



Norwegian
Meteorological
Institute

MET report

no. 16/2016
ISSN 2387-4201
Climate

Meteorologisk vurdering av mulige baser for luftambulansesør for Hardangervidda

Harold Mc Innes ¹, Emilie Iversen ², Knut Harstveit ², Jostein Mamen ¹, Tor Ivar Mathisen ¹, Knut Helge Midtbø ¹, Morten A. Ødegaard Køltzow ¹

¹ Meteorologisk institutt, ² Kjeller Vindteknikk



Title: Meteorologisk vurdering av mulige baser for luftambulansesør for Hardangervidda	Date 2016-10-11
Section: Climate	Report no. no. 16/2016 ISSN 2387-42012014
Author(s): Harold Mc Innes, Emilie Iversen, Knut Harstveit, Jostein Mamen, Tor Ivar Mathisen, Knut Helge Midtbø, Morten A. Ødegaard Køltzow	Classification <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted
Client(s): Vinje kommune	Client's reference
Abstract <p>Vinje kommune har bedt Meteorologisk institutt og Kjeller Vindteknikk om å vurdere meteorologiske forhold ved 7 alternative steder for en planlagt luftambulansesør for Hardangervidda. De aktuelle stedene, som er Geiteryggen, Haukeligrend, Hovden, Hylland, Notodden, Åbøgrend og Straumdal, er vurdert etter kriterier for vind, siktførhold, skyhøyder, atmosfærisk ising og lynaktivitet. Som grunnlag for vurderingene er det brukt data fra atmosfæremodeller og observasjoner der disse var tilgjengelige. Hovedfunnene er sammenfattet i kapittel 1 i rapporten.</p>	
Keywords Helikopterbaser, Hardangervidda, meteorologi, AROME, WRF	

Meteorologisk institutt
Meteorological Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43 Blindern
0313 Oslo, Norway
T. +47 22 96 30 00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen, Norway
T. +47 55 23 66 00

Tromsø
P.O. Box 6314
9293 Tromsø, Norway
T. +47 77 62 13 00

www.met.no

Innhold

Innhold	7
1 Oppsummering	9
2 Innledning	10
3 Kriterier gitt av Norsk luftambulans	12
4 Resultater	13
4.1 Vindforhold	13
4.2 Tåke	14
4.3 Sikt og skyhøyder	15
4.4 Atmosfærisk ising	18
4.5 Lynaktivitet	19
Vedlegg A: Detaljerte kart over alternative baser	21
Vedlegg B: AROME modellen	24
AROME modellen	24
Datagrunnlag fra AROME	25
Referanse	28
Vedlegg C: WRF modellen	29
Data	29
Sammenlikning med observasjoner	29
Skyer	29
Frysende/underkjølt regn	31
Resultater	31
Skyer / sikt	31
Vind	35
Underkjølt regn	35
Skyis	35

Beskrivelse av WRF-Modellen og isingsberegningene

36

Vedlegg D: Lynhyppighet

38

1 Oppsummering

Tabell 1 viser en oppsummering av resultatene av meteorologiske vurderinger av mulige helikopterbaser sør for Hardangervidda for tåke, skyhøyder/sikt, skyis og underkjølt regn. I tabellen er ikke vind tatt med ettersom antall overskridelser av kriteriet på 50 knop var minimalt. Forekomsten av lyn er også så lav at den ikke er med i vurderingen. Resultatene for både lynhyppighet og vindforhold er imidlertid presentert i kapittel 3.

I tabellen er stedene rangert fra 1 og oppover for hver enkelt parameter. Tallet 1 tilordnes stedet som har minst problemer knyttet til den aktuelle parameteren. Når samme tall forekommer flere steder for en parameter betyr det at det ikke lar seg gjøre å skille mellom stedene. For Hyllland og Åbøgrend gjelder dette for alle parametre siden de ligger så nær hverandre geografisk.

Tabell 1: Mulige steder for helikopterbaser rangert for hver av de meteorologiske parametre som er vurdert og plassert i alfabetisk rekkefølge.

	Tåke	Skyhøyder/sikt	Skyis	Underkjølt regn
Geiteryggen	5	5	-	2
Haukeligrend	2	3	3	2
Hovden	4	4	4	1
Hylland	3	2	2	1
Notodden	1	1	1	1
Straumdal	3	1	2	1
Åbøgrend	3	2	2	1

- Data for skyis ikke tilgjengelig for Geiteryggen

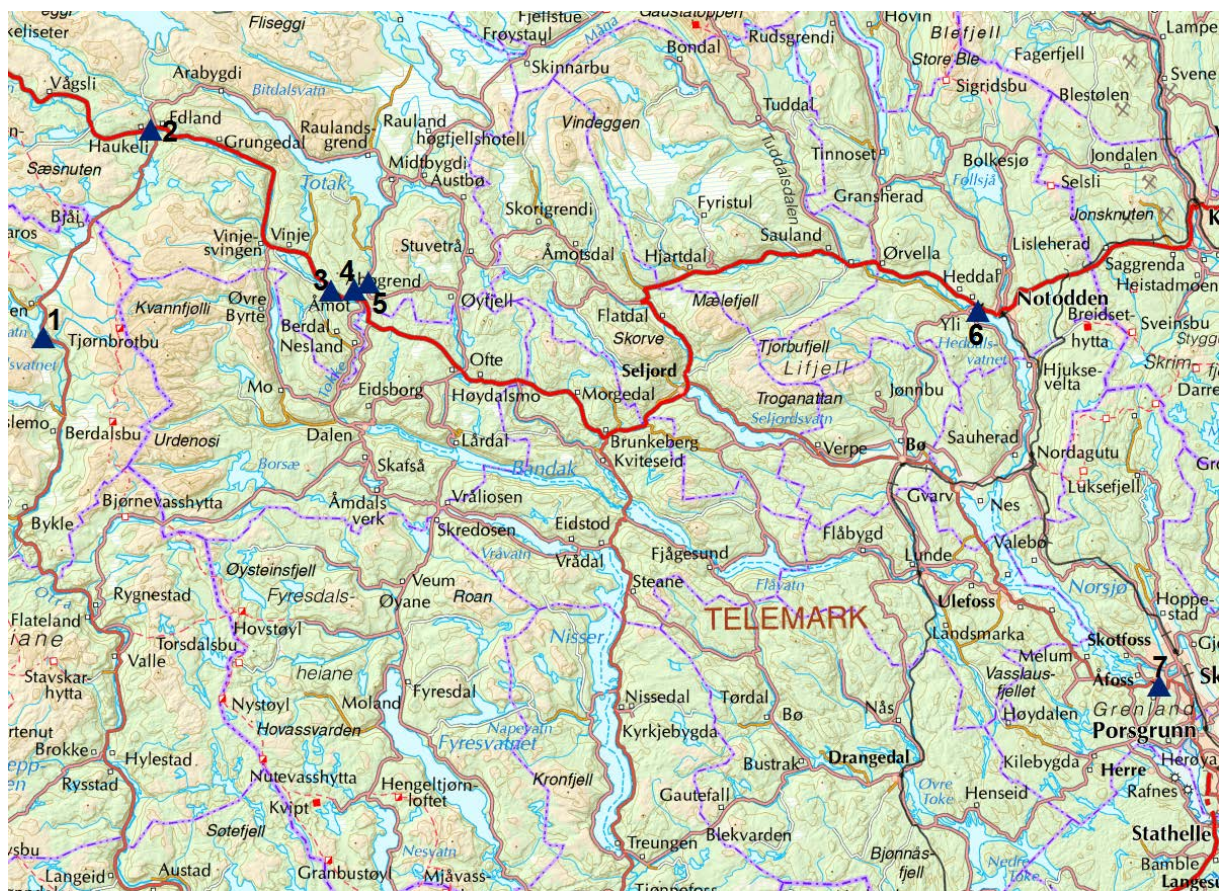
2 Innledning

Vinje kommune har bedt Meteorologisk institutt (MET) og Kjeller Vindteknikk (KVT) om å vurdere meteorologiske forhold ved 7 alternative steder for en planlagt luftambulansbase sør for Hardangervidda. De alternative stedene er vist i Tabell 2 og Figur 1. Mer detaljerte kart over hvert enkelt sted finnes i Vedlegg A.

