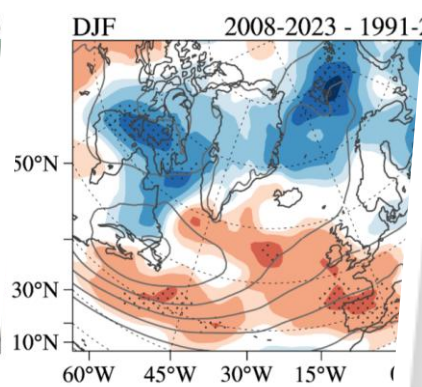
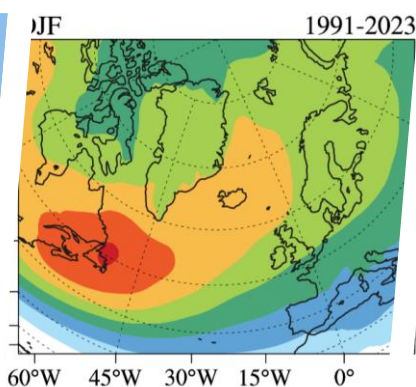




Avgitt februar 2026

RAPPORT LUFTFART 2026/02

Temaundersøkelse om hvordan klimatiske endringer påvirker luftfarten i Nord-Norge



This report is also available in English

Statens havarikommisjon (SHK) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten.

Formålet med Havarikommisjonens undersøkelser er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold som antas å ha betydning for forebyggelsen av ulykker og alvorlige hendelser, og fremme eventuelle sikkerhetstilrådinge. Det er ikke Havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar.

Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende flysikkerhetsarbeid skal unngås.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	4
1. OM UNDERSØKELSEN	6
1.1 Rapportens oppbygning	6
1.2 Bakgrunn og problemstilling	6
1.3 Deltagere, omfang og avgrensninger	8
1.4 European Network on Impact of Climate Change on Aviation	9
2. TROMSØ 12. FEBRUAR 2023	12
2.1 Introduksjon og hendelser	12
2.2 Værsituasjonen	13
2.3 Historiske tilfeller tilsvarende 12. februar 2023	16
3. METEOROLOGISK ANALYSE	19
3.1 Introduksjon	19
3.2 Meteorologisk analyse for Nord-Norge 1991–2023	20
4. SHKS VURDERINGER OG IDENTIFISERTE LÆRINGSPUNKTER.....	32
4.1 Læring om lokale forhold i ettertid	32
4.2 Høyoppløste «ved-behov-varsler» i forkant.....	33
4.3 Tilgang på pilotrapporter (AIREPs).....	33
4.4 Kompetansebygging for det operative flyværværslingsmiljøet	33
4.5 Lokal flyplasskunnskap	34
4.6 Analyse av fremtidige værtrender i Sør-Norge	35
5. SIKKERHETSTILRÅDINGER.....	37
FORKORTELSER OG DEFINISJONER.....	40
VEDLEGG	42

Sammendrag

Flygning i Nord-Norge om vinteren er i utgangspunktet krevende, med varierende og ofte utfordrende vær. Lokale geografiske forhold ved flyplassene, særlig kystlinje og topografi, varierer betydelig og påvirker lokale klimaforhold. Søndag 12. februar 2023 var preget av krevende værforhold som skapte store utfordringer for flytrafikken ved Tromsø lufthavn, Langnes. Alle de store flyselskapene – SAS, Widerøe og Norwegian – rapporterte om totalt seks hendelser knyttet til kraftige byger og sterk vind fra flygninger til eller fra Tromsø lufthavn, Langnes. Flere aktører i luftfarten var av den oppfatning at været hadde endret seg og gjort det mer krevende å operere de senere år. SHK ønsket derfor å undersøke om, og hvordan været i Nord-Norge i vintersesongen hadde endret seg og hvordan det eventuelt ville påvirke luftfarten.

Meteorologisk institutt (MET) har på oppdrag fra Statens havarikommisjon (SHK) utarbeidet en omfattende rapport for å undersøke problemstillingen. Analysen viser at det utfordrende vinterværet for luftfarten i Nord-Norge og på Svalbard i stor grad styres av plasseringen og intensiteten til de store synoptiske lavtrykkssystemene. En vanlig bane for lavtrykkssystemene er at de dannes på nordøstkysten av USA, utvikler seg og beveger seg nordøstover, passerer Island hvorpå flertallet fortsetter inn i Norskehavet og Barentshavet, mens andre har en mer sonal¹ bane inn mot Sør-Norge og Mellom- og Sør-Europa.

