

# Luftfartsafmærkning af vindmøller

Rapport fra en tværministeriel arbejdsgruppe

August 2012



## Forord

Denne rapport om luftfartsafmærkning af vindmøller er en afrapportering fra en tværministeriel arbejdsgruppe under Transportministeriet. Arbejdsgruppen har bestået af Energistyrelsen (Klima- og Energiministeriet), Naturstyrelsen (Miljøministeriet), Forsvarskommandoen og Flyvertaktisk Kommando (Forsvarsministeriet), DTU Wind (Danmarks Tekniske Universitet) og Transportministeriet, hvor Trafikstyrelsen har været formand.

Arbejdsgruppen blev nedsat, fordi der bliver opført stadig større vindmøller, der når op i de luftlag, hvor luftfarten opererer. Gældende krav om lysafmærkning af vindmøller er utidssvarende og kan medføre en højere pris for den producerede energi og være til gene for naboer til vindmøllerne.

Rapporten beskriver erfaringer fra andre lande og forskellige løsningsmuligheder for afmærkning af vindmøller. Endvidere vurderer rapporten, hvordan de forskellige løsningsmuligheder påvirker flyvesikkerhed, vindmølleøkonomi og naboer. Endelig fremsættes en række anbefalinger, der kan indgå i arbejdet med at udvikle nye regler på området, herunder fælles europæiske regler, som der er behov for.

Arbejdsgruppen har aktivt inddraget relevante interessenter i sit arbejde, herunder vindmølleproducenterne, luftfartsbranchen, Søfartsstyrelsen og Kommunernes Landsforening. Bl.a. har arbejdsgruppen afholdt en workshop, hvor en bred kreds af interessenter var repræsenteret.

## Indholdsfortegnelse

<b>Indholdsfortegnelse .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Baggrund: Nye og større vindmøller .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Fremtidens vindmøller udfordrer flyvesikkerheden .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Luftfartens behov for synliggørelse af vindmøller.....</b>	<b>15</b>
3.1 Forsvarets særlige behov ved lavflyvninger .....	17
<b>4. Internationale og danske regler for afmærkning af vindmøller.....</b>	<b>19</b>
4.1 Internationale regler - ICAO .....	19
4.2 Danske regler.....	19
4.3 EU-regler.....	20
4.4 Publikationer og kort.....	20
4.5 Dagafmærkning.....	21
4.6 Natafmærkning .....	21
4.7 Eksempel på traditionel afmærkning .....	23
<b>5. Afmærkning af anlæg i andre lande.....</b>	<b>24</b>
5.1 Norge.....	24
5.2 Sverige .....	24
5.3 Tyskland.....	25
5.4 Belgien .....	26
<b>6. Forskellige afmærkningsmuligheder .....</b>	<b>28</b>
6.1 Farveafmærkning på vinger, nacelle og mølletårn .....	28
6.2 Lysafmærkning på mølletårn, nacelle og vinger .....	28
6.3 Regulering af lysintensitet.....	33
6.4 Alternative advarselssystemer.....	34
6.5 Flyvehøjde .....	36
6.6 Flyverestriktioner i luftrum.....	37
<b>7. Test af afmærkning på vindmøller .....</b>	<b>39</b>
<b>Bilag .....</b>	<b>40</b>

## Resumé og anbefalinger

Med energiforliget fra marts 2012 forventes det, at ca. 35 % af Danmarks energi skal komme fra vedvarende energikilder i 2020, bl.a. via en markant udbygning med vindkraft.

I forhold til flyvning vil vindkraftudbygningen indebære udfordringer på en række områder:

Flyvesikkerheden og flyvefriheden udfordres, idet mange af fremtidens vindmøller vil nå op i de luftlag (+ 150 meter), hvor både den private og til dels den erhvervs-mæssige luftfart opererer. Endvidere vil nye møller under 150 meter få betydning for de flyvninger, der finder sted under minimumsflyvehøjden. Det gælder bl.a. i forbindelse med starter og landinger, militærflyvning og helikopteroperationer, f.eks. eftersøgninger eller patienttransporter.

Vindmølleindustrien udfordres teknisk ved at de gældende internationale og nationale regler på luftfartsområdet i princippet kræver lysafmærkning af et anlægs toppunkt, hvilket kan være en praktisk og konstruktionsmæssig udfordring på vindmøller, der jo har et bevægeligt toppunkt - vingespidsen. Hertil kommer, at afmærkningsregler og teknologikrav kan betyde en højere pris for den producerede energi. Afmærkningsreglerne udgør således et vigtigt rammevilkår for vindkraftens udbygning.

En tredje udfordring er hensynet til borgerne, der bor i nærheden af fremtidens vindmøller, idet visuelle gener fra lysafmærkninger på vindmøller kan bidrage til at skabe modvilje hos borgere og lokalsamfund.

Hensynene til flyvesikkerheden/flyvefriheden, vindenergiambitionerne, vindmøllevirksomhederne samt borgernes livskvalitet må derfor afbalanceres fornuftigt.

For at afdække løsningsmuligheder har arbejdsgruppen undersøgt praksis og indhentet erfaringer i beslægtede lande. Der er inspiration at hente fra fx Tyskland og de skandinaviske lande. Men analysen viser overordnet, at udlandet ikke er kommet langt med at finde robuste tekniske løsninger for luftfartsafmærkning, der passer til den fremvoksende vindmølleindustri.

Arbejdsgruppen har identificeret 6 mulige løsningsmodeller for afmærkning af vindmøller i fremtiden, se boks 1. De 6 modeller kan kombineres og har forskelligt tidsperspektiv. Alle modellerne har fordele og ulemper i forhold til de 3 ovennævnte hensyn.

## Boks 1: Forskellige modeller for fremtidens afmærkning af vindmøller

**1. Lysafmærkning på vingespidsen** er i direkte overensstemmelse med gældende nationale og internationale regler, der kræver lysafmærkning på højeste punkt. Det er dog forbundet med betydelige praktiske og konstruktionsmæssige udfordringer på grund af vindmøllers bevægelige toppunkt. Hertil kommer udfordringer med asynkron blink i vindmølleparker, der påvirker beboerne i nærområdet. Alternativet - topbelysning på master ved siden af vindmøllerne - er dog både dyrt, skæmmende og med tvivlsom flyvesikkerhedsmæssig effekt.

**2. Lysafmærkning på nacellen** (turbinehovedet) i stedet for på det øverste punkt (vingespidsen), er indlysende nemmere/billigere at konstruere. Som kompenserende foranstaltning for manglende toppunktsafmærkning kan fx anvendes en særlig lyskode (blinkesekvens), der signalerer til de luftfarende, at anlægget er højere, end der hvor lyset er placeret. Dette er dog ikke helt optimalt for flyvesikkerhed og for borgere i nærheden.

**3. Automatisk regulering af lysintensiteten** med udgangspunkt i den målte sigtbarhed. Uanset lysafmærkningens placering (nacelle eller vingespids) vil et justeret lys i forhold til den målte sigtbarhed give væsentligt mindre lyspåvirkning af borgerne, uden at tabe den fornødne lysintensitet, som skal sikre vindmøllernes synlighed over for flyene. Erfaringer fra Tyskland viser, at man med sigtbarhedsmålinger kan reducere lysintensiteten helt ned til 10-30 % i hovedparten af tiden. De tyske erfaringer viser endvidere, at anvendelse af rødt lys i stedet for hvidt lys kan reducere de visuelle gener yderligere.

**4. Vindmølle "opdager" fly.** Radar monteret på mølletårne overvåger luftrummet, og aktiverer først en audioadvarsel og dernæst lysafmærkningen såfremt luftfartøjet fortsat nærmer sig. Advarselssystemet kendes fra tyndt befolkede egne i Norge, hvor der ikke er stor risiko for frekvenssammenfald med flykommunikation o. lign. Risikoen for frekvenssammenfald er større i Danmark og radarløsningen kan være omkostningsfuld.

**5. Fly "opdager" vindmølle.** Luftfartøjer kan ved ret simple og billige teknologier udenfor det visuelle frekvensområde detektere vindmøller og andre høje anlæg/bjerge i landskabet. Det vil kræve, at luftfartøjer medbringer/installerer sådanne teknologier, hvis man vil flyve under fx 300 meters højde. Endvidere vil det kræve, at sådanne teknologier kan udvise en vis driftssikkerhed, hvilket endnu ikke er undersøgt.

**6. Flyverestriktioner/hævning af minimumsflyvehøjden** kan anvendes til at forbyde flyvning i luftrummet i og over en vindmøllepark. Det lukkede luftrum afgrænses horisontalt og vertikalt i vindmølleparkens udstrækning op til en sikkerhedshøjde over vindmølleparkens øverste punkt. Alternativt kan minimumsflyvehøjden generelt hæves fra 150 m til fx 300 m. i Danmark. Begge variationer indebærer en indskrænkning af flyvefriheden.

Arbejdsgruppen er på den baggrund nået frem til en række anbefalinger, jf. boks 2.

### **Boks 2: Arbejdsgruppens anbefalinger**

1. *Vindmøller er, i kraft af deres udformning vanskelige at afmærke efter de gældende regler, der kræver lysafmærkning af det højeste punkt. Hverken lys på vingespids eller på sidestående master giver tilfredsstillende løsninger, samlet set.*
2. *Danmark bør internationalt arbejde for, at afmærkning af vindmøller gentænkes. Det langsigtede internationale mål må være at erstatte lysafmærkning med alternative afmærkningsløsninger under opretholdelse af det nuværende flyvesikkerhedsniveau. Da Danmark både har en ambitiøs udbygningsplan og omfattende erhvervskompetencer inden for vindmøller, kan det være et oplagt område at prioritere en aktiv international indsats.*
3. *På kort sigt er der behov for nye danske regler om vindmølleafmærkning. Der udarbejdes en særskilt bekendtgørelse/BL om afmærkning af vindmøller i løbet af 2012 med ikrafttræden i starten af 2013.*
  - *For møller under 150 meter sigtes mod at fastsætte ensartede, simple regler, hvorefter der som hovedregel ikke skal være krav om lysafmærkning, med mindre møllerne befinder sig på kritiske lokaliteter. Møller på 100-150 meter skal dog generelt have fast rødt natlys på nacellen af hensyn til Forsvarets beredskabsflyvninger.*
  - *For møller over 150 meter forventes ikke på kort sigt faste regler, men derimod en individuel vurdering af løsninger og sikkerhedsforhold. Der forventes accept af bred forsøgsvirksomhed, hvor fx løsningsmodellerne 2-6 i boks 1 oven for kan bringes i anvendelse i forskellige kombinationer. Ansøgers sikkerhedsargumentation kan bl.a. pege på referencesystemer fra udlandet. Der vil som hovedregel ikke være krav om lysmarkering på selve mølletårnet, når tårnet er under 150 meter. Regler for afmærkning af møller under opførelse overvejes.*
  - *Der bør i reglerne sondres mellem mølleparker og individuelle møller og mellem land- og havmøller. Ved mølleparker bør kun udvalgte møller afmærkes. Ved havvindmøller (+3 km fra land) bør der være lempeligere krav til afmærkning, da der ikke skal tages samme hensyn til små luftfartøjer som over land.*
  - *De nye danske regler udarbejdes i løbet af efteråret i tæt dialog med de mange interessenter (luftfarten, forsvaret, vindmølleindustrien, kommunerne m.fl.) for at sikre balancerede løsninger.*
4. *Vindmølleejere, -producenter og DTU opfordres til at udføre forsøg i samspil med lokale flyveklubber for at opbygge viden om nye afmærkningsløsninger. Forsvaret er også indstillet på at deltage i struktureret forsøgsvirksomhed.*

# 1. Baggrund: Nye og større vindmøller

I februar 2011 præsenteredes "Energistrategi 2050", som beskriver, hvordan Danmark kan blive uafhængig af fossile brændsler i 2050, og bære i retning af økonomisk levedygtige alternative energikilder.

