelsen ska kunna fatta ett sådant beslut krävs dock att den sökande visar att alternativet upprätthåller flygsäkerheten på ett likvärdigt sätt.

## **4 Nationell lagstiftning i andra europeiska länder**

Inledningsvis bör nämnas att lagstiftningen kring hindermarkering inte är harmoniserad inom EU, vilket innebär att det inte finns några gemensamma EU-regler på området, till skillnad från markering innanför en flygplats hinderbegränsande ytor där det finns gemensamma regler för markering av föremål som genomtränger dessa ytor för EU-certifierade flygplatser.

I kapitel 1.4 Avgränsningar anges att Danmark, Norge, Finland, Nederländerna, Storbritannien, Tyskland och Frankrike har valts ut som relevanta i denna jämförelse. De utvalda ländernas civila luftfartsmyndigheter har kontaktats och ombetts att svara på ett antal frågor gällande deras nationella lagstiftning kring markering av vindkraftverk över 150 meter och behovsstyrd hinderbelysning, samt redogöra för inkomna ansökningar om att få tillämpa system för behovsstyrd hinderbelysning, om lagstiftning skulle saknas.

Nedan redovisas en sammanställning av de svar som kommit in. Länderna har svarat i olika hög utsträckning och med olika grad av detaljnivå, och därmed skiljer sig även de redovisade svaren något åt.

### **4.1 Danmark**

Enligt de danska föreskrifterna om flyghindermarkering av vindkraftverk<sup>5</sup> ska vindkraftverk som är högre än 150 meter markeras med medelintensivt vitt blinkande ljus eller med alternativa åtgärder (någon form av behovsstyrd hinderbelysning).

Det finns ingen detaljerad lagstiftning eller några andra krav gällande radarkontrollerade hinderbelysningsystem. Däremot finns en skrivning i de nationella föreskrifterna som tillåter alternativa lösningar till hindermarkering.

---

<sup>5</sup> Bestämmelser for Civil Luftfart BL 3-11



Danmark har i dagsläget en vindkraftspark där ett system för radarstyrning har godkänts av luftfartsmyndigheten och är i bruk. I dagsläget finns det två andra vindkraftsparker där man undersöker möjligheterna att nyttja samma typ av system, dock har inga godkännanden för detta beviljats ännu.

Det system som har godkänts fungerar genom att en aktiv radar sänder ut en radarsignal som täcker området och tillåter att hinderbelysningen släcks när det inte finns några flygplan i närheten av vindkraftsparken. Det betyder att standardinställningen på hinderbelysningen är att ljusen är tända, men att de kan släckas när det finns en positiv bekräftelse från radarsystemet att inget flygplan befinner sig i det aktuella luftrummet.

Systemet är endast i kraft under mörker. Under dager är vindkraftverken markerade med högintensiva ljus. Under mörker kan de högintensiva ljusen släckas när radarn bekräftar frånvaron av flygplan. Anledningen till att detta bedöms acceptabelt är att vindkraftverken på just denna plats, utöver radarsystemet, även är märkta med lågintensiv hinderbelysning. Dessa lampor lyser dygnet runt och påverkas inte av radarkontrollsystemet. De lågintensiva ljusen är synliga för mörkerseende, så även snabbt flygande militärflygplan kan få tillräcklig varning under mörkerförhållanden. Under dager krävs dock högintensiva ljus eftersom lågintensiva ljus inte är synliga när bakgrundsluminansen är för stark och därför anses otillräckliga.

Danmark har ännu inte utfärdat några ändringar i luftrumsklassificeringar kring vindkraftverk och i förhållande till civil luftfart verkar det osannolikt att det kommer att krävas, om den nuvarande modellen från den park som har ett godkänt testsystem kommer att kopieras av andra vindkraftsbolag. I den mån belysningssystemet uteslutande styr ljus på natten och under förutsättning att lågintensiva ljus är installerade och inte styrs av radarsystemet, verkar det troligt att liknande lösningar skulle kunna användas även för andra vindkraftsparker.

