

# Folkehelsekonsekvensutredning Friestad Vindkraftverk

-

Tilleggsinformasjon til søknad om mindre endringer i  
reguleringsplan for Friestad Vindkraftverk i Hå  
kommune (Plan 1092)



## Innhold

1. Sammendrag .....	3
2. Bakgrunn .....	4
3. Potensiale for helsekonsekvenser av støy fra vindturbiner .....	5
3.1. Innledning.....	5
3.2. Utfyllende om støyretningslinjen T-1442.....	6
3.3. Om støy fra vindturbiner sammenliknet med støy fra andre utendørskilder.....	6
3.4. Temarapport om nabovirkninger fra NVE.....	8
3.5. Verdens helseorganisasjon, WHO .....	8
3.6. Den danske Sundhetsstyrelsen .....	9
3.7. Vindturbinestøy som faktor for ulike sykdommer eller plager .....	9
3.8. Litt om rytmiske variasjoner i lyder fra vindturbiner og vindkraftverk (AM-effekter).....	12
3.9. Om lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner.....	12
4. Potensiale for helsekonsekvenser av visuell påvirkning fra vindkraftverk .....	15
4.1. Faktorer som bestemmer grad av visuell påvirkning .....	15
4.2. Skyggekast .....	21
4.3. Visuell påvirkning og mulige helseeffekter .....	22
5. Helsekonsekvenser av støy og visuell påvirkning fra Friestad Vindkraftverk.....	24
5.1. Gjeldende grenseverdier og beregnede støynivåer ved bebyggelse .....	25
5.2. Mulige helseeffekter på grunn av støynivå .....	28
5.3. Visuell påvirkning inkludert skyggekast.....	29
6. Konklusjon .....	43
7. Litteratur.....	44

## 1. Sammendrag

I forbindelse med søknad om mindre endring fra reguleringsplan (Plan 1092) ba Hå kommune Solvind Prosjekt As om tilleggsutredninger angående virkning av Friestad Vindkraftverk på folkehelse med hovedfokus på støy. Hå kommune ønsket utredningen for både et alternativ med 3 turbiner (0-alternativ) og et alternativ med kun 1 turbin (1-alternativ). Utredningen er basert på kjente og fagfellevurderte studier om emnet slik dette foreligger pr. dags dato og slik temaet er vurdert av Folkehelsa (FHI) og Verdens helseorganisasjon (WHO). I tillegg er det også gjennomgått nyere studier fra Sundhedsstyrelsen i Danmark og Universitetet i Göteborg.

Helsekonsekvenser av vindkraftverk er et krevende tema der det foreligger relativt begrenset grunnlag for å trekke konklusjoner. Begrepet 'helse' er heller ikke omforent og entydig. Spesielt utfordrende er dette hvis man legger til grunn et utvidet helsebegrep som også omfatter trivselsaspekter. I gjennomgangen av kjente studier er det i all hovedsak tatt utgangspunkt i en avgrenset forståelse av begrepet helse som omfatter målbare og uttalte helseplager, da trivsel angår forhold som det i praksis er umulig å dokumentere på systematisk vis. Når det gjelder mulige helsekonsekvenser er trivselsaspektet likevel berørt.

Mulige helsekonsekvenser er i forbindelsen med vindkraft som forårsaket av støy, skyggekast og visuell påvirkning fra turbinene ble vurdert.

Typiske årsmidlele døgnnivåer ved boliger fra vindturbinstøy er lave sammenliknet med støynivåer fra typiske samferdselskilder. I beregning av støyutbredelse i omgivelsene er det alltid slik at beregningsusikkerheten øker svært mye med økende avstand fra kilden. Det er ikke uvanlig at vindturbinstøyen ved f.eks. et bolighus er like lavt eller lavere enn annen støy laget av vinden (vindsus i trær, vindsus i terrengformasjoner, bølgeslag mot land, osv.).

Det ble ikke funnet noe bevis at lavfrekvent lyd fra vindturbiner har negative effekter på folkehelse. Nivå for lavfrekvent lyd fra vindturbiner er mindre eller på likt nivå enn fra andre kilder i området rundt Friestad Vindkraftverk som for eksempel brenning eller vind i åpent landskap.

Det finnes ikke studier som påviser dokumenterbare helseplager av skyggekast fra turbiner i den aktuelle størrelsesklassen som er planlagt i Friestad Vindkraftverk. Tidligere studier indikerte at skyggekast kunne utløse epilepsi, men det var basert på turbiner med betydelig større rotasjonshastighet på bladene. Den langsomme rotasjonen som nye store turbiner medfører vil ikke kunne utløse epilepsi. Skyggekast kan likevel utløse ubehag og forstyrrelser dersom effektene er påtrengende og langvarige. Derfor er det satt anbefalte grenseverdier for skyggekast som ikke skal overstige 30 minutter pr dag, og ikke over 8 timer forventet skyggekast pr. år eller 30 timer maksimalt skyggekast pr. år. Skyggekast over fastsatte grenseverdier vil motvirkes gjennom avstengingsmekanismer.

Effekten av visuell påvirkning er vanskelig å måle og dokumentere. Hvordan denne oppfattes vil variere fra person til person. Det er likevel ulike faktorer som vil innvirke på omfanget av visuell påvirkning. Disse kan inndeles i tre kategorier: faktorer knyttet til betrakter, faktorer knyttet til vindkraftverkets

utforming, og faktorer knyttet til landskap og omgivelser. Når det gjelder betrakteregenskaper tar denne utredningen utgangspunkt i nabopåvirkning knyttet til bosetting og bebyggelse (helårsbebyggelse og fritidsbebyggelse).

Potensialet for helsemessige konsekvenser av visuell påvirkning fra Friestad Vindkraftverk vil uavhengig av dette etter all sannsynlighet først og fremst være knyttet til holdninger til vindkraftverkene. Innbyggere som i utgangspunktet er negative til vindkraftprosjektet, kan oppleve dette som redusert trivsel.

Forskning innen kognitiv psykologi indikerer at negative følelser ofte er størst i en fase der man har negative forventninger til og frykt for hva som vil komme, mens man over tid i større eller mindre grad tilpasser seg og forsoner seg med ting når tiltakene er gjennomført. Det er likevel tålegrenser som kan overskrides dersom tiltaket oppfattes som for brutalt. I slike tilfeller kan negative reaksjoner og trivsel vedvare. Det er usannsynlig at et vindkraftverk i størrelsen av Friestad Vindkraftverk overskrider tålegrensen.

Etter en grundig litteraturstudie kan det konkluderes med at Friestad Vindkraftverk fører til ingen til liten objektive negative innvirkninger på folkehelse. Fra folkehelseperspektiv er 1-alternativ bedre enn 0-alternativ.

## 2. Bakgrunn

Friestad Vindkraftverk ligger i Hå kommune i Rogaland mellom Vigrestad og Brusand. Området brukes i dag som aktivt jordbruksområde. I 2010 ga NVE konsesjon for etablering av tre vindturbiner med en samlet installert effekt på inntil 2,4 MW og en forventet årlig produksjon på ca. 8 GWh. I omsøkt MTA plan ble layouten endret fra 3 til 1 turbin, endringen medfører økt produksjonen (8.5 GWh/år) og samtidig reduserte nærvirkninger (visuell virkning, støy og fugleliv).

Hå kommune godkjente i 2015 reguleringsplan for Friestad Vindkraftverk med tre turbiner (Plan 1092). Solvind Prosjekt As har søkt Hå kommune om en mindre endring av reguleringsplan for å tilpasse reguleringsplan til omsøkt utbyggingsløsning i MTA plan. I forbindelse med denne søknaden om mindre endring fra reguleringsplan ba Hå kommune Solvind Prosjekt As om tilleggsutredninger angående virkning av Friestad Vindkraftverk på folkehelse med hovedfokus på støy.

Turbinen som skal bygges er av type Enercon E-82 2,35 MW med 69 m navhøyde (110 m totalhøyde) med tilhørende infrastruktur.

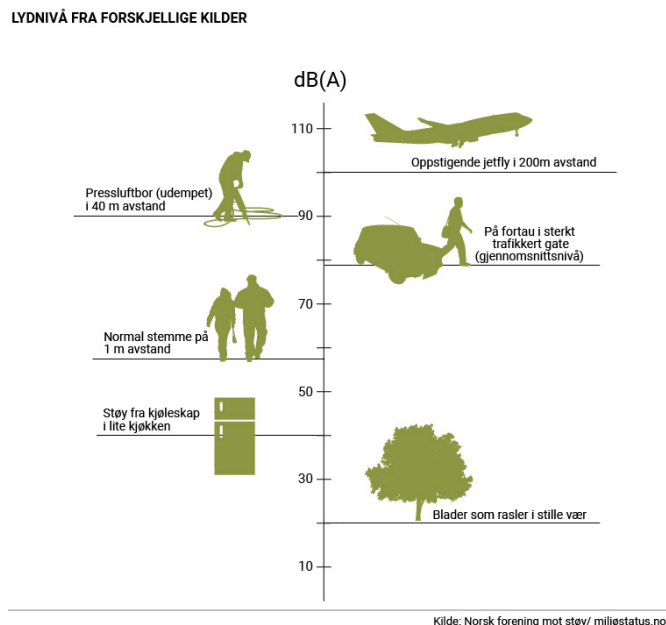
Prosjekt er et felles prosjekt av grunneier og Solvind Prosjekt As (heretter Solvind). Solvind er et norsk selskap som er basert i Stavanger og jobber med utvikling, realisering og drift av vindkraftprosjekter, og har gjort dette siden 2004. Solvind har som premisse å utvikle små prosjekter i allerede påvirkede områder og å redusere behov for nedbygging av naturarealer og inngrep i naturen.

### 3. Potensiale forhelsekonsekvenser av støy fra vindturbiner

#### 3.1. Innledning

Støy er definert som uønsket lyd. Opplevd støy vil være betinget av subjektive oppfatninger av et lydbilde. Lydnivå måles vanligvis i desibel, med forkortelsen dB. Mennesket hører lyder med en styrke fra 0 dB til 120 dB+, og for de fleste vil 120-125 dB etter kort tid oppleves som smertefullt. Langvarige kraftige støybelastninger over 80-85 dB, eller veldig høye kortvarige lydimpulser med toppverdier over 130-140 dB, kan gi permanente hørselsskader.

Siden dB(A) skala ikke er noe man bruker daglig er lydnivået til forskjellige støykilder vist i Figur 1. Arbeidstilsynet skriver på sin nettside følgende: «En alminnelig samtale ligger på omkring 65 dB, mens et rop når opp i om lag 80 dB. Skalaen er slik at hver gang lydeffekten dobles, øker desibelnivået med tre dB. Lydeffekten av for eksempel 83 dB vil derfor være dobbelt så høy som av 80 dB.»



Figur 1: Lydnivå fra forskjellige støykilder etter norsk forening mot støy.

I Norge er det vanligvis  $L_{den}$  som benyttes som grenseverdi for støy (Figur 2).  $L_{den}$  ( $L$ =lydnivå,  $den$  = day, evening, night) er årsmidlet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt med 5 dB resp. 10 dB påslag i kveld og natt. Kveld er definert som tidsrommet fra kl. 19 til 23 og natt kl. 23 til 07. Dette gjøres for å sikre bedre vern mot soveforstyringer på grunn av støy.

For å omregne støy angitt i  $L_{den}$  til  $L_{Aeq}$  må man addere 6,4 dB. Det vil si at  $L_{den} = 45$  dB tilsvarer  $L_{Aeq} = 51,4$  dB

$L_{den}$  er ikke et målt, men en beregnet verdi som kan bare måles på en veldig krevende måte fordi man må luke bort andre støykilder som veitrafikk (her FV44), støy fra jordbruk eller dyreliv. Det lave støynivå fra vindkraftverk i typiske avstander til bolighus gjør denne analysen spesielt krevende.

### 3.2. Utfyllende om støyretningslinjen T-1442

I støyretningslinjen T-1442<sup>1</sup> er bebyggelse med støyfølsom bruk definert til å være boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, skoler og barnehager. For bebyggelse med støyfølsom bruk er det anbefalt en grenseverdi for vindturbinestøy på  $L_{den} = 45$  dB (Figur 2). Etter 2014 er det ikke lengre gjort forskjell på om bebyggelse ligger i vindskygge eller ikke, anbefalt grenseverdi er nå på  $L_{den} = 45$  dB i begge tilfeller. Dette tilsvarer tidligere nivå for bebyggelse i vindskygge.

Retningslinjen sier at utbygger skal lage støykart som viser gule og røde soner hvor støyverdiene er over henholdsvis  $L_{den}=45$  dB og  $L_{den}=55$  dB. Undersøkelser gjort av Miljødirektoratet i 2011 viste at gjeldene anbefalt støygrense utendørs på  $L_{den}=45$  dB også sikrer at lavfrekvent støy ikke overskrider  $L_{p,A,ekv.} = 20$  dB innendørs. Sistnevnte er grensen for lavfrekvent støy i Danmark (Sissel B. Jakobsen, 2018). P.t. mangler Norge grenseverdier for lavfrekvent støy.<sup>2</sup>

Støykilde	Støysone					
	Gul sone			Rød sone		
	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå, lørdager og søndager/helligdager	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå, lørdager og søndager/helligdager	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07
Veg	$L_{den} 55$ dB		$L_{SAF} 70$ dB	$L_{den} 65$ dB		$L_{SAF} 85$ dB
Bane	$L_{den} 58$ dB		$L_{SAF} 75$ dB	$L_{den} 68$ dB		$L_{SAF} 90$ dB
Flyplass	$L_{den} 52$ dB		$L_{SAS} 80$ dB	$L_{den} 62$ dB		$L_{SAS} 90$ dB
Industri med helkontinuerlig drift	Uten impulslyd: $L_{den} 55$ dB Med impulslyd: $L_{den} 50$ dB		$L_{night} 45$ dB $L_{AFmax} 60$ dB	Uten impulslyd: $L_{den} 65$ dB Med impulslyd: $L_{den} 60$ dB		$L_{night} 55$ dB $L_{AFmax} 80$ dB
Øvrig industri	Uten impulslyd: $L_{den} 55$ dB og $L_{evening} 50$ dB Med impulslyd: $L_{den} 50$ dB og $L_{evening} 45$ dB	Uten impulslyd: lørdag: $L_{den} 50$ dB søndag: $L_{den} 45$ dB Med impulslyd: lørdag: $L_{den} 45$ dB søndag: $L_{den} 40$ dB	$L_{night} 45$ dB $L_{AFmax} 60$ dB	Uten impulslyd: $L_{den} 65$ dB og $L_{evening} 60$ dB Med impulslyd: $L_{den} 60$ dB og $L_{evening} 55$ dB	Uten impulslyd: lørdag: $L_{den} 60$ dB søndag: $L_{den} 55$ dB Med impulslyd: lørdag: $L_{den} 55$ dB søndag: $L_{den} 50$ dB	$L_{night} 55$ dB $L_{AFmax} 80$ dB
Havner og terminaler	Uten impulslyd: $L_{den} 55$ dB Med impulslyd: $L_{den} 50$ dB		$L_{night} 45$ dB $L_{AFmax} 60$ dB	Uten impulslyd: $L_{den} 65$ dB Med impulslyd: $L_{den} 60$ dB		$L_{night} 55$ dB $L_{AFmax} 80$ dB
Motorsport	$L_{den} 45$ dB $L_{SAF} 60$ dB		Aktivitet bør ikke foregå	$L_{den} 55$ dB $L_{SAF} 70$ dB		Aktivitet bør ikke foregå
Skytebaner	$L_{den} 35$ dB $L_{AFmax} 65$ dB		Aktivitet bør ikke foregå	$L_{den} 45$ dB $L_{AFmax} 75$ dB		Aktivitet bør ikke foregå
Vindturbiner	$L_{den} 45$ dB		-	$L_{den} 55$ dB		-

Figur 2: Oversikt over forskjellige grenseverdier for støy i Norge. Kilde: Miljødirektoratet: Veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2016).