Tabell 2: Alternative baser for luftambulansbase

Sted	Kommune	Høyde over havet
Haukeligrend	Vinje	570 m
Hovden	Bykle	766 m
Geiteryggen	Skien	136 m
Straumdal	Vinje	534 m
Notodden	Notodden	20 m
Hylland	Vinje	635 m
Åbøgrend	Vinje	631 m

Det er kun Geiteryggen og Notodden som har observasjoner, og derfor er data generert med atmosfæremodellene AROME og WRF blitt benyttet. AROME brukes i operasjonell værvarsling ved Meteorologisk institutt og en rekke andre værtjenester i Europa. Viktige variable som vind, skydekke, temperatur og nedbør fra de operasjonelle prognosene lagres i et dataarkiv, som går tilbake til januar 2014. Modellen WRF er utviklet av National Center for Atmospheric Research (NCAR), og brukes til både til forskning og operasjonell værvarsling. Kjeller Vindteknikk har et dataarkiv fra 1979 og frem til dagens dato basert på WRF og har lagret data i 36 nivåer i atmosfæren. En nærmere beskrivelse av AROME finnes i Vedlegg B og WRF i Vedlegg C. Meteorologiske data for de aktuelle stedene er hentet ut fra arkivene hos MET og KVT og vurdert mot kriterier gitt av Norsk luftambulansbase. Dataene er validert mot observasjoner fra blant annet Notodden og Geiteryggen.



Figur 1: Alternative baser for luftambulanse (kartgrunnlag er fra Kartverket). 1 Hovden, 2 Haukeligrend, 3 Straumdal, 4 Åbøgrend, 5 Hylland, 6 Notodden, 7 Geiteryggen.

3 Kriterier gitt av Norsk luftambulans

De aktuelle stedene blir vurdert mot værmessige kriterier gitt av Norsk luftambulans via personlig kommunikasjon og møte i Lørenskog 31. august 2016. Disse omfatter vind, atmosfærisk ising, skyhøyder, sikt og lynaktivitet.

Vind

For vind er maksimumsgrensen for flyoperasjoner nær bakken 50 knop, det vil si ca 25 m/s. I denne analysen vurderes vindkast mot dette kriteriet. Et vindkast er per definisjon maksimumsvinden observert over 3 sekunder.

Atmosfærisk ising

For atmosfærisk ising er kriteriet at dette må unngås. Ising vil enten skje ved at underkjølte skydråper kommer i kontakt med helikopteret eller ved underkjølt regn. Ved temperaturer under 0 °C og tåke eller skyer vil underkjølte skydråper forekomme, og dermed risiko for ising. Denne kombinasjonen er noe man ønsker å unngå. Underkjølt regn forekommer når man har et lag av luft med temperatur under 0 °C nær bakken og luft med temperatur over frysepunktet høyere opp, slik at regndråpene kjøles ned i sjiktet nær bakken. De vil da fryse med en gang de kommer i kontakt med en gjenstand, for eksempel et helikopter.

Lynaktivitet

Lyn søker man å unngå ved å fly rundt tordenskyer. Lynhyppigheten rundt de alternative stedene er gitt ut fra en database over registrerte lynnedslag.

Skyhøyde

På dagtid skal helikopteret holde seg over 300 fot (ca. 100 m). Om natten skal det holde seg over 1200 fot (ca. 370 m) men kan gå ned til 1000 fot (ca. 310 m) over belyste områder. Skybasen skal ligge over disse nivåene.

Horisontal sikt

På dagtid er kriteriet på horisontal sikt minst 800 m, mens det om natten er 8 km. Dette kriteriet er relatert til kriteriet for skyhøyder.

4 Resultater

På grunnlag av data fra modellene er vindforhold, tåke, skyhøyder, sikt og isingsforhold analysert for de ulike alternativene. For Geiteryggen og Notodden er også observasjoner tilgjengelig, og er inkludert i denne rapporten. Lynhyppighet er vurdert ut fra arkiv med lynobservasjoner. En mer detaljert beskrivelse av datagrunnlaget finnes i vedleggene B, C og D.

4.1 Vindforhold

For vind er det tatt utgangspunkt i en maksimumsgrense på 50 knop, som tilsvarende 25 m/s. I Tabell 3 er andel tid med vindkast over 25 m/s angitt for de aktuelle stedene. For samtlige steder viser data fra begge modeller minimalt med overskridelser av grensen. Observasjoner viser at det kun er målt vindkast kraftigere enn 25 m/s en gang i den aktuelle perioden ved Geiteryggen, mens det ved Notodden ikke er målt kast over 25 m/s. Disse dataene viser at vind i liten grad vil være en begrensende faktor for de aktuelle basene, og antall tilfeller med overskridelse er så få at forskjeller mellom basene ligger innenfor usikkerheten i datagrunnlaget.

Vi har også vurdert terrenget rundt de aktuelle stedene for å avdekke forhold som kan gi lokale forsterkninger av vinden som ikke fanges opp av modellen. Vi har ikke funnet noe som tilsier at dette skal være et problem.

Tabell 3: Andel av tiden med vindkast over 25 m/s fra modellene

Sted	Andel av tiden med vindkast over 25 m/s (%)		
	AROME	WRF	Observasjoner
Haukeligrend	0,1	0,2	
Hovden	0,3	0,0	
Geiteryggen	0,0	0,0	0,0
Straumdal	0,2	0,0	
Notodden	0,0	0,0	-
Hylland	0,1	0,0	
Åbøgrend	0,1	0,0	

- angir ingen forekomst av kast over 25 m/s
0,0 angir at hyppigheten er svært nær 0

4.2 Tåke

Tåke bidrar til redusert sikt i tillegg til at tåke i kombinasjon med temperaturer under 0 °C vil kunne gi ising på helikopteret. Tabell 4 viser andel av tiden hvor data fra modellene har tåke på de aktuelle stedene. For Geiteryggen har vi kun data fra en av modellene, og denne indikerer en forekomst av tåke mer enn 4,6 % av tiden. Observasjoner fra Geiteryggen viser en forekomst på 4 %, det vil si noe lavere enn modellen. Geiteryggen har med andre ord en hyppigere forekomst av tåke enn de øvrige alternativene. For Notodden indikerer begge modellene forekomst av tåke på drøyt 1,8 % av tiden, mens observasjonene viser 2,4 %. Tåke underestimeres noe på Notodden i modellen fordi den sannsynligvis ikke fanger opp fuktigheten fra Heddalsvatnet i stor nok grad. Til tross for denne fuktighetskilden viser observasjonene at Notodden er blant stedene som har den laveste forekomsten av tåke.

De øvrige stedene er vanskeligere å skille fra hverandre, men den ene modellen indikerer at Hovden kan være noe mer utsatt for tåke. Hovden ligger høyere enn de øvrige alternativene i området, noe som kan gjøre den mer utsatt.

Tabell 4: Andel av tiden med tåke

Sted	Andel av tiden med tåke(%)		
	AROME	WRF	Observasjoner
Haukeligrend	1,56	2,81	
Hovden	3,78	2,24	
Geiteryggen	4,64	*	4,0
Straumdal	3,32	2,57	
Notodden	1,86	1,81	2,4
Hylland	3,42	2,98	
Åbøgrend	2,57	3,04	

* Data fra modellen WRF mangler

4.3 Sikt og skyhøyder

Ut fra dataene som modellene gir kan vi ikke vurdere stedene direkte mot kriteriene for sikt. Høyden til skybasen (skyhøyden) er imidlertid direkte knyttet til sikt, og vil derfor bli brukt i vurdering av siktforhold. Tabell 5 viser andel av tiden med skyer lavere enn 300 fot (ca. 100 m) på dagtid og andel av tiden det forekommer skyer under 1200 fot (ca. 370 m) om natten. Bortsett fra for Geiteryggen er det her brukt data fra modellen WRF. For Geiteryggen mangler modellen data, men her er det observasjoner tilgjengelig.