Det fanns vissa reservationer beträffande den radarstyrda hinderbelysningen, bland annat användningen av luftrummet av militära flygplan vilka inte är designade för att vara synliga av aktiva radardetekteringssystem. Generellt föreligger en brist på tydlig information och erfarenhet av dessa radarkontrollsystem. Den danska luftfartsmyndighetens erfarenhet tyder dock hittills på att det ur ett tekniskt perspektiv till övervägande del är en nationell säkerhetsfråga, snarare än en civil luftfartsfråga. I de luftrum som varit aktuella (upp till men inte högre än 330 m – cirka 1000 fot) domineras den civila flygtrafiken av relativt långsamma flygplan som alla är detekterbara av radarsystemen. Detta är sannolikt inte fallet för militära flygplan, varför särskilda

försiktighetsåtgärder kan vara nödvändiga för att säkerställa att militären har full operativ frihet.

En annan fråga som har diskuterats, men som i dagsläget (med endast ett godkänt radarsystem) ännu inte är en stor fråga, är möjligheten att säkra den data som samlas in av radarsystemen. Eftersom det handlar om aktiv radar genererar systemet data om allt som rör sig inom det givna luftrummet och det kan finnas situationer där det skulle vara viktigt att säkerställa datasäkerheten i syfte att skydda informationen från främmande makter.

För närvarande är den danska luftfartsmyndighetens policy att endast tillåta aktiva radarsystem. System som är beroende av transponderdata har inte godkänts, eftersom det i Danmark inte är obligatoriskt för alla flygplan att vara utrustade med transponder.

Den nuvarande nationella lagstiftningen ger inte konstruktionsdetaljerna för radarstyrd hinderbelysning; i slutändan handlar det om att den som ansöker om det måste visa för myndigheten att systemet som föreslås är säkert. Det enda specifika villkoret som anges i BL 3-11 är att en ansökan om att få tillämpa behovsstyrd hinderbelysning måste omfatta en dokumenterad riskanalys.<sup>6</sup>

## 4.2 Norge

Enligt de norska föreskrifterna om markering av flyghinder<sup>7</sup> ska vindkraftverk som högre än 150 meter över mark- eller vattenyta markeras med högintensivt vitt blinkande ljus typ B.

Norge har även infört en möjlighet att, efter myndighetens godkännande, använda andra lösningar för hindermarkering som t ex radarbaserade system. Kriterierna för detta framgår av föreskriften. Normalt krävs en dokumentation på att testflygning har genomförts för att verifiera att anläggningen fungerar som beskrivet i ansökan. Ett regelarbete pågår för att ändra reglerna och möjligheterna för behovsstyrd hinderbelysning ses över i och med detta. Till föreskrifterna finns även en vägledning<sup>8</sup> vars legala status motsvarar våra svenska allmänna råd.

Radarbaserade system står för majoriteten av de sökta lösningarna och radarstyrd hinderbelysning har godkänts av myndigheten och är i bruk.

Norge har också sett att det finns anledning att skaffa mer exakt dokumentation om radarns täckningsområde, eftersom de har upptäckt att

---

<sup>6</sup> Kommunikation med handläggare på Trafikstyrelsen, Danmark.

<sup>7</sup> Forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder

<sup>8</sup> Veiledning til BSL E 2-1 Forskrift om rapportering, registrering og merking av hinder

viss radar inte ser från 500 fot och nedåt. I kombination med norsk topografi kan det finnas stora områden som inte fångas upp av radarn. Det pågår ett arbete med att titta närmare på detta och troligtvis kommer en regeländring att genomföras.

Transponderbaserade system har inte varit aktuella i Norge eftersom det har funnits en oro för att orsaka överbelastning av den frekvensen.

Norge har i dagsläget inte upprättat TMZ runt någon vindkraftspark.<sup>9</sup>

### 4.3 Finland

Den finska luftfartsmyndigheten har publicerat anvisningar för markering av vindkraftverk och vindkraftverkspark<sup>10</sup>. Enligt anvisningarna ska vindkraftverk som är högre än 150 meter markeras med högintensivt vitt blinkande ljus typ B, under dager, skymning och mörker.

Anvisningarna har ännu inte implementerats i det nationella regelverket gällande hinderbelysning. Dock har de inte ifrågasatts utan tvärtom tagits emot väl av vindkraftsbolagen som tillämpar anvisningarna mer eller mindre som om de vore legalt bindande och använder lösningar som ryms inom anvisningarna. Riktlinjer eller krav för behovsstyrd hinderbelysning finns inte.

