



Nasjonal ramme for vindkraft

Temarapport om iskast

Erlend Bjerkestrand, Bushra Butt og Marte Lundsbakken

57
2018

R
A
P
P
O
R
T



Rapport nr 57-2018

Nasjonal ramme for vindkraft

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Erlend Bjerkestrand
Forfattere: Erlend Bjerkestrand, Bushra Butt og Marte Lundsbakken

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 1
Forsidefoto: Hitra vindkraftverk. Foto: Inger Helene W. Riddervold, NVE
ISBN
ISSN 1501-2832

Sammendrag: Rapporten er en del av NVEs forslag til en nasjonal ramme for vindkraft, og presenterer kunnskapsgrunnlaget om iskast og isnedfall fra vindturbiner.

Emneord: Iskast, isnedfall, vindkraft, nasjonal ramme

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

31. mai 2018

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
1 Innledning	4
2 Metode og medvirkning	4
3 Iskast	4
4 Virkninger av iskast.....	5
5 Risikovurdering	6
6 Avbøtende tiltak.....	7
7 Nytt vilkår i vindkraftkonsesjoner	9
8 Konklusjon	9
8.1 Virkninger for miljø og samfunn	9
8.2 Planlegging av vindkraftverk	10
8.3 Iskast og nasjonal ramme	10
Kilder.....	11

Forord

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har fått i oppdrag av Olje- og energidepartementet (OED) å lage et forslag til en nasjonal ramme for vindkraft på land.

Den nasjonale rammen skal bestå av:

- Et oppdatert kunnskapsgrunnlag om virkninger for miljø og samfunn
- Kart over de mest egnede områdene for vindkraft

Det er utarbeidet tematiske rapporter for alle interesser som kan bli vesentlig påvirket av vindkraftutbygging. I denne temarapporten presenteres en gjennomgang av kunnskap om virkninger knyttet til iskast og isnedfall fra vindturbiner. En oversikt over alle temarapportene og annen informasjon om den nasjonale rammen finnes på www.nve.no.

Vi takker Rolv Erlend Bredesen (Kjeller Vindteknikk AS), Roger Flage (Universitetet i Stavanger), Matthew Homola (Nordkraft AS) og Jens Naas-Bibow (Advokatfirma Thommessen AS) for bidrag til iskastveilederen som denne rapporten bygger på. Veilederen er per mai 2018 ikke publisert.

Oslo, mai 2018



Rune Flatby
direktør



Erlend Bjerkestrand
prosjektleder

Sammendrag

I alle norske vindkraftverk kan det i perioder med ising oppstå iskast fra vindturbinene. Dette kan utgjøre en risiko for folk som ferdes i vindkraftverket. Sannsynligheten for å bli truffet vil i de fleste tilfeller være svært lav, men konsekvensen av å bli truffet er så stor at risikoen må tas på alvor.

Iskast er i hovedsak en HMS-utfordring. De som arbeider i vindkraftverket oppholder seg ofte i nærheten av turbintårn, der risikoen er høyest. Friluftslivsutøvere og andre som ikke arbeider i vindkraftverket holder som regel så stor avstand til vindturbinene at risikoen er minimal. Det er imidlertid viktig med god informasjon for å sikre at risikoen ikke blir for høy.

I planleggingen av vindkraftverk kan det være fornuftig å ta utgangspunkt i en generell minsteavstand til for eksempel veier med mye trafikk, jernbanelinjer, skiløyper og mye brukte turstier. NVE anbefaler at en slik minsteavstand knyttes til summen av vindturbinens tårnhøyde og rotordiameter. Denne summen kan være ca. 200 meter for en typisk vindturbin i et norsk vindkraftverk.

1 Innledning

Nasjonal ramme for vindkraft på land i Norge skal blant annet gi en oppdatert oversikt over eksisterende kunnskap om virkninger av vindkraft for miljø og samfunn. I denne temarapporten presenteres en gjennomgang av eksisterende kunnskap om iskast/isnedfall fra vindturbiner. Rapporten gir en oversikt over hvilken risiko iskast/isnedfall medfører for tredjepart, hvilke tiltak som kan være relevante for å redusere risiko for skade og hva som trengs av ny kunnskap.

Konklusjonene fra rapporten skal inngå i kunnskapsgrunnlaget som NVE skal levere som en del av forslaget til nasjonal ramme for vindkraft. Rapporten er også en del av grunnlaget for identifisering av områdene som er mest egnet for vindkraft.