### 3.3. Om støy fra vindturbiner sammenliknet med støy fra andre utendørskilder

Som kjent utgjør støy fra samferdsel det største samfunnsmessige støyproblemet. Disse støykildene (vegtrafikkstøy, luftfartsstøy, jernbanestøy, m.fl.) og plagene fra dem er undersøkt grundigere enn

f.eks. støy fra vindturbiner. Gjeldende grenseverdier for årsmidlet døgnnivåer i  $L_{den}$  fra disse kildene er også høyere enn for vindturbinestøy. Videre er kunnskapsgrunnlaget for forholdet mellom eksponering og respons/plage mer kjent. Dette har bl.a. muliggjort grafer/framstillinger av respons/plage som funksjon av årsmidlet døgnnivåer i  $L_{den}$ . Gjeldende grenseverdier for støy fra disse kildene er resultat av samfunnsmessige kompromisser, som bl.a. innebærer at en ikke ubetydelig prosent av eksponerte personer vil være støyplaget selv ved oppfylning av disse grenseverdiene. Siden grenseverdiene og antallet eksponerte personer er høyere gir det gode muligheter til å lage pålitelig statistikk.

De fleste som er eksponerte for vindturbinestøy er derimot utsatte for betydelig lavere årsmidlet døgnnivåer enn tilfellet er for f.eks. personer plaget av vegtrafikkstøy. Dette, sammen med at færre personer er eksponerte for vindturbinestøy gjør det vanskelig å tallfestehelsekonsekvenser av vindturbinestøy. Dette kan på fagspråk omtales som at studier av eventuelle helsekonsekvenser vanskelig kan gjøres statistisk signifikante.

Som bl.a. Verdens helseorganisasjon påpeker (se avsnitt 3.5) er de fleste studier av eventuelle helseeffekter av vindturbinestøy dårlige. De fleste mangler sikker informasjon om eksponeringsnivåene, slik at sammenlikninger mellom de ulike studiene blir vanskelig/umulig. Noen, som TØI<sup>3</sup> sin rapport, bruker prognoserte/beregnete nivåer som eksponering, se også omtale i målerapport<sup>4</sup>. De tar dermed ikke hensyn til at slike prognoserte/beregnete nivåer skal utgjøre konservative (dvs. ikke for lave) nivåer. Virkelige årsmidlete døgnnivåer skal ligge noe under disse konservativt beregnede nivåene så langt metoden i veilederen M-128 til støyretningslinjen T-1442 er fulgt. I denne typen undersøkelser av eventuelle virkninger inngår dermed en høyere eksponering enn den sannsynlige eksponeringen. I andre studier er det bare skilt mellom personer som bor nær vindkraftverk og personer som ikke gjør det –altså uten at eksponeringsnivåene for vindturbinestøyen er kjente.

Som nevnt er typiske årsmidlete døgnnivåer ved boliger fra vindturbinestøy lave sammenliknet med støynivåer fra typiske samferdselskilder. I beregning av støyutbredelse i omgivelsene er det alltid slik at beregningsusikkerheten øker svært mye med økende avstand fra kilden. Det er ikke uvanlig at vindturbinestøyen ved f.eks. et bolighus er like lav eller lavere enn annen støy laget av vinden (vindsus i trær, vindsus i terrengformasjoner, bølgeslag mot land, osv.).

I retningslinjen T-1442 er det lagt til grunn at en viss andel av befolkningen vil føle seg støyplaget ved et støynivå på grenseverdien. Dette kan være et samfunnsmessig kompromiss med avveininger mellom støyplage fra og nytte av den aktuelle støykilden. Man kan regne med at 10-15% av befolkningen regner seg som mer støyfølsomme enn resten av befolkningen. Disse vil da ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy. Personer med søvnmønster som avviker fra hovedparten av den voksne befolkningen (f.eks. barn og skiftarbeidere) vil heller ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy.

Som kjent varierer lydutbredelsen mye, både innenfor korte og lange tidsintervaller. For et typisk vindkraftverk er nok det store bildet at det er vindretningen og i en viss grad vindstyrken som avgjør hvordan lydutbredelsen fra de enkelte vindturbinene til det aktuelle bolighuset vært i et gitt tidspunkt. Dette fordi vinden og egenskapene til vinden er sterkere drivkrefter i denne prosessen enn det som vertikale temperaturforskjeller er. Når vinden er svak, kan derimot slike temperaturforskjeller ha en

større innvirkning. Det er vanskelig å slå fast for hvilken vindhastighet og vindretning denne gradvise overgangen starter. Dette fordi luftstrømmer og andre egenskaper til atmosfæren er grunnleggende stokastiske («kaotiske»), spesielt i de lavere luftlagene som for eksempel fra toppen av rotorbladene og ned til bakken. Disse egenskapene er innenfor praktisk og fornuftig vis ikke mulig å måle innenfor et større område (som for eksempel innenfor støysoner til et vindkraftverk).

Sett over året vil luftstrømmene og de andre egenskapene til luftlagene bare være «enkle» en svært liten del av timene i året. I disse timene kan det kanskje være mulig å regne ut lydutbredelsen med lav usikkerhet. I de resterende timene i året vil lufta oppføre seg mer stokastisk, og lydutbredelsen lar seg ikke beregne like nøyaktig. Dette er en av grunnene til at støy fra vindkraftverk blir beregnet for en situasjon med medvind fra vindturbin til mottakerpunkt, for eksempel et bolighus. Denne medvindsberegningen utgjør et verste-tilfelle i lydutbredelse, altså at lydstyrken ved det aktuelle bolighuset ikke skal bli høyere enn det som medvindsberegningen gir.

Avstandsdemping av lyd som funksjon av temperaturen er tallfestet her:

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670007333.pdf>

Formel, osv., fins her:

<https://www.nde-ed.org/EducationResources/HighSchool/Sound/tempandspeed.htm>

### **3.4. Temarapport om nabovirkninger fra NVE**

I forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft har NVE utgitt en rapport om nabovirkninger<sup>2</sup>. Nabovirkninger omfatter her virkninger for naboer til vindkraftverk med tanke på støy, skyggekast, synlighet og hvordan dette kan påvirke folkehelse, eiendomspriser, osv. NVE sin rapport tar for seg både virkninger for faste boliger og fritidsboliger. Det legges vekt på at selv om beboere i faste boliger nær vindkraftverk har større andel av året med påvirkning, så kan det knyttes større forventninger til ro, utsikt og urørt natur, m.m. i området for fritidsboliger. Det legges også vekt på at synlighet og lydstyrke er objektive størrelser, men i den grad de utgjør en plage er i stor grad subjektivt betinget. De subjektive faktorene er ikke inkludert i rapportens gjennomgang av nabovirkninger, som heller fokuserer på eksponering fremfor respons. Det er bare studier som er publisert frem til 2015 som er inkludert i WHO sine retningslinjer, se avsnitt 3.5. Derfor er det inkludert i nabovirkningsrapporten et kapittel skrevet av Folkehelseinstituttet (FHI) hvor det er tatt for seg studier publisert mellom 2015 og 2018 som kan ha betydning for vurderingen av helsevirkninger på grunn av støy fra vindturbiner.

### **3.5. Verdens helseorganisasjon, WHO**

Verdens helseorganisasjon (WHO) utarbeidet nye retningslinjer for miljøstøy i 2018 gjennom en systematisk kunnskapsvurdering<sup>5</sup>. Målet med WHO sine retningslinjer er å beskytte helsen til mennesker mot virkninger fra miljøstøy fra ulike støykilder. WHO anbefaler å holde støynivåene fra vindturbiner utendørs ved boliger på nivåer under  $L_{den}=45$  dB, som samsvarer bra med grenseverdiene



anbefalt i den norske retningslinjen T-1442. Rapporten legger vekt på at det er manglende bevis eller at studiene om temaet helsevirkninger av vindturbinestøy er av dårlig kvalitet, og de peker på at effekten av holdningene som finnes mot vindkraft er vanskelige å skille fra virkningene fra støyen. Det anbefales derfor å se videre på dette temaet.

WHO har følgende merknader i avsnitt «Methodological guidance for health risk assessment of environmental noise»:

“The scientific evidence reviewed and summarized in these guidelines implies that the following health outcomes can be quantified in a health risk assessment, and that their effects are cumulative:

- from road traffic noise – incidence of IHD, annoyance and sleep disturbance, and potentially incidence of stroke and diabetes
- from railway noise – annoyance and sleep disturbance;
- from aircraft noise – annoyance, reading and oral comprehension in children, sleep disturbance and potentially change in waist circumference and incidence of IHD;
- **from wind turbine noise: annoyance”**

### 3.6. Den danske Sundhedsstyrelsen

Den danske Sundhedsstyrelsen publiserte i 2018/2019 langtids undersøkelser av helseeffekter grunnet vindturbinestøy hvor det undersøkes mulige sammenhenger mellom ulike registrerte helseeffekter i perioden 1982 til 2013 med støynivåene utenfor og inne i boligene til deltakerne i en avstand på 6 km fra vindturbiner<sup>6</sup>. Det utgjør 720.000 personer eller mer i undersøkelsen. Undersøkelsene og resultatene er gitt i seks delundersøkelser. I Danmark er det andre støygrenser som brukes enn i Norge. Vindturbinestøy skal ikke overskride  $L_{Aeq}=44$  dB ( $L_{den} = 50,4$  dB) ved vindhastigheter på 8m/s, eller  $L_{Aeq}=42$  dB ( $L_{den} = 48,4$  dB) ved 6m/s i en avstand på 15 m fra et bygg (Sissel B. Jakobsen, 2018). I områder som regnes som sensitive, som rekreasjons områder, skal ikke vindturbinestøyen overskride  $L_{Aeq}= 39$  dB ved vindhastighet på 8m/s, eller  $L_{Aeq}=37$ m/s. Dette tilsvarer  $L_{den}=45,4$  dB og  $L_{den}=43,4$  dB. I Danmark er det altså også en grense for innendørs lavfrekvent vindturbinestøy på  $L_{Aeq}=20$ dB.

Resultater og konklusjoner fra alle de nevnte kildene er oppsummert i videre del kapitler nedenfor.

### 3.7. Vindturbinestøy som faktor for ulike sykdommer eller plager

#### 3.7.1. Vindturbinestøy og hjerte-kar-sykdom

Det var tre studier som ble vurdert i WHO sin rapport<sup>5</sup>, hvor alle tre studiene til sammen hadde 1830 deltakere. Alle studiene fant en positiv sammenheng mellom høye støynivåer fra vindturbiner og utbredelse av høyt blodtrykk, men ingen av dem viste til økning på mer enn 5% relativ risiko, og er dermed ikke vurdert som en statistisk signifikant økning. Alle studiene ble vurdert til å være av dårlig

kvalitet. De samme studiene så også på mulig sammenheng mellom vindturbinstøy og selvrapporing av hjerte- og karsykdommer, men ingen av dem fant noen sammenheng.

FHI konkluderer at det er liten støtte i forskningslitteraturen som er gjennomgått for at vindturbinstøy gir en økt risiko for hjerte-kar-sykdommer, men at det er få studier med god kvalitet på dette feltet<sup>2</sup>.

Undersøkelsene til Sundhetsstyrelsen i Danmark konkluderer med at det ikke er avgjørende bevis for en sammenheng mellom vindturbinstøy og utløsning av blodpropp i hjertet eller slag<sup>6</sup>. Støynivåene som er inkludert i undersøkelsen er over  $L_{Aeq}=30$  dB. Undersøkelsen viser at innendørs lavfrekvent vindturbinstøy, over den danske grensen, på natten kan muligens være en utløsende faktor for hjerte-kar-sykdommer, men at det stort sett ikke er noen påvirkning fra utendørs vindturbinstøy om natten. Disse konklusjonene er basert på ganske få tilfeller, så det anbefales ytterligere undersøkelser på feltet. Det ble også gjort en delundersøkelse på mulig sammenheng mellom nattlig vindturbinstøy og førstegangs bruk av resept på medisin for høyt blodtrykk. De kunne ikke finne noen generellsammenheng, men det var svake indikasjoner for en sammenheng for personer over 65 år. Dette burde utforskes videre.

### **3.7.2. Vindturbinstøy og diabetes**

Den danske langtids undersøkelsen så på mulig sammenheng mellom vindturbinstøy og forekomst av diabetes, men de konkluderte med at man ikke kan se en slik sammenheng ut fra undersøkelsen deres<sup>6</sup>.

Rapportene fra WHO og FHI omtaler ikke sammenhenger mellom vindturbinstøy og diabetes.

### **3.7.3. Vindturbinstøy og fødselsutfall**

Både WHO og Sunhedsstyrelsen i Danmark har sett på mulige sammenhenger mellom vindturbinstøy og fødselsutfall, men WHO fant ingen godkjente studier som omtalte dette, og den danske undersøkelsen fant ingen sammenheng. Den danske studien peker på at det var kun noen få tilfeller i studien hvor kvinnene var utsatt for støyverdier over grensene under graviditeten, og at konklusjonen derfor må tolkes med forsiktighet.

### **3.7.4. Vindturbinstøy og søvnforstyrrelser**

I WHO sin rapport<sup>5</sup> ble det undersøkt virkningen av støy fra vindturbiner på søvn. De vurderte seks studier som ble godkjent for å ta med i kunnskapsgrunnlaget, men som omtales som studier av lav kvalitet og stor fare for bias i resultatene som følge av at søvnproblemene var selvrapporert. Studiene viste ingen konsistente resultater for hvordan støy fra vindturbiner påvirker søvn, og det ble derfor ikke laget noen ytterligere retningslinjer for vindturbinstøy med tanke på søvnforstyrrelser om natten annet enn den anbefalte grenseverdien på  $L_{den}=45$ dB.

Oppsummeringen av nye studier gjort av FHI viser ingen sammenheng mellom vindturbinstøy og rapportert søvnkvalitet<sup>2</sup>. Dette er mye basert på den til nå største studien på dette feltet som er gjennomført i Canada hvor 1238 personer innenfor en radius på ca 10 km fra vindkraftverk er inkludert. Studien vurderte både resultater fra standard søvnspørreskjema og objektive målinger av søvn med

aktigraf. Støynivåene i studien var opp til  $L_{Aeq}=46\text{dB}$  utendørs (tilsvarende  $L_{den}=52,4\text{ dB}$ ), altså forbi den norske grensen på  $L_{den}=45\text{ dB}$ .

En annen kanadisk studie som blir fremhevet er en studie som tok for seg søvn før og etter oppstart av et vindkraftverk med respondenter innen 2 km fra vindkraftverket. Spørreskjemaet avslørte at søvnkvaliteten ble rapportert som dårligere etter oppstarten av vindkraftverket, men det var ingen sammenheng mellom avstand til vindturbinene eller støynivå og søvnkvaliteten, men heller en sammenheng mellom søvnkvaliteten og holdningene til vindkraft og synlighet av vindturbinene. Det ble gjort fysiologiske målinger av søvn med polysomnografi i samme studie, og det ble ikke påvist noen forskjeller i søvn før og etter vindkraftverket ble satt i drift.

FHI konkluderer i nabovirkningsrapporten at det per i dag er få holdepunkter for at vindturbinestøy opptil  $L_{Aeq}=45\text{ dB}$  virker direkte på søvn. Det antas at rapporterte søvnproblemer knyttet til vindturbinestøy i stor grad går via støyplage.

For å se på virkningene av vindturbinestøy og søvnproblemer ser den danske studien på sammenhengen mellom støynivåer over  $L_{Aeq}=42\text{dB}$  og antall personer som løser inn resept på sovemedisin for første gang. For de som var utsatt for nattlige støynivåer utendørs over  $L_{Aeq}=42\text{ dB}$  var det indikasjoner på en sammenheng mellom økt risiko for innløsning av resept på sovemedisin og antidepressiva sammenlignet med de som var utsatt for støynivåer under  $L_{Aeq}=42\text{dB}$  for personer over 65 år. De fant ingen sammenheng for innendørs lavfrekvent vindturbinestøy. De påpeker at dette er den første undersøkelsen av sitt slag og at det derfor etterspørres flere undersøkelser.

