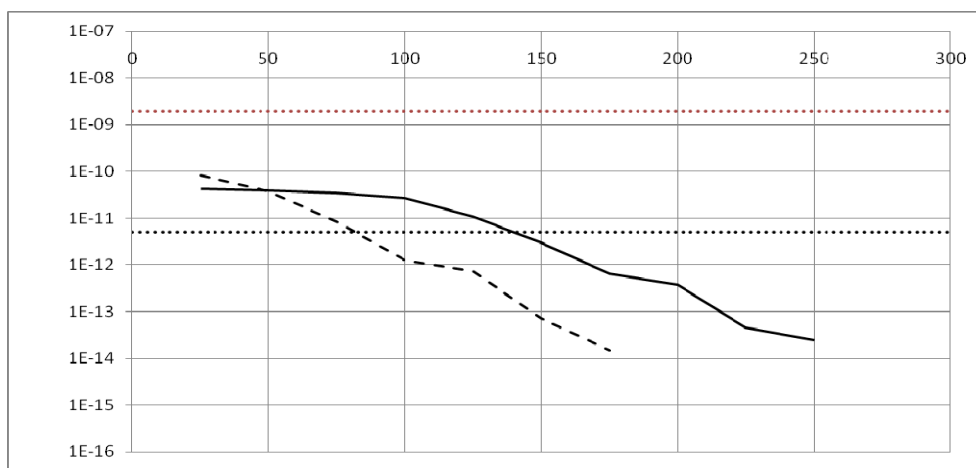


### Vurderinger af risiko for isafkast.

DTU-Risø har vurderet risikoen for isafkast fra vindmøller. DTU-Risø anfører at risikovurdering ifm. isafkast ved overisning er forbundet med stor usikkerhed, idet det er nødvendigt at foretage en række antagelser, som ikke umiddelbart kan verificeres, se nedenfor. Ved vurdering af risikoen fra isafkast skal der betragtes dels situationer, hvor vindmøllen er i drift (generelt ved vindhastigheder mellem 3m/s og 25m/s) og dels situationer, hvor vindmøllen er stoppet, hvilket primært sker når vindhastigheden er større end 25m/s eller mindre end 3m/s, men som også forekommer i tilfælde med fejlsituationer og når vindmøllens kontrolsystem opdager en fejl. Sidstnævnte kan inkludere tilfælde, hvor isdannelse på vingerne medfører masseubalancer.

Det bemærkes, at denne og andre teknikker til detektion af is på vingerne endnu er under udvikling – der pågår således en række forsknings- og udviklingsprojekter herom. Behovet for anvendelsen heraf under danske klimaforhold, er dog begrænset, jf. nedenfor.



Figur 3. Sandsynlighed pr kørt km for at en person i et køretøj mister livet pga. isafkast fra en vindmølle som funktion af afstanden til en vej. Fuldt optrukken kurve: vindmølle i drift - stiplede kurve: vindmølle stoppet.

Figur 3. viser sandsynligheden pr kørt km for at en person i et køretøj mister livet pga. isafkast fra en vindmølle med en tiphøjde på 150m som funktion af afstanden til en række vindmøller placeret langs en overordnet vej med en indbyrdes afstand på 400m. Andre afstande mellem vindmøllerne ændrer kun ubetydeligt sandsynlighederne.

Der er benyttet 10 minutters middelhastigheder i beregningerne. Vindretningen er antaget jævnt fordelt på alle retninger. Kasteafstandene ses på figuren, som de afstande, hvor kurven knækker nedad. Første knæk svarer til kasteafstanden ved 5 m/s, andet knæk ved 10 m/s osv. Max kasteafstand ved 25m/s er afstanden, hvor kurven stopper. Da sandsynlighedskurven er bestemt ved vægtning med sandsynlighederne for de forskellige vindhastigheder fås meget lave sandsynligheder ved de længste kastafstande.

Den øverste punktlinje viser den statistiske risiko for at miste livet i øvrigt ved færdsel på motorveje, som er på  $2 \cdot 10^{-9}$  pr kørt km (2009).

I risikovurderinger benyttes normalt sandsynligheden for, at en trafikant mister livet pr. kørt km. En væsentlig årsag hertil er, at der findes veldokumenterede data for denne risiko for veje i mange lande, bl.a. Danmark. I 2009 er denne sandsynlighed således  $2 \cdot 10^{-9}$  pr kørt km (eller i gennemsnit for alle motorveje 0,002 dræbte pr. million kørte km). Benyttes det såkaldte ALARP (As Low As Reasonably Practicable) princip antages ofte, at et yderligere / ekstra risikobidrag kan betragtes som ubetydeligt, hvis dette bidrag er mindre end denne sandsynlighed reduceret med en faktor 100, dvs.

