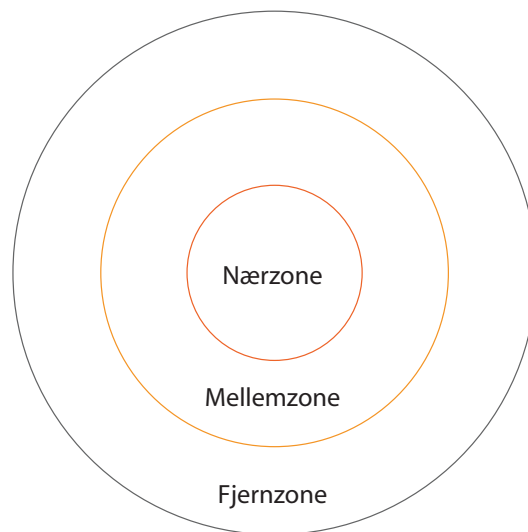


## Konsekvenszoner

Store vindmøller har stor visuel indflydelse på deres omgivelser og kan ses på stor afstand. Vindmøllernes påvirkning af landskabet aftager dog gradvist i forhold til afstanden. Zonegrænser er derfor et nyttigt redskab til at vurdere de landskabelige konsekvenser ved opstilling af store vindmøller. Der arbejdes med følgende konsekvenszoner:

Nærzone  
Mellemzone  
Fjernzone



*Vindmøllernes indvirkning på landskabet vurderes i forhold til tre overordnede afstandszoner. Nærzonen, hvor vindmøllerne er klart dominerende. Mellemzonen, hvor vindmøllerne optræder på lige fod med andre landskabslementer. Fjernzonen, hvor vindmøllerne ikke i væsentlig grad påvirker oplevelsen af landskabet. (Illustration: Birk Nielsen)*

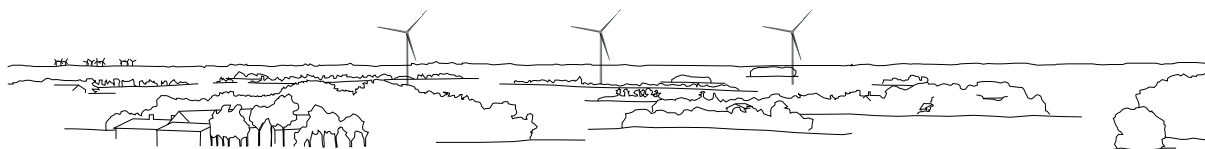


*Vindmøller i nærzone (Visualisering: Birk Nielsen)*

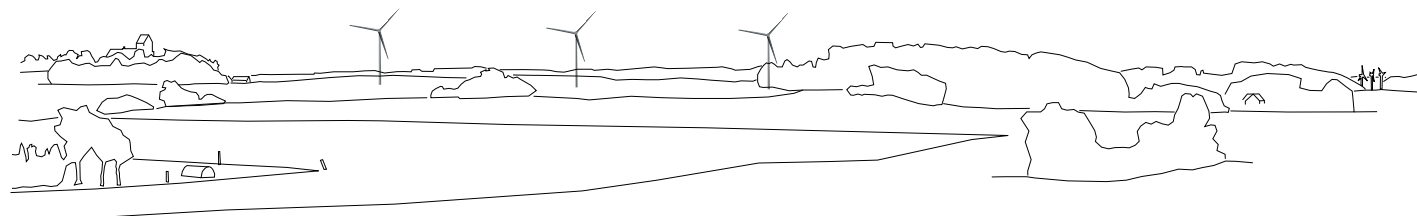
Nærzonen er defineret som det område, hvor vindmøllerne er det dominerende element i landskabsbilledet og deres proportioner tydeligt overgår andre landskabselementer. Rotationen vil medvirke til at øge vindmøllernes synlighed.