Eftersom stora delar av det finska luftrummet saknar obligatoriskt krav på transponder, samt att vissa typer av luftfartyg också är undantagna från krav på transponder, har detta medfört att transponderbaserade system inte har varit lämpliga eller ens varit möjliga att tillämpa.

Än så länge har den finska luftfartsmyndigheten enbart tagit emot en ansökan för tillämpning av radarbaserad hinderbelysning för en vindkraftspark. Ansökan godkändes och systemet är i bruk.

Finland har i dagsläget inte upprättat TMZ runt någon vindkraftspark.<sup>11</sup>

### 4.4 Nederländerna

Enligt nederländska riktlinjer krävs medelintensivt vitt blinkande ljus typ A under dagerförhållanden för vindkraftverk och under skymning/mörker krävs lågintensivt rött ljus.

---

<sup>9</sup> Kommunikation med handläggare på Luftfartstilsynet, Norge.

<sup>10</sup>Anvisning för dagmarkering av vindkraftverk, för flyghinderljus och för gruppering av ljusen.

<sup>11</sup>Kommunikation med handläggare på Traficom, Finland.

Den nederländska luftfartsmyndigheten har tagit fram krav för användande av radar- och transponderbaserade system. Kraven har dock inte fastställts än. Än så länge finns enbart icke-bindande råd<sup>12</sup>, både för markering av vindkraftverk och för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning. Enligt myndigheten har dock efterlevnaden inte varit något problem; vindkraftsbranschen har rättat sig efter de riktlinjer som getts ut.

Sedan den 1 oktober 2021 är Mode S/ELS-transponder obligatorisk vid flygning VFR på natten. Detta är en utgångspunkt för att kunna börja tillämpa transponderbaserade system.

I dagsläget håller det första radarbaserade systemet på att installeras vid en större vindkraftspark i en sjö i Nederländerna. Det som återstår innan systemet kan tas i drift är flygtester för att visa att det fungerar som det ska.

Enligt den nederländska myndigheten har fler än 20 vindkraftsparker visat intresse för att använda ADLS och de flesta kommer att välja transponderbaserade system, eftersom detta är billigare och lättare att implementera.<sup>13</sup>

#### 4.5 Storbritannien

Enligt Storbritanniens riktlinjer för markering av vindkraftverk<sup>14</sup> krävs medelintensiv röd hinderbelysning på vindkraftverk med en höjd över 150 meter. Ljusen ska vara röda med fast lysande sken. Ljuset ska lysa under mörker och vara synligt i alla riktningar.

Storbritannien har i dagsläget ingen reglering gällande behovsstyrd hinderbelysning i sin nationella lagstiftning<sup>15</sup> för markering av föremål som kan utgöra hinder för luftfarten.

Hittills har en aktör på marknaden beviljats tillstånd att tillämpa system för transponderbaserad hinderbelysning för en vindkraftspark i nordligaste Skottland.

Enligt den brittiska luftfartsmyndigheten är transponderbaserade system den mest efterfrågade lösningen. TMZ har ännu inte upprättats kring någon vindkraftspark, för att lösa kravet på transponder, men de ser det som en möjlighet framöver. Bland annat planeras en undersökning av förekomsten av flygplan med transponder som opererar nattetid i brittiskt luftrum, i syfte att avgöra om en TMZ skulle vara en proportionell lösning.

<sup>12</sup> Marking and lighting of onshore wind turbines and wind farms in The Netherlands

<sup>13</sup> Kommunikation med handläggare på Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Nederländerna.

<sup>14</sup> CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines CAP 764

<sup>15</sup> Air Navigation Order Article 222 and 223

IEC har sammankallat ett projektteam för att utveckla internationella standarder för luftfartsbelysning och märkning, där behovsstyrd hinderbelysning ur en teknisk synvinkel är en aspekt.

#### 4.6 Tyskland

Enligt tyska föreskrifter<sup>16</sup> krävs dagermarkering av vindkraftverk men belysning krävs dock endast under dager om den aktuella hindersituationen medför att det är nödvändigt ur ett flygsäkerhetsperspektiv. Under mörker krävs rött medelintensivt hinderljus som ska vara synligt i alla riktningar. Föreskrifterna omfattar även minimikrav för Aircraft Detection Lighting System (ADLS) (radie för aktiveringszonen = 40 km, upp till 2000 fot ovanför hindret).