$2 \cdot 10^{-11}$  pr kørt km. Tages hensyn til evt. fremtidig reduktion af det generelle sikkerhedsniveau på de danske motorveje kan acceptgrænsen evt. reduceres til  $5 \cdot 10^{-12}$  (sort punktlinje). Dette skøn har Cowi foretaget som værende acceptabelt for placeringer af fremtidige vindmøller langs motorveje under hensyntagen til en forventet halvering af dræbte hvert 10. år fremover.

For overisning af vinger under drift er der i beregningerne ikke medtaget effekter af evt. opvarmning af vinger ved overisning, at vindmøllens kontrolsystem stopper vingerne i tilfælde af masseubalancer, at vingerne kan have specielle belægnings, der modvirker opbygning af is og at vindmøllerne kan stoppes, hvis der varsles overisning.

I det følgende beskrives de benyttede forudsætninger og kommentarer til disse.

- Oplysninger fra DMI viser at der i Danmark i gennemsnit forekommer overisning med istykkelser større end 3mm i Danmark 0,175 gange pr år. Disse oplysninger er knyttet til overisning af stillestående konstruktioner ved jordoverfladen. Da istykkelser vokser med størrelsen af vindhastigheden, kan der på en roterende vinge opbygges større istykkelser. Ligeledes kan der i rotorhøjde være vejsituationer, der medfører opbygning af større istykkelser end ved jordoverfladen. Dette er baggrunden for det skønsmæssige estimat for frekvensen af overisning på 0,175 gange pr. år, der kan medføre isstykker, som kan kastes over større afstande. Dette estimat er behæftet med stor usikkerhed.
- Det vurderes, at isstykker skal have en tykkelse på minimum 2cm for at kunne kastes over større afstande uden at gå i mindre stykker, og samtidigt kunne gøre skade på et forbikørende køretøj. I litteraturen benyttes ofte isstykker på 1,0 - 1,5kg ved vurdering af risici ifm isafkast. Det har ikke været muligt at finde data for isafkast fra vindmøller i Danmark. Dette skyldes primært, at overisning ikke har været et problem for vindmøller under danske klimaforhold.
- Ved overisning af vingerne vil der kunne afkastes et antal isstykker. Det har ikke været muligt at finde data herfor. Skønsmæssigt er det antaget, at der ved en overisning kan afkastes op til 10 isstykker med en vægt over 1 kg, se ovenfor. Dette estimat er behæftet med stor usikkerhed.
- Ved overisning har vindhastigheden (og vindretning) betydning for hvor langt isstykker kan kastes. Data over en periode på 50 år fra DMI viser, at vindhastigheder ved overisninger har en gennemsnitlig værdi på 6,3m/s og en spredning på 2,9m/s. Ved beregning af sandsynlighederne i figur 1 er sandsynlighedsfordelingen fra disse data benyttet, idet vindhastighederne er omregnet til navhøjde.
- Hvis et isstykke på 1,0-1,5 kg rammer et køretøj, er det antaget, at sandsynligheden er 10% for at i gennemsnit 1,5 personer i bilen mister livet. Dette estimat vurderes at være konservativt.
- Et køretøj antages at have et areal på  $10\text{m}^2$  svarende til størrelsen på en almindelig personbil.
- For en vindmølle under drift er det konservativt benyttet at is afkastes ved den mest ugunstige position af vingen.
- Der er ikke taget højde for indirekte konsekvenser, som f.eks. et harmonikasammenstød som følge af at trafikanten foretager en undvigemanøvre.
- Beregningerne er foretaget pr. kørt km, og der indgår ikke en vurdering af trafikintensiteten ved en konkret vejstrækning. I risikovurderinger benyttes, som nævnt ovenfor, normalt sandsynligheden for, at en trafikant mister livet pr. kørt km. En væsentlig årsag hertil er, at der findes veldokumenterede data for denne risiko for veje i mange lande, bl.a. Danmark. Herudfra kan der således opstilles acceptkriterier for risikoen.

Af figur 3 ses, at risikoen for at en person i en bil dræbes i tilfælde af isafkast ved overisning falder kraftigt når afstanden øges. Den maksimale kasteafstand svarer stort set til 1,7 gange møllehøjden.

Risikoen ifm isafkast for en vindmølle i drift ses derimod at være lidt større, end risikoen hvis vingerne er stillestående. Det bemærkes, at isstykker under drift typisk kastes vinkelret på vindretningen, medens de for en stoppet vindmølle typisk kastes i vindretningen. Som beskrevet ovenfor er der imidlertid en række væsentlige usikkerheder ved bestemmelse af niveauet for sandsynligheden pr. kørt km.

Det anbefales derfor, at der for konkrete projekter udføres en egentlig risikovurdering, som også medtager placeringen i forhold til en vej og den dominerende vindretning.