*Eksempel på nærzonesituation. Afstand til nærmeste mølle omkring 0,7 km.  
(Visualisering: Birk Nielsen)*



*Slettelandskab, afstand 3 km*



*Morænelandskab, afstand 3 km  
(Illustrationer: Birk Nielsen)*

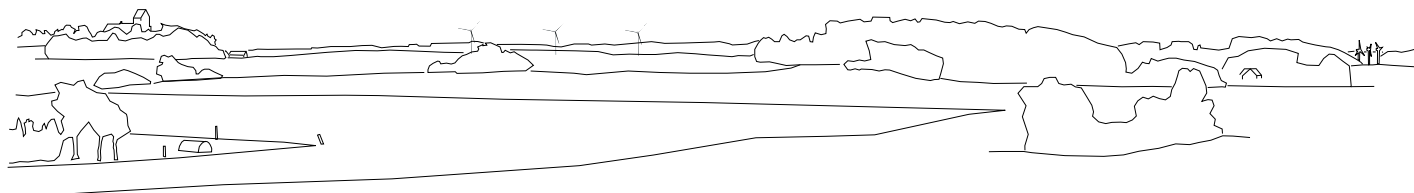
Mellemzonen er defineret som det område, hvor vindmøllerne er fremtrædende elementer i landskabet, men der er en skalamæssig balance med de øvrige landskabs-elementer.  
Møllernes tilstedeværelse transformerer omgivelserne til et møllelandskab, da møllernes størrelse fortsat tydeligt fornemmes, og rotationen af vingene fortsat fanger opmærksomheden.



*Eksempel på mellemzonestituation. Afstand til nærmeste mølle omkring 5,3 km.  
(Visualisering: Birk Nielsen)*



*Slettelandskab, afstand 7 km*

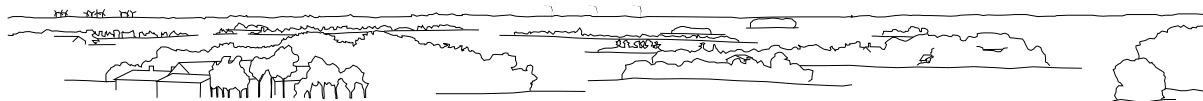


*Morænelandskab, afstand 7 km  
(Illustrationer: Birk Nielsen)*

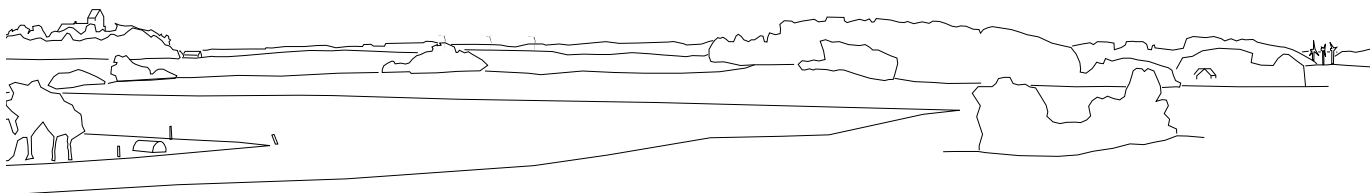
Fjernzonen er defineret som det område, hvor vindmøllerne fortsat er synlige i landskabet, men de er underlagt andre, mere dominerende landskabselementer og påvirker ikke landskabsoplevelsen i væsentlig grad.

Både mindre og større klynger af vindmøller fremstår som samlede enheder på denne afstand. I områder med mange vindmøller er de med til at sætte deres præg på det overordnede landskab, men uden at tage opmærksomheden fra andre mere fremtrædende landskabselementer. På denne afstand har rotationen ikke længere nogen påvirkning af møllernes synlighed.

*Eksempel på fjernzonesituation.  
Afstand til nærmeste mølle  
omkring 10,1 km.  
(Visualisering: Birk Nielsen)*