Geiteryggen skiller seg klart ut med skyer under 1200 fot 30 % av tiden om natten, og for Hovden er det tilsvarende tallet 23 %. Dataene indikerer også at Haukeligrend kan ha høy forekomst av for lave skyer nattetid. Straumdal, Hylland og Åbøgrend har alle en forekomst av for lave skyer rundt 15 % av tiden når det er mørkt. Da det er vanskelig å skille de tre stedene i Åmot på grunnlag av modeller med 2.5 til 4 km oppløsning, har vi sett litt på hvordan disse ligger i terrenget. Her ser vi at Straumdal ligger 100 m (ca 300 fot) lavere enn de andre to. Dette tilsier at det vil være lenger vertikal avstand opp til skydekket ved Straumdal. Selv om Straumdal trolig har litt mer lav "godværståke" enn de to andre stedene i Åmot, vil denne ekstra andelen være tydelig mindre enn gevinsten av at den ligger lavere under skybasis ved overskyet vær og lavt skydekke. Straumdal vurderes derfor som noe bedre enn de andre to stedene i Åmot hva angår sikt/skydekke

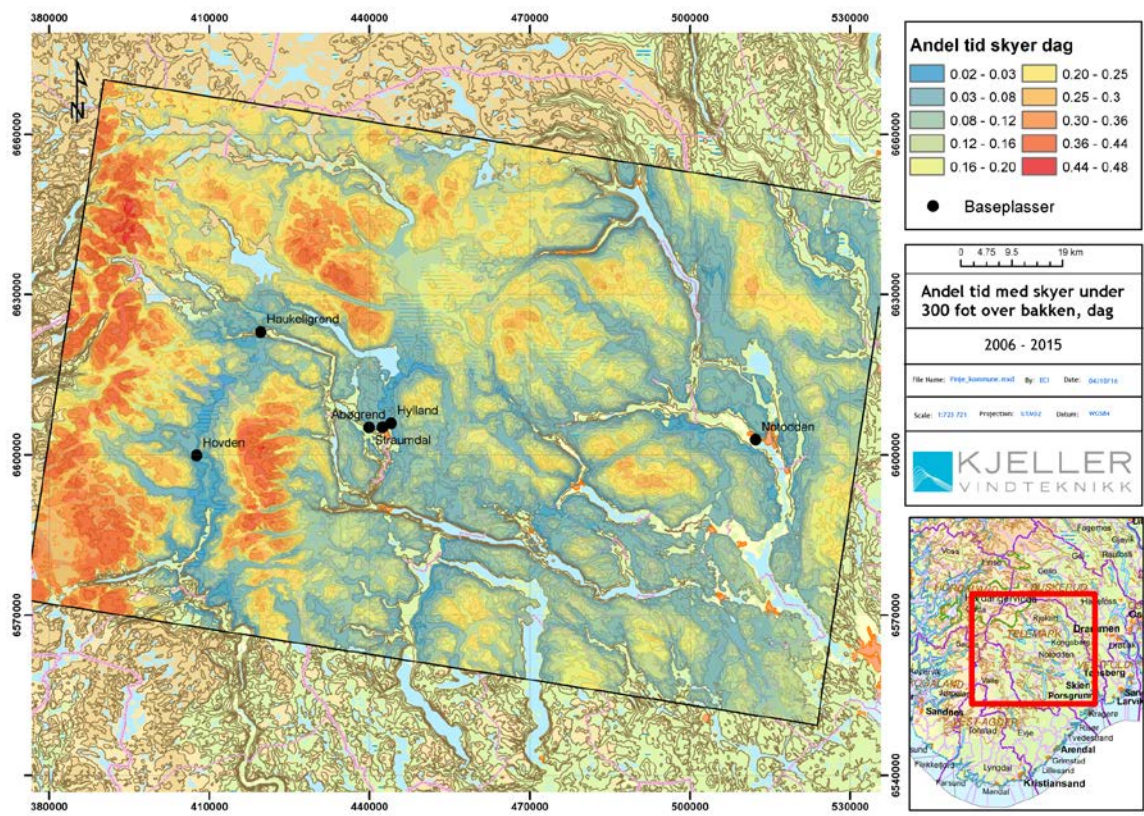
Notodden skiller seg ut med lav forekomst av skyer under 300 fot på dagtid, og forekomsten av skyer under 1200 fot om natten er også noe lavere her enn for de øvrige stedene. Her er det både observasjoner og modelldata tilgjengelige, og det er små forskjellene mellom dem.

Vi har lagt mest vekt på skyhøyden om natten i vurderingen av alternativene fordi forekomsten av for lav skyhøyde da er mest hyppig.

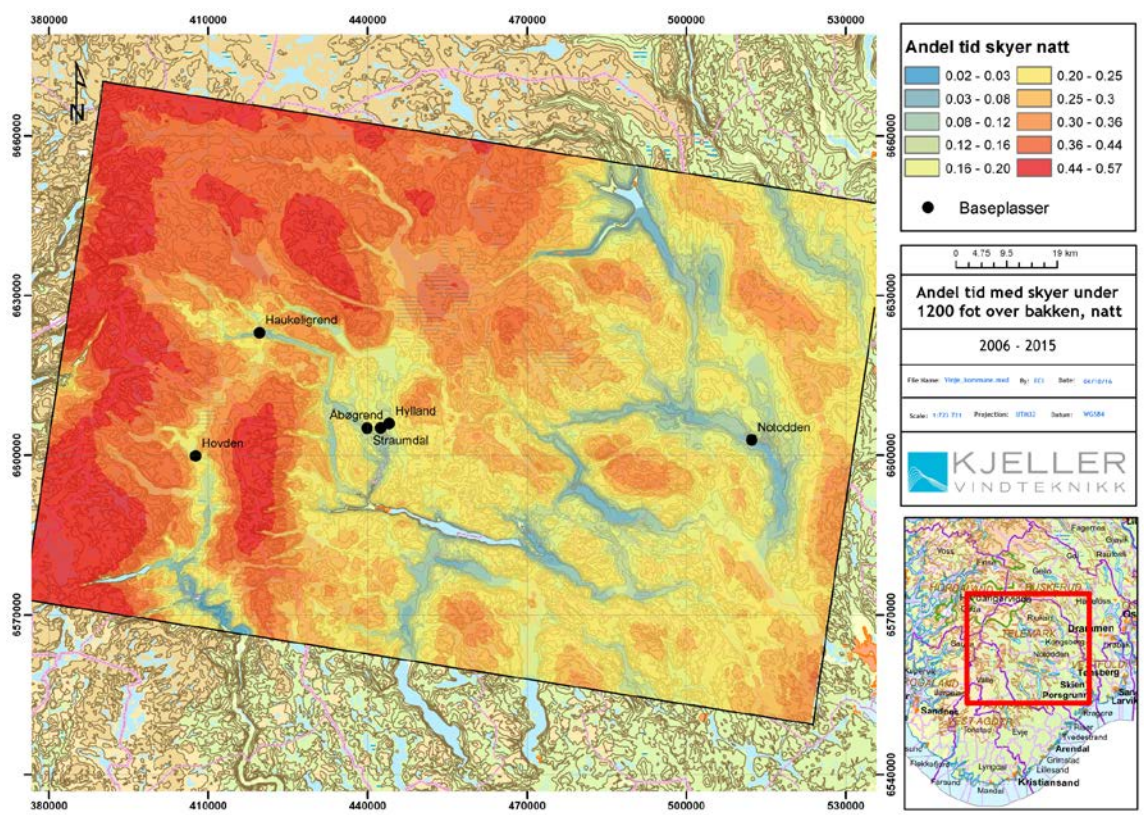
Steder som ligger høyt over havet vil generelt ha hyppigere forekomst av skyer for nær bakken enn lavereliggende strøk. Dette kommer tydelig frem i Figur 2 og Figur 3, som viser andel tid med skyer under 300 fot om dagen og andel tid med skyer under 1200 fot om natten. Dette innebærer at baser som er omgitt av høye fjell vil kunne bli innesteng fordi skyhøyden er for lav over fjellene rundt det aktuelle stedet. Figur 2 tyder på at denne problematikken er mest aktuell for Hovden og Haukeligrend

Tabell 5: Andel av tiden (%) med skybase under gitt nivå fra modellen WRF.

	Skyer under 300 fot (andel av tiden med dagslys)		Skyer under 1200 fot (andel av tiden med mørke)	
	WRF	Observert	WRF	Observert
Haukeligrend	2,4		20,5	
Hovden	3,2		23,4	
Notodden	1,2	1,6	11,3	13,9
Geiteryggen	-	5,3	-	30,0
Straumdal	3,2		15,4	
Hylland	3,6		14,7	
Åbøgrend	3,2		15,4	



Figur 2: Kart over andel tid på skala fra 0 til 1 med skyer under 300 fot over bakken på dagtid beregnet for perioden 2006 – 2015.



Figur 3: Kart over andel tid på skala fra 0 til 1 med skyer under 1200 fot over bakken på nattestid beregnet for perioden 2006 – 2015.

4.4 Atmosfærisk ising

Her er både skyising og underkjølt regn vurdert. For skyising er kun data fra modellen WRF benyttet (Tabell 6) mens man for underkjølt regn har benyttet begge modeller. Det var ikke data med tilstrekkelig kvalitet tilgjengelig for Geiteryggen, men høy forekomst av tåke indikerer at Geiteryggen vil være utsatt for skyis. Notodden har den laveste forekomsten, mens forskjellen mellom Straumdal, Åbøgrend og Hylland er så liten at det ikke lar seg gjøre å skille mellom dem. Hovden har den største risikoen for skyis, mens den er nest størst på Haukeligrend.