I marts 2012 har et næsten enigt Folketing indgået et energiforlig, der skal manifestere en del af energistrategien med en aftale om, hvordan Danmarks energiudvikling skal se ud frem mod 2020.

Med forliget forventes det, at 35 % af Danmarks energiforbrug kommer fra vedvarende energikilder i 2020, herunder via en markant udbygning med vindkraft, der i 2020 skal dække omkring halvdelen af vores elforbrug. Dette indebærer bl.a.:

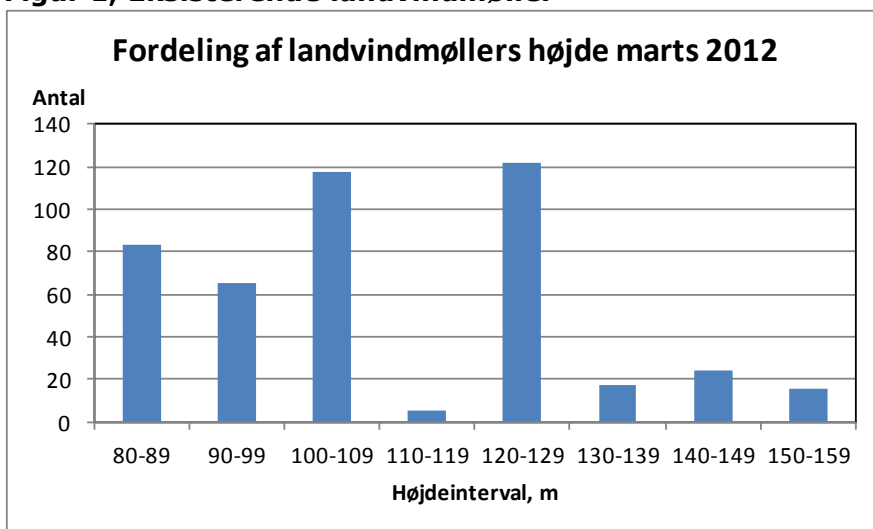
- At der etableres 600 megawatt (MW) havmøller på Kriegers Flak og 400 MW på Horns Rev inden 2020,
- At der forventes etableret yderligere 500 MW kystnære havmøller frem mod 2020.
- At der forventes etableret nye landmøller med en samlet kapacitet på 1.800 MW frem mod 2020 – dels til erstatning for nedtagne gamle vindmøller og dels til sikring af en ekstra udbygning på 500 MW.

Med en anslået gennemsnitskapacitet på 4-5 MW pr. havvindmølle og 2-3 MW pr. landvindmølle vil det indebære opstilling af 300-400 havvindmøller og 600-900 landvindmøller.

## *Eksisterende landvindmøller*

Ved udgangen af marts 2012 var der ca. 4.550 vindmøller på land. Heraf har 450 møller en højde på 80 meter eller mere, og ingen, bortset fra vindmøllerne på prøvestationen i Høvsøre, er højere end 150 meter. Fordelingen af møllehøjderne er vist på figur 1, hvor især møller på henholdsvis ca. 80, 100 og 120 meter er dominerende.

**Figur 1, Eksisterende landvindmøller**



Der er i dag (foråret 2012) ca. 300 møller med en højde på 100 meter eller mere.

#### *Eksisterende havvindmøller*

Havvindmøllerne i tabel 1 er alle over 100 meter, dog er de 3 møller i Hvidovre højere end 150 meter.

**Tabel 1, Eksisterende havvindmøller**

	Højde, m	Antal	Nettilsluttet
Horns Rev II	101,5	91	2009
Middelgrund	102,0	20	2000
Samsø	103,5	10	2003
Nysted	110,0	72	2003
Horns Rev I	110,0	80	2002
Nissum Bredning	119,0	8	2003
Frederikshavn	125,0	2	2003
Sprogø	125,0	7	2009
Rødsand II	126,3	90	2010
Hvidovre	151,5	3	2009

#### *Fremtidige møllestørrelser*

Vindmøllers størrelse måles på effekten i megawatt (MW). I 25 år og frem til 2005 har væksten i MW været ekspotentiell, men gennem de senere år kan der spores en vis opbremsning i udviklingen. Siden opstillingen af kommercielle møller på 2 MW i 2002, så har de vindmøller, der er opstillet på havet i Danmark, været under 3 MW. Ved enkelte projekter i udlandet er der anvendt møller på 5-6 MW.

Der er flere årsager til, at udviklingen går lidt langsommere, herunder de store udfordringer på materialesiden og logistikside. Det er dog teknologisk muligt at udvikle større vindmøller, og derfor forskes der fortsat heri. Men der må påregnes 4-5 års udviklingstid inden en ny stor vindmølletype er i serieproduktion.

De største vinger, der er under udvikling, har en radius på over 80 meter.

Den største eksisterende prototype i verden er over 7,5 MW. Men der er påbegyndt udvikling af en 15 MW mølle med forventet færdiggørelse omkring år 2020.

På denne baggrund synes det realistisk at antage, at de største danske vindmøller i perioden frem til 2020 vil være på 7-8 MW med vingediametre på 140-200 meter og med navhøjder på 90 til 120 meter. Dette svarer til en totalhøjde på mellem 160 og 220 meter. Hertil kommer mulighederne for prototypemøller på op til 15 MW med totalhøjder på op til 250 meter. Så store møller kan i dag kun opstilles på land, hvis der er tale om forsøgsmøller.



### Planlægning af testpladser til store vindmøller

De største vindmøller forventes at blive placeret på havet. Men inden opstilling på havet skal prototyperne testes. Dette skal ske på land af hensyn til adgangs- og vindforhold.

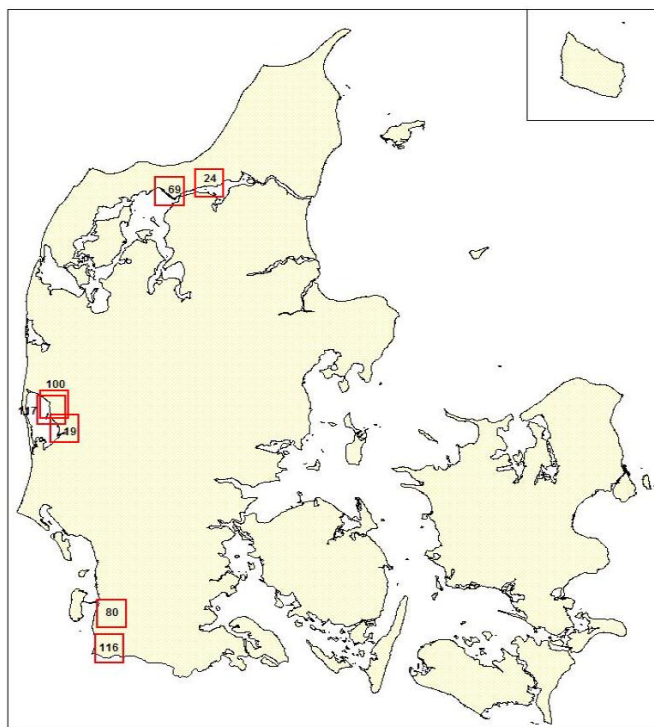
Der skal måles og justeres på prototyperne. Der skal kunne udskiftes op til 100 meter lange vinger for at teste nye profiler. Omkring møllerne skal der være plads til kraner og tårne. Endvidere er vindforholdene til test ikke optimale på havet, idet grundturbulensen ikke er tilstrækkelig.

Planlægningsarbejdet for testmøller er en del af den helhedsløsning for placering af testpladser for vindmøller, som blev indgået af aftaleparterne i Folketinget om placeringen af det nationale testcenter for vindmøller i Østerild den 28. maj 2010. Ud over testcentret i Østerild drejer det sig om særlige testområder til prototypemøller samt områder til test af serie 0-møller.

En tværministeriel arbejdsgruppe har identificeret 7 potentielt egnede arealer til prototypemøller samt 24 potentielt egnede områder til de første egentlige produktionsserier (de såkaldte serie 0-møller) som opfylder krav til bl.a. vindhastighed, afstand til naboer, hensyn til miljø og natur, luftfart, forsvarets interesser m.v.

### Figur 2, Potentielle testpladser til prototypemøller

Oversigtskort over 7 potentielt egnede områder til prototypemøller



Numrene på kortet er de identifikationsnumre, som har været anvendt tidligere i processen, hvor samlet 125 arealer indgik indledningsvist.

Kilde: Miljøministeriet m.fl., april 2011.

Forligskredsen bag aftalen har lagt til grund, at den videre planlægning vedrørende arealerne følger de almindelige principper i den kommunale planlægning. Arealerne vil derfor indgå i den generelle kommunale planlægning for vindmøller.

### Prototypepladser

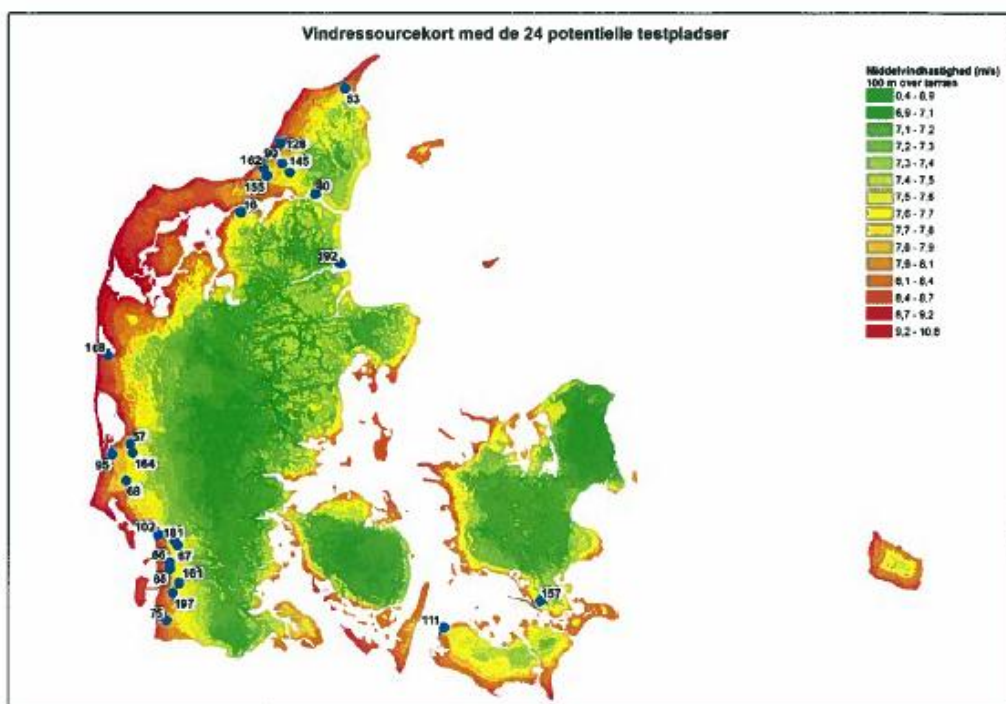
Formålet med afprøvning af prototyper er at opnå eksperimentel verifikation af beregningsgrundlaget under veldefinerede og realistiske forhold.

Tests foretages af vindmølleproducenterne, og indgår som en helt central del af udviklingsarbejdet. Ud over afprøvning på det nationale testcenter i Østerild, hvor der er plads til 6 møller med en højde op til 250 meter, kan det også ske på de 7 potentielle testpladser, som er vist på figur 2.

### Serie 0-møller

Serie 0-møller er møller fra den første og mindre produktionsserie på 5-10 stk. af en ny mølletype. Det vil sige, at en prototype af møllen tidligere er blevet testet. Højden af serie 0-møller følger udviklingen i prototypemøllernes højde med nogle års forsinkelse. Frem mod 2020 forventes møller med totalhøje på 150-200 meter og senere op mod 250 meter.