I princip är alla tekniska lösningar för behovsstyrd hinderbelysning tillåtna, om det kan bevisas att minimikraven är uppfyllda. Detaljerade tekniska krav utformas för radar- och transponderbaserade system. Varje system ska vara certifierat av en oberoende teknisk enhet, som har utsetts av transportministeriet. Den lokala luftfartsmyndigheten ska godkänna installation/drift av varje system och verifiera om ytterligare flygoperativa aspekter måste beaktas, t.ex. aktiveringszonen behöver utökas.

Efter ett krav på att befintliga vindkraftverk med ADLS ska återmonteras fram till slutet av 2022, står de tyska luftfartsmyndigheterna inför potentiellt tusentals ansökningar om behovsstyrd hinderbelysning.

För ett antal år sedan godkände den tyska luftfartsmyndigheten det första radarbaserade systemet och i dagsläget finns omkring 50 tillstånd att tillämpa ADS-system, både för vindkraftsparker och enskilda vindkraftverk. I dagsläget avser så gott som samtliga ansökningar om att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning transponderbaserade system, vilket tillåts efter den senaste revideringen av de nationella föreskrifterna.

Tyskland har inte etablerat TMZ för enskilda hinder eller vindkraftsparker. Istället har de implementerat en skyldighet för all VFR-trafik som sker i mörker att operera med en aktiverad transponder.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen

<sup>17</sup> Kommunikation med handläggare på Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI, Tyskland

#### 4.7 Frankrike

Enligt fransk lagstiftning<sup>18</sup> krävs medelintensivt ljus typ A under dager och skymning för vindkraftverk över 150 meter. Under mörker krävs medelintensivt rött ljus typ B.

Frankrike har i dagsläget ingen reglering som medger användning av system för behovsstyrd hinderbelysning.

Frankrikes civila och militära luftfartsmyndigheter har fått i uppdrag att studera och besluta om godtagbara sätt att slå av hinderbelysningen under natten, när inga luftfartyg befinner sig i närheten av en vindkraftspark. Ett transponderbaserat system som detekterar transponderutsläpp från luftfartyg har tillsammans med vindkraftsindustrin förordats som det bästa alternativet. Operativa bedömningar och tester kommer att genomföras i slutet av 2021 och början av 2022, innan systemet kan godkännas.

Andra behovstyrda system övervägdes initialt, men har övergetts på grund av höga kostnader, brist på offentlig acceptans på grund av elektromagnetiska utsläpp, samt problem avseende frekvensspektrat.

Frankrike har inga planer på att införa TMZ runt vindkraftsparker men kommer eventuellt behöva införa krav på mode S transponder under mörker, särskilt för VFR-trafik.<sup>19</sup>

## 5 Diskussion

Enligt uppdraget ska Transportstyrelsen redogöra för hur myndighetens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2010:155) om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan förhåller sig till de internationella standarder och rekommendationer som anges i Chicagokonventionens Annex 14 Aerodromes avseende möjligheten att bevilja undantag från reglerna och medge behovsstyrd hinderbelysning för vindkraftverk.

Som nämnts tidigare i rapporten har Transportstyrelsen möjlighet att medge undantag från föreskrifterna. Att undantag inte har beviljats de senaste åtta åren beror i första hand på Försvarmaktens ställningstagande, som har legat till grund för Transportstyrelsens beslut.

Rekommendationer för hur vindkraftverk ska markeras infördes i Annex 14 år 2010. I Sverige infördes markeringskrav för vindkraftverk år 2008, i

---

<sup>18</sup> *Arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.*

<sup>19</sup> Kommunikation med handläggare på Bureau de la réglementation de la navigation aérienne et de l'espace aérien, Frankrike.

Luftfartsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (LFS 2008:47) om markering av byggnader, master och andra föremål. LFS 2008:47 upphävdes senare genom TSFS 2010:155 vilket in sin tur har ersatts av nu gällande TSFS 2020:88. Markeringskraven för vindkraftverk har i stort sett varit de samma sedan de infördes och motsvarar de krav som redan fanns för andra objekt med en höjd över 150 meter över marken eller havet, d.v.s. att de ska förses med vitt högintensivt blinkande ljus.