*Slettelandskab, afstand 13 km*

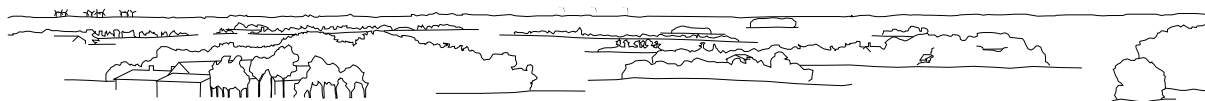


*Morænelandskab, afstand 13 km  
(Illustrationer: Birk Nielsen)*

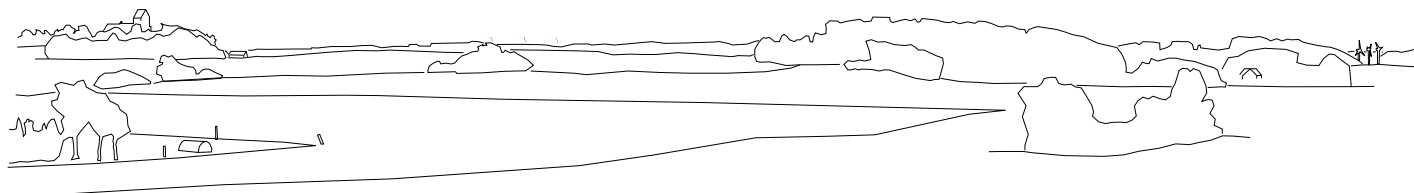
Synligheden mindskes yderligere væsentligt udover fjernzonen, hvor møllerne ikke længere kan adskilles fra andre landskabselementer, og indgår som en udefinerbar del af baggrunden. Fjernzonens yderste grænse er den afstand, hvor vindmøllerne selv under optimale forhold ikke længere påvirker landskabsoplevelsen.



*Eksempel på ydre fjernzonesituation. Afstand til nærmeste mølle omkring 16,3 km. (Visualisering: Birk Nielsen)*