2 Metode og medvirkning

Kunnskapen som presenteres i denne rapporten er basert på gjennomgang av norske og internasjonale forskningsartikler og annen litteratur, konsekvensutredninger fra vindkraftsøknader, NVEs erfaringer fra konsesjonsbehandling av vindkraftverk og erfaringer fra utbygde vindkraftverk.

Rapporten er utarbeidet i kontakt med relevante aktører. Vurderingene av risikoen ved iskast for allmennheten og tiltak for å redusere faren ved iskast baseres på NVEs veileder for iskast, som er utformet sammen med Kjeller Vindteknikk ved Rolv Erlend Bredesen og Universitetet i Stavanger ved Roger Flage. Veilederen er per mai 2018 ikke publisert.

3 Iskast

Is på en vindturbin kan løsne eller forsvinne som følge av vibrasjoner, gravitasjon, vind, nedbør, erosjon, sublimasjon eller ved smelting. Is kan også fjernes ved hjelp av ulike avisingsystemer. Hvor lenge is blir værende på turbinene etter at perioden med isdannelse er over, vil variere. I perioder med mye sol, mildvær eller mye vind kan isen forsvinne relativt raskt, mens is kan bli værende lenge dersom det er lite sol, kaldt og lite vind. I slike perioder vil det potensielt kunne bli mye is på turbinen, fordi det kan komme nye perioder med isdannelse før all isen fra forrige periode er borte.

Iskast brukes som betegnelse på is som løsner fra turbinblader i bevegelse. Is som faller ned fra tårnet eller bladene på en turbin som er stanset, omtales som isnedfall. Isnedfall vil hovedsakelig inntreffe rett under turbinens tårn og vinger, men vind kan gjøre at isen som løsner transporteres lenger vekk før den treffer bakken. Isklumper som kastes fra turbinblader i bevegelse, kan treffe bakken lenger unna turbinen. Hvor iskast og isnedfall vil treffe bakken, avhenger blant annet av turbinens og isklumpens fysiske egenskaper, klimatiske forhold og omkringliggende terreng.

I denne temarapporten blir is som faller ned eller kastes fra en vindturbin omtalt som iskast.

Kastelengde

Det foreligger empirisk forskning på hvor langt is kan kastes fra vindturbiner. På slutten av 1990-tallet ble det samlet inn empiriske data fra flere europeiske vindkraftverk. Basert på dette arbeidet, ble det utarbeidet en formel for maksimal kastelengde for iskast fra vindturbiner (Tammelin et. al. 1996-1998). Denne formelen kalles Seiferts formel (**Feil! Fant ikke referanse-kilden.**) når iskastfaktor $k=1,5$. Dersom det er stor høydeforskjell mellom turbinene og omkringliggende terreng, bør dette tas med ved å legge høydeforskjellen til turbinens navhøyde (H) i formelen (Bredesen og Refsum 2015).

$$\text{Maksimal kastelengde (s)} = k \times (H+D),$$

der H = turbinens navhøyde, D = rotordiameter og k = iskastfaktor

Figur 1: Seiferts formel for beregning av maksimal teoretisk lengde for iskast.

Seiferts formel vurderes å være konservativ. Man kan si at det er en «sikkerhetsmargin» i formelen. I empiriske studier av iskast er det ikke observert isklumper som kastes like langt som den maksimale lengden formelen tilsier. Generelt viser erfaringer og studier at maksimal observert kastelengde fra vindturbiner med rotordiameter på 80-90m, tilsvarer summen av turbinens navhøyde og rotordiameter ($H+D$), altså iskastfaktor = 1.0. Iskastfaktoren forventes å bli redusert for større turbiner, siden større rotordiameter ikke fører til store endringer av hastigheten på vingespissen.

Samtidig er det viktig å påpeke at det fortsatt foregår empirisk forskning om iskast fra vindturbiner. Gjennomføring av empiriske studier er utfordrende, blant annet fordi det er sikkerhetsutfordringer knyttet til å få samlet inn data på grunn av faren for skader, og fordi innsamling av isklumper er vanskelig på grunn av snøforholdene på bakken. Det er også mulig at noen isklumper knuses i mindre biter både i lufta og når de treffer bakken, noe som gjør det vanskeligere å finne dem igjen.

4 Virkninger av iskast

I alle vindkraftverk som bygges i Norge kan det i perioder dannes is på vindturbinene. Denne isen kan falle ned eller kastes fra turbinen. Is som faller eller kastes fra en vindturbin, kan representere fare for mennesker, dyr, materiell og infrastruktur som befinner seg nær turbinen.