### **3.7.5. Vindturbinestøy, livskvalitet og mental helse**

To oversiktsartikler fra 2014 og 2015 som inkluderer flere studier samt tilleggsøk frem til 2018 er undersøkt av FHI i forbindelse med virkninger av vindturbinestøy og mental helse og livskvalitet. Enkelte studier viste en forskjell i livskvalitet som funksjon av avstand fra vindkraftverk<sup>2</sup>. Noen studier viser til sammenheng mellom redusert livskvalitet samt mental helse og vindturbinestøy, og da særlig hos befolkning som rapporterte negative holdninger til vindkraft, bekymringer for reduserte eiendomspriser eller rapporterte visuell plage fra vindturbinene.

Andre studier viser ingen sammenheng mellom støynivå under  $L_{Aeq}=45\text{ dB}$  (tilsvarende  $L_{den}=51,4\text{ dB}$ ) og reduksjon av livskvalitet og mental helse. Det påpekes at de fleste studiene ikke har tilstrekkelig kontroll over andre faktorer som kan påvirke mental helse og dermed påvirke sammenhengen mellom mental helse og vindturbinestøy, og studiene gir heller ikke konsistente funn. Det konkluderes med at det er utilstrekkelig støtte i forskningslitteraturen for en årsakssammenheng mellom vindturbinestøy og redusert livskvalitet og mental helse.

### **3.7.6. Vindturbinestøy og støyplage**

Støyplage omhandler både aktivitetsforstyrrelser og negative vurderinger eller følelsesmessige reaksjoner. Støyplager som følge av vindturbinestøy ble vurdert i WHO sin rapport gjennom fire studier hvor målinger av støynivåer ble gjort i nærområdene til turbinene<sup>5</sup>. Støynivåene som er målt i de fire

studiene varierer fra  $L_{den}$  20 dB til 56 dB. WHO satt et krav i rapporten sin på at det er merkbar sammenheng mellom vindturbinestøy og støyplager når det er en økning på over 10 % i populasjonen som anser seg som sterkt plaget («highly annoyed»). Dette kriteriet nås ved støynivåer rundt  $L_{den}$  45 dB, men det rapporteres plager ved støynivå også under  $L_{den}$  40 dB. De fire studiene viser store variasjoner i prosentvis andel av populasjonen som rapporterer at de er sterkt plaget av vindturbinstøyen, og studiene er vurdert til å være av lav kvalitet.

FHI påpeker at forventningen til stillhet i mindre urbane strøk er generelt stor, og at forskjellen fra denne forventningen anses å være en av grunnene til at støy fra vindturbiner oppleves mer plagsomt ved lavere støynivåer enn for eksempel vegtrafikkstøy<sup>2</sup>. Kunnskapen om virkninger av vindturbinestøy er relativt ny, og FHI påpeker at det mangler kunnskap om eventuell tilvenning og i hvilken grad støyplagene skyldes endringen i støybildet eller den vedvarende lydilden.

Undersøkelsene utført av Sundhedsstyrelsen i Danmark bruker registerdata i sine undersøkelser, og det er derfor ikke omtalt noen undersøkelser knyttet til støyplage som følge av vindturbinestøy.

### **3.8. Litt om rytmiske variasjoner i lyder fra vindturbiner og vindkraftverk (AM-effekter)**

Ofte gir vindturbiner pulserende lyd. Pulseringen stammer fra passering av rotorbladene. Moderne vindturbiner har alltid tre rotorblad, slik at frekvensen til pulseringen blir tre ganger rotasjonshastigheten til vindturbinrotoren.

Denne pulseringen blir ofte omtalt som en «svisje»-lyd. Selv om lyden fra vindturbiner er bred spektret og uten svært tydelige toner eller andre oppmerksomhetstiltrekkende karaktertrekk har disse rytmiske variasjonene i lyd(styrken) større potensiale for å gi plager enn en tilsvarende lyd utendisse rytmiske variasjonene. Variasjonene blir vanligvis kalt amplitudemodulasjon (AM).

For mer info, se f.eks.: <https://hayesmckenzie.co.uk/news/amplitude-modulation-in-wind-farm-noise>

Når flere vindturbiner i et vindkraftverk er hørbare ved en bestemt bolig vil de rytmiske variasjonene delvis overlappe hverandre, siden vindturbinene ikke roterer i takt med hverandre. De rytmiske variasjonene får dermed en annen karakter, som kan være mer eller mindre plagsom enn variasjoner fra enkeltturbiner alene.

### **3.9. Om lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner**

For noen titalls år siden var det vanlig med vindturbiner der rotoren stod nedstrøms tårnet. På den måten roterte opphenget til rotoren seg av seg selv til en god stilling for utnyttelser av vinden. Dette skjedde uten servomotorer eller andre mekaniske hjelpemiddel. Disse tidlige vindturbinotypene gav mye lavfrekvent lyd og infralyd, som stammet fra rotorens vekselvirkninger med de turbulente virvlene

nedstrøms tårnet. Mange eldre studier av lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner er for denne utdaterte vindturbintypen.

Moderne vindturbiner har derimot servomotorer som tvinger rotoren opp mot vinden, dvs. på oppstrømsiden av tårnet. Rotoren vil dermed arbeide i luft med vesentlig mindre turbulens siden den ikke roterer i virvlene nedstrøms tårnet. Slike vindturbiner lager følgelig vesentlig mindre lavfrekvent lyd og infralyd.

Infralyd (IL) og lavfrekvent støy (LKS) er et nytt tema rund landbasert vindkraft i Norge som skaper redsel og usikkerhet blant folk. Norske myndighetene undersøkte temaet allerede 2012 og konkluderte ifølge veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2016) som følgende **«På oppdrag fra Klima- og miljødepartementet gjennomførte Miljødirektoratet i 2012 en utredning som vurderte verdien av å innføre egne grenseverdier for lavfrekvent støy innomhus. Resultatet av dette arbeidet viste at lavfrekvent støy innomhus ikke vil være et problem så lenge retningslinje på  $L_{den}$  45 dBA overholdes.»**

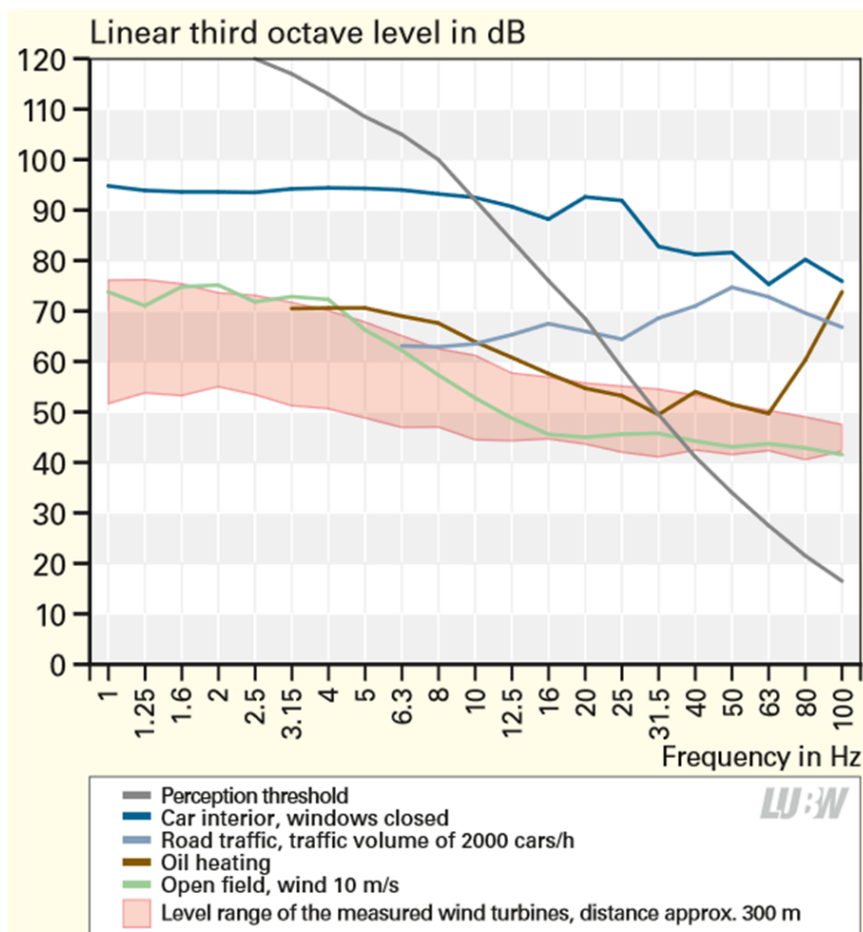
For å ta hensyn til eventuelle nyere resultater ble to vitenskapelige gjennomganger av relevant litteratur av Tonin (2018)<sup>7</sup> og van Kamp og van den Berg (2018)<sup>8</sup> inkludert her. Det kommer tydelig fram i vitenskapelig litteratur at IL og LKS fra vindturbiner er ikke hørbar for mennesker siden lydtrykknivået er langt under det som er hørbar. Nivået av IL fra vindturbiner er sammenlignbare med nivået av indre kroppsyder og trykkvariasjoner i øre mens man går. Videre er IL fra vindturbiner ikke høyt nok for å påvirke følelsen av balanse (dvs. Aktiver det vestibulære systemet) bortsett kanskje fra personer med SCDS (Superior canal dehiscence syndrome).

Vibroakustisk sykdom og vindturbinsyndrom er kontroversiell og vitenskapelig ikke støttet. På det nåværende nivået av vindmøllelyd er den påståtte forekomsten av vibroakustisk sykdom (VAD) eller sykdommen som forårsaker vindturbinsyndrom (VTS) ubevist og usannsynlig. Imidlertid er symptomene assosiert med VTS symptomer som finnes i forhold til stress.

Angående VAD skal det vises til en publikasjon fra Chapman og St Georg (2013)<sup>9</sup> i Australian and New Zealand Journal of Public Health som er seriøs og vitenskapelig (peer reviewed). De konkluderer som følgende: VAD har ingen vitenskapelig anerkjennelse utover gruppen som fant opp og fremmet konseptet. Det fins ingen -ikke engang et rudimentært- bevis for at vibroakustisk sykdom er assosiert med eller forårsaket av vindmøller.

Tonin et al. (2016) fant at IL ikke har noe statistisk signifikant effekt på symptomene rapportert, men at forhåndsmening om IL har en statistisk signifikant effekt. Dette støttet hypotesen om NOCEBO-effekten.

Videre er det viktig å påpeke at IL og LFS er forårsaket av ulike kilder (f.eks.: Fosser, lyn, storm, biler, ventilasjonssystemer osv.) og ikke bare vindturbiner. Figur 3 viser en sammenligning av IL og LFS fra vindturbiner og forskjellige andre kilder. Det går tydelig fram at IL og LFS nivå fra en bil er betydelig høyere enn nivået fra vindturbiner. Videre kan man se at IL og LFS nivå i åpent landskap er cirka på samme nivå som IL og LFS fra vindturbiner.



Figur 3: Sammenligning av infralyd og lavfrekvent støy fra vindturbiner og forskjellige andre kilder. Lydtrykknivå er uvektet og angitt i dB. Tok fra LUBW, 2016<sup>10</sup>.

Lignende resultater ble funnet av Turnbull et al. (2012)<sup>11</sup> som målte IL og LFS fra flere vindkraftverker og forskjellige kilder. De fant at man får 75 dB(G) på strand i 25 m avstand til vannkanten og mellom 61 og 72 dB(G) i nærheten av vindkraftverk. Et sammendrag av deres måleresultater vises i Tabell 1.

Tabell 1: Målte IL og LFS verdier av Turnbull et al. (2012).

Noise Source	Measured Level (dB(G))
Clements Gap Wind Farm at 85m	72
Clements Gap Wind Farm at 185m	67
Clements Gap Wind Farm at 360m	61
Cape Bridgewater Wind Farm at 100m	66
Cape Bridgewater Wind Farm at 200m	63
Cape Bridgewater Wind Farm ambient	62
Beach at 25m from high water line	75
250m from coastal cliff face	69
8km inland from coast	57
Gas fired power station at 350m	74
Adelaide CBD at least 70m from any major road	76

## 4. Potensiale for helsekonsekvenser av visuell påvirkning fra vindkraftverk

Norconsult ble i 2017 engasjert av NVE for å gi en redegjørelse for kunnskapsgrunnlaget om nabovirkninger av vindkraft som del av utredningsarbeidet i forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft. Det ble utarbeidet to delrapporter om temaet: én om visuelle virkninger av vindkraft<sup>12</sup> og én om vindkraftverks påvirkning på eiendomspriser<sup>13</sup>. Disse rapportene inngikk i underlaget for NVEs rapport om nabovirkninger utgitt i forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft<sup>2</sup>, som også omhandlet støy, som nevnt i foregående kapittel. Der støy er en målbar faktor, er opplevelsene av de visuelle virkningene av et vindkraftverk mer subjektive. Det går likevel an å angi faktorer som kan ha betydning for det visuelle inntrykket.

### 4.1. Faktorer som bestemmer grad av visuell påvirkning

Når visuelle virkninger av vindkraftverk skal analyseres, er det to separate sett faktorer som det må settes søkelys på:

- Faktorer knyttet til betrakteren av vindkraftverket
- Faktorer knyttet til attributter ved vindkraftverket i seg selv
- Faktorer knyttet til landskapet

Det er i interaksjonen mellom disse faktorene den samlede visuelle virkningen vil oppstå, men for å forstå samspillet er det nødvendig å forsøke å se på faktorene hver for seg, selv om det også er en dynamisk relasjon mellom disse hvor det ikke er åpenbart hva som tilhører hva.

#### 4.1.1. Faktorer knyttet til betrakter

**Naboskap:** Naboskap er her avgrenset til bosetting og bebyggelse. Innenfor dette er det tatt utgangspunkt i helårsbosatte (boligbebyggelse) og hyttebrukere, da materien ellers vil bli for kompleks. Rapporten vurderer derfor ikke visuelle virkninger for eksempelvis skoler og barnehager, offentlige kontorer og anlegg, og for næringsvirksomhet (herunder turisme). Det vurderes heller ikke opp mot sporadisk bruk og ferdsel gjennom influensområdet (veitrafikk, båttrafikk og turstier mv.).

**Naboskapstype:** Effektene på naboskap vil være ulike for helårsbebyggelse og fritidsbebyggelse. For helårsbebyggelsen vil naboskapet til vindparken i prinsippet utgjøre et kontinuerlig nærvær over hele året, og slik sett representere en vedvarende og daglig visuell påvirkning. Fritidsbebyggelse vil ha en mer kortvarig og sporadisk bruk, men har en utgangspunktet et mer eller mindre rendyrket rekreasjonsformål, ofte slik at man som utgangspunkt skal kunne nyte en natur som er lite påvirket av tekniske inngrep. Slik sett kan fritidsbrukene ha større følsomhet overfor visuelle forstyrrelser fra en nærliggende vindpark enn helårsbosatte som bruker sine omgivelser til et bredere spekter av aktiviteter og opplevelser.

**Individuelle betrakteregenskaper:** Naboers oppfatning av visuell påvirkning vil variere fra individ til individ, og antakeligvis også over tid.

#### 4.1.2. Faktorer knyttet til vindkraftverkets plassering og utforming

**Vindkraftverkets utforming, dimensjoner og størrelse:** Ettersom man dimensjonerer anleggene slik at de ikke danner vindskygge for hverandre, vil arealinngrepet ha betydelig utstrekning. For en nær betrakter kan slike anlegg fylle mesteparten eller hele vidden på synsfeltet. Mennesket har et normalt sideveis synsfelt på nesten 180 °, men innenfor dette synsfeltet er det bare det sentrale cirka 120 ° brede binokulære synsfeltet der man har dybdesyn og evne til å oppfatte detaljer. Derimot er det perifere synsfeltet spesielt egnet til å oppfatte bevegelse, slik at en turbin med sine roterende blader tilhører også det perifere oppmerksomhetsfeltet. Det skal altså ikke mange synlige turbiner til for å skape en blikkfangeffekt over en bred synssektor.