**Figur 3, De 24 potentielt udpegede arealer til serie 0-møller**



Kilde: Miljøministeriet, november 2011.

### *Vindmølleplanlægningen på land*

Kommunerne er som led i udarbejdelse af kommuneplaner i gang med at udpege potentielle områder til placering af vindmøller med efterfølgende lokalplanlægning m.v. Udgangspunktet er en maksimal vindmøllehøjde på 150 meter, men der indgår også arealer med en lavere højdegrænse, hvorfor den gennemsnitlige møllehøjde i de udarbejdede kommuneplaner/kommuneplantillæg er omkring 135 meter.

Frem mod 2020 er det forventningen, at mere end halvdelen af de eksisterende møller nedtages pga. af nedslidning og fordi det er økonomisk fordelagtigt at udskifte til mere effektive vindmøller.

Energiforligets forventede merudbygning med 500 MW landmøller forudsætter, at de skrottede møller erstattes med nye og større møller, således at der sker en udbygning på 1800 MW. Nogle af de nye møller forventes opstillet, der hvor de gamle møller nedtages og hvor der i dag kan være en højdebegrænsning på 80 meter. Men hovedparten forventes opstillet steder, hvor der ikke før har stået vindmøller. Ingen af de nye møller, bortset fra prototypemøllerne og serie 0-møller, bliver over 150 meter høje.

Det er kommunerne, der planlægger for produktionsmøller med en totalhøjde på op til 150 meter. Naturstyrelsen kan i særlige tilfælde godkende, at den maksimale højde på 150 meter fraviges for forsøgsmøller. Det er Naturstyrelsen, der udarbejder kommuneplantillæg med VVM-redegørelse for møller over 150 meter.

### *Vindmølleplanlægning på havet*

Med energiforliget planlægges en udbygning med 500 MW kystnære møller frem mod 2020 samt 400 MW havmøller på Horns Rev og 600 MW på Kriegers Flak i perioden 2017-2020. Det er Staten (Energistyrelsen), der varetager planlægningen for møller på havet.

Ved en hurtig udbygning med kystnære møller forventes det umiddelbart, at de største møller vil være under 4 MW med en højde under 150 meter, bl.a. på grund af de visuelle forhold og herunder kravet om luftfartsafmærkning. Møllestørrelsen i den kommende havmøllepark ved Anholt er 3,6 MW med en højde på 141 meter.

Det er endnu uafklaret, hvor de kystnære møller vil blive opført. Energistyrelsen er i gang med en screening af de kystnære havområder. De foreløbigt udpegede områder har typisk en nærmeste afstand til kysten på 3-4 km, dog har et par områder en mindsteafstand på ca. 2,5 km. Det er desuden en forudsætning, at møllerne skal placeres mindst 3 km fra kysten ud for sommerhuse og bymæssig bebyggelse ved møllehøjder under 150 m og forholdsmæssigt længere ude ved højere møller.

Først når screeningen er afsluttet udpeges områder, hvor de kystnære vindmøller kan placeres.

Møllerne på Horns Rev og Kriegers Flak kan med den forventede udvikling af møllestørrelser frem mod 2020 formentlig blive på 5-7 MW hver, med højder på op mod 200 meter.

## 2. Fremtidens vindmøller udfordrer flyvesikkerheden

Flyvesikkerheden udfordres, idet fremtidens vindmøller kan nå op i de luftlag (+ 150 meter), hvor både den private og til dels den erhvervsmæssige luftfart opererer. Endvidere vil nye møller under 150 meter få betydning for de flyvninger, der finder sted under minimumsflyvehøjden – fx i forbindelse med start og landing, samt i forbindelse med militærflyvning, eftersøgnings- og ambulancehelikopteroperationer.

Det er især privatflyvningen, der udfordres af fremtidens vindmøller. En stor del af privatflyvningerne udføres uden elektroniske navigationsinstrumenter, dvs. efter de såkaldte "visuelle flyveregler". Dette indebærer, at piloten navigerer alene efter visuelle referencer i landskabet (ved udkig gennem flyets ruder), herunder på grundlag af referencer i form af bemalinger eller lys på høje anlæg (vindmøller og master).

Den forventede stigning i antallet af møller over 100 meter, herunder i antallet af møller over 150 meter, vil kræve overvejelser i relation til både placering og afmærkning af disse vindmøller.

Placering af vindmøller ligger imidlertid udenfor arbejdsgruppens kommissorium. Det er en opgave for især kommunerne og Naturstyrelsen. Forligskredsen bag energiforliget har lagt til grund, at den videre planlægning vedrørende udlægning af de nødvendige arealer til landvindmøller følger de almindelige principper i den kommunale planlægning. Arealerne vil derfor indgå i den generelle kommunale planlægning for vindmøller.

Arbejdsgruppen finder det dog vigtigt at pege på, at der er væsentlige hensyn på spil for de mindre flyvepladser/flyveklubber, der ikke er offentligt godkendte. For det første vil selve placeringen af møller i nærhed til små flyvepladser være en risikofaktor, der formentlig er større end karakteren af mølleafmærkningen. For det andet kan små flyvepladser risikere at skulle lukke, hvis kommunerne planlægger placering af vindmøller i flyvepladsernes umiddelbare nærhed eller i flyvepladsernes ind- og/eller udflyvningsplaner. Lukker en flyveplads, er det yderst vanskeligt at finde en ny lokalitet for de pågældende brugere. Kommunerne kan derfor med fordel, og på et tidligt tidspunkt, inddrage lokale flyvepladser i arbejdet med at udpege egnede områder til opførelse af vindmøller.

### *Nedsættelse af arbejdsgrupper til vurdering af behov for afmærkning af vindmøller*

Første skridt for at tackle problemstillingerne blev taget i februar 2011, hvor der blev udgivet en rapport om lysmarkering af vindmøller ("Rapport om Lysmarkering" februar 2011) fra en tværministeriel arbejdsgruppe bestående af Forsvarsministeriet, Klima- og Energiministeriet, DTU Vindenergi, Transportministeriet og Miljøministeriet (formand). Arbejdsgruppen blev nedsat som et led i aftalen om et testcenter ved Østerild Plantage i Thy (arbejdsgruppens kommissorium er gengivet i bilag 1).

Arbejdsgruppen anbefalede myndigheder og vindmølleproducenter at overvåge den teknologiske udvikling, at teste ny lysmarkering samt afvente udarbejdelsen af fælles europæiske regler på området.

Efterfølgende blev der fra vindmøllebranchen rejst ønske om en mere aktiv og ambitiøs indsats, herunder i relation til mulighederne for at teste nye former for lysafmærkning.

Transportministeren nedsatte på denne baggrund en ny tværministeriel arbejdsgruppe, med deltagelse fra Forsvarsministeriet, Klima- og Energiministeriet, DTU, Miljøministeriet, og Transportministeriet, herunder med Trafikstyrelsen (formand).

Arbejdsgruppen skulle bl.a. beskrive og vurdere nye teknologiske løsningsmuligheder for lysafmærkning af vindmøller og komme med anbefalinger, der kan indgå i arbejdet med at udvikle de fælles europæiske regler på området samt sikre at det er forsvarligt i forhold til flyvesikkerheden (se kommissorium i bilag 2). Arbejdsgruppen skulle i modsætning til den tidligere gruppe forholde sig til mulighederne såvel over som under 150 meters totalhøjde.

#### *Luftfartsafmærkning skal tage mange hensyn: Flyvesikkerhed, vindkraftudbygning og borgerhensyn*

Det har været en forudsætning for gruppens arbejde, at det skulle være baseret på en åben og nuanceret tilgang, som også tager hensyn til de bredere konsekvenser, når løsningsmuligheder lægges frem.

Udgangspunktet er som nævnt, at fremkomsten af flere vindmøller mellem 100 og 150 meter vil ændre det danske landskab, og at vindmøller over 150 meter når op i de luftlag hvor både den private og til dels den erhvervsmæssige luftfart opererer.

Derudover har Forsvaret behov for at operere i lavere højder end de civile minimumsflyvehøjder, og afmærkningen skal også tilgodese dette særlige hensyn.

Samtidig med flere større vindmøller forventes der en øget aktivitet med helikoptere i fremtiden. Det gælder især til patient- og sygetransport, som vinder stigende indpas.

Flyvesikkerheden er således udfordret af fremkomsten af nye og højere vindmøller.

Afmærkning af vindmøller skal sikre den nødvendige synliggørelse af vindmøller, der skønnes at kunne udgøre en fare for flyvesikkerheden.

De gældende danske regler om afmærkning af luftfartshindringer er baseret på internationale retningslinjer fra FN's internationale luftfartsorganisation ICAO, se kapitel 4. Men reglerne er oprindeligt beregnet til afmærkning af stillestående genstande (fx bygninger og master), og ikke designet til afmærkning af vindmøller.

Det kan være forbundet med en række praktiske og konstruktionsmæssige vanskeligheder at afmærke vindmøller efter gældende regler, blandt andet på grund af vindmøllens bevægelige toppunkt og et krav om synkrone blink.

Vindenergiproducenterne og vindmølleindustrien er således udfordret af de eksisterende regler for afmærkning af vindmøller. Hvis afmærkningsreglerne ikke justeres eller videreudvikles, kan det betyde, at vindmølleudbygningen vanskeliggøres, og at prisen for (vind)energi vil stige. Således udgør markeringsreglerne et væsentligt rammevilkår for vindkraften.

En yderligere udfordring er hensynet til borgere og naboer, idet de visuelle gener fra lysmarkeringer på vindmøller kan skabe modvilje hos borgere og lokalsamfund.

Hensynene til flyvesikkerheden, vindenergiambitionerne/vindmøllevirksomhederne samt borgernes livskvalitet må derfor afbalanceres fornuftigt.

Det er vigtigt, at luftfarten anerkender det brede politiske ønske om en omlægning af energiforsyningen med en markant udbygning af vindkraft, og samtidig anerkender, at borgere ikke kan leve med voldsomt oplyste eller blinkende omgivelser.

Omvendt må vindmølle- og energisektoren samt møllernes naboer anerkende de flyvesikkerhedsmæssige hensyn, der nødvendiggør en anvendelig afmærkning.

### **3. Luftfartens behov for synliggørelse af vindmøller**

For at sikre civile og militære flyvninger er det nødvendigt at friholde luftrummet mest muligt for anlæg der kan være til fare for flyvesikkerheden. I Danmark sikres den civile og militære luftfart mod høje anlæg gennem Lov om Luftfart, som i praksis administreres af Trafikstyrelsen.

For vindmøller og andre anlæg vurderer Trafikstyrelsen i hvert enkelt tilfælde, hvorvidt de er til fare for luftfarten, og såfremt dette er tilfældet, hvilke foranstaltninger, der kan anvendes for at fastholde et højt flyvesikkerhedsniveau.

Foranstaltningerne kan først og fremmest være afmærkning af vindmøllerne eller begrænsning i højden.

Foranstaltninger i form af afmærkning skal sikre ensartet synlighed af vindmøllerne under alle forhold.

Der kan afmærkes ud fra en række veldefinerede metoder for at give piloten på luftfartøjet en visuel indikation af placering, højde og omfang af anlægget uanset tidspunkt på døgnet.

Foranstaltninger i form af afmærkning med bemaling og etablering af hindringslys er den nuværende form for synliggørelse af anlæg.

De konkrete foranstaltninger afhænger af flere forhold, der groft set kan opdeles i følgende kategorier:

- Nærhed til en flyveplads
- Om det er land- eller havområder
- Vindmøllehøjden
- Antallet af vindmøller

#### *Nærhed til flyvepladser*

Civile flyvninger mellem flyvepladserne, også kaldet "en-route" flyvninger, kan foretages i højder fra 150 meter over terræn (500 fod) i landområder og 300 meter (1000 fod) over byområder.