*Slettelandskab, afstand 18 km*



*Morænelandskab, afstand 18 km  
(Illustrationer: Birk Nielsen)*

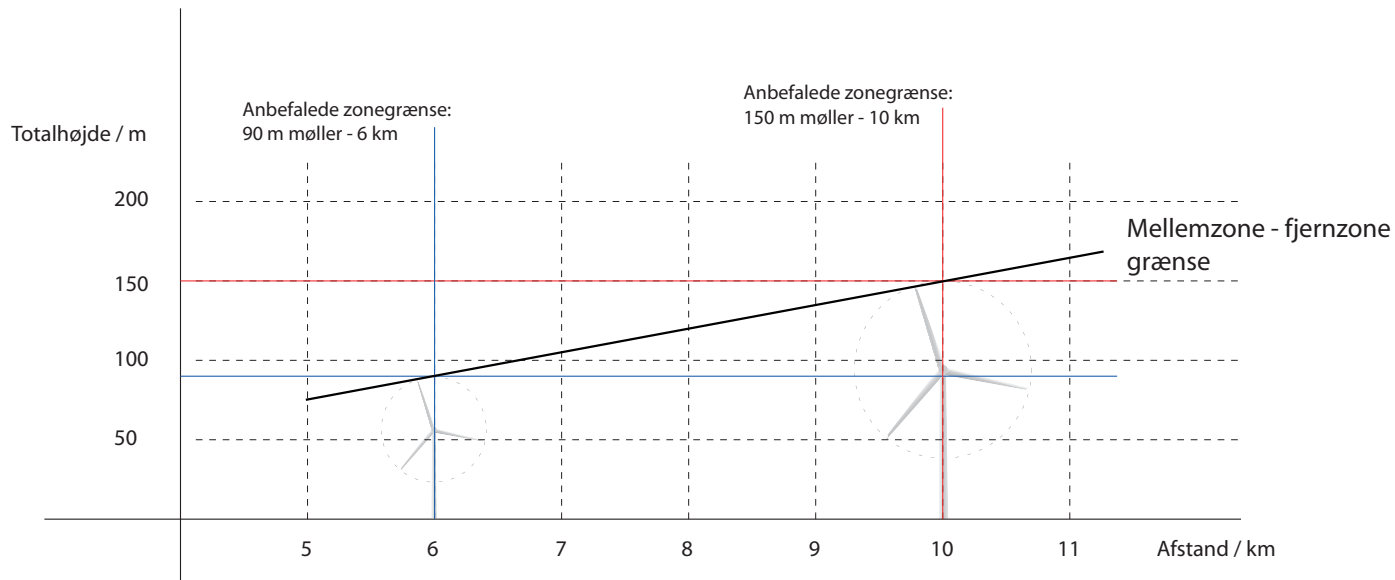
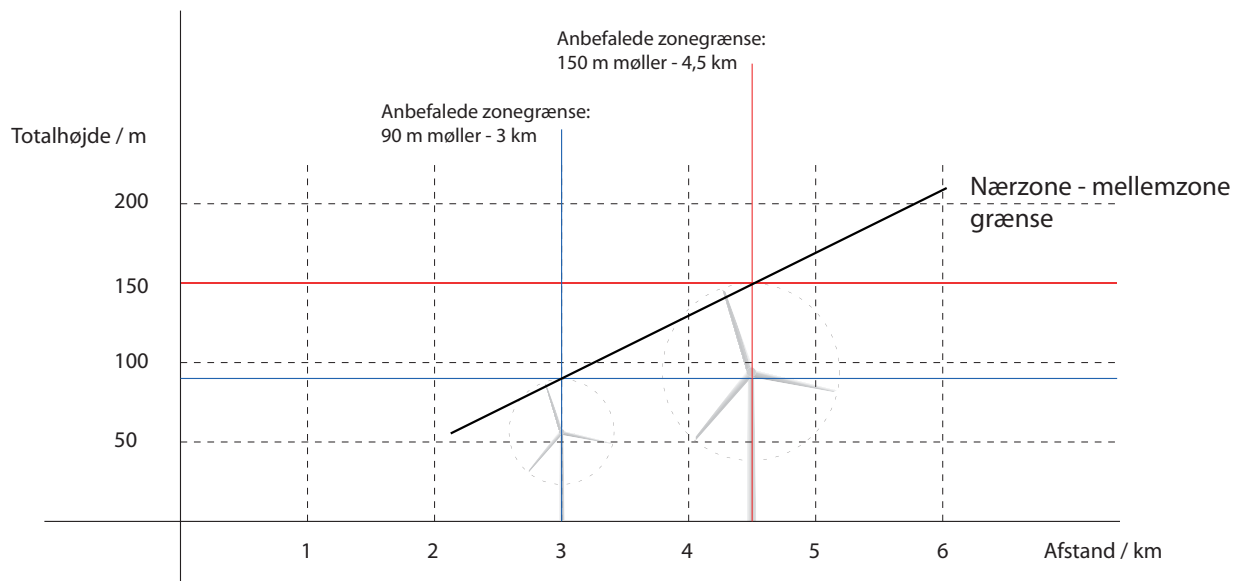
Zonegrænserne er fastlagt uafhængigt af den enkelte landskabstype, idet zonerne afspejler vindmøllernes skalamæssige relation til andre landskabselementer på forskellig afstand. Hvor sammensætningen og tætheden af disse landskabselementer således veksler meget i de forskellige landskabstyper, ændrer det skalamæssige samspil med vindmøllerne sig ikke væsentligt.

For en 150 m høj vindmølle anbefales det at arbejde med følgende konsekvenszoner:

Nærzone: 0-4½ km  
 Mellemzone: 4½-10 km  
 Fjernzone: 10 - 16 km

Grænsen for hvornår de 150 meter høje møller begynder at blive svære at skelne og optræder som en udefinerbar del af baggrunden vurderes til at være omkring 16 km. Dette begrundes primært i øjets evne til at skelne og identificere genstande indenfor små synsvinkler, samt i vindmøllernes slanke proportioner i forhold til deres højde.

Zonegrænserne hænger tæt sammen med størrelsen på vindmøllerne. Højere møller er synlige længere væk, og konsekvenszonerne for eksempelvis 100-125 meter høje møller vil således være mindre end for 150 meter høje vindmøller. Det er relevant at have retningslinier for zonegrænser for forskellige møllehøjder. Der er tidligere lavet lignende undersøgelser af zonegrænser for 90 m (Hasløv og Kjærsgaard, (1996) b). Ved at sammenligne tidligere vurderinger for 90 m høje møller med vurderinger for 150 m høje møller, kan man opstille en vejledende graf, hvor en anbefaling af zonegrænser afhængigt af møllehøjde kan aflæses.



Når vindmøllens størrelse ændrer sig, ændrer konsekvenszonerne sig også. Afhængigt af møllens totalhøjde kan den anbefalede grænse for henholdsvis nærzone-mellemzone (øverst) og mellemzone-fjernzone (nederst) aflæses af kurverne.