Generelt vil det ha større betydning for det visuelle inntrykket om man ser mange turbiner over et stort areal, enn hvor stor hver enkelt turbin er. De tre turbinene som er innregulert for Friestad vindkraftverk i dag har en totalhøyde på 93 meter, mens den ene turbinen det nå søkes om i endring av reguleringsplan vil ha en maksimal totalhøyde på 110 meter. Veier man høydeforskjellen opp mot redusert antall synlige turbiner vil forskjellene i visuelle dominanseffekter avtar betydelig.

På avstander over et par kilometer har øyet dessuten vanskelig for å skjelne mellom store objekter på lang avstand, og mindre objekter som står nærmere, med mindre man har referanseelementer i omgivelsene. Masse effekten av å se mange turbiner på en gang forsterkes av turbinenes roterende bevegelser.

**Synlighet og avstand:** Mens synsfeltets bredde har stor betydning for grad av massevirkning sett fra betrakterstandpunkter, har synsfeltets høyde vesentlig betydning for forståelsen av faktorer som kan beskrive visuell dominans som en funksjon av turbiners størrelse og avstand til betrakter.

Det vertikale synsfeltet er mindre enn det horisontale, men likevel 60 grader oppover og 70 grader nedover. Høyden på synsfeltet har blitt brukt til å forsøke å angi en grad av visuell dominans som en funksjon av betrakteravstand og størrelse på det betraktede objektet. En har regnet grensen for visuell totaldominans som der blikket må bevege seg for å fange inn hele objektet -i vår sammenheng turbinen<sup>14</sup>. Avstanden regnes da ofte til 3 ganger høyden på objektet. For en vindturbin med totalhøyde på 110 meter skulle det tilsi at turbinen vil være visuelt totalt dominerende innenfor en avstand på ca. 330 meter.

Bergsjö et al.<sup>14</sup> definerte videre en ytre visuell dominanssone ut til dit turbinen ikke lenger er alene om å dominere det visuelle inntrykket, men hvor de øvrige omgivelsene også spiller inn. Denne sonen ble definert å være ut til 8 –10 ganger høyden på objektet. Det skulle tilsi en ytre visuell dominanssone for en turbin av dimensjoner som i ny park utforming for Friestad Vindkraftverk på rundt 1 kilometer. Det må da tilføyes at dette må regnes som en mer teoretisk betraktning der turbinen står i et flatt og helt åpent landskap uten synshindre. Det er også litt vanskelig å empirisk belegge denne dominansgrensen, men en 1-kilometersgrense gir likevel antakelig en rimelig indikator på visuell dominans for de synlige vindturbinene der det er liten topografisk variasjon og få skjermende objekter.



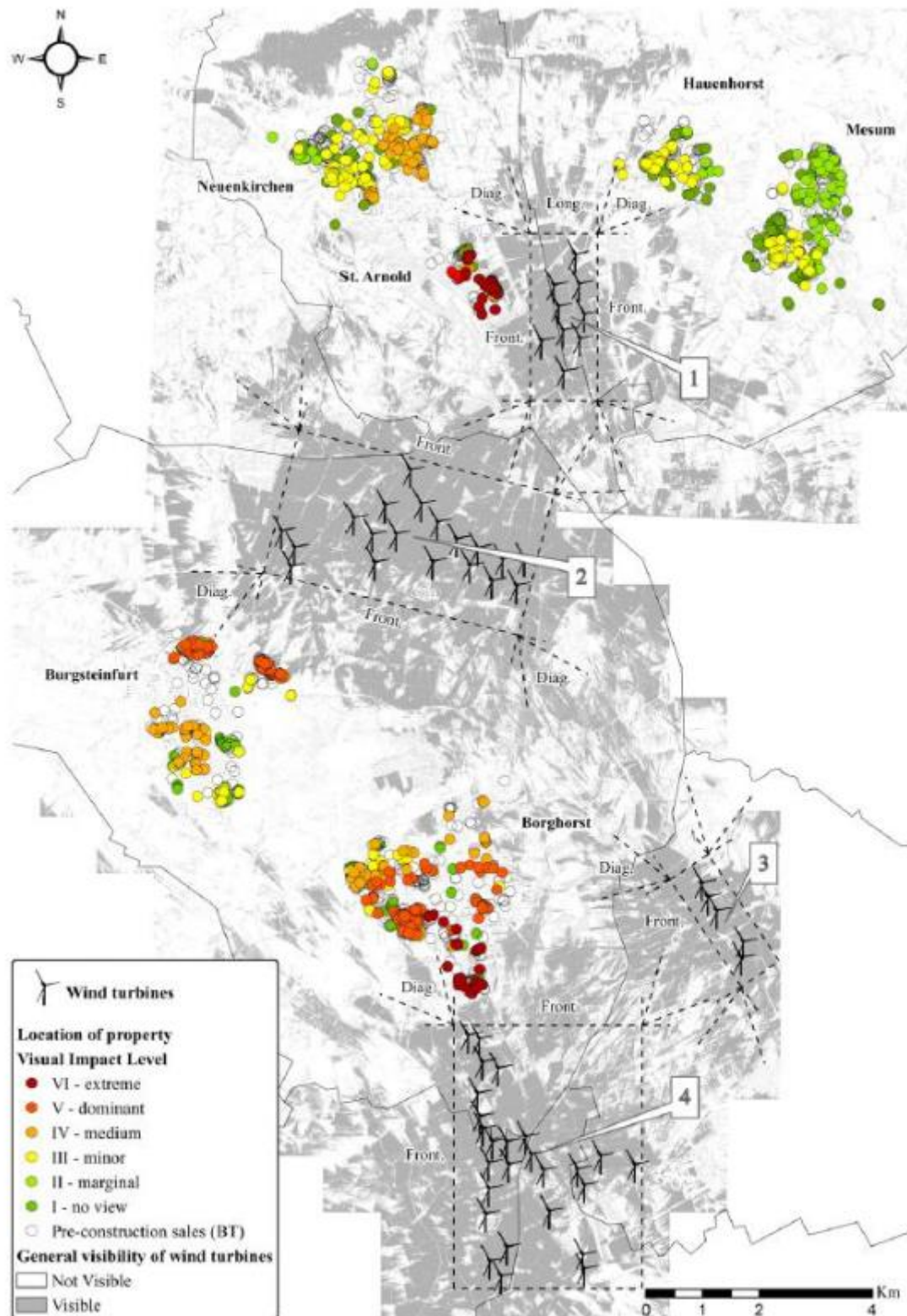
I tillegg til de momentene som er nevnt over, vil også relativ posisjon mellom turbin og betrakter kunne ha betydning for dominansgraden: en turbin som kneiser på et platå rett ovenfor eller omtrent på høyde med betrakter vil normalt bli oppfattet som mer visuelt dominerende enn en turbin som står på et lavere terrengnivå enn der turbinen betraktes fra.

I klarvær er synsavstandene betydelige. Flere studier indikerer en siktgrense på rundt 40 km, men det finnes også studier som konkluderer med synlighet opp mot 58 km. Observasjoner av bygde vindkraftverk indikerer at avstander som dette er unntakssituasjoner. Det er særlig ved full sol og rett før solnedgang eller etter soloppgang, med svært lav solbane, at lyset reflekteres fra turbinene på en slik måte at de blir synlige over lange avstander. Når solen står høyt på himmelen er siktgrensen i praksis betydelig kortere. For Friestad Vindkraftverk vil det med få unntak være topografi og vegetasjon som setter grenser for avstanden anleggene er synlige fra hus, og ikke siktforholdene.

**Samvirke mellom avstand, turbinstørrelse og antall synlige turbiner:** Det er en stor fare ved å bruke for vide grensesett for visuell påvirkning, og det er at man risikerer å overbetone relativt beskjedne fjernvirkninger på bekostning av de mye viktigere nærvirkningene. Dette er fallgruver som har særlig betydning for vurdering av visuelle virkninger på naboskap. På et synlighetskart kan fjernvirkningene virke dramatiske når man bruker en felles fargesignatur for hele influensområdet, ettersom påvirket areal på kartet øker som en direkte funksjon av økt avstand fra vindkraftverket.

Svakheten ved metodikken for å definere visuell dominans slik den er omhandlet tidligere i kapittelet, er at den dreier seg om visuelle virkninger av enkeltturbiner, og ikke effekter av større turbingrupper eller hele vindparker. I forbindelse med en difference-for-difference-studie av effekter for eiendomspriser utført ved Universitetet i Aachen (Sunak og Madlener, 2016)<sup>15</sup> ble det utviklet en indeks kalt VIL (Visual Impact Level) som graderer belastningen ved synligheten for nærliggende boligområder som tar hensyn både til antall synlige vindturbiner fra et gitt område, avstanden til turbinene, og fra hvilken vinkel de sees. Ut fra dette angis for hvert betrakterstandpunkt en koeffisientverdi innenfor en skala fra I til VI som gir et mål på hvilken visuell belastning vindparken samlet utgjør. Gruppe VI angir her en ekstrem belastning som følge av utsyn til mange og nærliggende vindturbiner. De andre gruppene angir dominant, middels, liten, marginal og ingen belastning. Data for å påvise synlighet framskaffes gjennom en digital terrengmodell (Digital Spatial Model) med svært høy oppløsning som viser høydeforskjeller i terrenget, vegetasjon, større bygninger mv. Figur 4 viser VIL-indeksen brukt på et boligområde i Nordrhein-Westfalen i Tyskland.

Denne typen digital analyse har så langt ikke inngått i kravvurderingene i utredningsprogrammer for norske vindkraftverk, og det har ikke innenfor rammen av denne studien vært mulig å gjennomføre noen slik tilleggsanalyse for Friestad Vindkraftverk. Siden det er bare en turbin som er omsøkt respektive tre som er innregulert i dag er det også et åpent spørsmål om dette ville tilføre noen nye momenter som kunne ha betydning for vurdering av helsepåvirkning i kommunen.



Figur 4: Nivåangivelse for visuelle virkninger (fra Sunak & Madlener)<sup>15</sup>

**Antall og andel faktisk synlige turbiner:** Topografi og vegetasjon har mange steder i Hå kommune større betydning for de visuelle virkningene enn totalstørrelsen av vindparken. Selv moderat kupert landformer og skog bidrar til å redusere synlighet og massevirkning av vindparken fra der folk bor.

**Utsynsretning:** Hvis vindkraftverket fyller synsfeltet eller utgjør et dominerende blikkfang i den synsretningen som oppfattes som hovedutsiktsretning fra betrakterstandpunktet, er konfliktpotensialet for visuelle virkninger større enn der vindparken så å si ligger i «baklandet».

**Turbinenes form og farge:** Turbinen i Friestad Vindkraftverk vil ha ståltårn og rotorblader i glassfiber. Det er et vilkår at turbiner i norske vindparker skal være hvite eller lys grå. Sett mot en lys himmelbakgrunn gir det minst kontrast. Turbinene bør riktignok ikke være kritthvite, men alle eller de fleste turbinleverandører leverer turbiner med en standard lys grå farge. Det er marginal forskjell mellom leverandørene.

I de senere år har det dukket opp problemstillinger rundt merking av turbinblader for å gjøre dem mer synlige for fugl. Noen av turbinene i Smøla vindkraftverk har fått svarte «sørgebånd». De er litt visuelt forstyrrende på nært hold, men så lenge de merkede segmentene er smale, er ikke effekten på avstand veldig plagsom. Men med utgangspunkt i menneskelig synsoppfatning er slike tiltak likevel «rusk i øyet». I Tyskland har mange vindkraftverk turbinblader med røde «varselsegmenter». Der mange slike turbiner er synlige samtidig gir det en nokså forstyrrende effekt. Slik merking av turbinblader er pr. i dag ikke aktuelt i Norge.

**Lysforhold og silhuettvirkning:** De fleste turbiner i et vindkraftverk vil på grunn av sine dimensjoner og sin vindeksponerte plassering normalt betraktes mot en lys himmelbakgrunn. Da blir graden av kontrast mellom turbin og himmel en faktor som har stor betydning for visuell virkning, men i første rekke på solskinn dager. I motlys står turbinene med skyggeflate mot betrakter, og danner en mer eller mindre skarp kontrast og silhuettvirkning mot himmelen bak, og turbinene kan sees på ganske lange avstander. I medlys tenderer turbinene på den annen side mot å gli inn i himmelbakgrunnen, og kan selv på moderate avstander være vanskelige å se. I sidelys kommer kontrastgraden i en mellomstilling.

Det betyr at vindkraftanleggsom ligger i en sektor nordvest -nord-nordøst for bosettings- og hytteområder er gunstigere enn en plassering i sydlig sektor.

**Vindretning:** Hvilken vindretning som er fremherskende kan ha betydning for om turbinene oftest sees vendt rett mot/rett fra betrakter, eller sett sideveis fra. Bevegelsene blir mer markante når rotasjonen ses mer eller mindre rett imot enn fra siden, men samtidig blir turbinens «logikk» når det gjelder virkemåte tydeligere. Vindretning vurderes ikke som noe viktig kriterium for å skille mellom ulike visuelle virkninger.

**Vingesveip:** Det kan virke mer urolig å bare se sveip av vinger (altså visuelt avkortede segmenter av rotorbladene) enn hele rotasjonsbevegelsen, som typisk oppstår når terrengformasjoner bare delvis skjerner mot innsynet til turbinene. Det har imidlertid også betydning hvor store del av rotorbladene som er synlige. Bladene blir tynnere mot spissen, og hvis man bare ser en vingetipp, og ikke en stor del av rotorbladet, blir den visuelle virkningen av bevegelsen mindre. Grovt sett ville vi si at vingesveip på mindre enn 1/4 av bladlengden er relativt lite forstyrrende.

For vingesveip glir antakelig det visuelle inntrykket inn i hverdagsbakgrunnen over tid, slik at betraktereffekten etter hvert ikke blir oppfattet som så plagsom. Men er det snakk om svært mange

vingesveip og relativt nær plassering, kan man kanskje forvente at effektene ikke vil avta på grunn av vedvarende massiv visuell forstyrrelse.

**Oppstillingsmønster:** I flate og homogene landskap slik man finner i for eksempel Danmark, Nord-Tyskland og Nederland, har det i mange tilfelle vært krav om at man stiller opp turbinene i et regulært oppstillingsmønster med lik avstand mellom turbinene, og stilt opp i rette rekker.

Slike prinsipper fungerer stort sett dårlig under norske forhold, med som oftest svært variert topografi og kuperingsgrad, og der det er viktig med micrositing for å plassere turbinene optimalt. Siden det bare unntaksvis er slik at turbinene vil stå på samme kotehøyde, kan oppstilling i regulære mønstre i horisontalplanet komme til å bare virke visuelt forstyrrende.

En visuelt uheldig effekt kan likevel oppstå der mange turbiner står nesten på rekke, og man betrakter vindparken i denne aksens lengderetning. Da vil man kunne få et veldig urolig inntrykksbilde der de roterende bladene mer eller mindre visuelt «sakser» i hverandre.

#### 4.1.3. Faktorer knyttet til landskapet

**Vindkraftanlegg i landskapet i Hå:** Landskapet rundt Friestad Vindkraftverk er preget av aktivt jordbruk og enkeltstående bondegårder (Bilde 1). Som det går frem av Bilde 1 har landskapet ikke noe urørt preg, men er preget av menneskelig inngrep. Veiene rundt vindkraftverket er i hovedsak blindveier som brukes for jordbruk. I tillegg er området sør respektive sør-vest for vindkraftverket preget av FV44. Derfor kan området ikke regnes som et i utgangspunkt still område.

Landskapet i nærmere omgivelse til Friestad Vindkraftverk er mer eller mindre flatt og vindkraftverket er ikke plassert på et eksponert sted.



Bilde 1: Luftbilde over område rundt Friestad Vindkraftverk. Turbinplassering for 1-alternativ er markert med kors.