Andel av tiden med underkjølt regn er vist i Tabell 7. Det er ikke store forskjeller mellom de aktuelle stedene, men estimatet for Geiteryggen er noe mer usikkert enn for de andre. Der er avviket mellom modellene større, men observasjoner viser en forekomst av underkjølt regn 1,3 % av tiden. Det kan se ut til at Haukeligrend og Geiteryggen er noe mer utsatt enn de øvrige stedene, men forskjellene er små.

Tabell 6: Andel av tiden med værforhold som gir skyis fra modellen WRF mellom 59 fot (18 m) og 1339 fot (408 m) over bakken

Sted	Andel av tiden med risiko for skyis (%)
Haukeligrend	3,99
Hovden	4,41
Geiteryggen	*
Straumdal	2,87
Notodden	1,34
Hylland	2,91
Åbøgrend	2,87

* Ikke data med tilstrekkelig kvalitet

Tabell 7: Andel av tiden med værforhold som gir underkjølt regn

Sted	Andel av tiden med risiko for underkjølt regn (%)		
	AROME	WRF	Observasjoner
Haukeligrend	1,2	1,4	
Hovden	1,1	1,1	
Geiteryggen	0,6	1,6	1,3
Straumdal	1,0	1,2	
Notodden	1,0	1,2	0,9
Hylland	1,0	1,2	
Åbøgrend	1,1	1,2	

4.5 Lynaktivitet

Fra Meteorologisk institutt sitt arkiv med observerte lyn er det hentet ut tall for antall timer med registrerte lyn i nærheten av de ulike stedene for de siste 10 årene (1.januar 2006 – 31. august 2016). I tabell 8 vises andel timer med lynnedslag innenfor 6 km fra det aktuelle stedet. Når andel av tid er beregnet har vi antatt at lynaktiviteten skjer i månedene mai, juni juli og august. Av dataene fremgår det at Geiteryggen og Notodden har adskillig flere lynnedslag enn de øvrige stedene, som ligger lenger inn i landet. For alternativene inne i landet er forskjellene så små at det i liten grad lar seg gjøre å skille mellom dem. Mellom Geiteryggen og Notodden er det imidlertid en forskjell, med hyppigere lyn på Geiteryggen. Andelen av tiden med lynaktivitet vurderes imidlertid som så liten for alle de aktuelle stedene at den neppe har noen avgjørende betydning.

Tabell 8: Andel timer med minst et lynnedslag innenfor 6 km fra det aktuelle stedet

Sted	Andel timer (%)
Haukeligrend	0,16
Hovden	0,16
Geiteryggen	0,69
Straumdal	0,20
Notodden	0,48
Hylland	0,17
Åbøgrend	0,19

Vedlegg A: Detaljerte kart over alternative baser



Figur A1: Hovden (kartdata er fra Kartverket)



Figur A2: Haukeligrend (kartdata er fra Kartverket)



Figur A3: Straumdal, Åbøgrend, Hylland (kartdata er fra Kartverket)

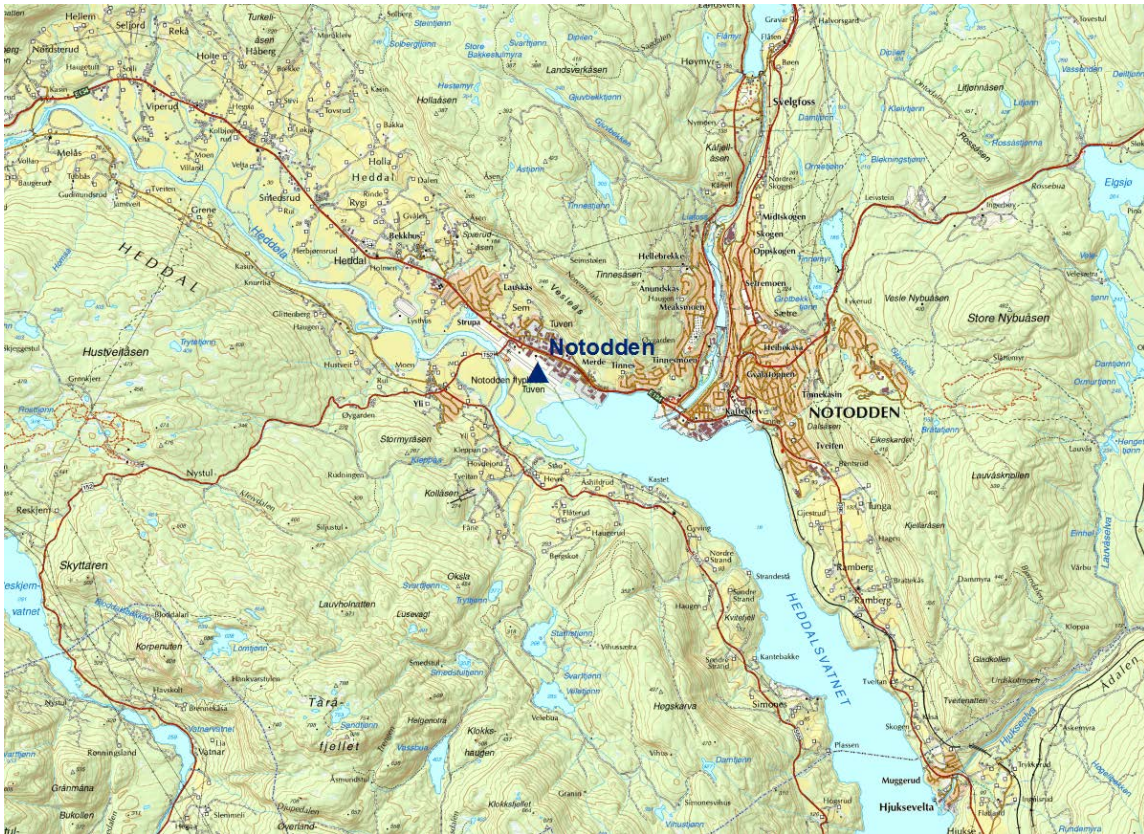
Meteorologisk institutt
 Meteorological Institute
 Org.no 971274042
 post@met.no

Oslo
 P.O. Box 43 Blindern
 0313 Oslo, Norway
 T. +47 22 96 30 00

Bergen
 Allégaten 70
 5007 Bergen, Norway
 T. +47 55 23 66 00

Tromsø
 P.O. Box 6314
 9293 Tromsø, Norway
 T. +47 77 62 13 00

www.met.no



Figur A5: Notodden(kartdata er fra Kartverket)



Figur A6: Geiteryggen (kartdata er fra Kartverket)

Meteorologisk institutt
 Meteorological Institute
 Org.no 971274042
 post@met.no

Oslo
 P.O. Box 43 Blindern
 0313 Oslo, Norway
 T. +47 22 96 30 00

Bergen
 Allégaten 70
 5007 Bergen, Norway
 T. +47 55 23 66 00

Tromsø
 P.O. Box 6314
 9293 Tromsø, Norway
 T. +47 77 62 13 00

www.met.no

Vedlegg B: AROME modellen

AROME modellen

Atmosfæremodellen AROME (Brousseau med fler., 2011) er den delen av modellsystemet HARMONIE som kan kjøres med høyest romlig oppløsning, og ble tatt i bruk til operasjonell værvarsling ved Meteorologisk institutt høsten 2013. Den brukes også av værtjenestene i Finland, Sverige og Danmark samt Nederland, Irland og Spania, og er blitt utviklet gjennom internasjonalt samarbeid. Meteorologisk institutt bruker modellen til å lage værprognoser i samarbeid med Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). Modellen beregner 66 timers prognoser 4 ganger hvert døgn. Dette innebærer at en rekke variable som trykk, temperatur, fuktighet, vind og nedbør beregnes i punkter med 2.5 km avstand mellom hvert punkt samt i flere vertikale nivåer. En slik oppløsning gir en detaljert beskrivelse av været som danner grunnlaget for værvarselet. Når modellen startes bruker den all tilgjengelig informasjon fra værstasjoner, ballongsonderinger, satellitter og radarer til å lage en mest mulig komplett beskrivelse av eksisterende værsituasjon for å få et best mulig utgangspunkt for værprognosen. En slik beskrivelse av værsituasjonen kalles en modellanalyse, og ettersom data fra hver eneste modellkjøring lagres i et arkiv er disse analysene tilgjengelige for bruk til å vurdere værmessige forhold i ettertid. Meteorologisk institutt har lagret data fra operasjonelle kjøringer med AROME modellen siden januar 2014.

Selv om 2.5 km oppløsning regnes som høy i meteorologisk sammenheng, er det ikke tilstrekkelig til å få med alle detaljer i terrenget. Dette betyr at den virkelige høyden over havet og modellterrengets høyde vil kunne avvike i steder med komplekst terreng, noe som er vist i tabell B1.