Vindkraftverk etableres ofte i utmarksområder som i varierende grad brukes til friluftslivsaktiviteter. Erfaringer viser at den menneskelige aktiviteten i et område øker ved utbygging av vindkraftverk (Norconsult 2016).

Sannsynligheten for at personer kan bli skadet av isklumper som faller ned eller kastes fra en vindturbin er veldig liten, men det er likevel viktig at eiere og drivere av vindkraftverk kan håndtere risikoen for skade fra iskast. Dette krever kunnskap om når og hvor iskast kan oppstå, og hvilke skader det kan medføre for allmennheten.

Det har blitt utarbeidet en veileder av NVE¹ som gir anbefalinger til eiere og drivere av vindkraftverk om hvordan risikoen for skader fra iskast fra vindturbiner bør håndteres. Hensikten er å unngå at det oppstår alvorlige skader hos allmennheten som følge av iskast

¹ Tiltak for å unngå skader fra iskast og isnedfall fra vindturbiner (XX)

i norske vindkraftverk. Helse-, miljø- og sikkerhet (HMS) og risiko for skader for ansatte i vindkraftverk er ikke inkludert.

Farene ved iskast fra vindturbiner er hovedsakelig knyttet til risiko for personskader på ansatte i vindkraftverket og mennesker som oppholder seg i området i forbindelse med utøvelse av friluftsliv eller ulike grunneieraktiviteter. Iskast kan også medføre risiko for materielle skader på infrastruktur og utstyr i nærområdet og skader på rein og andre dyr som oppholder seg i området.

Det er ingen kjente eksempler på personskader som følge av iskast fra vindturbiner (IEA Wind 2017). Både i Norge og Sverige har imidlertid iskast ført til skader på driftspersonellenes biler og bygninger nær vindturbinen.

Forebygging av risiko

Det finnes i dag systemer for både antiising og avising av vindturbiner. Antiising vil si å forhindre at det dannes is på turbinbladene, mens avising innebærer å fjerne is. Et eksempel på antiising kan være at turbinbladene varmes opp, slik at nedbør eller skyising ikke medfører is på turbinbladet. Avising kan skje ved at is som har blitt dannet fjernes når turbinen er stoppet ved hjelp av eksempelvis varm luft eller andre varmesystemer i bladet.

Systemer for anti- og avising på vindturbiner kan redusere omfanget av ising, men vil ikke utelukke at iskast kan forekomme. Eksempelvis viser erfaringer fra Sverige at isklumper har falt ned fra vindturbiner med antiisingssystem og forårsaket skader på taket over turbininngangen (Energimyndigheten 2017). Turbiner som har vært stanset for avising kan i tillegg medføre fare for iskast idet de startes opp igjen, fordi det er vanskelig å vite om all isen er fjernet.

5 Risikovurdering

For å kunne håndtere risikoen for skader er det nødvendig med kunnskap om og forståelse for faren ved iskast i et vindkraftverk. For å skaffe denne informasjonen, må konsesjonær gjennomføre en risikovurdering. Siden det kan dannes is på alle vindturbiner som bygges i Norge, må det i hvert enkelt prosjekt gjøres en konkret vurdering av risikoen for skade fra iskast i vindkraftverket. Nedenfor beskrives kort de ulike trinnene som NVE anbefaler skal inngå i en risikovurdering. Det står mer om dette i NVEs veileder om iskast.

Omfang av ising

Risikoen for iskast er ikke konstant, men kun et faremoment i de periodene hvor det befinner seg potensielt skadelige isklumper på vindturbinen. Kunnskap om hvor ofte og hvor mye is som kan dannes på turbinene i et område, er derfor viktig informasjon ved gjennomføring av risikovurderingen.

Bruk av området

Hvordan og hvor mye et område blir brukt av allmennheten eller private interesser, er også av betydning for hvor stor risikoen for personskader fra iskast blir. Ved utarbeidelse

av risikovurderingen bør konsesjonær derfor kartlegge hvem som bruker området, til hvilke aktiviteter og hvor disse aktivitetene foregår.

Anbefalt sikkerhetssone rundt vindturbiner

Risikoen for skade fra isklumper representerer et nytt faremoment ved ferdsel i områder med vindkraftverk, sammenlignet med situasjonen før vindkraftverket ble etablert. Som en del av risikovurderingen, må det tas stilling til hva som er akseptabel risiko for skade fra iskast i området. NVE anbefaler som et akseptkriterium, at iskast ikke skal medføre vesentlig økt risiko for skade for de som ferdes i området, sammenlignet med den daglige risikoen man utsettes for i samfunnet.