## Maksimal synlighed

Den maksimale synlighed af høje vindmøller er ikke kun betinget af jordens krumning, men også af terrænforhold og landskabslementer, betragtningenspunktets og vindmøllens indbyrdes højde i terræn, af sigtbarheden, vindmøllens farve, proportioner og udseende, samt af den maksimale synsevne under optimale betingelser.

Afstanden i forhold til vindmøllens proportioner  
Der findes varierende bud på øjets evne til at skelne små genstande, og der savnes mere præcise antagelser og definitioner for genstande set på store afstande. Som udgangspunkt findes der tre forskellige tærskelværdier for synsevnen:

Den mindste synsvinkel som gør det muligt at skelne et punkt.

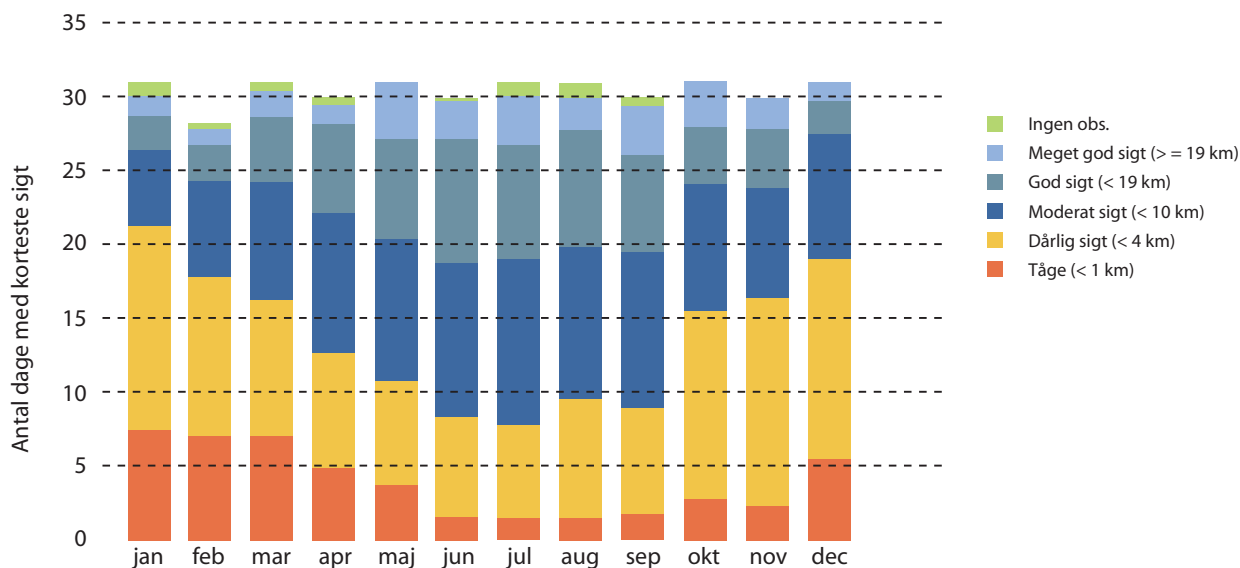
Den mindste synsvinkel som gør det muligt at skelne imellem to linier eller punkter (uden at de smelter sammen).

Den mindste synsvinkel som gør det muligt at genkende og identificere en genstand.

Der viser sig et sammenfald mellem konsekvenszonerne og øjets evne til at skelne og identificere genstande på stor afstand. Vindmøllernes proportioner med forholdsvis slanke tårne og vinger betyder således, at de i fjernzonen begynder at blive for små til at kunne ses tydeligt, men i stedet fremtræder som mere ubestemmelige punkter og streger.