**Visuell påvirkning på nattlandskapet:** Om natten viskes omgivelsenes konturer og kontraster ut av mørket. Betrakterhorisonten snevres inn, og man skjelner i liten grad mellom detaljer. Hinderlys på vindturbiner kan være et forstyrrende element i et landskap som ellers er fattig på nattlige blikkfang. Slike lys kan også gjøre vindparken synlig og visuelt forstyrrende over betraktelig større avstander enn om dagen. Vindturbiner med totalhøyde inntil 150 meter må ha to røde hinderlys på toppen av maskinhuset. Disse skal ha en lysintensitet på 2000 candela. Lys skal være fast og ikke blinkende. Kravet gjelder både ny og gammel turbintype i Friestad Vindkraftverk. Ved å redusere antall turbiner fra tre til en blir virkning av hinderlys redusert med to tredeler.

## 4.2. Skyggekast

Skyggekast er ikke nevnt spesifikt i WHO-oppsummeringene av helsevirkninger. Folkehelseinstituttet har derfor gjort litteratursøk uten tidsavgrensning for å identifisere studier av skyggekast og virkninger på helse og trivsel.

Skyggekast kan inngå under sekkebetegnelsen «visuelle virkninger» som er inkludert i studier av plagereaksjoner, men det er funnet svært få vitenskapelige studier av sammenheng mellom skyggekast spesielt og helsevirkninger. En bekymring har vært om skyggekast og lysblink kan utløse anfall hos personer med fotosensitiv (lysfølsom) epilepsi.

En oversiktsartikkel fra 2014 (Knopper m.fl., 2014)<sup>16</sup> konkluderer med at skyggekast fra moderne vindturbiner ikke utgjør noen risiko for å utløse anfall, fordi omdreiningshastigheten er langt lavere enn det som er vist å kunne gi risiko. I tillegg er risikoen vist å være svært marginal selv ved langt høyere omdreiningshastigheter. Virkningene man har funnet av skyggekast er på samme måte som for støy i første rekke plagereaksjoner. En relativt fersk studie fra Canada fant en eksponerings – responssammenheng mellom beregnede nivåer av skyggekast og andel svært plaget av skyggekast (Michaud m.fl., 2016)<sup>17</sup>. På samme måte som for støyplage, var graden av skyggekastplage også influert av andre eksponeringsfaktorer, så vel som støysensitivitet hos mottakeren.

Funnene viser hvordan støyen og visuelle aspekter ved vindturbinene både kan betraktes som separate eksponeringer, med hver sine eksponerings – responssammenhenger, men som samtidig spiller sammen og bidrar til å forsterke hverandre. Denne mekanismen er også illustrert i en svensk studie (ikke av vindturbiner), som fant at plagen ved lave til moderate eksponeringsnivåer økte med antallet miljømessige stressorer man var plaget av, og ved stimulering av flere sanser (Pedersen, 2015)<sup>18</sup>.

Det er i de fleste europeiske land satt belastningsgrenser for skyggekasteksponering. De fleste grenseverdiene har tatt utgangspunkt i tyske retningslinjer. Grenseverdiene i de tyske retningslinjene er utredet i to forskningsprosjekter:

Ved Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität i Kiel ble det gjennomført to forskningsprosjekt. Det sentrale spørsmålet i den ene rapporten “Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen” (Pohl et.al. 1999)<sup>19</sup>, var å finne ut om grensene 30 minutter per dag eller 30 timer per år (worst case) er et bra grunnlag for når man skal kreve avbøtende tiltak. Dette

for å unngå betydelig og uønsket belastning fra skyggekast. Studien viste at de som utsattes for mer skyggekast enn 15 timer per år følte seg sterkt belastet og vurderte sin livskvalitet som merkbart forringet.

Den andre forskningsrapporten er "Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie". Her er det sentrale spørsmålet om skyggekast overskridende 30 minutter gir stresseffekter. Rapporten dro ikke noen enhetlige konklusjoner på dette. Samlet sett ga ikke studien grunnlag for at belastningen blir for stor, men at den kumulative effekten på lengre sikt kan gi betydelig belastning. I rapporten gir man forslag til oppfølgende eksperimentelle undersøkelser der man tar med flere parametere rundt skyggekast (tilfeldig, diskontinuerlig og uforutsigbart skyggekast). Man mente også at man burde ta med støy i kombinasjon med skyggekast som en parameter.

Påvirkningen av skyggekast avtar med avstand mellom turbin og betrakter. Det er to typer forstyrrende effekter av skyggekast: «flikker» over solskiven, og projisert roterende skygge. Man har vurdert det slik at flikkereffekten ikke er merkbar når mindre enn 3% av solskiven er dekket. Tilsvarende viskes kontrasten og konturene av skygge på omgivelsene ut med økt avstand. Det er derfor i norske retningslinjer fastsatt en maksimal grense for skyggekastpåvirkning på 1500 meter mellom turbin og skyggemottaker.

Overskridelse av grenseverdier for skyggekast skal i tråd med konsesjonsvilkårene forhindres ved avbøttingstiltak. Siden skyggekast bare forekommer når solen skinner på en mer eller mindre klar himmel, settes det vilkår om at det monteres avstengningsmekanismer på turbinene i de tidsintervaller der skyggekast overgrenseverdiene ellers kunne overskrides. Skyggekast forventes på dette grunnlaget ikke i seg selv å gi målbare helseplager. Eventuelle helseplager må ses i sammenheng med andre faktorer som kan påvirke helse og trivsel, som redegjort for i andre avsnitt.

### **4.3. Visuell påvirkning og mulige helseeffekter**

Som for støy er det få eller ingen kjente studier som har kunnet påvise direkte helseeffekter av visuell påvirkning fra vindkraftverk. Det gjelder parametere som hjerte-kar-sykdommer, diabetes og fødselsutfall. Søvnplager og støyplager er faktorer som i praksis er irrelevante når det gjelder visuelle påvirkning og helse.

Negativ påvirkning på eiendomspriser som skyldes visuell påvirkning fra vindkraftverk kan potensielt gi bekymringer, redusert trivsel og derved helseplager. Som rapporten til Holmelin et.al.<sup>13</sup> påviser, er det for spinkelt statistisk grunnlag for å kunne vurderes om og hvordan utbygde norske vindkraftverk påvirker eiendomspriser. Man må derfor støtte seg på studier fra andre land.

Disse studiene indikerer at visuell påvirkning kan være en signifikant statistisk effekt på eiendomsprisene. Effekten avtar med økende avstand til de synlige turbinene, men også her er det i all hovedsak i de nærmeste områdene man kan påvise statistisk signifikante effekter. Innenfor en

avstand på 2 km fra turbinene er effekten målt til en prisreduksjon mellom 1,4% og 6%, varierende fra studie til studie.

Disse studiene indikerer at effekten på eiendomspriser ikke er stor, men det må tas forbehold om at prisfølsomheten er større under norske forhold og i områder som fra før er lite påvirket av store inngrep.

Helse og trivsel synes ut fra studier som foreligger å være særlig relatert til holdninger og forventninger. Holdninger til vindkraft har derved stor betydning for hvordan betrakteren både forventer og opplever de visuelle virkningene.

De som har et positivt grunnsyn på vindkraft som en ren, fornybar energikilde vil være mer villig til å akseptere bygging av et nytt vindkraftverk enn de som har et negativt eller likegyldig forhold til vindkraft. Noen mener på prinsipielt grunnlag at landbaserte vindkraftanlegg, uavhengig av plassering, er rasering av norsk natur. Andre mener at Norge med sine vindkraftressurser må være en viktig bidragsyter til å fremskaffe fornybar energi, og kan være villige til å akseptere det meste. Så finnes det alle slags mellomposisjoner mellom disse ytterlighetene.

NIMBY-effekter er velkjent fra konsesjonsbehandling av vindkraftsaker: Utbygging av vindkraft er OK, men «Not In My Back Yard». I tillegg kan det ha stor betydning hva slags holdning lokale opinionsdannere har til vindkraftprosjekter. I de mange små kommunene vi har i Norge, med gjennomsiktige sosiale relasjoner, kan det være tøft å gå mot strømmen, både den ene og den andre veien. En ytterligere kompliserende faktor kan være underliggende naboskapskonflikter som kommer til overflaten når et vindkraftprosjekt introduseres for lokalsamfunnet.

Økonomiske interesser har gjerne også stor betydning for lokal holdning til vindkraftprosjekter. Grunneiere som kan tjene penger på å stille arealer til rådighet, og kommunepolitikere som ser potensielle arbeidsplasser og skatteinntekter, vil gjerne ha en positiv holdning til vindkraften. Dette kan særlig gjøre seg gjeldende hvis det ikke finnes alternative inntektsmuligheter hvor de aktuelle arealene og ressursene kan utnyttes. Andre inntekter kan for eksempel være seg andre utmarksnæringer slik som jaktutleie og turisme.

Hvis vurderingene trekker i motsatt retning -at mulige økonomiske gevinster ikke står i forhold til ulempene som vindkraftverkene medfører i form av inngrep i viktige urørte friluftsområder, forventet negativ innvirkning på næringsliv og innbyggere osv. –kan holdningene bli de motsatte.

En gjennomgående erfaring er at negative holdninger til vindkraft i nærområdene avtar etter at vindkraftanlegget er bygget. Dette har sammenheng med generelle effekter som er studert innenfor kognitiv psykologi: litt forenklet sagt dreier det seg om frykten for det ukjente. Man tenderer mot å tro at ting blir verre enn de faktisk blir (affective forecasting), man overdriver hvor mye tid, krefter og følelser man kommer til å ofre på det som kommer til å skje (impact bias), man legger uforholdsmessig stor vekt på hva denne ene tingen vil bety i den fremtidige hverdagen (focalism), og vi har større problemer med å takle usikkerhet enn å takle kjente forhold, selv om disse sistnevnte oppfattes som

negative (immune neglect). Disse faktorene er oppsummert og drøftet i en artikkel om visuell patina (Berg 2012)<sup>12</sup>.

Over tid glir selv store inngrep som vindparker inn i det som oppfattes som de lokale omgivelsene, og man tenker mindre og mindre på anleggets tilstedeværelse. Dette er en på mange måter nødvendig psykologisk mekanisme, da det i lengden blir for utmattende å opprettholde hat og bitterhet mot noe som til syvende og sist ble et uavvendelig faktum. Det dukker gjerne opp nye ting som dreier fokus vekk fra vindparken og inngrepene knyttet til den.

En del erfaringer tyder også på at det sjelden er stor motstand mot utvidelse og fornyelse/repowering av eksisterende vindparker. Man synes å ha slått seg til ro med at vindparken har blitt en del av ens daglige omgivelser.

Det er likevel viktig å være klar over at det likevel er grenser for hva slags naboskapsbelastninger man bør påføre lokalsamfunnet. Den samme forskningen innenfor kognitiv psykologi viser nemlig også at det går grenser for hva som aksepteres, og hvis man trækker over denne kan negative holdninger til inngrepene faktisk øke over tid.

Oppfattelsen av det nære landskapet kan være en slik faktor som kan danne en akseptgrense. Hvis et vindkraftverk plasseres i eller visuelt nær inn mot et landskap som allment oppfattes som spesielt uberørt, vakkert eller unikt, kan dette antakelig utløse en vedvarende negativ holdning også over tid. I den motsatte enden kan det også tippe over hvis allerede belastede omgivelser blir ytterligere negativt påvirket fordi man tenker at nye inngrep på slike steder ikke kan spille så stor rolle, siden stedet allerede er så sterkt preget av det som er der fra før. I slike tilfeller kan man risikere forslummingeffekter, fraflytting osv.

## 5. Helsekonsekvenser av støy og visuell påvirkning fra Friestad Vindkraftverk

Holdninger til vindkraftverket kan ha potensial for helsekonsekvenser, men det er ikke mulig ut fra kjent kunnskap å trekke noen faglig baserte konklusjoner om faktiske forventede helsekonsekvenser for Friestad Vindkraftverk.

Følgende er gjengitt fra NVEs rapport om nabovirkninger<sup>2</sup>:

*«Vindkraftverk medfører visuell eksponering og støy for de nære omgivelsene. Synlighet og lydstyrke er objektive størrelser, men opplevelsen av dem og graden av plage knyttet til dette vil i stor grad være subjektivt betinget. Det er mange forhold som kan påvirke den subjektive opplevelsen. Personlig syn på vindkraft som energikilde er én slik faktor. Noen ser først og fremst på vindkraftverk som naturødeleggelse, mens andre er mer opptatt av vindkraft som tilpasning til et økende behov for fornybar energi. Ulike holdninger kan påvirke graden av plage ved opplevd støy og visuelle virkninger. Økonomiske egeninteresser kan også påvirke opplevelsen av forstyrrelsene. En grunneier som tjener på å stille arealer til disposisjon for et vindkraftverk, kan oppleve støy og synlighet som mindre plagsomt enn vedkommende ville gjort dersom disse fordelene ikke var tilstede. Individuelle forhold til området*



og landskapet som blir berørt spiller også en viktig rolle for opplevelsen av tiltakene. Både kollektive og personlige minner har innvirkning på dette.»

Hå kommune ønsker at tiltakshaver utreder helsekonsekvens fra vindkraftverk i tre alternativer:

- A. ingen utbygging,
- B. utbygging av 3 vindturbiner
- C. utbygging av 1 vindturbin

Etter tiltakshavers mening er 0-alternativet ikke alternativ A som foreslått av Hå kommune, men alternativ B. Grunnlag for denne tolkningen er at det søkes om en mindre endring i reguleringsplan for Friestad Vindkraftverk i Hå kommune (Plan 1092) og ikke en ny regulering for et vindkraftverk som ikke er innregulert i dag. Forskrift om konsekvensutredninger § 20 definerer 0-alternativet som følgende:

*«Konsekvensutredningen skal inneholde en beskrivelse av den nåværende miljøtilstanden og en oversikt over hvordan miljøet antas å utvikle seg hvis planen eller tiltaket ikke gjennomføres (null-alternativet).»*

Derfor refereres det til alternativ B som 0-alternativ og alternativ C som 1-alternativ. Uansett har alternativ A ikke noe ytterlige konsekvens på folkehelse og må derfor ikke utredes her.

## **5.1. Gjeldende grenseverdier og beregnede støynivåer ved bebyggelse**

### **5.1.1. Gjeldende grenseverdier**

Ifølge gjeldende reguleringsplan for Friestad Vindkraftverk (Plan 1092) legges det følgende til grunn:

*«Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging fra 2005 (T-1442/2005) skal legges til grunn for vindkraftverket.»*

Basert på denne retningslinjen skriver NVE i bakgrunn for vedtak til konsesjonen følgende:

*«I retningslinjen opereres det med to grenseverdier avhengig av om bebyggelsen/støyfølsomt område ligger i vindskygge<sup>12</sup> mindre enn 30% av et normalår eller ikke. Grenseverdien er satt til henholdsvis  $L_{den} = 50$  dBA<sup>13</sup> og  $L_{den} = 45$  dBA. [...] Med bakgrunn i NVEs egen kjennskap til planområdet og nærliggende områder, legger NVE til grunn at de nærmeste boligene ikke ligger i vindskygge og at grenseverdien dermed er 50 dBA.»*

Basert på gjeldene reguleringsplan og konsesjonsvedtak skal  $L_{den} = 50$  dB ansees som grenseverdi for 0-alternativ (0-grenseverdi). Grenseverdi for 1-alternativ er  $L_{den} = 45$  dB (1-grenseverdi).

### **5.1.2. Støyberegning**

Beregning av støyvirkninger skal i utgangspunktet alltid gjennomføres som worst case beregninger. Dette innebærer en sikkerhetsmargin for støyfølsom bebyggelse. Worst case beregninger forutsetter at det legges til grunn at det blåser fra alle kanter samtidig, og kildestøy fra vindturbinene ved 8 m/s i

10 meters høyde eller maksimalt garantert støynivå. Worst case beregninger forutsetter konservative estimat på parameter som markabsorpsjon og temperatur. I tillegg skal beregningen ta utgangspunkt i at det blåser alle årets timer (8760).

Merk: Støyberegningen for 0-alternativ ble utført i henhold til retningslinje T1442/2016<sup>1</sup> og ikke i henhold til retningslinjen som ligger til grunn for gjeldende reguleringsplan (T1442/2005). T1442/2005 krever ikke at det blåser alle årets timer, men bare 7000 timer og er dermed mindre strengt. Men for å kunne sammenligne beregningene ble samme beregningsgrunnlaget brukt.