Föreskrifterna har under åren varit föremål för uppdateringar, senast 2020 då en ny föreskrift trädde i kraft. Myndighetens samlade bedömning var då, och är fortfarande, att det ur ett flygsäkerhetsperspektiv är motiverat att ha kvar kravet på högintensiva ljus på *samtliga* hinder som är 150 meter eller högre. Motiveringen till att behålla det strängare kravet är att det ur ett flygsäkerhetsperspektiv inte utgör någon skillnad om det föremål som ska markeras är ett vindkraftverk eller någon annan typ av föremål.

Regleringen av markering av hinder som kan utgöra en fara för luftfarten är inte harmoniserad inom EU och skiljer sig därmed åt mellan länderna. Dock följer Norge och Finland samma princip som Sverige, om att vindkraftverk över 150 meter ska markeras med högintensivt vitt blinkande ljus.

Nationella föreskrifter avviker från ICAO Annex 14 i viss mån, dels för att den nationella regleringen är äldre och redan fanns innan ICAO:s bestämmelser, dels för att vi har valt att ha lägre krav för viss typ av markering där vi anser att ICAO:s krav inte är på en rimlig nivå (tex markering av stolpar för högspänningsledningar). Sverige har även reglerat områden som inte finns med i annexet, t ex markering av staglinor samt linor till förankrade ballonger och drakar. Det finns alltså diskrepanser även på andra områden och inte enbart i den fråga uppdraget gäller.

Att det inte har förekommit några kända haverier med luftfartyg kring vindkraftsparker i Sverige betyder inte i sig att kravet på belysning är onödigt – tvärtom kan detta ha förhindrat eventuella incidenter. Utifrån ett flygoperativt perspektiv är det rimligt att begära att vindkraftverk är lätta att upptäcka för lågflygande trafik. Att de är vitmålade är en fördel men vid flygning i t ex i dis eller snötäckt landskap kan vit färg vara en nackdel, då det försämrar möjligheten till bra kontrast. Detta kan vara en av anledningarna till att Norge och Finland har valt att gå på samma linje som Sverige vad gäller högintensiv belysning eftersom de, precis som vi, har ett klimat med mer förekomst av snö än övriga Europa, särskilt i fjällområden och i ländernas nordligare delar.

Nämnas bör även att helikoptertrafik får utföras ända ner till 800 meters sikt vilket innebär att piloten inte ges mycket tid att upptäcka ett hinder. Den

högintensiva belysningen gör att sannolikheten för att upptäcka hindret ökar.

I normalfallet (dvs. när det inte rör sig om räddningstjänstupdrag eller liknande) är lägsta tillåtna flyghöjd vid VFR-flygning i mörker 1000 fot (300 meter) över närmsta högsta hinder inom 8 kilometer. Även om det innebär att luftfartyg i normalfallet håller tillräckligt avstånd, kan en motorstörning eller annat problem innebära att man behöver gå ner på lägre höjd. I det fallet är det också nödvändigt att i tid kunna upptäcka hinder.

### **Militär verksamhet**

Militär verksamhet förekommer i många områden där vindkraftsparker etableras. Försvarsmakten flyger både lågt och fort och behöver precis som räddningstjänsten (kanske till och med i ännu högre grad) den framförhållning som högintensivt ljus ger.

Den militära luftfarten opererar inte på samma sätt som civil luftfart. Militära luftfartsoperationer skiljer sig dessutom åt i olika europeiska länder, beroende på vad den nationella lagstiftningen säger och vilka nationella strategier som tillämpas. Det är därför viktigt att komma ihåg att det som fungerar i ett annat europiskt land inte nödvändigtvis går att tillämpa i Sverige.

Sverige tillämpar sedan 1978 ett samutnyttjande av luftrummet vilket innebär att militär och civil luftfart uppträder i samma områden och på så sätt nyttjas det svenska luftrummet optimalt. Dessutom ger det stora miljövinster då militära sidan har nära till sina övningsområden där civil trafik kan passera igenom vilket ger rakare flygvägar för de senare. Detta är unikt jämfört med övriga europeiska länder, där den militära luftfarten opererar i stora ”boxar” där inga civila luftfartyg tillåts. Det är därmed enklare att planera för att militär trafik inte opererar i närheten av vindkraftverk och vindkraftsparker i och med att dessa inte etableras inom dessa områden. I Sverige opererar den militära luftfarten på alla höjder över hela Sveriges yta. Under incidentberedskap är det snabba lägen. Beroende på situationen finns det behov av att flyga snabbt, lågt och transponderlöst för att inte röja sig eller för att inte röja ett taktiskt uppträdande för främmande makt. Det är alltså av vikt för Försvarsmakten att kunna öva och genomföra insatser utan transponder.