Basert på tilgjengelig kunnskap om kasteavstand av isklumper som vist ovenfor, anbefaler NVE at konsesjonær fastsetter en sikkerhetssone basert på kunnskap om lokale isingsforhold, turbinens tårnhøyde og rotordiameter, samt høydeforskjellen mellom vindturbiner og ulike typer aktiviteter/ferdsel. Dersom erfaringer fra drift viser at det har blitt observert lengre iskast enn antatt, må konsesjonæren vurdere om sikkerhetssonen skal økes.

6 Avbøtende tiltak

Basert på risikovurderingen må konsesjonær iverksette hensiktsmessige og tilstrekkelige tiltak for å håndtere risikoen for skader fra iskast. Tiltakene som gjennomføres bør stå i rimelig forhold til den identifiserte risikoen for skade. Formålet med tiltakene bør være å redusere faren for skade ved å motvirke at allmennheten oppholder seg i områder hvor det er fare for å bli truffet av isklumper i de periodene av året hvor det har dannet seg is på turbinene. Dette krever at konsesjonæren vet hvor risiko for skader fra iskast kan være høyere enn akseptabel, og at denne informasjonen blir formidlet til de som bruker området.

Nedenfor gis en presentasjon av ulike tiltak som kan være aktuelle for å redusere risikoen for skade fra iskast. Skilt som varsler allmennheten om iskast utgjør et minimum av hva NVE anser som nødvendige tiltak i norske vindkraftverk. Hvilke øvrige forebyggende tiltak som er hensiktsmessig å gjennomføre, vil variere fra prosjekt til prosjekt avhengig av risikovurderingen. Konsesjonær må derfor gjøre en konkret vurdering av behovet for tiltak i hvert enkelt tilfelle. Det kan også være behov for andre typer tiltak enn de som er nevnt nedenfor.

Konsesjonæren er selv ansvarlig for å ivareta sikkerheten i det enkelte prosjekt. I tillegg til tiltak rettet mot allmennheten, må konsesjonær utarbeide nødvendige rutiner og tiltak knyttet til HMS for ansatte i vindkraftverket i samsvar med arbeidsmiljølovgivningen.

Detaljplanlegging av vindkraftverket

I detaljplanleggingen av et vindkraftverk bør det tas hensyn til NVEs isingskart, meteorologiske data og informasjon om bruken av området. I tillegg bør det vurderes om turbiner kan plasseres på en slik måte at de ikke medfører risiko for skader fra iskast for eksempel for etablerte ski-, turløyper og utkikkspunkter. Dette må vurderes mot den teknisk-økonomisk optimale utformingen av vindkraftverket.

Skilt og varslingsrutiner

Et sentralt tiltak for å håndtere risikoen for personskader som følge av iskast i vindkraftverk, er å informere allmennheten om faren slik at ingen oppholder seg nær en turbin i perioder med fare for iskast. Slik informasjon kan formidles på flere måter

Skilting

Formålet med skilt er å varsle allmennheten om faren for iskast for å forebygge skader. I alle norske vindkraftverk hvor det i perioder oppstår iskast, må allmennheten varsles om dette ved bruk av skilt. Det bør settes opp skilt ved alle naturlige innfartsårer til planområdet, blant annet etablerte turstier og skiløyper. Ved hovedadkomsten til vindkraftverket kan det være aktuelt å supplere standardskiltet med en mer omfattende informasjonstavle.

NVE anbefaler å benytte standardskiltet i vedlegg 1 «Anbefalt skilt» fra NVEs veileder.

Lyd- og lyssignaler

Skilt utgjør et kontinuerlig varsel om faren for skader fra iskast. Samtidig er det bare fare forbundet med å ferdes i området i perioder hvor det faktisk er is på turbinene. Noen steder vil disse periodene vare lenge av gangen, mens det andre steder vil være få og korte perioder i løpet av et år. For å gi en mer nyansert varsling til omgivelsene, kan konsesjonær vurdere å supplere skiltene med lys- og/eller lydsignaler i de periodene hvor det er reell fare for skader fra iskast.