Tabell B1: Reell høyde over havet og AROME modellens høyde over havet.

Sted	Kommune	Høyde over havet	Modellhøyde
Haukeligrend	Vinje	570 m	740 m
Hovden	Bykle	766 m	881 m
Geiteryggen	Skien	136 m	99m
Straumdal	Vinje	534 m	602 m
Notodden	Notodden	20 m	168 m
Hylland	Vinje	635 m	721 m
Åbøgrend	Vinje	631 m	589 m

Datagrunnlag fra AROME

Data fra AROME modellen er hentet for tidsrommet 1. januar 2014 til 1. august 2016. Nedenfor er statistikk for uthentede data presentert:

Vind

For vind har vi talt opp antall tilfeller av vindkast over 25 og 20 m/s (Tabell B2). Vindkast er vurdert for perioden 1. juli 2014 – 1. august 2016, ettersom vindkast ikke ble lagret i dataarkivet før den tid. Maksimumsgrensen gitt av Norsk luftambulanseregulering er på 25 m/s (50 knop), og det er svært få overskridelser av denne. Målinger av vindkast på Geiteryggen og Notodden bekrefter dette bildet. På Geiteryggen er det i denne perioden kun gjort en observasjon av vindkast over 25 m/s, mens det på Notodden ikke er observert så høye vindkast.

Tåke:

For tåke gir AROME modellen en andel på mellom 0 og 1. En verdi på 0 angir at tåke ikke forekommer, mens 1 betyr et fullstendig dekke av tåke. Tabell B3 viser prosent av tidsrommet mellom 1. januar 2014 og 1. august 2016 modellen AROME gir tåke som overskrider tåkeandel 0.9, 0.6 og 0.3. Vi har i rapporten valgt å definere forekomst av tåke som 0.3 eller høyere. I tabell B4 vises observert forekomst av tåke sammenlignet med data fra AROME. Disse dataene tyder på at man med en grense på 0.3 vill få for høy hyppighet av tåke nær sjøen, samtidig som denne grensen gir et riktigere bilde lenger inn i landet. På Notodden er hyppigheten av tåke fra AROME noe lavere enn observert, noe som sannsynligvis skyldes at modellen i for liten grad fanger opp effekten av Heddalsvatnet.

Tabell B2: Andel av tiden (%) med vindkast over 25 og 20 m/s

Sted	Kommune	FG > 25	FG > 20
Haukeligrend	Vinje	0,122	0,720
Hovden	Bykle	0,258	1,434
Geiteryggen	Skien	0,007	0,068
Straumdal	Vinje	0,197	0,734
Notodden	Notodden	0,027	0,054
Hylland	Vinje	0,102	0,442
Åbøgrend	Vinje	0,088	0,333

Tabell B3: Andel av tiden (%) der AROME modellen gir tåke høyere enn 0.9, 0.6 og 0.3.

Sted	Kommune	Tåke > 0.9	Tåke > 0.6	Tåke > 0.3
Haukeligrend	Vinje	0,69	0,96	1,56
Hovden	Bykle	1,64	2,44	3,78
Geiteryggen	Skien	2,25	3,88	4,64
Straumdal	Vinje	0,98	1,67	3,32
Notodden	Notodden	0,09	0,53	1,86
Hylland	Vinje	1,02	1,94	3,42
Åbøgrend	Vinje	1,08	1,72	2,57

Tabell B4: Andel av tiden (%) der modellen gir tåke 0.9, 0.6 og 0.3 sammenlignet med observert hyppighet

Sted	Tåke > 0.9	Tåke > 0.6	Tåke > 0.3	Observert
Geiteryggen	2,25	3,88	4,64	4,0
Notodden	0,09	0,53	1,86	2,4
Torp	3,58	5,06	6,17	3,4
Rygge	3,97	4,97	5,97	3,4

Underkjølt regn

Underkjølt regn kan forekomme når varmere luft i høyden kommer inn over kaldere luft med temperaturer under 0° C. Regndråper vil da kjøles ned til under 0° C, og de vil fryse umiddelbart når de kommer i kontakt med bakken eller gjenstander som fly, helikoptre eller lignende. Ved opptelling av antall tilfeller med underkjølt regn basert på AROME data har vi satt som kriterium at temperaturen 2 m over bakken er lavere enn 0° C samtidig som det er mer regn enn 0.2 mm pr time. I tilfeller der det forekommer nedbør både i form av regn og snø, må mengden regn være minst det dobbelte av mengden snø for at tilfellet skal telles som en forekomst. Resultatet av dette er vist i Tabell B5. AROME data for regn og snø er lagret fra januar 2015, slik at perioden som er vist her er fra 1. januar 2015 til 1. august 2016. Det vil si at man kun har en vintersesong. Observasjoner av underkjølt regn fra Geiteryggen og Notodden er også vist i tabellen, men disse er for perioden 2001 - 2015.

Tabell B5: Andel av tiden med værforhold som kan gi underkjølt regn

Sted	Andel av tiden AROME modellen viser risiko for underkjølt regn (%)	Obsevasjoner av underkjølt regn (% andel av tiden)
Haukeligrend	1,2	
Hovden	1,1	
Geiteryggen	0,6	1,3*
Straumdal	1,0	
Notodden	1,0	0,9*
Hylland	1,0	
Åbøgrend	1,1	

* Observasjoner er for perioden 2001- 2015, mens AROME data er for januar 2015 – august 2016

Referanse

Brousseau, P., Berre, L., Bouttier, F. and Desroziers, G. (2011), Background-error covariances for a convective-scale data-assimilation system: AROME–France 3D-Var. Q.J.R. Meteorol. Soc., 137: 409–422. doi:10.1002/qj.750

Vedlegg C: WRF modellen

Data

Beregningene av sikt, vind og ising er basert på meteorologiske data generert med en numerisk værmodell. Modellen som er benyttet er WRF (Weather Research and Forecasting model) og er beskrevet i dette vedlegget. Modelldataene er fordelt i et horisontalt gitter med oppløsning på 4 km x 4 km og tidsoppløsning på én time for perioden 1979 – 2015.

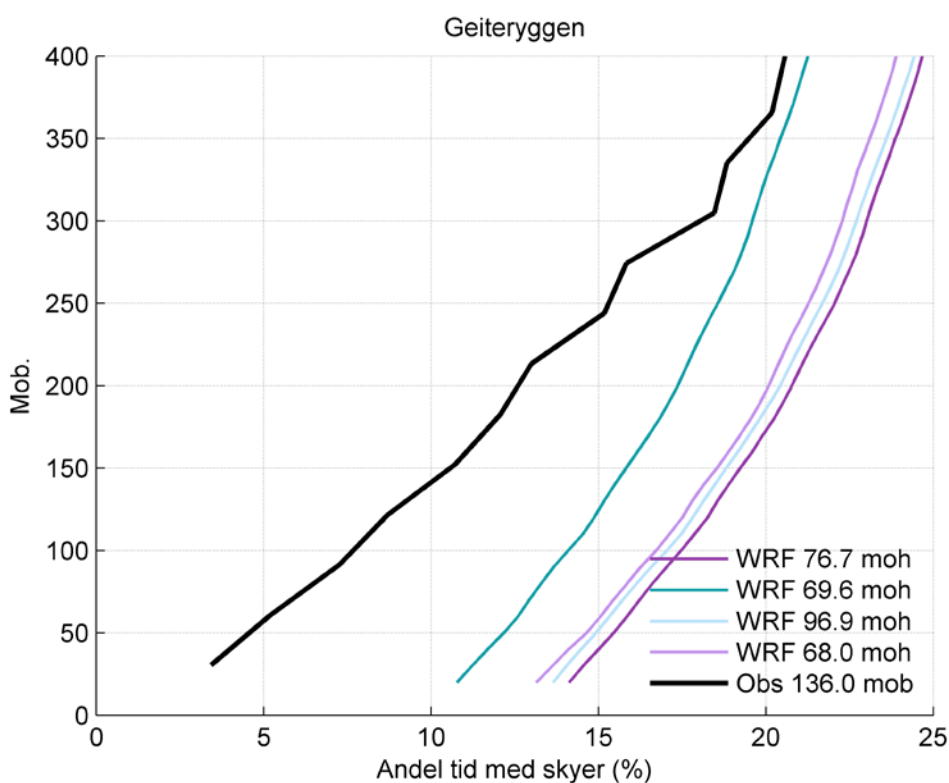
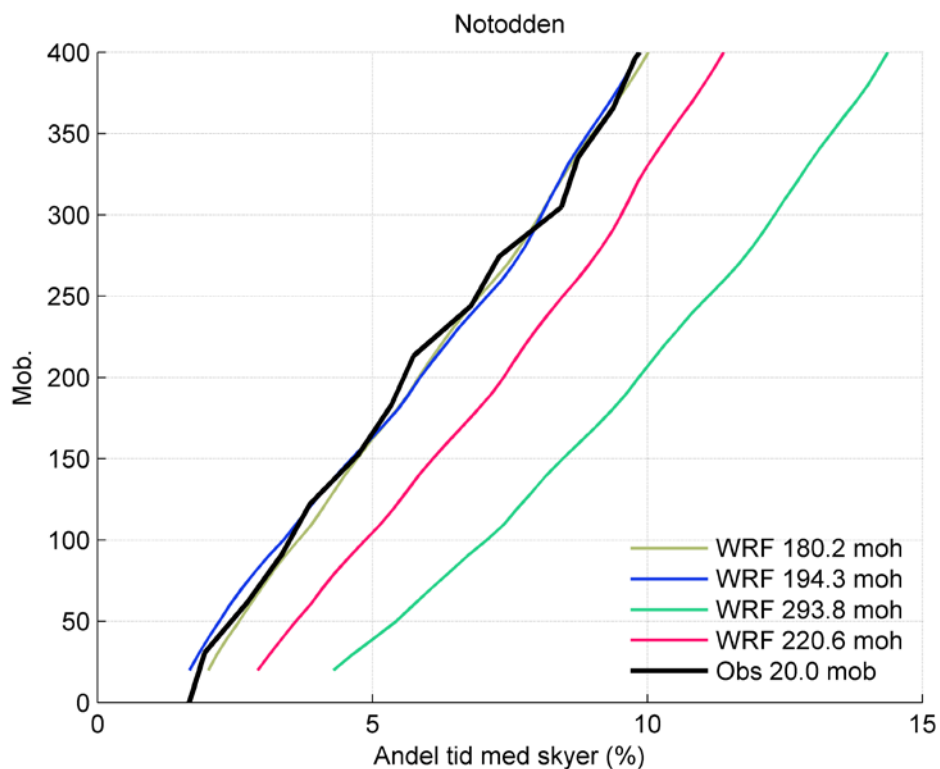
Sammenlikning med observasjoner