Når vindmøller opstilles i nærheden af en flyveplads, der er godkendt til erhvervs-mæssig beflyvning, vil de ofte være begrænset i højden. Flyvepladser der er godkendt til erhvervs-mæssig beflyvning skal have et godkendt indflyvningsplan, der består af en række højde- og hindringsbegrænsende flader i op til 15 km fra lufthavnens banesystem. Fladerne starter fra terræn og er stigende op til 150 meter, alle med reference til flyvepladsniveau.

Fladerne skal sikre flyvepladsens udnyttelse og kapacitet udover formålet med nødvendig frihøjde ved start og landing på flyvepladsen.

Udover de nævnte hindringsbegrænsende flader, har Forsvaret defineret et område omkring hver flyvestation, hvor hindringshøjden begrænses til ca. 150 meter (500 fod) over havets overflade.

Begrænsningen muliggør flyvekontrolltjenestens anvendelse af højden ca. 450 meter (1500 fod) over havet under radarkontrol. Dette skal sikre en hensigtsmæssig afvikling af den på flyvestationer normalt forekommende trafik, som ofte består af både hurtige og langsomme fly.

Området strækker sig ca. 13,0 km (7 nautiske mil) på hver side af landingsbanens forlængede centerlinje, og ca. 16,5 km (9 nautiske mil) i ind- og udflyvning.

Uden for den umiddelbare nærhed til en flyveplads (indflyvningsplanets afgrænsning), vil der normalt ikke være forhold som tilsiger, at vindmøller og andre høje anlæg vil påvirke flyvningen i en grad, der nødvendiggør begrænsninger i højden.

### *Land- og havområder*

Fremtidens vindmøller kan forventes at gennembryde det luftrum, hvor de énmotorede luftfartøjer kan befinde sig, nemlig fra 150 meters højde. Énmotorede luftfartøjer vil normalt navigere over land og planlægge den kortest mulige afstand over hav. Dette skyldes behovet for landingsareal i tilfælde af motorstop.

I forbindelse med vejrforhold, der nærmer sig minimumskravene for tilladt flyvning under de visuelle flyveregler, vil benyttelse af markante kendemærker under navigationen være nødvendig. Markante kendemærker kan være længere sammenhængende anlæg eller topografi såsom kystlinjer, motorveje, ledningsspænd m.v.

Behovet for tilstrækkelig frihøjde ved flyvning over hav samt behovet for benyttelse af kystlinjer til navigation ved flyvning i vejrminima vil bevirke, at vindmøller betragtes som landbaserede med hensyn til afmærkningskrav i en afstand på op til 2-3 kilometer fra kystlinjen.

I den aftalte udbygning med kystnære møller forventes alle møllerne placeret mindst 2-3 km fra kysten, hvorfor de forventes omfattet af de luftfartsafmærkningsregler, der gælder for havvindmøller.

Lysafmærkning på havvindmøller vil, på grund af placeringen relativt langt fra normale flyvemønstre og -højder, ikke være så omfattende som landbaserede vindmøller.

Både de kystnære vindmøller og havvindmøller vil være afmærket for søfarende/skibsfarten med gule lanterner og gul bemaling på den nederste del af mølletårnet, hvilket i et vist omfang også kan ses og benyttes af de luftfarende. Efter dialog med Søfartsstyrelsen vurderes der ikke umiddelbart at være fare for forveksling mellem søfartsafmærkninger og luftfartsafmærkninger.



### *Vindmøllehøjder*

Flyvning efter visueflyverreglerne (uden navigationsudstyr) foregår ikke med en nøjagtighed som gør at navigation efter kort/beskrivelse er tilstrækkelig. Vejret kan forværres, og det kan blive nødvendigt flyve lavere, for at orientere sig.

Når anlæg opnår højder på 150 meter eller højere, så medfører det en forøget fare for den civile luftfart (da flyvning er tilladt fra 150 meter (500 fod) over terræn). Flyvninger under 150 meter over terræn er typisk begrænset til sikkerhedsrelaterede opgaver (læge- og ambulancehelikopterflyvning) og militære operationer.

### *Antallet af vindmøller*

Afmærkningen skal vise både udstrækningen (antallet) og højden af vindmøllerne.

Når der kræves afmærkning af en gruppe af vindmøller, kan der være behov for at definere hjørner og "knæk" i periferien af vindmøllegruppen. Definitionen på en vindmøllepark er - inden for luftfart - når der er flere end 2 vindmøller. Når der er flere end 2 vindmøller, opstår muligheden for, at mellemliggende vindmøller ikke behøver samme afmærkning. Hvis møllerne skulle blive opstillet med en afstand på mere end 5 km mellem vindmøllerne, kan der være behov for yderligere afmærkning.

De nuværende internationale regler for afmærkning af høje anlæg, herunder vindmøller er udarbejdet med sigte på anlæg, der er placeret inden for de hindringsbegrænsende flader omkring flyvepladser. I de senere år er det tilføjet, at anførte afmærkningsspecifikationer også kan benyttes til håndtering af anlæg uden for indflyvningsplanerne. Det har ikke været hensigten at disse specifikationer skal begrænse eller regulere operationen af et luftfartøj.

## **3.1 Forsvarets særlige behov ved lavflyvninger**

Militære flyvninger adskiller sig fra civile flyvninger på enkelte områder:

- Nogle flytyper opererer ved højere hastigheder end civile fly, også i lave højder
- Lette fly og specielt helikoptere opererer i meget lav højde (ned til få meter over jorden), bl.a. i forbindelse med eftersøgnings- og redningstjeneste.
- Ved flyvning om natten kan anvendes lysforstærkende udstyr – Night Vision Goggles (NVG), der er følsomt overfor lys i spektret indenfor bølgelængderne 645-905 nanometer.

Samlet set betyder det, at forsvarets behov for afmærkning særligt omfatter anlæg med højder på mellem 100 meter og 150 meter over jorden. Forsvarets behov for afmærkning af vindmøller over 150 meter vil være dækket af det nuværende regelgrundlag i forhold til den civile luftfart.

I forbindelse med en planlagt udskiftningsordning, hvor vindmøller blev udskiftet med færre men højere møller, nedsatte forsvarsministeren en arbejdsgruppe, der i 2005 udmeldte ændrede retningslinjer for vindmøller med højder fra 100 til 150 meter,

som ikke er placeret i nærhed af en lufthavn eller en flyvestation. I praksis betød ændringerne, at alle landbaserede vindmøller skulle markeres med lavintensivt rødt lys på turbinehovedet. I særlige tilfælde, hvor vindmøllerne stod tæt på flyvestationerne, kunne der imidlertid være behov for særlig lysafmærkning i form af hvidt blinkende middelintensivt lys. Det blev endvidere præciseret, at ved ethvert projekt til opførelse af vindmøller over 100 meter, skulle der foretages en konkret vurdering af behovet for afmærkning under hensyntagen til såvel civile som militære flyvninger i området.

I forbindelse med arbejdet i nærværende arbejdsgruppe har Forsvaret evalueret de operationelle erfaringer med den form for lysafmærkning af vindmøller, der er anvendt siden 2005.

Erfaringerne har vist, at markering med fast rødt lavintensivt lys på turbinehovedet sammen med den "hvide" bemaling på hver enkelt mølle, er tilstrækkeligt.

Dette giver mulighed for at minimere den særlige lysafmærkning på vindmøller nær militære flyvestationer.

Fra den nuværende form for lysafmærkning nær militære flyvestationer med middelintensivt hvidt blinkende lys, der medfører væsentlige genepåvirkninger af omgivelserne, kan der i stedet benyttes rødt blinkende middelintensivt lys (2000 candela) i natperioden.

Det er målet, at kunne definere hvilke områder, som kun kræver de lavintensive røde lys, og i hvilke områder, der kan forventes begrænsninger i højden og/eller særlige krav til lysafmærkning.

I England er det blevet muligt at benytte infrarødt lys på landbaserede vindmøller til at opfylde behovet i forhold til de militære flyvninger.

Flyvertaktisk Kommando finder det imidlertid ikke foreneligt med de operative forhold at erstatte lysmarkering med infrarødt lys, der alene vil kunne ses under anvendelse af avanceret udstyr i form af night vision goggles (NVG). Da der også udføres militære flyvninger om natten uden brug af NVG, vil der fortsat være behov for fast rødt lys.

De bagvedliggende vilkår for de engelske militæroperationer er ikke oplyst.

## **4. Internationale og danske regler for afmærkning af vindmøller**

Luftfart er i sin natur international og grænseoverskridende. Derfor tilstræbes det, at luftfartens færdselsregler og afmærkningsregler forstås på samme måde af en pilot fra Rusland som en pilot fra Danmark. Det er naturligvis især vigtigt for større fly, som stort set altid bevæger sig på tværs af grænserne, men også for mindre fly er det hensigtsmæssigt at have ensartede regler.

### **4.1 Internationale regler - ICAO**

Danmark har tiltrådt Chicago Konventionen under FN's luftfartsorganisation, ICAO (International Civil Aviation Organization).

Artikel 37 forpligter medlemsstaterne til at samarbejde med henblik på at opnå størst mulig ensartethed i forskrifter, i alle forhold hvor det kan lette og forbedre luftfarten.

Til dette formål vedtager ICAO løbende mindstekrav i form af anbefalinger og standarder (SARPs, Standards and Recommended Practices) indeholdt i en række annexer til konventionen, omfattende alle operationelle og tekniske aspekter af international civil luftfart.

"Standards" er som udgangspunkt folkeretligt forpligtende, mens "Recommended Practices" kan fraviges i de tiltrædende landes nationale lovgivning.

Reglerne om afmærkning af luftfartshindringer fastsættes i Annex 14, Volume I, Aerodrome Design and Operations, og består hovedsageligt af "Recommended Practices", dvs. anbefalinger.

For at understøtte ensartethed i forbindelse med design og installation af visuelle hjælpemidler har ICAO publiceret manualen "Aerodrome Design Manual - Part 4, Visual Aids".

### **4.2 Danske regler**

Fundamentet for den danske luftfartslovgivning er Lov om Luftfart, jf. seneste Lovbekendtgørelse nr. 959 af 12. september 2011, som danner rammerne for reguleringen af civil luftfart i Danmark. Loven bemyndiger transportministeren til at fastsætte nærmere bestemmelser for den civile luftfart. Denne bemyndigelse er i vidt omfang delegeret til Trafikstyrelsen.

Trafikstyrelsen fastsætter regler dels i form af "Bestemmelser for Civil Luftfart" (BL'er) og dels i form af bekendtgørelser. Bestemmelser for Civil Luftfart er opdelt i 11 serier, som tilsammen dækker de forskellige flyvesikkerhedsmæssige aspekter ved det samlede lufttransportsystem.

Ved Bestemmelser for Civil Luftfart, BL 3-10 om luftfartshindringer er de internationale regler fra ICAO's Annex 14 om afmærkning af luftfartshindringer (benævnt "anlæg" i den følgende tekst) implementeret i dansk ret.

### 4.3 EU-regler

I Europa er det Kommissionens EU-agentur EASA (European Aviation Safety Agency), som forestår arbejdet med harmonisering af de flyvesikkerhedsmæssige regler med hjemmel i EU forordning 216/2008.

EU/EASA har *endnu* ikke fastsat regler på afmærkningsområdet, men EU/EASA har i 2012 gennemført en høring over et udkast til EU-regler om bl.a. luftfartshindringer, der i store træk en kopi af ICAO's Annex 14 og forslaget er derfor ikke meget ambitiøst.

En arbejdsgruppe<sup>1</sup>, der har fremlagt input til EASA, har identificeret en række problemstillinger i forhold til afmærkning af vindmøller. Det drejer sig først og fremmest om manglende effektivitet af farvemarkering på møllevinger samt vanskeligheder ved at lysafmærke øverste punkt.

På denne baggrund samt efter kritik fra flere lande, herunder fra Danmark, om at reglerne bør moderniseres og tilpasses udviklingen i energisektoren og den fremvoksende vindmølleindustri, er forslaget foreløbigt trukket tilbage.