## Sigtbarhed

Densiteten af partikler i luften bevirker, selv under optimale forhold, en nedsat synlighed på store afstande. Den maksimale synlighed over hav under optimale betingelser angives til at være 55



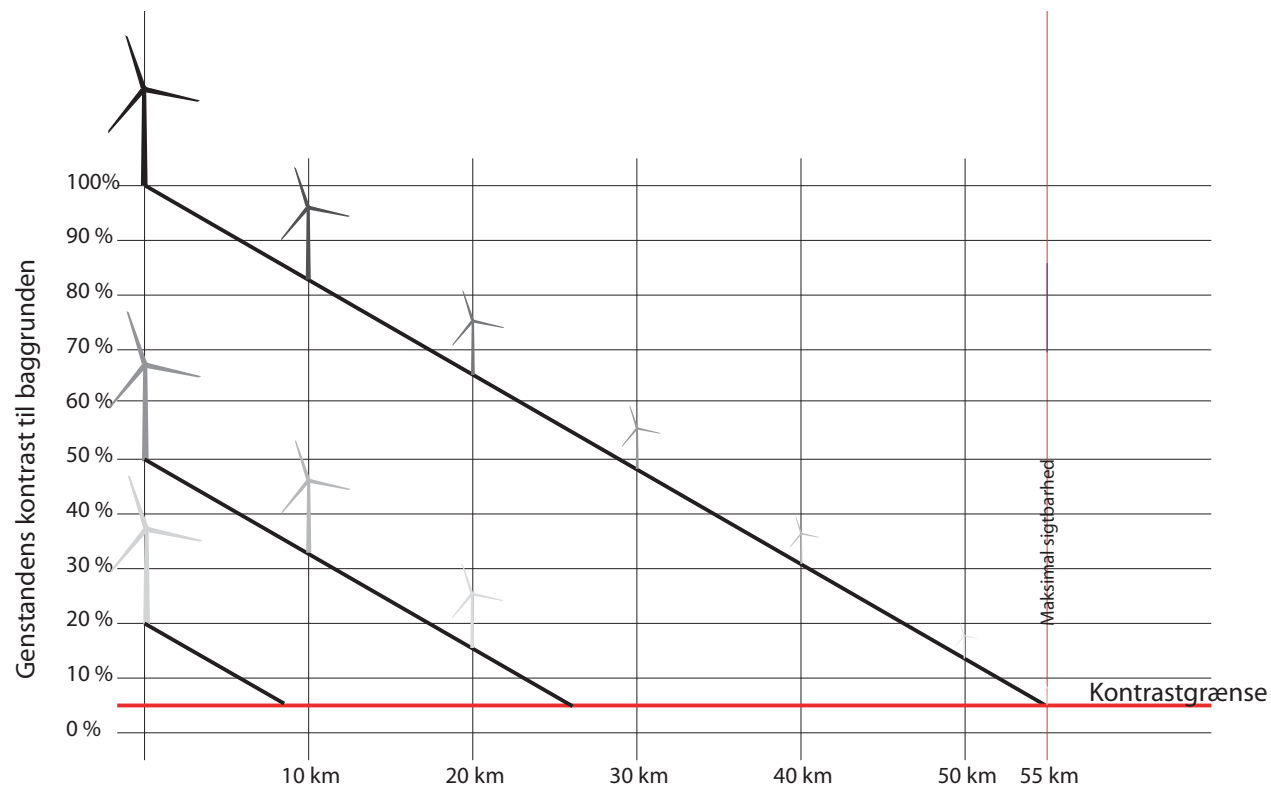
Eksempel på sigtbarhedsstatistik, her for Østersøen. Det ses, at sigtbarheden er nedsat eller væsentlig nedsat de fleste dage af året. De angivne afstande er kun vejledende; der tages forbehold for, at sigtbarheden kan variere fra område til område, og at sigtbarheden over land generelt er lavere end over vand. (Kilde: DMI, 2007)

km (Hasløv og Kjærsgaard, (1996) b). De skiftende vejrforhold betyder imidlertid, at der de fleste dage om året vil være delvis eller væsentlig ned-sat sigtbarhed. Ifølge sigtbarhedsstatistikker for Vesterhavet, Kattegat og Østersøen (DMI, 2007) kan en sigtbarhed på over 19 km kun opleves få dage om året. Sigtheden over land er desuden ofte dårligere end over havet.

Ifølge definitionen af sigtbarhed vil synligheden af en genstand ved en given sigtbarhed desuden være afhængig af kontrastvirkningen mod baggrunden (himlen), og dermed afhængig af lysforholdene samt genstandens farve.