Skyer

Observerte skyhøydeprofiler fra flyplassene Notodden og Geiteryggen er sammenliknet med skyhøydeprofiler basert på data fra de fire nærmeste gridpunktene i WRF modellen. Dette blir gjort for perioden 2001-2015 da observasjoner er tilgjengelig. Resultatet kan sees i Figur 1.

Notodden flyplass ligger i bunnen av et dalføre med en terrenghøyde på 20 moh. I og med at modellen har en horisontal oppløsning på 4 km blir dette dalføret delvis glattet ut og terrenghøyden til de nærmeste modellpunktene blir høyere enn i virkeligheten. Koordinaten til Notodden flyplass ligger likevel i et søkk i modellterrenget, og skyhøydeprofilene beregnet som funksjon av høyde over bakken kan benyttes til sammenlikning. Det laveste WRF punktet på 180.2 moh. er mest representativt for flyplassen. Det er en noe høyere andel tid med skyer nær bakken i modellpunktet enn i observasjonene, ellers følger dette profilet observert profil meget godt.

Geiteryggen flyplass ligger på en lokal topp i terrenget med høyde 136 moh. Toppen har en så liten utstrekning at den ikke er gjengitt i modellterrenget. De fire nærmeste WRF punktene ligger på mellom 68 – 97 moh. Det er tydelig at modellen har en meget høy andel tid med skyer i forhold til observasjonene. Geiteryggen ligger nær kysten og modellen har en bias i andel lave skyer for gridpunkt nær hav. Dette sees på Figur 1 under ca. 300 m. Vi kan derfor ikke bruke resultatene for Geiteryggen. Denne biasen gjelder ikke lenger innenlands og vil altså ikke påvirke analysene for de mulige helikopterbasene i Vinje kommune.



Figur 1: Observert (sort) og modellert (farger) skyhøydeprofiler som angir andel tid med skyer under gitte høyder over bakken, for flyplassene Notodden og Geiteryggen.

Frysende/underkjølt regn

Frysende/underkjølt regn fra observasjoner

På flyplassene er observasjoner hver hele time for den tid flyplassen er åpen, gitt i form av en METAR. Denne har en kode for været siste time der FZ er gitt som del av en tekststreng dersom frysende/underkjølt regn har forekommet. Vi har telt opp disse timene for perioden 2001 til 2015.

Frysende/underkjølt regn fra WRF - modell

Fra modellen beregnes statistikken som andel av tiden (2001 – 2015) hvor det er regndråper i luften samtidig som det er negative temperaturer. Dette gjelder i modellens laveste nivå som er sentrert omtrent 18 m over bakken.

Vi ser at tallene i Tabell 1 beregnet basert på observasjoner og på modell for flyplassene Notodden og Geiteryggen stemmer meget godt overens.

Tabell 1: Andel tid av perioden 2001 – 2015 hvor frysende/underkjølt regn forekommer, beregnet basert på observerte data og modelldata.

	Notodden	Geiteryggen*
Observasjoner	0.9 %	1.3 %
Modell	1.1 %	1.3 %

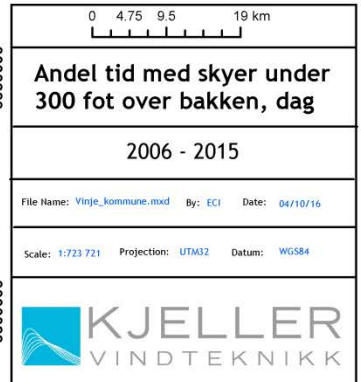
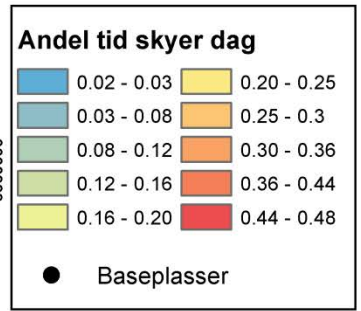
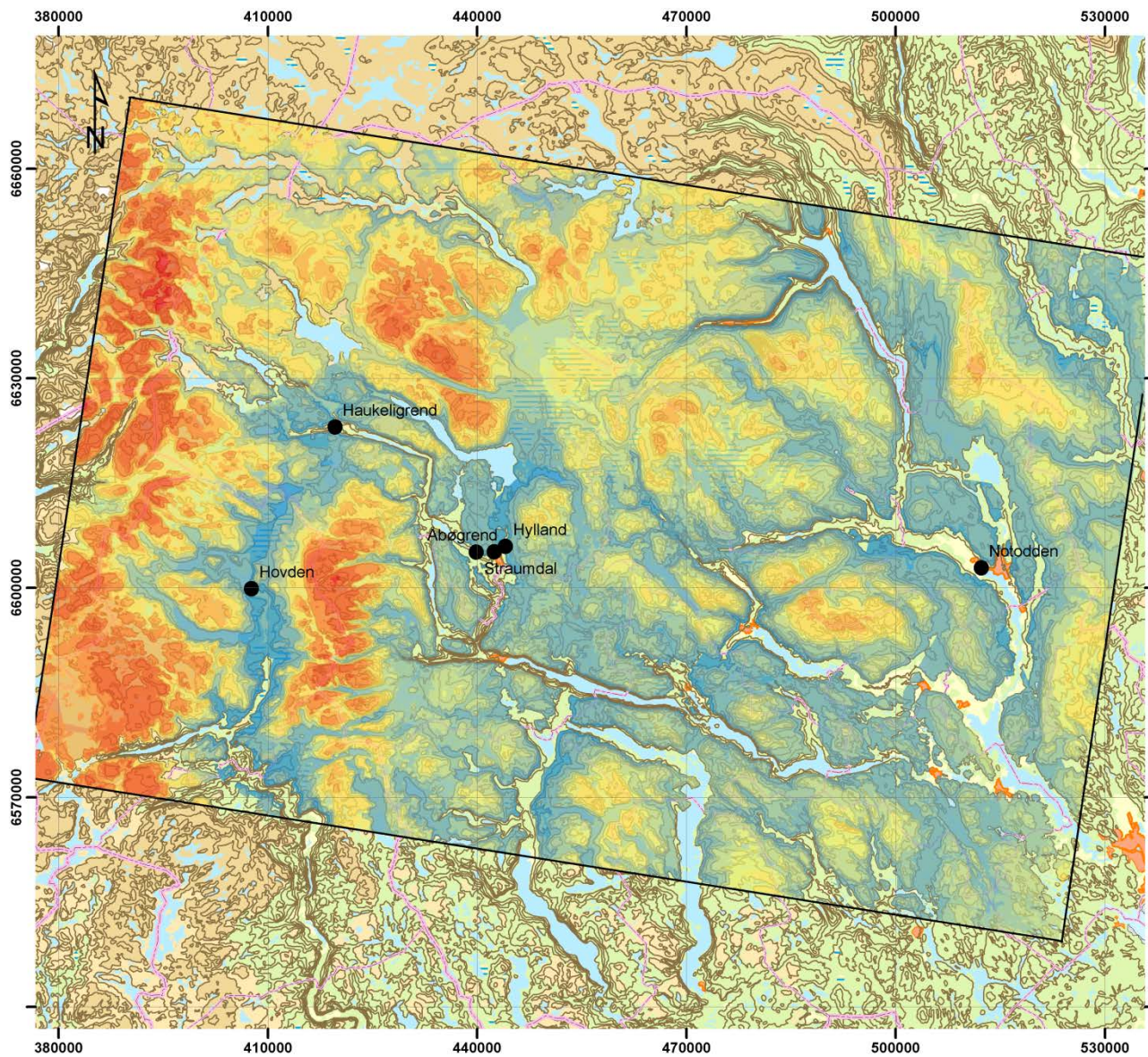
*Geiteryggen ble nedlagt i november 2015. Marginal innflytelse på sammenligningen.