I de øvrige europæiske lande er området ligesom i Danmark reguleret af national lovgivning fastsat med udgangspunkt i ICAO's Annex 14. Men der er variationer i reglerne, særligt når det gælder vindmøller. De seneste års udvikling inden for vindmølle-design har skabt anlæg, der ikke fandtes, da ICAO's afmærkningsregler blev defineret.

I de følgende afsnit beskrives de regler og foranstaltninger, der i Danmark anvendes i forhold til afmærkning af anlæg, herunder vindmøller.

### 4.4 Publikationer og kort

Standardiserede flyvekort anvendes til pilotens brug i flyveplanlægningen samt til navigation under flyvning efter de visuelle flyveregler. Herved opnås kendskab til terræn og anlæg i og omkring den forventede flyverute, herunder vindmøller.

På flyvekortene skal alle vindmøller og andre anlæg angives, såfremt højden er på mere end 100 meter over terræn, eller i øvrigt skønnes at være til fare for flyvesikkerheden.

Ifølge luftfartslovens § 67 a skal alle vindmøller og andre anlæg med højde på 100 meter over terræn anmeldes til Trafikstyrelsen.

På Trafikstyrelsens flyvekort fremgår hindringstypen, placeringen, højden over havniveau samt oplysninger, om den eventuelt er etableret med hindringslys.

---

<sup>1</sup> GASR (Group of Aerodrome Safety Regulators) WG, Wind turbine task force

Piloter er forpligtede til at gøre sig bekendt med oplysninger fra flyvekort, for undgåelse af sammenstød med anlæg, herunder vindmøller.

Der er etableret et informationssystem, kaldet NOTAM, der skal sikre en hurtig meddelelse til de luftførende om pludseligt opståede ændringer af oplysninger, som er til rådighed i flyvekortene. For vindmøller og andre anlæg kan det være driftsproblemer, der har medført at hindringslys er ude af drift.

Stigende brug af GPS-udstyr i fly har medført et behov for harmonisering af terræn- og hindringsdata mellem landegrænser. Der er indført nye krav til publicering af standardiserede elektroniske data, som træder i kraft i de kommende år.

I luftrummet omkring offentligt godkendte flyvepladser sikres den nødvendige hindringsfrihed under start og landing ved hjælp af det godkendte indflyvningsplan. Indflyvningsplanen består af en række hindringsbegrænsende flader omkring den enkelte landingsbane, som ikke må gennembrydes. Herved har piloten den nødvendige frihøjde til vindmøller og andre anlæg under de kritiske ud- og indflyvningsfaser.

#### **4.5 Dagafmærkning**

I dagslys kan vindmøller og andre anlæg afmærkes med bemaling af overflader og/eller brug af hindringslys.

Bemaling af anlæg består normalt af rød/hvide farver opdelt i særlige mønstre.

Bemaling af vindmøller kan udføres i farven hvid såfremt det giver den fornødne kontrast til omgivelserne. Den benyttede "hvide" farve på landbaserede vindmøller (RAL kode 7035) er inden for luftfartens definition af hvid.

Hvor bemaling ikke er tilstrækkelig kan hindringslys anvendes. Når hindringslys anvendes i dagslys skal der anvendes høj lysintensitet med hvidt blink for at skabe tilstrækkelig synlighed.

#### **4.6 Natafmærkning**

Til synliggørelse af vindmøller og andre anlæg om natten anvendes udelukkende hindringslys.

For hindringslys er der beskrevet en række tekniske specifikationer som den enkelte type af lys skal opfylde. De hindringslys, som er anvist af de internationale retningslinjer (ICAO's Annex 14), består af følgende parametre:

- farve i form af hvid eller rød
- fast eller blinkende
- lysintensitet

Blinkende lys bliver anvendt både nær flyvepladser og i områder mellem flyvepladser. Endvidere er frekvensen af blink pr minut fastsat for at opnå pilotens opmærksomhed samt for at fastholde hindringen i pilotens synsfelt. Fast lys finder som ud-

gangspunkt kun anvendelse på anlæg i nærheden af flyvepladser og kun til brug i mørke.

Samtidig er der krav til placering af lysene på selve anlægget. Dette skal sætte piloten i stand til at kunne genkende tilstedeværelsen af anlægget under de værst tænkelige visuelle flyveforhold.

I den generelle beskrivelse af afmærkning på anlæg foreskriver de internationale regler, at det øverste punkt skal afmærkes. Der er dog ikke nogen specifikke regler om, hvordan dagafmærkning eller hindringslys etableres på det højeste punkt af en vindmølle.

#### *4.6.1 Synkronisering af blinkende lys*

Når det er nødvendigt at etablere mere end ét blinkende hindringslys er det påkrævet, at hindringslysene blinker synkront. Det synkrone blink skal sikre, at piloten ikke påvirkes negativt af asynkrone blink.

Synkroniseringen af de blinkende lys vil endvidere minimere generende lyspåvirkning af omgivelserne.

#### *4.6.2 Regulering af lysintensitet*

Efter de nuværende internationale retningslinjer skal lysintensiteten reguleres efter tre niveauer af baggrundluminans.

Eksempelvis er de høje tv antenner på typisk 250-300 meter etableret med højintensive hvidt blinkende lys. De reguleres i tre perioder, en dagperiode med 200.000 candela, en tusmørke periode på 20.000 candela og en natperiode på 2.000 candela.

Denne simplificering af givne lysforhold og krav om minimum lysintensitet er ikke direkte sammenhængende med den krævede synlighed. I længere perioder af døgnet vil lysintensiteten være højere end nødvendigt i forhold til hindringens synlighed.

#### *4.6.3 Lysudbredelse og afskærmning*

Hindringslys skal så vidt muligt pege i retning mod luftrummet, hvor lufttrafikken forekommer. Etablering af hindringslys på nacellen kræver, at hovedstrålen fra hindringslyset har en retning mod den civile lufttrafik. Derfor skal det sikres, at mest muligt af lyset har retning over horisontalplanet.

Ved høje vindmøller og andre anlæg, kan det være påkrævet, at der etableres hindringslys på mellemniveau. Hindringslys på mellemniveauer skal hjælpe piloten til at opfatte anlægs placering i landskabet - særligt i natperioden, hvor piloter har reduceret dybdefornemmelse. Endvidere skal det gøre anlægget synligt, hvis den øverste del af anlægget er skjult af lavtliggende skyer.

Hindringslys på mellemniveauer har en lysudstråling med primær retning mod luftrum, hvor flyvninger foregår. Dette sikrer mindst mulig gene af omgivelserne.

Erfaringer med fysisk afskærmning af hindringslys i fx Sverige viser, at dette kun giver en begrænset effektivitet i umiddelbar nærhed af masten. Da der er behov for at

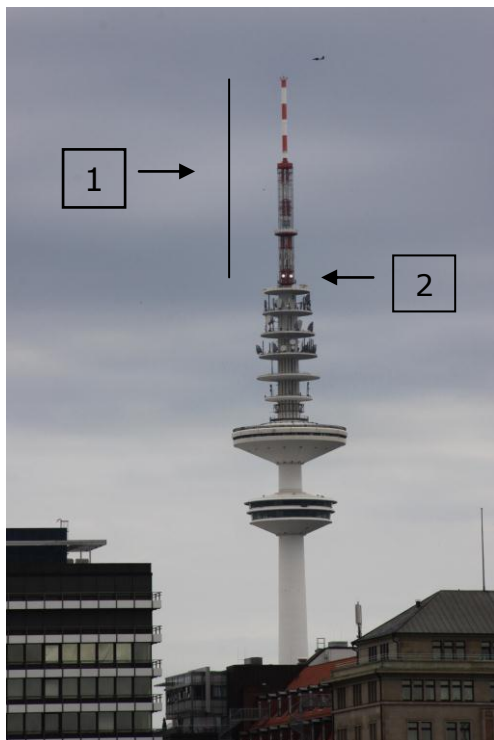
kunne se hindringslyset på større afstand, viser de svenske erfaringer, at løsningen ikke er anvendelig.

#### 4.7 Eksempel på traditionel afmærkning

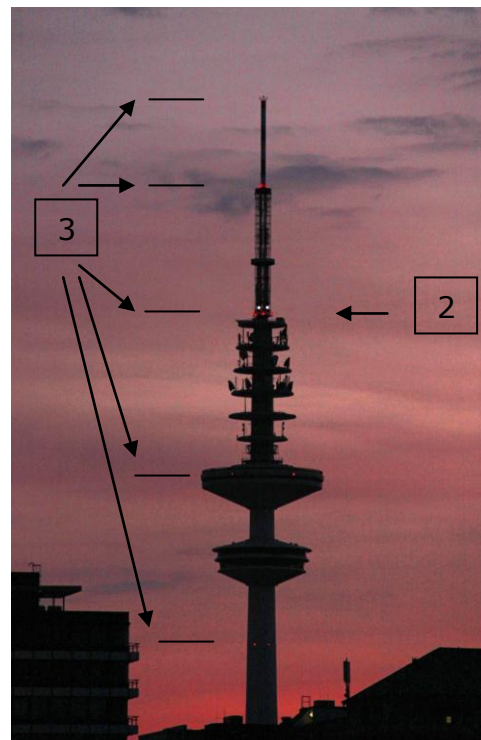
Der findes allerede i dag hundredvis af høje anlæg rundt omkring i landskabet, som er højere end 100 meter over terræn, og som kan påvirke luftfarten.

En stor del af anlæggene over 150 meter består typisk i dag af telekommunikationsmaster og skorstene på kraftvarmeværker. De første telemaster blev opført i 1950'erne med højder på over 250 meter. Både tv-master og skorstene er afmærket med højintensivt hvidt blinkende lys (LIH FLG W) på øverste punkt og på mellemniveau.

**Figur 4: Afmærkning på TV-tårnet i Hamburg**



Figur 4a



Figur 4b

På figur 4a og 4b ses afmærkning på det 279 meter høje tv-tårn i Hamborg. Dagsafmærkningen på figur 4a fremgår med rød/hvid maling [1] på de øverste 75 meter og på niveau 204 meter over terræn er der afmærket med hvidt blinkende middelintensivt lys [2]. På figur 4b ses natafmærkning med rødt fast lys på toppen samt mellemniveauer [3] og hvidt blinkende middelintensivt lys [2].

## 5. Afmærkning af anlæg i andre lande

Dette kapitel beskriver udvalgte europæiske landes nationale lovgivning og erfaringer. Der lægges vægt på de væsentlige forskelle i forhold til danske og internationale bestemmelser.

### 5.1 Norge

Bestemmelsesgrundlaget i Norge er fastsat i Bestemmelser for Sivil Luftfart, BSL E 2-2 "Forskrift om merking av luftfartshinder".

I Norge er der ikke på nuværende tidspunkt erfaringer med vindmøller over 150 meter. I nær fremtid vil der også i Norge være behov for yderligere krav til afmærkning af høje vindmøller. De nuværende regler for afmærkning af vindmøller er tæt knyttet til ICAO's retningslinjer.

I de norske bestemmelser anføres, at vindmøller skal markeres med hindringslys, og hvis møllevingerne er højere end selve nacellen, skal møllevingerne have lys, farve eller anden anordning, som gør møllevingerne tilstrækkeligt synlige.

Vindmøller på 150 meter over terræn eller højere skal markeres med højintensive lys på toppen og lavintensive lys på mellemniveau, hvis afstanden mellem lysene ikke overstiger 75 meter.

Af forskelle kan primært nævnes, at lysintensiteten i dagperioden er 100.000 candel, såfremt farveafmærkningen ikke er tilstrækkelig. Hertil skal bemærkes at det er minimums lysintensitet og ikke med den normale usikkerhed på +/- 25 %.

### 5.2 Sverige

Nuværende bestemmelsesgrundlag i Sverige er angivet i TSFS 2010:155 – Serie GEN "Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten".