Støy ble beregnet av uavhengig konsulent (Meventus) som har veldig god kompetanse innenfor vindkraft. Støynivå ble beregnet som worst-case ved NORD2000 metodikken og i henhold til norske krav om støyberegning som beskrevet ovenfor. Støy ble beregnet for alle potensielt berørte naboer (6). Parameter som ble brukt i støyberegning vises i Tabell 2 og resultatene i Tabell 3, Kart 1 (1-alternativ) og Kart 2 (0-alternativ). Beregningene i sin helhet vises i Vedlegg 3 og Vedlegg 4.6 til søknaden.

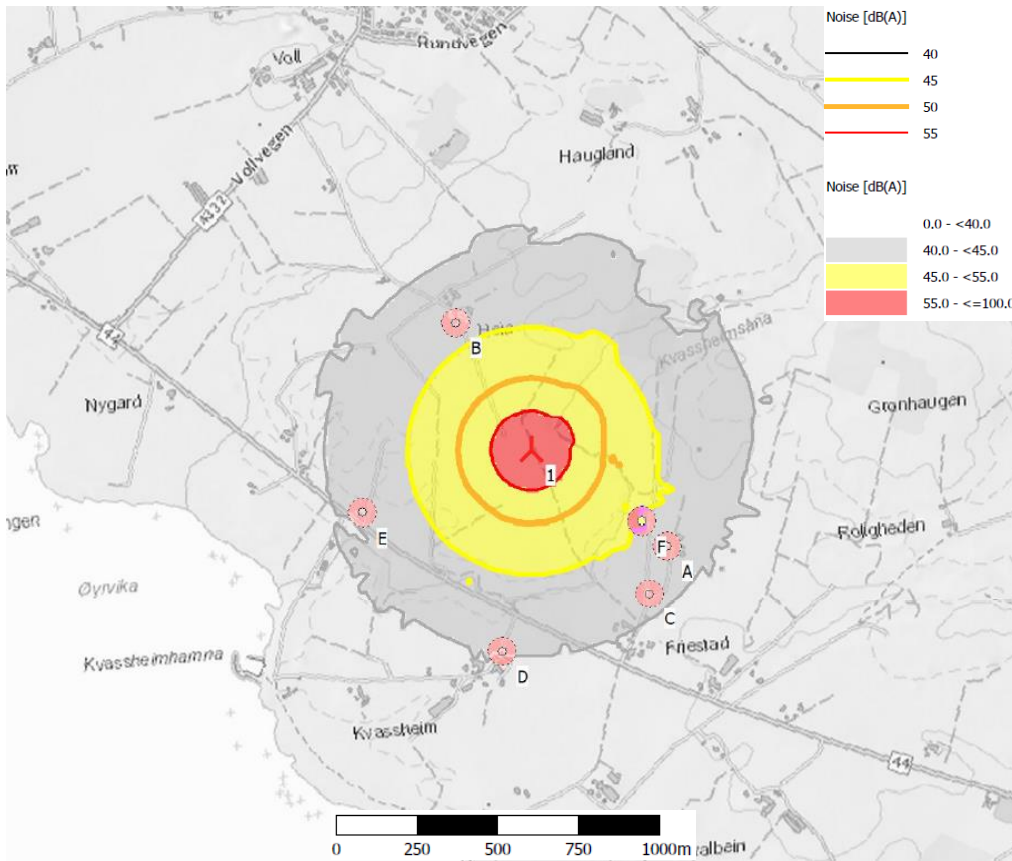
Beregningene fra Meventus viser at ingen hus får støyverdier over Lden = 45 dB (1-grenseverdien) i 1-alternativ, men at fem av seks hus får støyverdier over Lden = 45 dB (1-grenseverdien) i 0-alternativ. Likevel får ingen hus støy over Lden = 50 dB (0-grenseverdi) i 0-alternativ.

Tabell 2: Parameter for Støyberegning for 0-alternativ og 1-alternativ

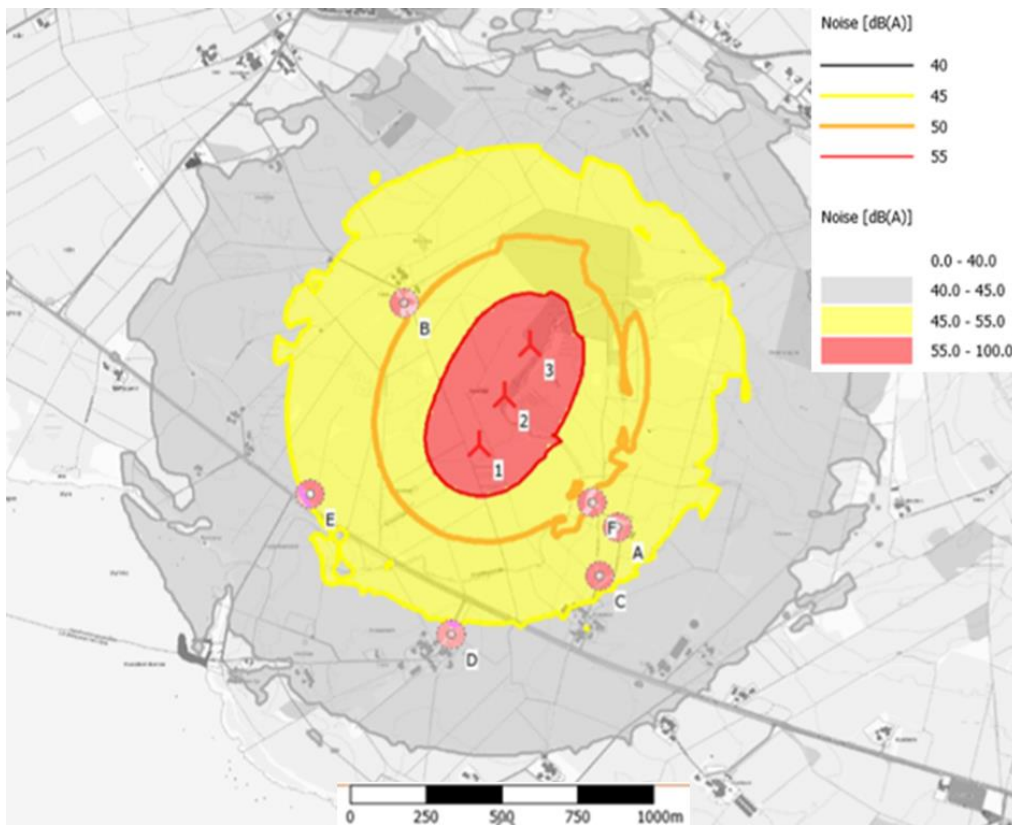
Parameter	Verdi
Temperatur	8 °C i 2 meter over bakkenivå.
Relativ fuktighet	70 %
Stabilitetsparametere	Natt, klar himmel
Måned for beregninger	Januar
Vindhastighet	Vindhastighet med maksimal støy
Vindretning	Medvind mot alle reseptorer/støymottakere
Markabsorpsjon	Basert på arealdekke fra N50-datasett til Kartverket
Bakgrunnshardheten	2000
Begningshøyden for støymottakerne	4 m

Tabell 3: Tabellen viser beregnet støyverdi for nærmeste støymottakere med en turbin (Enercon E-82 E4 med TES) og tre turbiner (Enercon E-48) Forskjellen på Lden og LAeq er 6,4 dB hvis det antas et jevnt støynivå over året. (Lden beregnes med «straffepåslag» slik at opplevd midlet støy over året fremstår riktigere med LAeq.)

Bokstavmerke i støyberegning	1 E-82 (1-alternativ) støyverdi Lden dBA	3 E-48 (0-alternativ) støyverdi Lden dBA	1 E-82 turbin (1-alternativ) støyverdi LAeq dBA	3 E-48 (0-alternativ) støyverdi LAeq dBA
A	42,2	47,0	35,8	40,6
B	43,2	49,2	36,8	42,8
C	41,0	45,7	34,6	39,3
D	40,1	44,3	33,7	37,9
E	41,4	45,3	35,0	38,9
F	44,4	49,3	38,0	42,9



Kart 1: Nord2000 - støykart for Friestad vindkraftverk i Lden; beregnet av Meventus for 1 Enercon E-82 E4 2,35 MW turbin med 69 m navhøyde (Målestokk: 1:20.000).



Kart 2: Nord2000 - støykart for Friestad vindkraftverk i Lden; beregnet av Meventus for 3 Enercon E-48 0,8 MW turbiner med 64 m navhøyde (Målestokk: 1:20.000).

## 5.2. Mulige helseeffekter på grunn av støynivå

Gjennomgangen av faglitteratur ovenfor viser at støy fra vindturbiner opp til grenseverdien har ingen signifikant påvirkning på fødselsutfall, diabetes, hjerte-kar-sykdom og søvnforstyrrelser. Studien av Sunnhedsstyrelsen i Danmark<sup>6</sup> viser heller ikke at det fins en signifikant sammenheng mellom disse sykdommer og danske grenseverdier ( $L_{Aeq}=44$  dB ( $L_{den} = 50,4$  dB) ved vindhastigheter på 8m/s, eller  $L_{Aeq}=42$  dB ( $L_{den} = 48,4$  dB) ved 6m/s i en avstand på 15 m fra et bygg).

Det er derfor kun støyplage som skal omtales nærmere i avsnitt 5.2.1 og 5.2.2.

Som beskrevet ovenfor (avsnitt 4.1.3) er området rundt Friestad Vindkraftverk i utgangspunktet ikke et stilt område, men preget av aktivt jordbruk og fylkesveien FV44.

Ifølge Miljødirektoratet<sup>1</sup> vil planleggingsgrensen for støyende virksomhet met tanke på folkehelse ofte ligge ved et støynivå der 10 % av en normalbefolkning er «sterkt plaget».

### 5.2.1. 0-alternativ

Tre hus får støynivå rundt  $L_{den} = 45$  dB (42 - 46 dB) for worst case beregningen og tre hus får støynivå opp mot  $L_{den} = 50$  dB. Gjennomgangen av litteratur ovenfor viser at rundt 10 % av befolkningen i nærheten av vindkraftverk rapporterer om støyplage ved  $L_{den}=45$  dB. I tillegg gir WHO sin studie<sup>5</sup> grunnlag for at opptil 30% av befolkningen i nærheten av vindkraftverk rapporterer om støyplage ved  $L_{den} = 50$  dB. Hvis man antar at 10% beboerne som får støynivå rundt  $L_{den} = 45$  dB (C, D, E) og 30% beboerne som får støynivå opp mot  $L_{den} = 50$  dB (A, B, F) rapporterer støyplage så er det matematisk sett beboerne til 1,2 hus som rapporterer støyplage. Dette er en konservativ antakelse siden støynivået er i alle tre tilfeller under  $L_{den} = 50$  dB.

I realiteten vil opplevd støynivå være mindre enn i worst case beregningen og derfor er sannsynlighet for støyplage enda mindre.

Faglitteraturen peker på at opplevelsen av støy er subjektiv, og det er flere faktorer som spiller inn på hvor plagsom støyen oppleves, blant annet holdning til vindkraft. Siden beregningene viser at ingen av byggene skal ha støynivåer over grenseverdien er det **objektivt** sett ikke støyproblemer ved Friestad Vindkraftverk, men den **subjektive** opplevelsen kan variere allikevel.

### 5.2.2. 1-alternativ

Tre hus som får støynivå opp mot  $L_{den} = 45$  dB (>42 dB) for worst case beregningen, men ingen får støynivå over  $L_{den} =45$  dB. Gjennomgangen av litteratur ovenfor viser at rundt 10 % av befolkningen i nærheten av vindkraftverk rapporterer om støyplage ved  $L_{den}=45$  dB. Hvis man antar at 10% beboerne av disse tre hus som får støynivå opp mot  $L_{den} = 45$  dB rapporterer støyplage så er det matematisk sett beboerne til 0,3 hus som rapporterer støyplage. Dette er en konservativ antakelse siden støynivået er i alle tre tilfeller under  $L_{den} = 45$  dB.

I realiteten vil opplevd støynivå være mindre enn i worst case beregningen og derfor er sannsynlighet for støyplage enda mindre.

Faglitteraturen peker på at opplevelsen av støy er subjektiv, og det er flere faktorer som spiller inn på hvor plagsom støyen oppleves, blant annet holdning til vindkraft. Siden beregningene viser at ingen av byggene skal ha støynivåer over grenseverdien er det **objektivt** sett ikke støyproblemer ved Friestad Vindkraftverk, men den **subjektive** opplevelsen kan variere allikevel.

### 5.3. Visuell påvirkning inkludert skyggekast

#### 5.3.1. Visuell påvirkning

I både 0-alternativ (avstand > 420 m) og 1-alternativ (avstand > 440 m) er nærmeste hus utenfor den totale visuelle dominanssonen (279 m resp. 330 m) til vindkraftverket, men i den ytre visuelle dominanssonen (8-10 ganger høyden). Den ytre visuelle dominanssonen i 0-alternativ er ca. 840 m og 990 m i 1-alternativ.

Naboskapet til Friestad Vindkraftverk er preget av aktivt jordbruk og enkeltstående bondegårder (Bilde 1). Som det går frem av Bilde 1 har landskapet ikke noe urørt preg, men er preget av menneskelig inngrep. Veiene rundt vindkraftverket er i hovedsak blindveier som brukes for jordbruk. I tillegg er området sør respektive sør-vest for vindkraftverket preget av FV44.

Landskapet i nærmere omgivelse til Friestad Vindkraftverk er mer eller mindre flatt og vindkraftverket er ikke plassert på et eksponert sted. I 0-alternativ er alle tre turbiner plassert i en rekke for å oppnå et ryddig bilde.

Hinderlys i begge alternativer er faste røde lys som kun er slått på om natten og har en intensitet på 2.000 candela.

Rett utenfor den ytre visuelle dominanssonen er Kvasheim fyr som er kartlagt som statlig sikra friluftsområde (<https://faktaark.naturbase.no/?id=FS00001738>). Utsikten herfra er i hovedsak rettet mot sjøen og derfor blir Kvasheim fyr påvirket i liten grad. I tillegg fins det ikke et kartlagt friluftsområde som har mer enn en liten brukerfrekvens innenfor den ytre visuelle dominanssonen. Det forventes derfor ikke at Friestad Vindkraftverk påvirker populære turområder negativt.

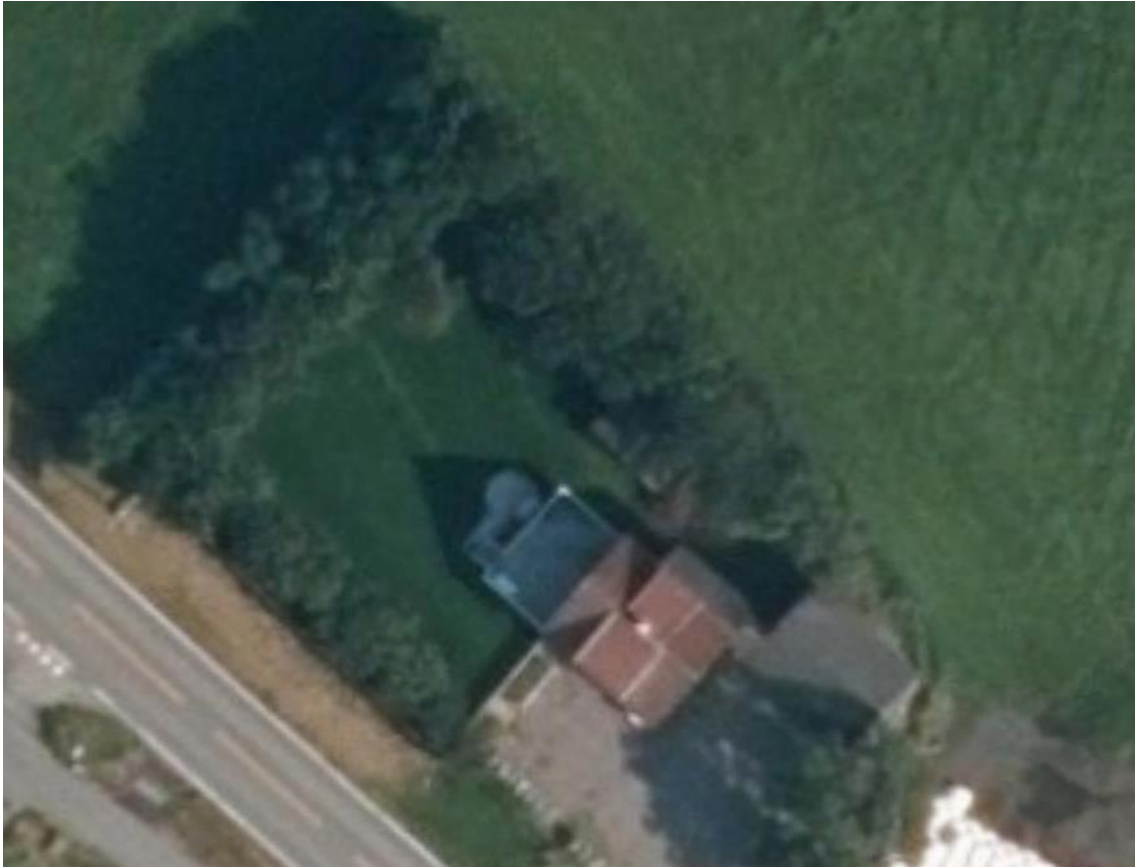
Alle hus har utsyn mot Friestad Vindkraftverk i bare en retning siden utstrekningen av kraftverket er svært begrenset. Dette gjelder spesielt i 1-alternativ. Videre er de nærmeste hus til Friestad Vindkraftverk skjermet mot vindkraftverket av vegetasjon (Bilde 2, Bilde 3, Bilde 4 og Bilde 5).