Resultater

Skyer / sikt

	Skyer under 90 m / 295 fot (dag)	Skyer under 100 m / 328 fot (dag)	Skyer under 370 m / 1213 fot (natt)	Skyer under 310 m / 1017 fot (natt)
Haukeligrend	2.3 %	2.4 %	20.5 %	18.3 %
Hovden	2.8 %	3.2 %	23.4 %	21.6 %
Notodden	1.0 %	1.2 %	11.3 %	9.7 %
Straumdal	2.8 %	3.2 %	15.4 %	13.7 %
Hylland	3.3 %	3.6 %	14.7 %	13.4 %
Åbøgrend	2.8 %	3.2 %	15.4 %	13.7 %

Bemerk at WRF ikke har med lokal strålingståke. Dette kommer da som et tillegg for skytabellen.



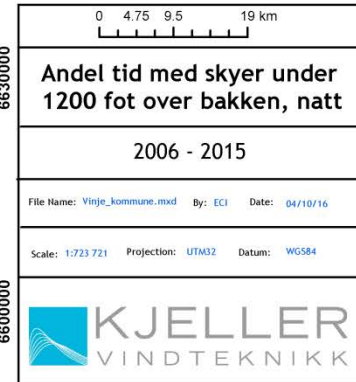
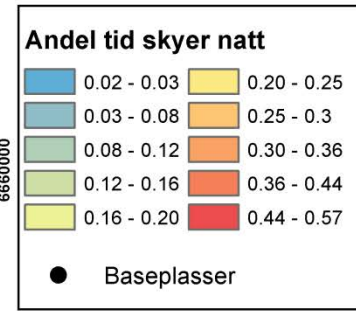
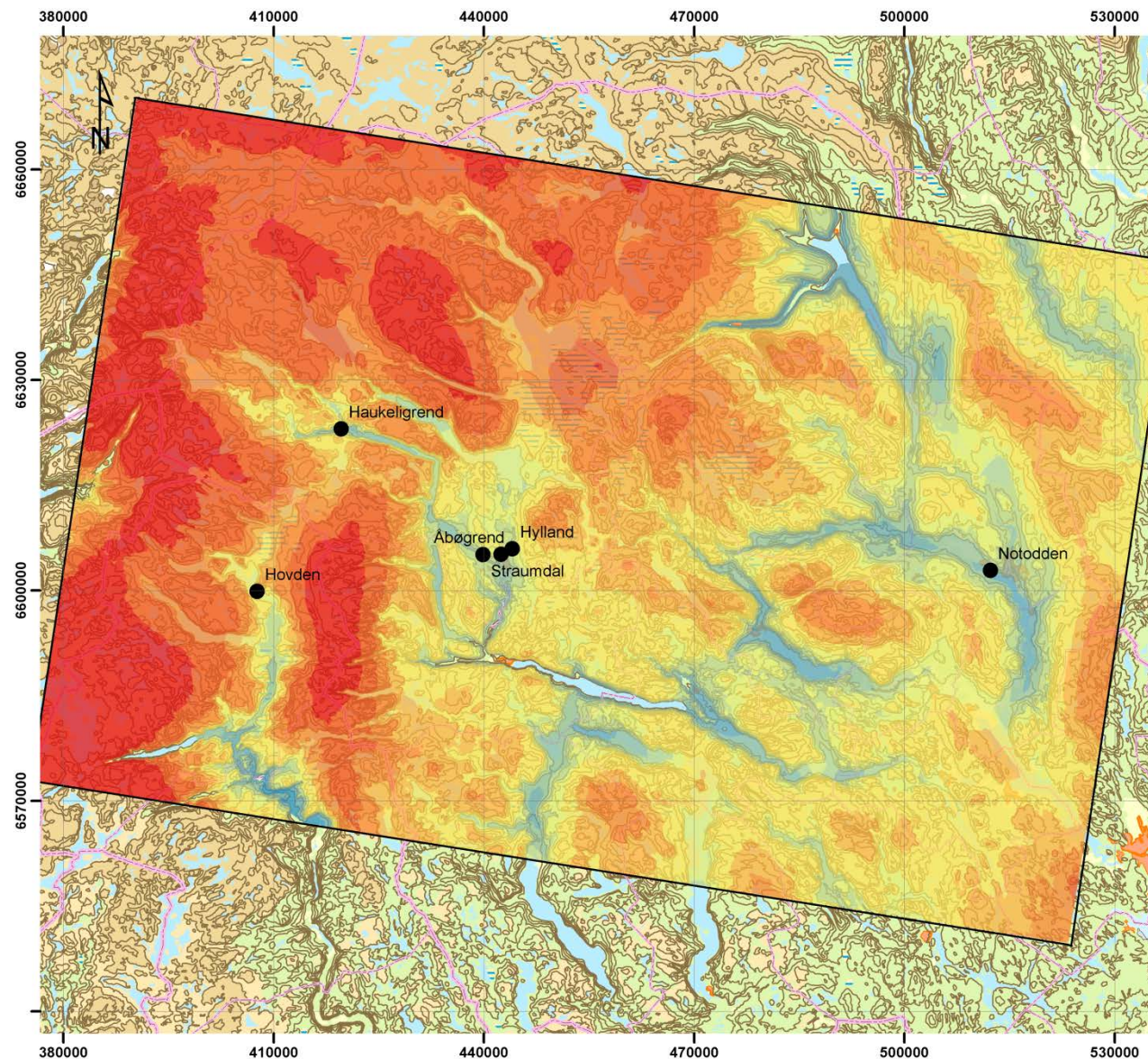
Meteorologisk institutt
 Meteorological Institute
 Org.no 971274042
 post@met.no

Oslo
 P.O. Box 43 Blindern
 0313 Oslo, Norway
 T. +47 22 96 30 00

Bergen
 Allégaten 70
 5007 Bergen, Norway
 T. +47 55 23 66 00

Tromsø
 P.O. Box 6314
 9293 Tromsø, Norway
 T. +47 77 62 13 00

www.met.no



Figur C2: Kart over andel tid med skyer under 300 fot over bakken på dagtid (øverst) og under 1200 fot over bakken på nattetid, kalkulert for perioden 2006 –

Meteorologisk institutt
Meteorological Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43 Blindern
0313 Oslo, Norway
T. +47 22 96 30 00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen, Norway
T. +47 55 23 66 00

Tromsø
P.O. Box 6314
9293 Tromsø, Norway
T. +47 77 62 13 00

www.met.no

Kartet viser hyppigheten av skyer under 300 fot over bakken. Hyppigheten av skyer tenderer å øke med terrenghøyde og eksponeringsgrad.

For å lage kartet er det brukt et antall gridruter fra WRF modellen med 4 km x 4 km oppløsning. For å skape et detaljert kart som stemmer overens med virkelig terreng er WRF dataene interpolert ned på terrengdata med 50 m x 50 m oppløsning. Ettersom WRF terrenget er glattet ut finnes det ikke data for de lavestliggende områdene og de dypeste dalene. Dette vil vises som blanke områder i kartet, særlig i kartet for dag (under 300 fot). Disse områdene ville mest sannsynlig være av samme farge, eller farge tilsvarende en noe lavere andel tid med skyer enn områdene omkring. For eksempel vil skyfrekvensen over de trange dalene hvor store vann som Tveitevatnet, Grungevatn, Byrtevatn, Bandak, Kviteseidvatnet, Flåvatn, Seljordsvatn, Tinnsjø, Follsjø, Heddalsvatnet og Norsjø mest sannsynlig ligge på 0 – 0.14 i kartet for skyfrekvens under 300 fot (dag). Over vannene Songavatnet, Bordalsvatnet, Kjelavatn og Ståvatn nordvest for Haukeligrend vil frekvensen trolig være noe høyere da de ligger høyere i terrenget.