Försvarsmakten avråder från tillämpning av *radarstyrd hinderbelysning* på grund av flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl, att beroende på teknikval kan uppgifter som är föremål för sekretess riskera att röjas vid användning



av sådana system samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.

Försvarsmakten avråder från tillämpning av *transponderstyrd hinderbelysning* på grund av flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl mot bakgrund av att sådana system sannolikt kan komma att resultera i en högre grad av luftfartsolyckor, att beroende på teknikval kan uppgifter som är föremål för sekretess riskera att röjas vid användning av sådana system samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.

Försvarsmakten avråder från tillämpning av *siktsystemstyrd hinderbelysning* då det för närvarande finns för stora tekniska och funktionella frågetecken av flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.<sup>20</sup>

## TMZ

För att komma runt problemet att inte alla luftfartyg är utrustade med transponder och att det inte heller finns något transponderkrav för vissa luftrumsklasser, vilket krävs för att tillämpa transponderstyrd hinderbelysning, har även diskussioner förts gällande möjligheten att upprätta så kallade Transponder Mandatory Zones, TMZ, runt om vindkraftparker.

Luftrummet indelas i kontrollerad och okontrollerad luft. I kontrollerad luft leds trafiken av en flygtrafikledning medan den okontrollerade luften lämnar över ansvaret till piloten. Luftrum indelas även i olika klasser, A-G, vilka talar om vilken trafik som får operera och enligt vilka regler. I Sverige är den kontrollerade luften klass C och den okontrollerade luften klass G. Vindkraftverk och vindkraftparker etableras där luftrumsklass G råder och huvudregeln är att det inte råder krav på transponder i så kallad G-luft.

TMZ upprättas framförallt i syfte att höja flygsäkerheten för luftfartyg genom att de ska kunna synas på radarn hos flygtrafikledningen, samt för att möjliggöra för olika typer av kollisionsvarningssystem mellan luftfartyg.

## 6 Slutsatser

Uppdraget var att jämföra krav i de nationella föreskrifterna TSFS 2020:88<sup>21</sup> med standarder och rekommendationer i ICAO Annex 14 avseende möjligheten att bevilja undantag från reglerna och medge behovsstyrd hinderbelysning för vindkraftverk. Eftersom det saknas regler för behovsstyrd hinderbelysning både i nationella föreskrifter och i ICAO

<sup>20</sup> Försvarsmaktens ställningstagande avseende behovsstyrd hinderbelysning, FK2021-15034:3.

<sup>21</sup> Tidigare TSFS 2010:155.

Annex 14 gjordes en jämförelse av de krav som ställs på hinderbelysning av vindkraftverk i respektive regelverk. Det kan konstateras att den stora skillnaden är att Sverige, liksom Norge och Finland, har valt att hålla fast vid kravet på markering med högintensivt vitt blinkande ljus på vindkraftverk över 150 meter, medan ICAO Annex 14 endast rekommenderar medelintensivt rött ljus. I övrigt är de nationella föreskrifterna gällande markering av vindkraftverk i linje med Annexet.

Den slutsats som kan dras från jämförelsen mellan åtta olika europeiska länder<sup>22</sup> är det finns stora skillnader mellan länderna i fråga om krav på markering av vindkraftverk. I likhet med Sverige kräver både Finland och Norge högintensivt vitt blinkande ljus på vindkraftverk över 150 meter. I Frankrike, Nederländerna och Danmark krävs medelintensivt vitt blinkande ljus under dager medan tillämpningen skiljer sig åt när det kommer till mörker då Frankrike kräver medelintensivt rött ljus, Nederländerna lågintensivt rött ljus och Danmark har samma krav som vid dagerförhållanden. I Storbritannien krävs medelintensiv röd hinderbelysning dygnet runt medan Tyskland endast kräver belysning under dager om den aktuella hindersituationen medför att det är nödvändigt ur ett flygsäkerhetsperspektiv. Under mörker krävs dock rött medelintensivt hinderljus även i Tyskland.