Bilde 2: Luftbilde av skyggekastmottaker A. Vindkraftverket ligger nord-vest for mottaker. Kilde: norgebilder.no



Bilde 3: Luftbilde av skyggekastmottaker B. Vindkraftverket ligger sør-øst for mottaker. Kilde: norgebilder.no



Bilde 4: Luftbilde av skyggekastmottaker E. Vindkraftverket ligger nord-vest for mottaker. Kilde: norgebilder.no



Bilde 5: Luftbilde av skyggekastmottaker F. Vindkraftverket ligger nord-vest for mottaker. Kilde: norgebilder.no

Det ble lagt flere fotomontasjer som viser visuell virkning av Friestad Vindkraftverk i 0-alternativ og 1-alternativ. Bakgrunnsinformasjon for fotomontasjer vises i Tabell 4 og Kart 3.

Tabell 4: Metadata til bildene som ble brukt til fotomontasjer. Brukt koordinatsystemet er WGS 84 / UTM sone 32 N (EPSG: 32632).

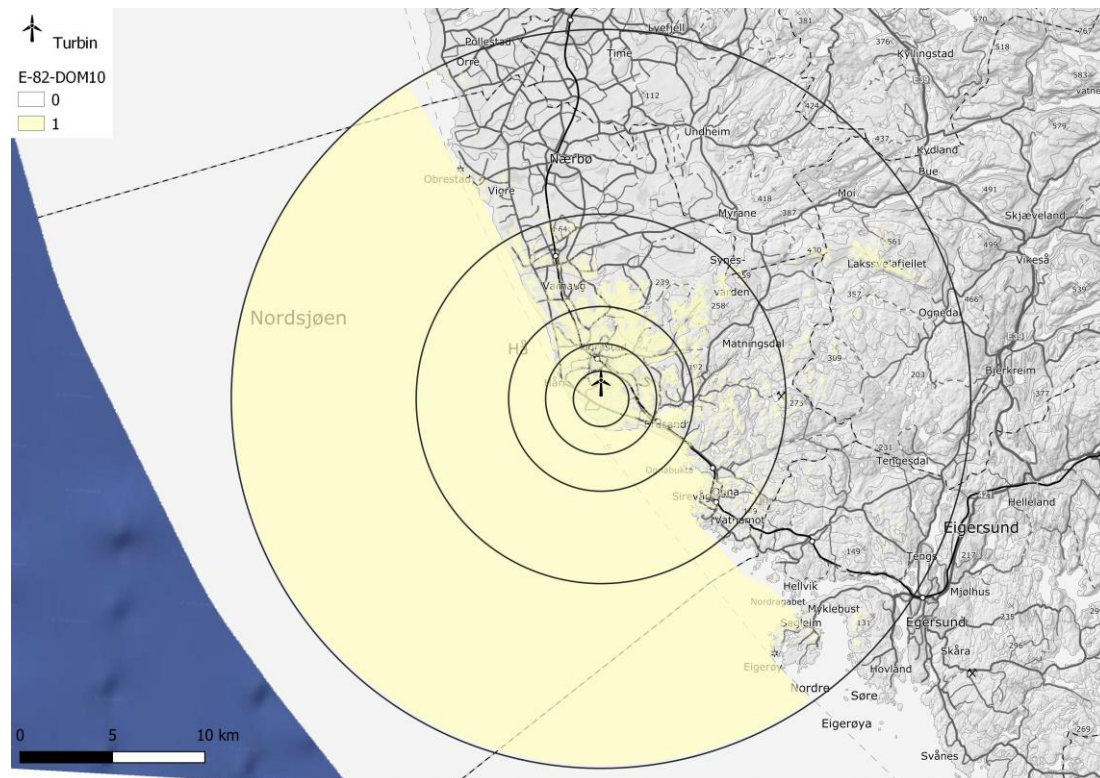
Bild	Nord	Øst	Avstand til nærmeste turbin [m]
Hårr rasteplass	6495692	305664	2 200
Krysset Vigrestad	6495269	306282	1 500
Kvasnheim	6494198	306727	1 150
RV ved Friestad	6494171	307998	730
Stokkeland	6496044	310426	2 300



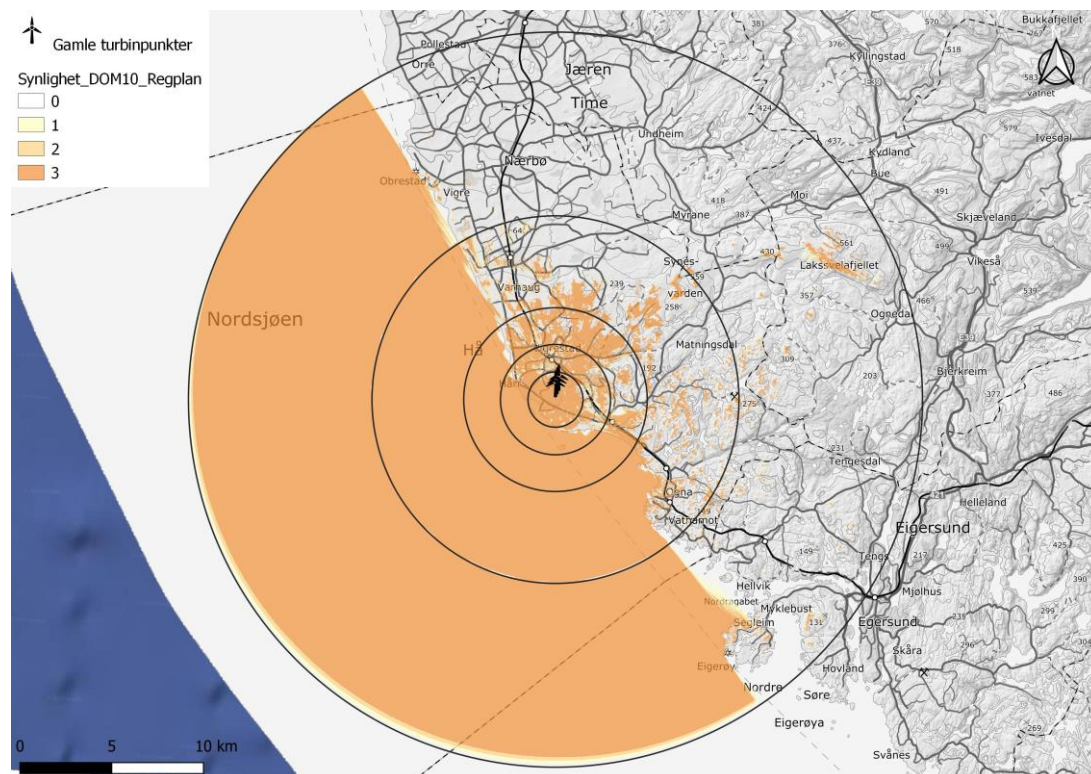
Kart 3: Fotostandpunkter derfra grunnlagsbilder for fotomontasjer til Friestad vindkraftverk ble tatt fra.

Bildene ble tatt med hensyn til best mulig synliggjøring av visuelle virkninger fra Rv 44, Kvasnheim og nærmeste bebyggelsen. Fotomontasjene formidler et representativt og realistisk bilde av den visuelle virkningen av Friestad vindkraftverk. Bildene ble tatt i godt vær og tilsvarende gode siktforhold og formidler derfor worst-case av synlighet. Et synlighetskart ble brukt for å velge representative fotostandpunkter (Kart 4, Kart 5). Synlighetskart ble utarbeidet for både 0-alternativ (Kart 5) og 1-alternativ (Kart 4). Videre fins det en sammenligning av synlighetskartene (Kart 6) som viser forskjellen av antall synlige turbiner.

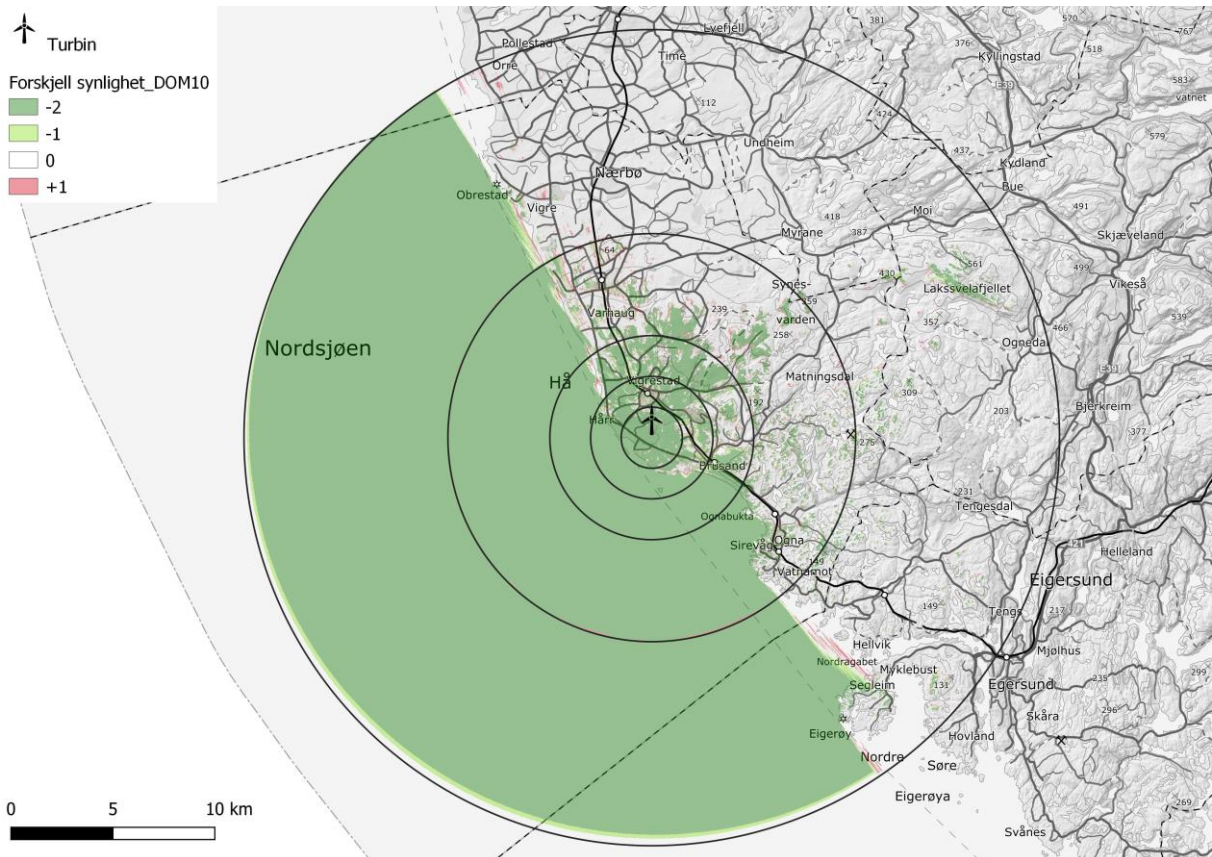




Kart 4: Synlighetskart for 1- alternativ av Friestad vindkraftverk (1 E-82, Totalhøyde 110 m). Det ble benyttet et digitalt terreng modell (DTM) med ti meters oppløsning (kilde: hoydedata.no). Kartet ble utarbeidet i henhold til NVEs veileder «Visualisering av planlagte vindkraftverk». Etter 10 km ble navhøyden (69 m) benyttet for å beregne synlighet siden det anbefales i veilederen. Sirkler rundt kraftverket viser 1,5, 3, 5, 10 og 20 km avstand.



Kart 5: Synlighetskart for 0-alternativ i Hå kommunes reguleringsplan for Friestad vindkraftverk (3 Turbiner, Totalhøyde 93 m). Det ble benyttet et digitalt terreng modell (DTM) med ti meters oppløsning (kilde: hoydedata.no). Kartet ble utarbeidet i henhold til NVEs veileder «Visualisering av planlagte vindkraftverk». Etter 10 km ble navhøyden (65 m) benyttet for å beregne synlighet siden det anbefales i veilederen. Sirkler rundt kraftverket viser 1,5, 3, 5, 10 og 20 km avstand.



Kart 6: Sammenligning av synlighet av 1-alternativ (Kart 4) og 0-alternativ (Kart 5) for Friestad vindkraftverk. Det ble benyttet en digital terrengmodell (DTM) med ti meters oppløsning (kilde: hoydedata.no). I mørkegrønne arealer var 3 turbiner synlig før og med nytt forslag blir bare 1 synlig. I lysegrønne arealer var 2 turbiner synlig før og med nytt forslag bare 1. I røde areal var ingen turbin synlig før, men en synlig i nytt forslag. Etter 10 km ble navhøyden (69 resp. 65 m) benyttet for å beregne synlighet siden det anbefales i veilederen. Sirkler rundt kraftverket viser 1,5, 3, 5, 10 og 20 km avstand.

## Hårr Rasteplass



# Krysset Vigrestad



Kvassheim



RV ved Friestad



## Stokkeland



### 5.3.2. Helsevirkning av visuell virkning

Både 0-alternativ og 1-alternativ har verken en total dominerende visuell virkning på populære friluftsområder eller bolighus i naboskap og dermed ingen til liten effekt på folkehelse.

Hinderlys kan virke i mørke områder virke plagsomt hvis den blinker. Området rundt Friestad Vindkraftverk kan ikke regnes som spesielt mørkt om natten pga. bebyggelsen rundt (f.eks.: Vigrestad eller industriområde ved Haugstadveien). I tillegg skal lys ikke være blinkende og virke dermed betydelig mindre forstyrende. Dermed vurderes at hinderlys har ingen til liten effekt folkehelse.

Siden visuell virkning av Friestad Vindkraftverk er liten, forventes det ingen til liten effekt på eiendomsverdiene. Derfor er effekt på folkehelse også vurdert til å være ingen til liten.

Hvis man sammenligner 0-alternativ og 1- alternativ så er den visuelle virkning mindre for 1-alternativ. Dette er basert på rapport fra Berg (2017)<sup>12</sup> som konstaterer at antall turbiner er av større betydning enn størrelsen av den enkle turbinen for visuell virkning. I tillegg er har 1-alternativ behov for bare 1 hinderlys istedenfor 3.

### 5.3.1. Skyggecastberegning

Skyggecastberegningen for Friestad Vindkraftverk er gjennomført i henhold til norske krav og NVEs veileder «Skyggecast fra vindkraftverk»<sup>20</sup>. Beregningen for 1-alternativ ble utført av Meventus og for 0-alternativet fra Solvind. Resultatene viser hvor mange timers skyggecast per år er forventet for både worst case og sannsynlig skyggecast.