Vind

	FF>50 knop	FG>50 knop
Haukeligrend	0.0 %	0.2 %
Hovden	0.0 %	0.0 %
Geiteryggen	0.0 %	0.1 %
Notodden	0.0 %	0.0 %
Straumdal	0.0 %	0.0 %
Hylland	0.0 %	0.0 %
Åbøgrend	0.0 %	0.0 %

Underkjølt regn

	~ 18m / 59 fot ob.
Haukeligrend	1.4 %
Hovden	1.1 %
Geiteryggen	1.6 %
Notodden	1.2 %
Straumdal	1.2 %
Hylland	1.2 %
Åbøgrend	1.2 %

Skyis

Høyde ob.	~ 18 m / 59 fot	~ 60 m / 197 fot	~ 113 m / 370 fot	~ 190 m / 623 fot	~ 288 m / 945 fot	~ 408 m / 1339 fot
Haukeligrend	1.78 %	2.21 %	2.94 %	4.14 %	5.87 %	6.97 %
Hovden	1.30 %	1.99 %	3.27 %	5.18 %	7.16 %	7.56 %
Notodden	0.69 %	0.88 %	1.06 %	1.29 %	1.74 %	2.35 %
Straumdal	1.21 %	1.58 %	2.09 %	2.94 %	4.13 %	5.27 %
Hylland	1.33 %	1.67 %	2.24 %	3.13 %	4.09 %	4.99 %
Åbøgrend	1.21 %	1.58 %	2.09 %	2.94 %	4.13 %	5.27 %

Beskrivelse av WRF-Modellen og isingsberegningene

Meso-Scale Model WRF

The Weather Research and Forecast (WRF) model is a state-of-the-art meso-scale numerical weather prediction system, aiming at both operational forecasting and atmospheric research needs. A description of the modelling system can be found at the home page <http://www.wrfmodel.org/>. The model version used in this work is v3.2.1 described in Skamarock et al. (2008)¹. Details about the modelling structure, numerical routines and physical packages available can be found in for example Klemp et al. (2000)² and Michalakes et al. (2001)³. The development of the WRF-model is supported by a strong scientific and administrative community in U.S.A. The number of users is large and it is growing rapidly at an international level. In addition, the code is freely accessible for the public. The meso-scale model WRF solves coupled equations for all important physical processes (such as winds, temperatures, stability, clouds, radiation etc.) in the atmosphere based on the initial fields and the lateral boundary values derived from the global data.

Input Data

The most important input data are geographical- and meteorological data. The geographical data is from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The data includes topography, surface data, albedo and vegetation. These parameters have high influence for the wind speed in the layers close to the ground. For the entire domain except for Sweden and Norway, the model uses land use data input from NOAA. The land use data for Sweden is retrieved from the Geografiska Sverigedata (GSD)-Land Cover which is classified in accordance with the European Union's CORINE Land Cover mapping project⁴. For Norway, the model input uses the N50 land use data provided by the Norwegian Mapping Authority⁵.

For the solving of the model equations, boundary conditions of the area are required. Such lateral boundary data is available from the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The data originates from the Final Global Data Assimilation System (FNL)⁶ and is available as global data with 1 degree resolution every 6 hours. FNL is an operational assimilation model that incorporates all available observation data globally, and uses this data to create a global analysis dataset, or a

¹ Skamarock WC, Klemp JB, Dudhia J, Gill DO, Barker DM, Duda MG, Huang X-Y, Wang W. and Powers JG, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, Boulder, June 2008

² Klemp JB., Skamarock WC. and Dudhia J., 2000: Conservative split-explicit time integration methods for the compressible non-hydrostatic equations (<http://www.wrf-model.org/>)

³ Michalakes J., Chen S., Dudhia J., Hart L., Klemp J., Middlecoff J., and Skamarock W., 2001: Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. Eds. Walter Zwielfhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, Singapore.

⁴ <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

⁵ http://www.kartverket.no/eng/Norwegian_Mapping_Authority/

⁶ <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/para/parabout.html>

snapshot of the atmosphere, four times every day. The assimilation model incorporates data from several thousand ground based observation stations, vertical profiles from radiosondes, aircrafts, and satellites.

Similar lateral boundary data is also available from the European Center for Medium range Weather Forecasting (ECMWF). The reanalysis data ERA Interim^{7,8} is available with a spatial resolution of approximately 0.7 degrees globally. Data is available every 6 hours. The ERA interim dataset does also assimilate observational data. For weather forecasting the datasets from ECMWF is usually accepted to have higher quality compared to NCEP datasets, in particular for the European region.

Model Setup

The model setup covers Norway, Sweden and parts of Finland and Denmark. The simulations have been performed for 37 years covering the period 1979-2015. The model has been set up with 2 nested domains. The horizontal resolution is 4 km x 4 km.

The ECMWF–ERA Interim dataset is used as input for the 4 km simulations. The simulation has 32 layers in the vertical with four layers in the lower 200 m. We have used the Thompson microphysics scheme and the MYJ scheme for boundary layer mixing.

With the current setup, the WRF-model calculates the change in the meteorological fields for each grid-cell for a time step from 5 to 108 seconds in the different domains with increasing time step for lower horizontal resolution. In this way a realistic temporal development of the meteorological variables is achieved. Data is stored to disk every 1 hours of simulation.

⁷ Dee, D. P., et al. (2011), The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137: 553–597. doi: 10.1002/qj.828

⁸ <http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-interim>

Vedlegg D: Lynhyppighet

Fra Meteorologisk institutt sitt arkiv med observerte lyn er det hentet ut antall timer med registrerte lyn i nærheten av de ulike stedene de siste 10 årene (1.januar 2006 – 31.august 2016). Registeret inneholder både sky-til-bakke og sky-til-sky lyn. Systemet fanger imidlertid ikke opp alle lyn, og tallverdiene er derfor reelt sett noe høyere. Fordi alvorlighetsgraden avhenger av tettheten mellom lynene er tallmaterialet delt opp i antall lyn per time og innenfor ulike distanser fra de aktuelle stedene. Rangeringen av lynhyppighet er imidlertid nokså lik uavhengig av om hva en velger som relevante kriterier (hvor mange observerte lyn innenfor hvilke distanse).

Geiteryggen skiller seg ut med flest lyn-timer. F.eks. er det registrert 735, 415 og 145 timer med mer enn 1, 2 og 10 lyn innenfor en distanse på ca 17km. Dette utgjør henholdsvis om lag 0.9%, 0.5% og 0.2% av tiden. Forekomsten av lyn er imidlertid nesten utelukkende knyttet til sommerhalvåret og frekvensen av lyn-hendelser er derfor større i denne perioden. Notodden følger nærmest Geiteryggen, med 65-70% av antallet timer med lyn i forhold til Geiteryggen. Haukeligrend, Hovden, Straumdal, Hylland og Åbogrend har relativt like forekomster av registrerte lyn. Hvor mange færre timer med lyn disse har i forhold til Geiteryggen varierer med hva som settes som kriterier for en lyn-hendelse. For ett registrert lyn innenfor ca 17km er forekomsten ca 1/3 av Geiteryggen, men for mer intensive hendelser er frekvensen enda noe lavere.

1 lyn	Haukeligrend	Hovden	Geiteryggen	Straumdal	Notodden	Hylland	Åbogrend
~6km	44	45	194	57	135	49	55
~17km	218	241	735	261	527	268	269
~33km	607	702	1570	691	1259	704	697

2 lyn	Haukeligrend	Hovden	Geiteryggen	Straumdal	Notodden	Hylland	Åbogrend
~6km	9	16	99	20	59	16	20
~17km	72	91	415	112	279	118	117
~33km	244	289	989	311	742	317	311

10 lyn	Haukeligrend	Hovden	Geiteryggen	Straumdal	Notodden	Hylland	Åbogrend
~6km	2	3	16	4	17	5	5
~17km	23	23	145	31	93	33	33
~33km	80	86	444	113	313	107	113

Tabell D1. Øverst, antall timer med ett eller flere lynnedslag innenfor ~6km (0.05°), ~17km (0.15°) og ~33km (0.30°) for de ulike alternativene. I midten og nederst det samme, men for henholdsvis 2 eller flere og 10 eller flere lynnedslag.