Sverige foretager på nuværende tidspunkt en revision af bestemmelserne, hvor målet er at opfylde nuværende krav til lysets vinkel over horisontalfladen. Endvidere forventes at fjerne bestemmelsens § 32 om afskærmning af højintensive lys. Det har vist sig ikke at være muligt at opfylde afskærmningskravet med nuværende lysarmatur.

I forskriften angives, at vindmøller med højde på 150 meter over terræn eller højere, skal lysafmærkes med hvid farve samt blinkende højintensive lys.

Lysafmærkningen kan etableres på vindmøllens højeste faste punkt.

Højintensive lys skal være hvidt blinkende lys med en frekvens på 40 til 60 gange i minuttet.





Etableres afmærkningslys på vingespids, skal der fortsat være hindringslys på nacellen. Der er anført særlige krav til lys og position af møllevinge for at undgå lys under hele rotationen.

Tyske erfaringer med test af lys på vingespids har i første omgang medført udfordringer med kombinationen af standard lys på nacellen. Der er ikke udført test med lys på vingespids på alle vindmøller i en vindmøllepark.

De særlige former for lysafmærkning i Tyskland er ikke undersøgt for, hvor stor indflydelse de har på genevirkningen på befolkningen. En arbejdsgruppe har anbefalet, at virkningerne af lyssystemerne undersøges nærmere.

#### **5.4 Belgien**

Belgien har udover ICAO's internationale retningslinjer adopteret en lang række af de tyske regler vedrørende brug af det særlige "W, red" lys samt lysregulering med sigtbarhedsmålere.

I Belgien er der etableret en vindmøllepark ved Estinnes med 11 vindmøller, hver med en total højde på 198,5 meter. Møllerne er afmærket med farvebånd og lysafmærkning med den særlige "W, red" lysafmærkning på nacellen. Vindmøllernes dimensioner overholder lige netop det maksimale afstandskrav på 65 meter mellem lysafmærkningen på nacellen og vingespids (rotordiameter er 127 meter og tårnhøjden er 135 meter).

**Figur 6: Vindmølle fra vindmølleparken ved Estinnes**



I Belgien udføres regulering af lysintensiteten ved bestemmelse af synligheden som en meteorologisk sigtbarhed på stedet, hvor vindmøllerne står. Sigbarheden måles i overensstemmelse med de bestemmelser og anbefalinger, der anvendes af den Meteorologiske Verdensorganisation under FN (WMO). For vindmølleparker er udstyr til at måle sigtbarhed ikke monteret med større afstand end 1500 meter mellem hver måleenhed. Måleenhederne er placeret i periferien af mølleparken. Den mest negative værdi fra én af måleenhederne i hele vindmølleparken vil blive anvendt til at bestemme lysintensiteten på alle hindringslys. I tilfælde af en defekt måleenhed vil alle hindringslys sættes på en intensitet på 100 %.

## 6. Forskellige afmærkningsmuligheder

I dette kapitel søges beskrevet alle eksisterende og fremtidige afmærkningsmuligheder med de fordele, ulemper og tidsperspektiv, som hver afmærkningsmulighed har.

### 6.1 Farveafmærkning på vinger, nacelle og mølletårn

Ved at benytte den traditionelle form for dagafmærkning med bemaling med skiftevis rød og hvid farve, kan vindmøllekonstruktionen tydeliggøres i dagslys. Der er mulighed for at udvikle særlige farvemønstre på vinger, nacelle og vindmølletårn, som skal signalere at hindringen er en vindmølle.

Anvendelse af særlig farveafmærkning ses benyttet i forbindelse med andre foranstaltninger til opvejning af den manglende afmærkning på øverste punkt.

Betragtes farveafmærkningen isoleret, så vil afmærkningen alene kunne angive hindringstypen og give dybde til hjælp for pilotens vurdering af hindringens placering.

Fordele:

- Kræver ikke avanceret teknologi og etableringsomkostningerne er lave.
- Regler kan formuleres meget simpelt og klart.

Ulemper:

- Dagafmærkning på vingespidserne er ikke tydelig ved alle vinkler i forhold til piloten, og gør afmærkningen mindre effektiv end forventeligt. Dagafmærkningens fremtræden nedsættes yderligere i lav sigtbarhed eller under flyvning imod solen. Relativt høje vedligeholdelsesomkostninger og begrænset holdbarhed. Ifølge en række producenter vil tydelighed i dagafmærkningen nedsættes efter 5 år og fremstå ineffektive efter 10 år, i og hurtigst i lande med høj solpåvirkning. Forventes levetiden på en vindmølle at vare i 20 år, så skal det forventes at dagafmærkningen skal genmales 2-3 gange med relativt høje vedligeholdelsesomkostninger til følge.
- Farveafmærkning med bemaling af møllen vil visuelt påvirke omgivelserne negativt – til ulempe for naboer og for landskab.

Samlet vurdering:

Tvivlsom flyvesikkerhedseffekt både som enkeltstående foranstaltning og i sammenhæng med andre foranstaltninger. Vedligeholdelse af farveafmærkningen er erfaringsmæssigt en væsentlig driftsøkonomisk belastning. Farveafmærkningen løser ikke problemer for natflyvning. Det vurderes, at denne model ikke bør forfølges yderligere.

### 6.2 Lysafmærkning på mølletårn, nacelle og vinger

*Generelt om lysafmærkning: lysfarve og lystype – dag og nat*

En undersøgelse<sup>2</sup> af en række klager tyder på, at det hvidt blinkende lys er mere generende for mennesker end det røde blinkende lys – især om natten.

I relation til fuglevildt viser erfaringer, at lys med farven rød eller hvid tiltrækker fugle mest. Ses alene forholdet mellem hvidt og rødt lys, er rødt lys den farve som tiltrækker fugle mest. Tiltrækningen er proportional med lysintensiteten.

De amerikanske luftfartsmyndigheder (FAA) har imidlertid ikke kunnet påvise forøget tiltrækning af fugle i natperioden ved brug af rødt blinkende middelintensive hindringslys<sup>3</sup>.

Hindringslys benyttes i et vist omfang som erstatning for farveafmærkningen i dagperioden på grund af de store vedligeholdelsesomkostninger ved farveafmærkning. Lysafmærkning som erstatning for farveafmærkning om dagen skal efter gældende praksis være højintensivt hvidt blinkende lys. Denne type lys er generelt generende for beboere i omgivelserne.

#### *Lys af typen LED*

For afmærkning i natperioden benyttes hindringslys. For højintensivt hvidt blinkende lys har lysarmatur været opbygget af xenon teknologi.

I de seneste år har LED-teknologien dog givet en række forbedringer herunder:

- Fintuning af blitz karakteristika, som giver en mindre aggressiv blitzkarakter,
- Avanceret power kontrol til sikring af et stabiliseret lysoutput så lysintensiteten af LED lys ikke overstiger kravene ved lave temperaturer,
- Lys med en snæver lysstråleprofil til minimering af omstrejfende lys inden for kravspecifikationerne,
- Længere levetid, færre perioder hvor lys er slukket pga. vedligeholdelse.

Fordele:

- LED udviklingen har medført at hindringslys driftsomkostninger er reduceret betydeligt.
- LED nedsætter vægten for især udstyr der tidligere benyttede xenon teknologi.
- Lysafmærkning er en forholdsvis simpel og velafprøvet teknologi.
- Løsningen kan implementeres på kort sigt.

---

<sup>2</sup> *Staatlichen Umweltamtes Schleswig (Kunte, 2007)*

<sup>3</sup> *FAA Lighting of Wind Turbines and Bird Collisions, 2001-2002*

Ulemper:

- Brug af hindringslys er generelt generede for omgivelserne, særlig ved brug af hvidt blinkende lys.
- Manglende kendskab til langtids genepåvirkning af beboere ved brug af hvid eller rød lysafmærkning.
- Høj lysintensitet tiltrækker fugle, særligt ved brug af rødt lys.

Samlet vurdering:

På kort sigt vil brug af lysarmatur til afmærkning af vindmøller fortsat være gældende praksis. Dog vil den forventede udvikling af opsatte vindmøller medføre et naturligt behov for metoder og nye løsninger, der reducerer omfanget af lysafmærkning.

#### *a) Lys på mellemniveau på mølletårnet*

Ved høje vindmøller kan det være nødvendigt at benytte lysafmærkning på mellemniveauer. Mellemniveauer skal etableres på ligeligt fordelte afstande i forhold til den samlede tårnhøjde.

Afmærkning på mellemniveau har været anset som nødvendigt når forhold som vindmølleplacering nær flyveplads og ugunstig topografi gør sig gældende.

Fordele:

- Giver piloten mulighed for at vurdere vindmøllens placering i landskabet.

Ulemper:

- Mellemniveaernes placering er ikke altid ved mølletårnets sammenføjninger. Det giver høje omkostninger ved etablering og vedligeholdelse af hindringslysene.
- Øget lyspåvirkning af omgivelserne.
- Privatflyverne giver ikke udtryk for, at mellemniveaulys har effekt.

Samlet vurdering:

Det kan overvejes generelt at afstå fra krav om hindringslys på mellemniveau. Hvis kravet opretholdes, bør fastsættelsen af nødvendige afstande mellem de enkelte mellemniveauer gøres mere fleksibel.

#### *b) Lysafmærkning af vingspids*

Hvis møllens højeste punkt skal lysafmærkes, kan det gøres, enten ved at montere lys i vingspidserne, eller ved at opstille master ved siden af en møllepark, som har lysafmærkning i toppen - ligesom en radiomast.

Lysafmærkning i vingspidsen er en løsning, der er i overensstemmelse med luftfartens behov og tilhørende regler og retningslinjer for luftfartsafmærkning.

Det er imidlertid forbundet med en række praktiske og konstruktionsmæssige vanskeligheder at afmærke vindmøller på denne måde på grund af vindmøllens bevægelige toppunkt. Hvis der er tale om en møllepark skal der som udgangspunkt være synkront blinkende lys, når møllevingerne er i topposition, for at begrænse lysforureningen til omgivelserne, samt for ikke at desorientere piloter. I Tyskland ses en øget efterspørgsel efter mulighederne for afmærkning i vingspidserne, fordi fremtidens vindmølledimensioner medfører større afstande end de tyske regler tillader i dag (maksimalt 65 meter mellem lysafmærkning på nacelle og den uoplyste vingspids).

Fordele:

- Øverste punkt er afmærket til gavn for flyvesikkerheden.
- Afmærkningen i vingspids kan have en meget lav lysintensitet, da behovet dermed kun skal opfylde synliggørelse af vindmøllernes omfang.

Ulemper:

- Forventes at være teknisk kompliceret (kraftoverførsel fra nacelle til nav, synkronisering af blink mellem møller, der ikke drejer synkront).
- Kabelføring i vinger giver risiko for øget lynnedslag (tiltrækker lyn).
- Vedligeholdelse af defekte lamper er vanskeligt og omkostningsfuldt.
- Risiko for dyre driftsstop, hvis lys ikke blinker synkront.
- Løsningen vil sandsynligvis ikke kunne implementeres på kort sigt.
- Større lyspåvirkning af naboer, hvis blink ikke er meget korte.

Samlet vurdering:

Vingspidsmarkering er den løsning, der ligger umiddelbart mest i tråd med luftfartens behov og gældende retningslinjer for luftfartsmarkering, men de tekniske og praktiske udfordringer er markante. Endvidere vil vingspidsmarkering kunne give større lyspåvirkning af naboer.

### *c) Lysafmærkning i øverste punkt: sidestående master*

I stedet for etablering af lysafmærkning i vingspidsen, kan der etableres lysafmærkning i sidestillede master i samme højde som vindmøllens højeste punkt.

Fordele:

- Øverste punkt er afmærket til gavn for flyvesikkerheden.
- Den tekniske løsning er kendt og robust.

Ulemper:

- Brug af master med tilsvarende højde er en betydelig økonomisk byrde for vindmølleprojekter.