På større afstande end den angivne sigtbarhed vil kontrasten af genstanden i forhold til baggrunden være reduceret så meget (mindre end 5%), at øjet ikke længere kan skelne imellem genstanden og baggrunden. Dette forhold tager udgangspunkt i en situation, hvor genstanden på nært hold har en 100% kontrast til baggrunden (IALA, 1970).

I praksis vil denne situation kun forekomme i direkte modlys, hvor genstanden danner silhuet mod baggrunden, eller i direkte medlys mod en mørk himmel. Under andre lysforhold vil genstanden som udgangspunkt have en lavere kontrast i forhold til baggrunden og derved have reduceret synlighed. Vindmøller, der er malet i grå nuancer med lave glanstal, fremtræder derfor væsentligt reduceret på stor afstand under normale lysforhold, selvom sigtbarheden er stor.



Graf over atmosfæriske partiklers påvirkning af synlighed over afstand. Med en kontrast mellem genstand og baggrund på mindre end 5% (rød linie) kan øjet ikke længere opfatte genstanden. (Illustration: Birk Nielsen)



## Møllevingernes rotation

Når møllevingerne bevæger sig ændres den visuelle påvirkning.

Generelt er elementer i bevægelse mere synlige end elementer der står stille, da bevægelsen 'fanger øjet'. Synligheden er dog afhængig af bevægelsens karakter; hurtige bevægelser er mere distraherende for synsopfattelsen end langsomme.

Det er en væsentlig faktor for store vindmøller, som på grund af den store rotordiameter har en langsommere omdrejningshastighed end mindre vindmøller. En 3,6 MW mølle med en totalhøjde på op mod 150 m har en nominel omdrejningshastighed på omkring 15 runder per minut, hvilket for beskueren opleves som en langsom bevægelse (EMD). Vingernes bevægelse har derfor kun en begrænset indflydelse på møllernes synlighed.

Elementer i det omgivende miljø kan også have betydning i denne sammenhæng. Andre bevægelser i forgrund og mellemgrund, især fra trafikalelementer, tiltrækker også beskuerens opmærksomhed. Træer, flag og lignende der blaffer i vinden,

og luftens flimren fra opstigende varme, kan ligeledes være med til at nedsætte den synsmæssige påvirkning fra møllevingernes rotation.

Det er ikke teknisk muligt at lave præcise visualiseringer, der både kan vise møllevinger og andre landskabselementer i bevægelse på samme tid. Visualiseringer af møllevinger i rotation med fast baggrund kan dog give et tilnærmet bud på den visuelle påvirkning af landskabsoplevelsen.

Der er udarbejdet 2D-animationer til brug for konsekvenszone vurderingerne, og disse peger på, at den langsomme rotation fra store vindmøller ikke har væsentlig indflydelse på synligheden af møllerne. Særligt på kortere afstande ses rotationen tydeligt, men da bevægelsen er langsom, er det fortrinsvis møllens tilstedeværelse i sig selv der virker dominerende. På længere afstande bliver rotationen sværere at opfatte og bliver efterhånden til en svagt flimrende bevægelse i horisonten, som ikke har betydning for vindmøllernes synlighed.

## Belysning

Af hensyn til flysikkerheden skal vindmøller på 100 – 150 meters højde afmærkes med fast, lavintensivt rødt lys med en lysstyrke på minimum 10 candela. I særlige tilfælde skal vindmøller herudover afmærkes med blinkende, middel intensivt hvidt lys med en lysstyrke på minimum 2000 candela (Statens Luftfartsvæsen, 2005).

I forhold til det faste røde lys bliver der i praksis monteret en lyskilde på 30 candela for at sikre, at lyskilden altid kan opfylde minimumskravet. Lysafmærkningen bliver placeret med en vandret afskærmning, så lyspåvirkningen under navhøjden bliver reduceret. En lyskilde på 10 – 30 candela vil opleves som en klar rød lampe, svarende til baglygterne på en bil, på afstande op til 1½ km, mens den på afstande over 1½ km vil opleves som svag og vil ikke have nogen væsentlig synlighed. På afstande over 3 km vil det være