Siden 1991 er trenden at flere lavtrykk følger en mer sørlig sonal bane. Mesteparten av lavtrykkene vil likevel bevege seg inn mot Norske- og Barentshavet. Det er ikke observert en generell historisk trend i perioden 1991–2023 mot en forverring av værforholdene for luftfarten i Nord-Norge og på Svalbard i vintersesongen. Resultatene antyder heller ingen generell trend mot en økt frekvens og forverring av værforholdene vinterstid i Nord-Norge for luftfarten i fremtiden. Det kan imidlertid forventes lokale og regionale endringer.

Det er dokumentert stor år-til-år variasjon i frekvens og alvorlighet av værets påvirkning på luftfarten, og denne variasjonen vil også være stor i fremtiden og dominere over eventuelle moderate trender.

Hvordan de ulike værphenomenene kan endre seg i et fremtidig klima er komplekst og estimerer av fremtidige endringer inneholder derfor usikkerhet.

Det er identifisert flere læringspunkter. Blant annet nytten av å bruke høyoppløste modeller i forkant av vær situasjoner man erfaringsbasert vet gir utfordrende flyvær. I tillegg har undersøkelsen gitt økt kunnskap om lokale værforhold på flere av flyplassene i Nord-Norge. Det er også identifisert en mulighet for at flyværet i Sør-Norge er i endring. SHK gir sikkerhetstilrådinger om disse tre temaene, som kan gi økt flysikkerhet gjennom utvidet kunnskapsgrunnlag og mer nøyaktig værvarsling.

¹ Sonal er et uttrykk som brukes for å skildre retning på en klode. Sonal betyr «langs en breddegradssirkel» eller «i øst-vest-retningen».

1. Om undersøkelsen

1.1 Rapportens oppbygning	6
1.2 Bakgrunn og problemstilling	6
1.3 Deltagere, omfang og avgrensninger	8
1.4 European Network on Impact of Climate Change on Aviation	9

1. Om undersøkelsen

Flygning i Nord-Norge om vinteren er i utgangspunktet krevende, med varierende og ofte utfordrende værforhold. Kompleksiteten i den meteorologiske dynamikken gjør det vanskelig å etablere læringspunkter som er generelle og tilpasset alle lufthavner og operatører i landsdelen. Lokale geografiske forhold ved flyplassene, særlig kystlinje og topografi, varierer betydelig og påvirker lokale meteorologiske forhold. I tillegg opererer flyselskapene ulike flytyper med forskjellige operative begrensninger, blant annet med hensyn til vindstyrke, bremseevne og isingsforhold. Lufttrafikktenestens handlingsrom kan også være begrenset av luftromstypene rundt de forskjellige lufthavnene. Denne rapporten undersøker om flygning i Nord-Norge er blitt mer krevende som følge av klimaendringene.

Denne rapporten er basert på informasjon fra følgende kilder:

- Utvidet værrapport fra 12. februar 2023 utarbeidet av Meteorologisk institutt (MET).
- Rapport etter analyse av klimaets påvirkning på luftfarten på vinterstid i Nord-Norge utarbeidet av Meteorologisk institutt.
- Værrelaterte hendelsesrapporter fra SAS, Norwegian og Widerøe.
- Erfaringer fra flygninger utført vinterstid i Nord-Norge av flygere fra Luftambulansetjenesten, SAS, Widerøe og Norwegian.
- Innrapporteringer fra besetningene om seks værrelaterte luftfartshendelser ved Tromsø lufthavn, Langnes 12. februar 2023.

1.1 Rapportens oppbygning

Kapittel 1 redegjør for undersøkelsens problemstilling, deltakere, omfang og avgrensninger.

Kapittel 2 omhandler de seks luftfartshendelsene og værforholdene i Tromsø 12. februar 2023.

Kapittel 3 presenterer et sammendrag av væranalysen utarbeidet av Meteorologisk institutt.

Kapittel 4 presenterer Statens havarikommisjons vurderinger og identifiserte læringspunkter basert på rapporten fra Meteorologisk institutt.