- Master er i sig selv en flyvesikkerhedsmæssig risiko, især hvis de er bardunerede, hvilket de formentlig vil være, hvis ikke prisen skal blive prohibitiv.
- Gittermaster eller bardunerede master giver problemer for fugle og landskab.

Samlet vurdering:

Master er en løsning, som skal undgås i fremtiden. Master vil i sig selv være et anlæg, som betragtes som en flyvehindring. Medtages omkostningerne ved opsætning af master samt påvirkning af fuglevildt, når masterne er bardunerede, vil der samlet set være tale om en uheldig løsning.

#### *d) Lysafmærkning på nacelle*

Som erstatning for manglende lys på øverste punkt er der i Tyskland udviklet særlig lysafmærkning etableret på nacellen, som signalerer, at der er tale om en højere genstand end hvor lyset sidder (det såkaldte "W, red" lys). Lysafmærkning på nacellen blinker med en særlig periodisk sekvens. Sekvensen skal signalere over for piloten, at dette er lysafmærkningen som ikke er placeret på øverste punkt og særlig agtsomhed skal udøves.

Lysafmærkning alene på nacellen medfører stor afstand mellem selve lysafmærkningen og vindmøllens vingespids. På nuværende tidspunkt er der allerede projekter hvor afstanden mellem vingespids og nacellen kan blive større end 80 meter.

Fordele:

- Der er mulighed for videreudvikling af standarder, hvor særlig blinksekvens benyttes til angivelse af manglende afmærkning i øverste punkt på en vindmølle.
- Løsningen er teknologisk kendt, robust og relativt billig.
- Løsningen kan implementeres på kort sigt.

Ulemper:

- Piloten opfatter ikke intuitivt at afmærkningen viser et anlæg, der ikke er afmærket på øverste punkt. Løsningen bibringer derfor ikke optimalt til den ønskede flyvesikkerhed.
- Nuværende løsning har begrænsninger i form af den maksimale afstand på 65 meter mellem nacelle og vingespids.
- Vingerne kan skygge for lysafmærkning på nacellen. Kontinuerligt lys monteret på vindmøllen kan dermed opfattes som blinkende og for det blinkende lys vedkommende kan der forekomme perioder hvor lyset helt er afskærmet og ikke kan ses.

Samlet vurdering:

Løsning med lysafmærkning på nacellen kan benyttes for vindmøller hvor højden som udgangspunkt ikke overstiger 150 meter. I Tyskland er reglerne udviklet til vindmøl-



ledimensioner, hvor afstanden mellem nacelle og vingespids ikke overstiger 65 meter. Grundlaget for denne afstand er ikke færdigudviklet og yderligere test/dokumentation bør tilvejebringes. Vindmøller med meget store vingespænd vil muligvis kræve yderligere foranstaltninger.

### 6.3 Regulering af lysintensitet

Regulering af lysintensiteten i forhold til den aktuelle sigtbarhed i området giver væsentlig længere perioder med en lavere lysintensitet end ved brug af den traditionelle regulering.

Herved kan lysafmærkningen operere ved dens optimale lysintensitet for de øjeblikkelige målte sigtbarhedstilstande der er omkring vindmølleparken. Lyset vil dermed altid kun have den lysintensitet der er nødvendig til at imødekomme pilotens opfattelse af afstand i stedet for at operere efter "worst case" opsætningen. Det vil typisk resultere i, at lys kan reduceres til 10 % til 30 % af den fulde intensitet i hovedparten af tid.

Tidligere har der været danske forsøg med regulering af lysintensitet ved hjælp af sigtbarhedsmålere på Nysted Havvindmøllepark. Erfaringerne viste udfordringer med selve etableringsomkostningerne og synkronisering mellem målerne.

Tyske og belgiske regler giver mulighed for reducere lysintensiteten ved brug af sigtbarhedsmålere. Erfaringer fra Tyskland angiver at en til to sigtbarhedssensorer er tilstrækkeligt på de fleste vindmølleparker. Forudsætningen er at hver sensor kan reducere lyset inden for en radius af 1,5 km. Etableringsomkostningerne er reduceret i forhold til de danske løsninger og der er udviklet stabile systemer, der kan synkronisere mellem målerne (trådløst og med GPS udstyr).

Fordele:

- Lysintensiteten på lysafmærkningen er afstemt efter de sigtbarhedsforhold piloten benytter.
- Tidsperioder med for høj lysintensitet kan reduceres betragteligt og dermed mindske generne for borgerne samt nedsætte tiltrækningen af fugle.
- Løsningen kan implementeres på kort sigt.

Ulemper:

- Der er større omkostninger forbundet med etablering af sigtbarhedsmålere end de traditionelle fotoceller, der anvendes i dag ved standardkøb af lysarmatur til lysafmærkning.

Samlet vurdering:

Løsning med brug af sigtbarhedsmålere giver en langt mindre lyspåvirkning af omgivelserne og samtidig sikres den fornødne lysintensitet under de givne sigtbarhedsforhold.

## 6.4 Alternative advarselssystemer

Audiovisuelle og radarbaserede advarselssystemer kan i dag anvendes som et supplement til traditionel lysafmærkning. Det er et åbent spørgsmål om disse systemer på længere sigt kan erstatte lysafmærkningen.

### *FLARM*

FLARM er et system som blev udviklet af svæveflyvere til svæveflyvere. FLARM er "low-cost" teknologi, hvor positioner på fly sendes via radiofrekvenser på åbne frekvenser og med en rækkevidde på 4-8 km. Løsningerne anvendes i stor stil i Alperne, i svævefly og redningshelikoptere.

Via en sender og modtager i luftfartøjet, sendes positionen ved hjælp af en radiodataforbindelse som sender over en licensfri ISM båndtransmission. Hvis andre luftfartøjer er udstyret med et kompatibelt system og flyver i nærheden, vurderer enhederne de fremtidige konflikter og advarer piloten både akustisk og optisk. FLARM indeholder en højpræcision WAAS 16-kanals GPS-modtager og en integreret energibesparende radio modtager. Statistiske forhindrede er inkluderet i FLARM's database.

Anvendelse af FLARM som et primært advarselssystem vil i givet fald kræve, at alle luftfartøjer, der kan tænkes at komme i konflikt med anlægget, skal have modtagere, der kan opfange og behandle signalet, eller have positionen i en database, således at piloten får den nødvendige advarsel/information. For øvrige fly må der evt. pålægges restriktioner for flyvehøjden.

Endvidere kræver det, at "stabiliteten" af både sender og modtager er tilstrækkelig god. Strømforsyning til enheden kan være et problem, hvis den kommer fra et batteri, der pludselig kan "gå i sort".

Installationen af disse enheder i luftfartøjer skal godkendes af det europæiske luftfartssikkerhedsagentur EASA, og i princippet bliver enheden godkendt ved samme lejlighed. Holder man sig til "håndholdte" enheder, så kræver det ikke en EASA-godkendelse, men til gengæld er der ingen sikkerhed for, at piloterne så har enheden med, eller at den er funktionsdygtig under hele flyvningen.

**Figur 7, FLARM**



### *Transponder*

I visse luftrum er der krav om transponder i luftfartøjet. Alt efter krav til transponderudstyret, kan man indhente oplysninger om luftfartøjets højde og identifikation ved brug af en sekundær radar. Advarselssystemer med transponder er begrænset i forhold til, at der i dag ikke er pligt til at have transponder i alle luftrum.

Vindmøller, der ikke er placeret i umiddelbar nærhed af større lufthavne, er placeret i områder, hvor der i dag ikke er krav til transponder.

### *ADS-B*

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) står for mange som fremtidens navigationssystem. ADS-B er baseret på små antenner og computere på jorden, der kan anvende og videresende GPS-positioner som ADS-B enhederne leverer. Der tales om ADS-B In og ADS-B Out.

Hvorvidt ADS-B har nogen relevans ved vindmøller er noget usikkert, men teknologien findes.

### *Primær radar*

I stedet for lysinstallationer, som er konstant aktiveret, benytter primær radarsystemer alternative måder at advare luftfartøjer mod tilstedeværelsen af et anlæg på. Hovedformålet er, at lysafmærkningen er slukket med mindre et luftfartøj opererer i nærheden af vindmøllerparken. Radar monteret på master eller mølletårne overvåger luftrummet og aktiverer lysene, når luftfartøjer nærmer sig.

I Tyskland er der foretaget tests af advarselssystemer på vindmøllerparken "Nadrensee" med 12 vindmøller med navhøjde 105 meter. Testen viste at systemets målte radar tracks ikke var valide. Der var klare skyggevirksomheder og transponderkoder, der lejlighedsvis ikke kunne benyttes. Resultatet var derfor ikke umiddelbart tilfredsstillende. Erfaringerne fra testen gav anledning til løsningsforslag hen imod større behov for radardækning ved forsøg med flere separate radarmaster i periferien af vindmøllerparken. I dette projekt med 12 vindmøller kunne radardækningen opfyldes med 3 radarantennor monteret på vindmølletårne.

Da lysafmærkningen ikke tændes før et fly nærmer sig vindmøllerparken, anvendes der audioalarm som forvarsling. Der er forskellige krav til radio i luftfartøjer i lighed med krav til transponder.

I Norge forekommer der ofte lavflyvninger med militære fly i fjorde, hvor der er højspændingsledninger på tværs ofte i forbindelse med nærliggende bysamfund. Afmærkning forekommer kun stedvis, og det blev besluttet at indføre krav om at afmærkning på luftledningsspænd skulle gennemføres med det særlig audiovisuelle advarselssystem. Systemet er et selvforsynende solar identifikationssystem som blev udviklet til netop dette formål. En radarantenne overvåger luftrummet og alarmerer med lys og audio.

Fordele:

- Reduceret lyspåvirkning af omgivelserne.
- Gennemprøvet og pålidelig teknologi.

Ulemper:

- Manglende transponder- og radiopligt i luftrum.
- Omkostninger til anlægget kan være betydelige.
- Brug af audioalarm over luftfartsfrekvenserne kan medføre utilsigtede alarmer for nærliggende fly, der ikke er i nærheden af vindmølleparken.
- I områder med kompleks trafik kan lysafmærkningen blive tændt ofte.
- Løsningen vil sandsynligvis ikke kunne implementeres på kort sigt.

Samlet vurdering:

Samlet set er der behov for at teste advarselssystemerne, så den samlede indvirkning afdækkes.

## 6.5 Flyvehøjde

Minimumsflyvehøjderne i Danmark følger de internationale regler, herunder ICAO's Annex 6 og de kommende EASA regler.

Efter de gældende regler må der flyves i ned til 150 meters højde udenfor bymæssig bebyggelse o.l. Svævefly må flyve ned til en højde af 200 meter over jorden, mens hangglidere og paraglidere som regel flyver skråflyvning, dvs. flyvninger, der foregår i 0–50 meters højde. Varmluftballoner har ingen minimumsflyvehøjder, undtagen ved flyvning over bymæssig bebyggelse, som skal foregå i mindst 300 meters højde (1000 fod).

At hæve minimumsflyvehøjden af hensyn til vindmøller til fx 250 meter vil i princippet eliminere problemet mellem vindmølle og fly. Men det vil betyde en forringelse af flyvefriheden og flyvesikkerheden for de luftfartøjer, som bevæger sig i de lavere luftlag.

Som det er i dag, har en pilot mulighed for - hvis vejret forringes - at flyve ned til en minimumshøjde af 150 meter, og dermed få visuel kontakt med jorden, hvor de kan orientere sig.

De gældende ICAO vejrminima er udarbejdet således, at piloter har mulighed for at undvige hindringer, hvad enten de er flyvende eller stationære. Der er således krav om en flyvesigtbarhed på minimum 3 km i ukontrolleret luftrum og 5 km i kontrolleret luftrum, såfremt luftfartøjet flyver med hastigheder under 140 knob.