Skyggecastmottakerne er lokalisert basert på gråtonekart fra Statens Kartverk. Samtlige bygninger med skyggecastfølsomt bruk som kan potensiell får skyggecast over grenseverdien er inkludert i beregningene. I henhold til NVEs veileder for skyggecastberegninger har mottakerne en størrelse på 2x2 meter, hevet 2 meter over bakken, og beregningene er basert på en drivhustilstand, som vil si at bygningene ikke har én bestemt retning mot turbinene og at mottakeren har vinduer i alle retninger. I tråd med veilederen er det gjort beregninger av både teoretisk og sannsynlig skyggecast.

For beregningene av sannsynlig skyggecast er det brukt en konstant solskinnssannsynlighet på 50%. Det er videre brukt en retningsfordeling for vind over 12 sektorer. Det er i henhold til veilederen antatt at skyggecast ikke inntreffer når solen står lavere enn 3 grader over horisonten, og det er ikke gjort beregninger av skyggecast for mottakere som er mer for langt unna vindturbinen for å få skyggecast over grenseverdien.

Det er tatt hensyn til terrengets høydeprofil, høyde for skyggecastmottaker og skjermingseffekt av mellomliggende terreng.

Kart 7 viser skyggecastberegningen for 0-alternativ. Beregningen vises i sin helhet i vedlegg 6. Det er beregnet teoretisk skyggecast i over 30 timer per år ved 1 bygning (B) og forventet skyggecast i over 8 tier per år ved 1 bygning (B) (Tabell 5). De andre tre husene som er i vurderingsområde, får skyggecast under grenseverdien.



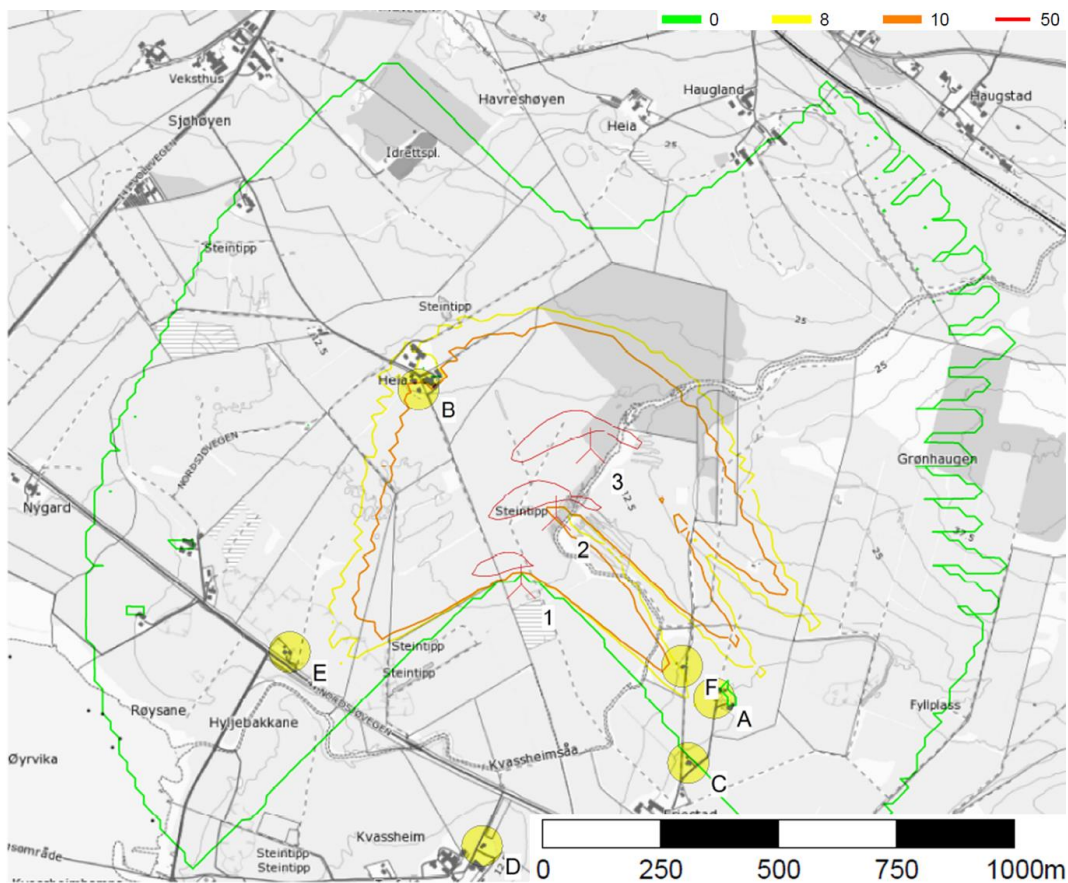
Kart 8 viser skyggecastberegningen for 1-alternativ. Beregningen vises i sin helhet i vedlegg 5 til søknaden. Det er beregnet teoretisk skyggecast i over 30 timer per år ved 3 bygninger (A, B, F) og et forventet skyggecast i over 8 timer per år ved 1 bygninger (A, B, F) (Tabell 5). De andre tre husene som er i vurderingsområde, får skyggecast under grenseverdien.

For å redusere belastning på de berørte parter blir vindturbinen utstyrt med en automatisk stans for å overholde retningslinjer angående skyggecast. Faktisk opplevd skyggecast vil dermed være begrenset til 8 timer per året og maksimal 30 minutter per dag.

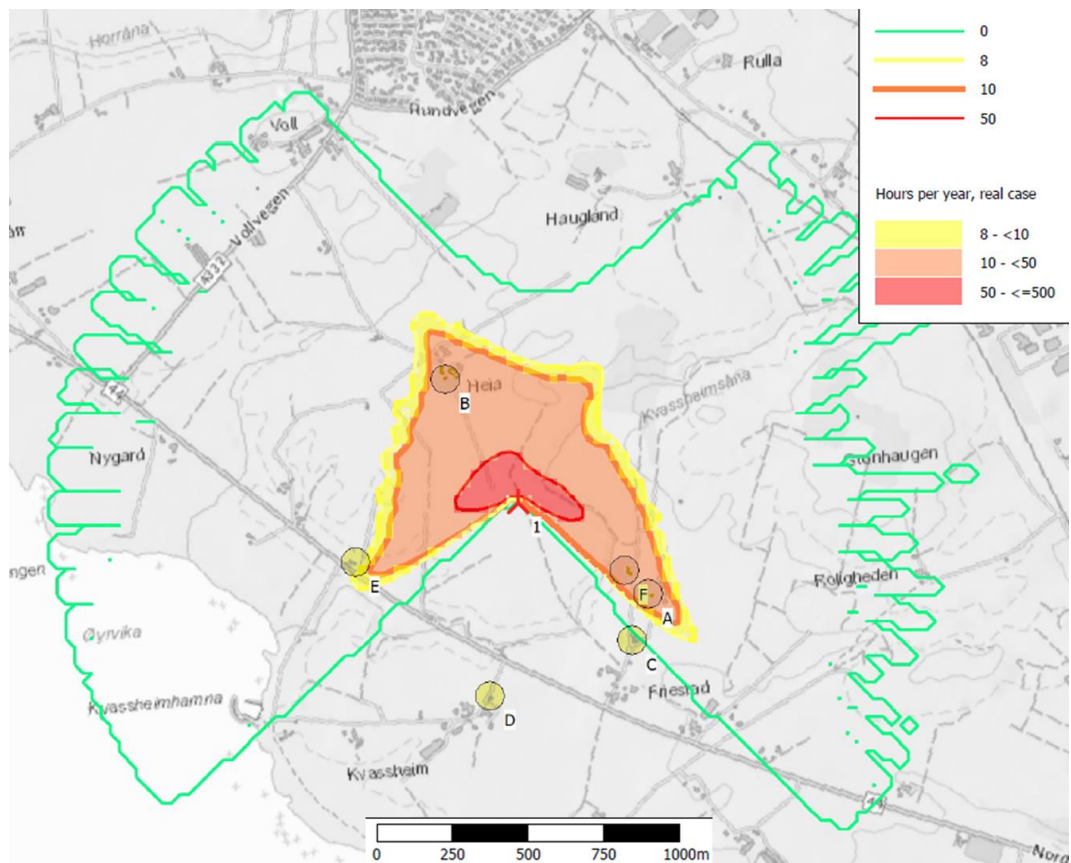
Tabell 5: Oversikt skyggecast.

Objekt	0-alternativ			1-alternativ		
	Skyggecast (worst case) [timer/år]	Skyggecast (worst case) [timer/dag]	Skyggecast (expected case) [timer/år]	Skyggecast (worst case) [timer/år]	Skyggecast (worst case) [timer/dag]	Skyggecast (expected case) [timer/år]
<b>A</b>	14:14	0:23	4:37	45:54	0:38	15:00
<b>B</b>	44:12	0:26	11:58	48:57	0:41	15:21
<b>C</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>D</b>	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
<b>E</b>	28:35	0:21	5:46	27:49	0:34	6:08
<b>F</b>	21:58	0:28	7:04	61:26	0:48	20:02

Faktisk opplevd skyggecast vil med høy sannsynlighet bli enda mindre enn forventet skyggecast siden det er en konservativ antakelse at solen skinner i 50% av timene med daglys<sup>20</sup>.



Kart 7: Forventet skyggekast (timer per år) ved Friestad vindkraftverk uten produksjonsbegrensning; beregnet av Solvind for 3 Enercon E-48 0,8 MW turbin med 65 m navhøyde (0-alternativ). (Målestokk: 1:20.000).



Kart 8: Forventet skyggekast (timer per år) ved Friestad vindkraftverk uten produksjonsbegrensning; beregnet av Meventus for 1 Enercon E-82 E4 2,35 MW turbin med 69 m navhøyde (1-alternativ). (Målestokk: 1:20.000).

### 5.3.2. Helsevirkninger av skyggekast

Gjennomgang av litteratur ovenfor viser at skyggekast som er i henhold til grenseverdier ikke medfører helsevirkninger for befolkningen. Dette gjelder både 0-alternativ og 1-alternative. Alle hus som er utsatt for skyggekast er i tillegg skjermet mot vindkraftverket av vegetasjon (Bilde 2, Bilde 3, Bilde 4 og Bilde 5). Derfor vil faktisk opplevd skyggekast være betydelig mindre.

## 6. Konklusjon

Gjennomgangen av faglitteratur ovenfor viser at støy fra vindturbiner opp til grenseverdien har ingen signifikant påvirkning på fødselsutfall, diabetes, hjerte-kar-sykdom og søvnforstyrrelser. Studien av Sunnhedsstyrelsen i Danmark<sup>6</sup> viser heller ikke at det fins en signifikant sammenheng mellom disse sykdommer og danske grenseverdier ( $L_{Aeq}=44$  dB ( $L_{den} = 50,4$  dB) ved vindhastigheter på 8m/s, eller  $L_{Aeq}=42$  dB ( $L_{den} = 48,4$  dB) ved 6m/s i en avstand på 15 m fra et bygg).

Faglitteraturen peker på at opplevelsen av støy er subjektiv, og det er flere faktorer som spiller inn på hvor plagsom støyen oppleves, blant annet holdning til vindkraft. Siden beregningene viser at ingen av byggene skal ha støynivåer over de i hvert tilfelle gjeldene grenseverdiene er det objektivt sett ikke støyproblemer ved Friestad Vindkraftverk, men den subjektive opplevelsen kan variere allikevel.

Det skal pekes på at støyplage i 0-alternativet er større enn støyplage i 1-alternativet.

Friestad Vindkraftverk overholder gjeldene grenseverdier for både støy og skyggekast i 0-alternativ og 1-alternativ. Støy kan spesielt i 0-alternativet føre til støyplage for beboerne til 1,2 hus respektive 0,3 hus i 1-alternativ.

Videre er verken populære friluftsområder eller hus innenfor den totale visuelle dominanssonen og flere hus innenfor den ytre visuelle dominanssonen er skjermet mot kraftverket av vegetasjon.

Den gjennomgåtte litteraturen viser at vindkraft er godt forenlig med folkehelse om gjeldende grenseverdiene overholdes. I litteraturen pekes det på at holdning til vindkraft kan ha en effekt på helse.

Etter en grundig litteraturstudie kan det konkluderes med at Friestad Vindkraftverk fører til ingen til liten objektive negative innvirkninger på folkehelse. Fra folkehelseperspektiv er 1-alternativ bedre enn 0-alternativ.

## 7. Litteratur

---

- <sup>1</sup> Miljødirektoratet: Veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2016).
- <sup>2</sup> Jakobsen, S. B. et.al: Nasjonal ramme for vindkraft. Temarapport om nabovirkninger. NVE Rapport 72/2018.
- <sup>3</sup> Sundfør H. B. et. al.: Befolkningsreaksjoner på vindmøllestøy –Vindmølleparken på Lista 2015. Rapport 1452/2015 fra Transportøkonomisk institutt (TØI)
- <sup>4</sup> Nord R. et. al.: Lista vindkraftverk i Farsund kommune –støymålinger. Rapport 464721 fra Sweco Norge AS, datert 10.2.2014 (s. 31 –32).
- <sup>5</sup> World Health Organization - Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018).
- <sup>6</sup> Sundhedsstyrelsen: Sagsnr. 1-2410-553/1. Vindmøllestøj og helbredseffekter. 2019.
- <sup>7</sup> Tonin, Renzo. "A review of wind turbine-generated infrasound: source, measurement and effect on health." *Acoustics Australia* 46.1 (2018): 69-86.
- <sup>8</sup> van Kamp, Irene, and Frits van den Berg. "Health effects related to wind turbine sound, including low-frequency sound and infrasound." *Acoustics Australia* 46.1 (2018): 31-57.
- <sup>9</sup> Chapman, Simon, and Alexis St George. "How the factoid of wind turbines causing 'vibroacoustic disease' came to be 'irrefutably demonstrated'." *Australian and New Zealand journal of public health* 37.3 (2013): 244-249.
- <sup>10</sup> LUBW - Low-frequency noise incl. infrasound from wind turbines and other sources - Results of the measurement project 2013-2015. (2016).
- <sup>11</sup> Turnbull, Chris, Jason Turner, and Daniel Walsh. "Measurement and level of infrasound from wind farms and other sources." *Acoustics Australia* 40.1 (2012): 45-50.
- <sup>12</sup> Berg E.: Visuelle virkninger av vindkraft. Momenter til vurdering av vindkraftverks visuelle påvirkning på naboskap. Norconsult 2017.
- <sup>13</sup> Holmelin E. et.al.: Vindkraftverks påvirkning på eiendomspriser. Norconsult 2017.
- <sup>14</sup> Bergsjö, A. et.al.(1980):Vindkraften i landskapet. Del 2. Visuelle frågor i sambandmed storskalig vindkraftutbyggnad.Alnarp, Sverige: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- <sup>15</sup> Sunak Y. & R. Madlener, Aachen University 2016: The impact of wind farm visibility on property values: A spatial difference-in-difference analysis. Artikkel i *Energy Economics* 55 (2016) side 79-91.
- <sup>16</sup> Knopper, L. D., Ollson, C. A., McCallum, L. C., Whitfield Aslund, M. L., Berger, R. G., Souweine, K., & McDaniel, M. (2014). Wind turbines and human health. *Front Public Health*, 2, 63. doi:10.3389/fpubh.2014.00063
- <sup>17</sup> Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., Guay, M., Denning, A., Mc Guire, D., Bower, T., Lavigne, E., Murray, B. J., van den Berg, F. (2016). Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1443-1454. doi:10.1121/1.4942391
- <sup>18</sup> Pedersen, E. (2015). City Dweller Responses to Multiple Stressors Intruding into Their Homes: Noise, Light, Odour, and Vibration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(3), 3246-3263. doi:10.3390/ijerph120303246
- <sup>19</sup> Pohl J. et.al.: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen. Kiel 1999
- <sup>20</sup> NVE: Skyggekast fra vindkraftverk. Veileder for beregning av skyggekast og presentasjon av NVEs forvaltningspraksis. (2014).