När det kommer till hantering och tillämpning av behovsstyrda system för hinderbelysning ser även detta olika ut i de olika länderna. Ett land har flera godkända system i bruk medan de flesta har något enstaka. Vissa länder är inriktade på radarsystem medan andra anser att transpondersystem är att föredra

Det framgår alltså att det inte finns någon konsensus mellan de olika länderna i jämförelsen, vare sig när det gäller vilken typ av markering som krävs för vindkraftverk eller för tillämpningen av behovsstyrda system för hinderbelysning. Konstateras kan dock att inget av länderna verkar tillämpa så kallade siktsystem för hinderbelysning eller har för avsikt att upprätta TMZ runt vindkraftsparker, åtminstone inte i närtid.

En betydande skillnad mellan Sverige och övriga länder är användandet av det nationella luftrummet och hur militären opererar tillsammans med den civila trafiken. Det sätt som den svenska försvarsmakten opererar på är unikt och förekommer inte i något annat land i Europa. Det är därför näst intill omöjligt att säga att upplägg för behovsstyrd hinderbelysning som fungerar i ett annat land automatiskt även fungerar i Sverige. Om behovsstyrda system för hinderbelysning ska kunna tillämpas i Sverige

---

<sup>22</sup> Danmark, Norge, Finland, Nederländerna, Storbritannien, Tyskland, Frankrike och Sverige.

krävs med andra ord stora ingrepp i den nationella modellen för samexistens i det svenska luftrummet.

## Referenser

Civil Aviation Authority, 2016. *CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines CAP 764*. Tillgänglig: CAP764 Issue6 FINAL Feb.pdf (caa.co.uk) (Hämtad 2021-11-09)

Energimyndigheten 2017. *Riksintressen energiproduktion-vindbruk (energimyndigheten.se)* (Hämtad 2021-11-09)

Energimyndigheten 2017. *Vindkraft i Sverige (energimyndigheten.se)*. (Hämtad 2021-11-09)

Försvarsmakten, 2016, FM2016-10926:1. *Försvarsmaktens ställningstagande avseende begäran om undantag enligt 33 § i TSFS 2010:155 avseende hinderbelysning.*

Försvarsmakten 2021, FM2021-15034:3. *Försvarsmaktens ställningstagande avseende behovsstyrd hinderbelysning.*

Infrastrukturdepartementet. 2020-12-17. *Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Transportstyrelsen.*

International Civil Aviation Organization, 2006, nionde upplagan. *Convention on International Civil Aviation, Doc 7300/9.*

International Civil Aviation Organization, 2018, åttonde upplagan. *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation, Volym I Aerodrome Design and Operation.*

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 4 mai 2018, Texte 33 sur 100. *Arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne*

Luftfartstilsynet 10/2010. *Veiledning til BSL E 2-1 Forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder*. Tillgänglig: veiledning-til-bsl-e-2-1-forskrift-om-rapportering-registrering-og-merking-av-luftfartshinder.pdf. (Hämtad 2021-11-09)

Ministerie van Infrastructuur en Milieu 2016. *Information Circular - Marking and lighting of onshore wind turbines and wind farms in The Netherlands.*

Trafikstyrelsen 2014. *Bestemmelser for Civil Luftfart BL 3-11*

Traficom 2020. *Anvisning för dagmarkering av vindkraftverk, för flyghinderljus och för gruppering av ljusen.*

Tillgänglig: Traficom\_Tuulivoimaloiden päivämärkintä ja estevalot\_ohje\_sve\_07092020.pdf (Hämtad 2021-11-09)

Denna rapport vänder sig till Infrastrukturdepartementet. Syftet med rapporten är att ge departementet en större förståelse för och bättre översikt av de svenska föreskrifterna och de internationella regelverken samt relevanta europeiska länders inställning i frågan. Rapporten innehåller bland annat en jämförelse mellan nationell lagstiftning på området och standarder och rekommendationer i ICAO Annex 14. Dessutom jämförs sju olika länders lagstiftning om markering av vindkraftverk samt deras tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning.



**TRANSPORT  
STYRELSEN**

[transportstyrelsen.se](http://transportstyrelsen.se)  
telefon 0771-503 503