Direkte varsling

I områder med høy menneskelig aktivitet i perioder hvor det kan være fare for skader fra iskast, kan det være hensiktsmessig å supplere skiltene med direkte varsling av brukerne. Slik varsling kan være aktuelt for grunneiere, turlag, skiforeninger, reindriftsutøvere og andre brukergrupper som konsesjonæren har kjennskap til benytter området. Konsesjonæren kan for eksempel benytte SMS eller en applikasjon for å gi beskjed til brukerne om når de ikke bør oppholde seg nær vindturbinene.

Systemer på turbinene

Ved bruk av varslingssystemer som for eksempel lys og lyd må konsesjonær ha informasjon om hvorvidt det er isdannelse på turbinene. For å vite om det blir dannet is på vindturbinene i isingsperioder, kan det være nødvendig med ulike typer systemer og installasjoner på vindturbinene.

Etablere forståelse for risikoen

For å redusere risiko for skadehendelser som følge av iskast fra vindturbiner er det viktig at allmennheten forstår faren for skader og respekterer den skiltingen og varslingen som er iverksatt. Det bør vurderes om skilt og varslingsrutiner skal suppleres med god og relevant informasjon som bidrar til å skape forståelse for den konkrete faren hos brukerne av området. Dette kan eksempelvis gjøres gjennom avisartikler i lokale medier, brosjyrer/informasjonsmateriell i lommeformat som kan distribueres, QR-koder på skilt og mer omfattende informasjonstavler ved hovedadkomsten til vindkraftverket. Informasjonen som gis bør gjentas systematisk i forkant av hver isingssesong og nå ulike målgrupper. I noen områder kan det være hensiktsmessig med informasjon på flere språk.

Korrekt og effektiv informasjon om risikoen er også hensiktsmessig for å sikre at risikoen for skader fra iskast ikke overkommuniseres eller skaper frykt. Dette kan medføre at allmennheten begrenser sitt opphold i området mer enn det som er nødvendig for å unngå skader.

Fysiske sikringstiltak og stans av turbiner

For å tilrettelegge for sikker ferdsel og opphold i området kan det i noen tilfeller være aktuelt med ulike fysiske sikringstiltak. Dersom det går skiløyper, snøscootertraseer, tur- og ridestier og lignende innenfor områder hvor risikoen ikke er akseptabel, bør disse legges om og merkes. Det kan også være aktuelt med midlertidige sperrebånd for å hindre ferdsel i perioder med særlig stor risiko for skade fra iskast. Andre eksempler på sikringstiltak kan være forsterkede tak på bygninger som ligger i utsatte områder og tak over parkeringsplasser og lignende for å hindre skader på utstyr og materiell.

Det kan også være aktuelt å stanse turbinene i perioder med særlig stor fare for skader fra iskast.

NVE vil vurdere aktuelle tiltak i konkrete vindkraftsaker, og det kan settes vilkår om slike tiltak i både konsesjon og godkjenning av miljø-, transport- og anleggsplan. Det kan også kreves tiltak i etterkant av vedtak hvis iskast viser seg å være et større problem enn antatt.

7 Nytt vilkår i vindkraftkonsesjoner

NVE har siden 2007 hatt standardvilkår om iskast i vindkraftkonsesjoner. De fleste eldre konsesjoner har fått oppdatert vilkår i tilknytning til konsesjonspliktige endringer. Gjennom arbeidet med NVEs veileder om iskast har det blitt utarbeidet et nytt standardvilkår i 2018:

«Konsesjonæren skal vurdere omfanget av ising og risikoen for iskast/isnedfall i anlegget. Det skal settes opp varselskilt ved atkomstveier og viktige skiløyper/turstier. NVE kan i særlige tilfeller stille krav om ytterligere avbøtende tiltak, eller kreve ytterligere informasjon om fare for iskast/isnedfall».

I tillegg til vilkåret om iskast kan det være satt andre vilkår i konsesjonen hvor håndtering av fare for iskast inngår. Dersom det eksempelvis er satt vilkår om omlegging av eksisterende skiløyper i anlegget, må kunnskap om risiko for skade fra iskast benyttes i vurderingen av de nye traseene.

8 Konklusjon

8.1 Virkninger for miljø og samfunn

I alle norske vindkraftverk kan det i perioder med ising oppstå iskast fra vindturbinene. Dette kan utgjøre en risiko for folk som ferdes i vindkraftverket. Sannsynligheten for å bli truffet vil i de fleste tilfeller være svært lav, men konsekvensen av å bli truffet er så stor at risikoen må tas på alvor.