Som reglerne er i dag, kan en pilot manøvrere frit og uden tilladelse fra lufttrafiktjenesten fra 150 meters højde og op til 450 meters højde – altså 300 meters frihøjde.

Hvis minimumsflyvehøjden hæves til 250 meter, vil dette betyde en indsnævring af frihøjden til 200 meter, og dermed vil risikoen blive større for, at piloten flyver ind i et kontrolleret luftrum uden tilladelse, med fare for kollision med et andet luftfartøj.

Indflyvning i kontrolleret luftrum uden tilladelse er et internationalt flyvesikkerhedsmæssigt fokusområde, og der er udarbejdet en såkaldt actionplan med det formål at nedbringe antallet af disse situationer.

Det skal dog understreges, at det altid vil være luftfartøjschefen på det pågældende luftfartøj, som har ansvaret for at planlægge sin flyvning under hensyntagen til anlæg og terrænhøjder m.v.

Fordele ved at hæve minimumsflyvehøjden:

- Let at regelfastsætte (nationalt).
- Ingen omkostninger for vindmølleprojekter ("flyveproblemet" fjernes).
- Borgere undgår lysafmærkninger.
- Mulighed for kombination med navigationsudstyr til information/advarsel af anlæg.

Ulemper:

- Danske særregler – vanskeligt at udbrede internationalt.
- Ændring i uddannelseskrav, der er forankret i internationale regelsæt.
- Risiko for flere uautoriserede flyvninger i kontrolleret luftrum.
- Indskrænkning i manøvfriheden for fritidsflyvningen i Danmark med risiko for havarier ved marginale vejrforhold.
- Der vil stadig være behov for lysafmærkning i forhold til Forsvarets flyvninger.
- Løsningen vil ikke kunne implementeres på kort sigt.

Samlet vurdering:

En hævnings af mindsteflyvehøjden vil hindre kontakt mellem civile fly og vindmøllerne. Det vil imidlertid medføre en forøget risiko for havarier pga. flere uautoriserede flyvninger i kontrolleret luftrum samt problemer med at få jordkending under dårlige vejrforhold. Vindmøllernes højde vil dog fremgå af flyvekort, og dermed er det piloten, der er ansvarlig for at holde sig fri af disse.

## **6.6 Flyverestriktioner i luftrum**

Anvendelse af luftrumsrestriktioner er et redskab som benyttes fortrinsvis når områder ønskes fri for flyvning i særlige perioder.

Forsvaret benytter luftrumsrestriktioner i skydeområder, så luftrummet er åbent, når der ikke er aktiviteter i områder.

I særlige tilfælde kan man forbyde flyvning permanent i et luftrum. I Danmark har vi på nuværende tidspunkt ikke nogen forbudsområder. Sidste gang Danmark havde et permanent forbudsområde var over en atomreaktor i Forsøgscenter Risø nær Roskilde.

I havområder som ligger uden for territoriet (12 sømil fra kysten) kan der ikke etableres restriktions- eller forbudsområder, men kun såkaldte "danger-områder". Det betyder, at man ikke kan forbyde at der flyves i gennem området, men kun indskærpe, at det kan være farligt.

Fordele:

- Ingen omkostninger.
- Borgere undgår lysafmærkning.

Ulemper:

- Områder af Danmark begrænses i forhold til flyvning.
- Risiko for stigning i antallet af uautoriserede flyvninger i kontrollerede luftrum.
- Væsentlig indskrænkning for fritidsflyvningen i Danmark, risiko for fatale haverier ved marginale vejrforhold.
- Løsningen vil ikke kunne implementeres på kort sigt

Samlet vurdering:

Konsekvenserne ved at indføre yderligere restriktioner for brug af luftrummet kan forventes at medføre et øget antal utilsigtede flyvninger i luftrum, hvor der er krav om klarering (tilladelse). ICAO anbefaler, at restriktioner på grund af anlæg ikke må medføre begrænsninger i den operationelle flyvning.

## 7. Test af afmærkning på vindmøller

Der er behov for at skabe mere ensartede retningslinjer for afmærkning af vindmøller. ICAO meddelte nye anbefalinger til afmærkning af vindmøller i forbindelse med revisionen af det internationale regelsæt i november 2009. Anbefalingerne til afmærkning er dog baseret på traditionelle løsninger med farveafmærkning, hindringslys samt typen af hindringslys.

Nærmere stillingtagen til afmærkning på større vindmøller over 150 meter blev ikke taget i betragtning.

Indførelse af nye løsningsmodeller til luftfartsafmærkning skal i videst muligt omfang være forenelige med Danmarks forpligtigelse til at fastholde og udvikle ensartede standarder for alle aspekter af civil lufttrafik, herunder afmærkning af anlæg der skønnes at være til fare for flyvesikkerheden.

Test af afmærkning af vindmøller må forventes i høj grad at omhandle test af, hvor effektiv *lysafmærkningen* er og hvor pålidelig lysafmærkningen er i forhold til de forudsatte specifikationer.

Test af effekten af lysafmærkningen sker med henblik på at dokumentere effekten med henblik på at sikre at der opnås den fornødne sikkerhed for flytrafikken. Resultaterne fra tests skal både bruges nationalt i forhold til de danske regler og internationalt i forhold til eventuelt at få ændret de internationale regler for lysafmærkning.

De nærmere kriterier for, hvorledes effekten ved lysafmærkning skal måles, skal udvikles. Herunder skal det specificeres hvorledes forskellige vejrforhold skal medtages i målingen af effekten, ligesom der skal udvikles metoder til at måle effekten af lysafmærkningen af større områder med høje strukturer.

Dernæst skal udvikles metoder til at dokumentere pålideligheden af lysafmærkningssystemer. Herunder skal overvejes, hvorledes der kan udvikles metoder til accelereret levetidstests af afmærkningssystemerne.

Endelig skal det overvejes, om der skal tages særlige hensyn, når der laves afprøvning af lysafmærkningssystemerne, herunder til flytrafikken.

Krav til testforløb

- Princip: Tests kan tillades i mølleparker, hvis ingen særlige farer tæt på
- Test af alternative markeringsteknologier (radar, radio)
- Test af lysmarkeringer på vingespidsen af særligt store møller
- Andre tests (nye kort, flyvehøjdegrænser etc.)

Test af systemerne bør så vidt muligt foretages på grundlag af allerede foreliggende dokumentation og afprøvningsresultater i Danmark eller andre lande.

Endvidere skal der være mulighed for også at teste *helt andre afmærkningsløsninger* - uden eller næsten uden brug af visuelt lys. Ved sådanne tests kræver det et tæt samspil med de lokale flyvende, dvs. lokale klubber og/eller Forsvaret, da møller og fly skal kommunikere med hinanden på anden vis.

# Bilag

## Bilag 1:

### **Kommissorium for en arbejdsgruppe for arbejde med lysmarkering af vindmøller**

Som en del af aftalen om et nationalt testcenter for store vindmøller i Østerild blev det aftalt med partierne bag aftalen, at der nedsættes en arbejdsgruppe som skal se på mulige fremtidige krav til lysmarkering af vindmøller.

#### Baggrund

Lysmarkeringen er i dag reguleret i lov om Luftfart og i BL 3-10, som fastsætter de nærmere bestemmelser for luftfartshindringer og afmærkninger af sådanne, herunder vindmøller.

Det er Transportministeriet ved Statens Luftfartsvæsen, som er myndighed på området.

Bestemmelsen i BL 3-10 angiver generelle krav til luftfartsafmærkning uanset anlægstype samt krav til specifikke former for anlæg. BL 3-10, 2. udgave med gyldighed fra 15. februar 2010 indeholder nye specifikke regler for afmærkning af vindmøller.

De reviderede bestemmelse beskriver krav til typen af afmærkning, placering og omfang og er for vindmøller nu angivet i et særskilt afsnit. Ud over eksisterende krav til placering af hindringslys tilføjes en række nye krav, herunder alternativ placering af hindringslys på møllen, dagafmærkning i farven hvid, lysintensitet og omfang af afmærkning på vindmølleparker.

#### Aftale om Østerild af 28. maj 2010

"Af hensynet til møllernes omgivelser – både mennesker, dyr og fugle – har partierne besluttet, at der skal igangsættes en undersøgelse af mulighederne for en mindre markant lysmarkering på testmøller generelt over 150 m, herunder mulighederne for at overflødiggøre bardunerede målemaster, som udgør en risiko for fuglekollisioner. Undersøgelsen skal bl.a. beskrive kravene og baggrunden for de eksisterende krav til afmærkning af vindmøller, analysere eksisterende erfaringer med lys på møller over 150 m i Danmark og udlandet og vurdere alternative løsninger til markering af møller over 150 m. I arbejdet vil udover den tværministerielle arbejdsgruppe deltage Statens Luftfartsvæsen, KL, Danmarks Naturfredningsforening, Risø DTU og Vindmølleindustrien. Der skal være fokus på både lys og master. Hvis undersøgelsen viser, at bardunerede målemaster kan overflødiggøres, skal en alternativ løsning gennemføres. De foreløbige resultater af arbejdsgruppens arbejde afrapporteres i efteråret 2010 samtidig med den tværministerielle arbejdsgruppes endelige afrapportering.

Risø DTU er forpligtet til løbende at overvåge den teknologiske udvikling og afrapportere løbende, således at den mest skånsomme teknologi til enhver tid anvendes, og med henblik på, at alternativ til bardunerede målemaster indføres, så snart det bliver teknisk muligt."



## **Bilag 2:**

### **Kommissorium for teknisk, tværministeriel arbejdsgruppe vedrørende lysmarkering af vindmøller**

#### *Baggrund*

*I februar 2011 blev der udgivet en rapport om lysmarkering af vindmøller ("Rapport om Lysmarkering" februar 2011) fra en tværministeriel arbejdsgruppe bestående af Forsvarsministeriet, Klima- og Energiministeriet, Risø DTU, Miljøministeriet (formand) og Transportministeriet.*

*Efterfølgende er der fra vindmøllebranchen rejst ønske om en videre gennemgang af reglerne vedrørende lysmarkering af vindmøller, herunder mulighederne for at teste nye former for lysmarkering.*

*Der nedsættes derfor en teknisk arbejdsgruppe med deltagelse fra Forsvarsministeriet, Klima- og Energiministeriet, Risø DTU, Miljøministeriet, og Transportministeriet, herunder Trafikstyrelsen som formand for arbejdsgruppen.*

*Opgave og proces Den tekniske arbejdsgruppe har følgende opgaver:*

- At undersøge og beskrive regler, praksis og erfaringer for lysmarkering af vindmøller i Danmark og andre lande.*
- At undersøge grundlaget for at teste lysmarkering af vindmøller, herunder forsøg med nye lysmarkeringer.*
- At beskrive og vurdere nye teknologiske løsningsmuligheder for lysmarkering, herunder hvordan test af nye former for lysafmærkning kan tilpasses de gældende internationale regler for luftfartsafmærkning for at sikre, at det er forsvarligt i forhold til flyvesikkerheden.*
- At komme med anbefalinger, der kan indgå i arbejdet med at udvikle de fælles europæiske regler, der forventes afsluttet ultimo 2013 i EU-regi.*

*Arbejdsgruppen vil afrapportere senest april 2012 [senere forlænget til juli].*

#### Arbejdsgruppens sammensætning:

Søren Rasmussen, Naturstyrelsen  
Henrik Lawaetz, Energistyrelsen  
Poul Hummelshøj, DTU Wind Energy  
Peter Hjuler Jensen, DTU Wind Energy  
Ebbe Pedersen, Flyvertaktisk Kommando  
Michael Kornum, Forsvarskommandoen  
Jakob Karlshøj, Transportministeriet  
Martin Ulrich Hansgaard, Transportministeriet  
Martin Streit Nissen, Trafikstyrelsen  
Birger Jeppesen, Trafikstyrelsen  
Per Schmock, Trafikstyrelsen  
Jesper Rasmussen, Trafikstyrelsen, formand