Iskast vil i de fleste tilfeller i hovedsak være en HMS-utfordring. De som arbeider i vindkraftverket oppholder seg ofte i nærheten av turbintårn, der risikoen er høyest. Friluftslivsutøvere og andre som ikke arbeider i vindkraftverket holder som regel lengre avstand til vindturbinene, slik at risikoen er lav. For å sikre at risikoen blir akseptabel er det imidlertid viktig med god informasjon.

NVE anbefaler at konsesjonær fastsetter en sikkerhetssone basert på kunnskap om lokale isingsforhold, turbinens tårnhøyde og rotordiameter, samt høydeforskjellen mellom vindturbiner og ulike typer aktiviteter/ferdsel. Videre må konsesjonær vurdere informasjonstiltak basert på en risikovurdering.

8.2 Planlegging av vindkraftverk

I planleggingen av vindkraftverk kan det være fornuftig å ta utgangspunkt i en generell minsteavstand til for eksempel veier med mye trafikk, jernbanelinjer, skiløyper og mye brukte turstier. NVE anbefaler at dette knyttes til summen av vindturbinens tårnhøyde og rotordiameter. Denne summen kan være ca. 200 meter for en typisk vindturbin i et norsk vindkraftverk. Minsteavstander kan være mest aktuelle i områder med mye ising. I enkelte tilfeller kan det bli aktuelt for NVE å sette konsesjonsvilkår om minsteavstand.

8.3 Iskast og nasjonal ramme

Iskast kan være et relevant tema i vurderingen av hva som er de mest egnede vindkraftområdene i Norge. For eksempel kan et sted med mye infrastruktur vurderes som mindre egnet på grunn av at det blir lite utbyggingsareal utenfor eventuelle sikkerhetssoner. Den sørøstlige bredden av Mjøsa kan være et eksempel på dette, med parallelle traseer for motorvei og jernbane. Risikoen for iskast er også relevant i vurderingen av virkninger for friluftsliv, reindrift og landbruk. Dette vurderes i andre temarapporter.

Kilder

Bredesen, R. E. og Refsum, H. A. (2015). *Methods for evaluating risk caused by ice throw and ice fall from wind turbines and other tall structures*.
http://www.vindteknikk.no/_extension/media/271/orig/38_13_03_Paper_Bredesen_Methods_for_evaluating_risk_caused_by_ice_throw.pdf

Bredesen, Drapalik og Butt (2017). *Understanding and acknowledging the ice throw hazard*. Journal of Physics, Conference Series. ISSN 1742-6588. 926 . doi: 10.1088/1742-6596/926/1/012001. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/926/1/012001/pdf>

Bredesen, Flage og Butt (2018). *National Norwegian Guidelines: Ice-throw hazard*. Presentert på Winterwind International Wind Energy Conference 2018, Åre.
http://windren.se/WW2018/03_2_24_Bredesen_Norwegian_guidelines_regarding_the_risk_of_icethrow_for_the_public_Pub_v2_draft.pdf

Cattin, R. (2012). *Ice throw studies*. Glütsch and St. Brais.
<https://www.slideshare.net/WinterwindConference/ice-throw-reloaded-studies-at-glütsch-and-st-brais>

Energimyndigheten. (2017). ICETHROWER – mapping and tool for risk analysis. Slutrapport. <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=18386>

Roger Flage (2017). *Notat til NVE om risiko knyttet til iskast og isfall fra vindkraftturbiner*

For å få tilgang til notatet, henvises det til NVE.

Hahm, T. og Stoffels, N. (2016). *Ice Throw Hazard. Experiences and Recent Developments in Germany*.
http://f2e.de/files/public/f2e_ice_throw_hazard_windeurope2016.pdf

IEA Wind. 2017. *Expert Group Study on Recommended Practices*. 13. Wind Energy in Cold Climates. 2. Edition.
https://www.ieawind.org/task_19/020617/Task%2019%20RP%2013_v2%20report_2017_ExCo%20appr%201Feb17_FINAL.pdf

Norconsult AS. (2016). *Samfunnsmessige virkninger av vindkraftverk. En etterprøving av fire vindkraftverk*.
<https://www.norconsult.no/contentassets/ebf62d613b214d1cb9b4c82d342952d1/samfunnsmessige-virkninger-av-vindkraft--en-etterproving-av-fire-vindkraftverk.pdf>

Tammelin, B., Cavaliere, M., Holttinen, H., Morgan, C., Seifert, H. og Sääntti, K. 1996-1998. *WIND ENERGY PRODUCTION IN COLD CLIMATE (WECCO)*.
<http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/47698271EN6.pdf>



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no