Kapittel 5 presenterer Statens havarikommisjons sikkerhetstilrådinger.

Vedlegg A inneholder den fullstendige analyserapporten fra Meteorologisk institutt.

Vedlegg B inneholder organisasjonskart for Meteorologisk institutt.

Vedlegg C inneholder hendelsesdata fra flyoperatørene.

1.2 Bakgrunn og problemstilling

Søndag 12. februar 2023 var preget av krevende værforhold som skapte store utfordringer for flytrafikken ved Tromsø lufthavn, Langnes. Alle de store flyselskapene – SAS, Widerøe og Norwegian – rapporterte om hendelser knyttet til kraftige byger og sterk vind fra flygninger til eller fra Langnes:

- Et SAS-fly opplevde problemer under avgang som følge av kraftig sidevind og glatt rullebane. Flyet kom utenfor rullebanekanten før det fikk stanset.
- Tre Widerøe-fly ble truffet av lyn og rapporterte samtidig om alvorlig ising ved innflygning til Tromsø.

- Et Norwegian-fly ble både rammet av lyn og mottok varsel om vindskjær² rett før landing, et værphenomen hvor vindens hastighet og/eller retning endrer seg kraftig på kort tid.
- Et SAS-fly mottok vindskjær-varsel under innflygning og måtte avbryte landingen. Under den påfølgende utflygningen fløy de inn i et område med alvorlig ising, noe som førte til så kraftige vibrasjoner i én av motorene at besetningen sendte mayday-varsel før landing.

De to hendelsene med fly operert av SAS ble innrapportert til Statens havarikommisjon (SHK). Under arbeidet med å vurdere alvorlighetsgraden ble SHK kjent med de øvrige fire hendelsene ved Tromsø Lufthavn, Langnes samme dag.

SHK klassifiserte hver av hendelsene som luftfartshendelser, og dermed hendelser som ikke var nær ved å bli en ulykke. Alle hendelsene var vær-relaterte og SHK ønsket derfor å undersøke en hypotese om at flyværet i Nord-Norge i vintersesongen hadde endret seg. SHK tok kontakt med flysikkerhetsansvarlige i SAS, Norwegian, Widerøe og Luftambulansetjenesten for å få innspill fra deres erfaringer med værrelaterte hendelser under flygninger i vintersesongen i Nord-Norge. Alle de forespurte var av den oppfatning at været hadde gjort det mer krevende å operere de senere år og de ønsket å bidra med hendelsesrapporter og annen informasjon fra deres flygninger. SHK innledet samtidig dialog med Meteorologisk institutt, Avinor og Luftfartstilsynet, som også vurderte problemstillingen som relevant og ønsket å delta.

Som resultat iverksatte SHK en temaundersøkelse der målet var å finne ut om det var statistisk signifikante endringer i klima og deretter om eventuelle endringer kunne påvirke luftfarten på en slik måte at det ville resultere i en høyere risiko for flygninger i Nord-Norge vinterstid. Deretter måtte det vurderes om en eventuell forhøyet risiko krevde tiltak for å opprettholde et akseptabelt sikkerhetsnivå.

Undersøkelsen har søkt å svare på følgende problemstilling:

Har endringer i klimaet ført til mer krevende værforhold for flygninger i Nord-Norge vinterstid? Dersom det er signifikante endringer, må det vurderes om det er nødvendig med tiltak for å opprettholde ønsket sikkerhetsnivå.

Det ble vurdert at undersøkelsen ville kunne støtte oppunder målsettingene og intensjonene som følger av EUs klimalov³ samt EUs strategi for klimatilpasning⁴, selv om Norge ikke er bundet av disse. Spesielt gjelder dette å finne tiltak for å styrke klimatilpasning og redusere sårbarhet i alle sektorer, inkludert transport, samt at klimapolitikken skal bygges på den beste tilgjengelige vitenskapelige kunnskapen. Samtidig har undersøkelsen kunnet bidra til å belyse hvordan endringer i klima kan ha påvirkning på luftfarten og gi et bedre kunnskapsgrunnlag i tråd med Stortingsmelding *Meld. St. 26 (2022–2023) Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn, for både tilpasning og bedret varsling*.⁵

² Forkortelser og forklaringer av meteorologiske fenomener finnes i slutten av rapporten før vedlegg.

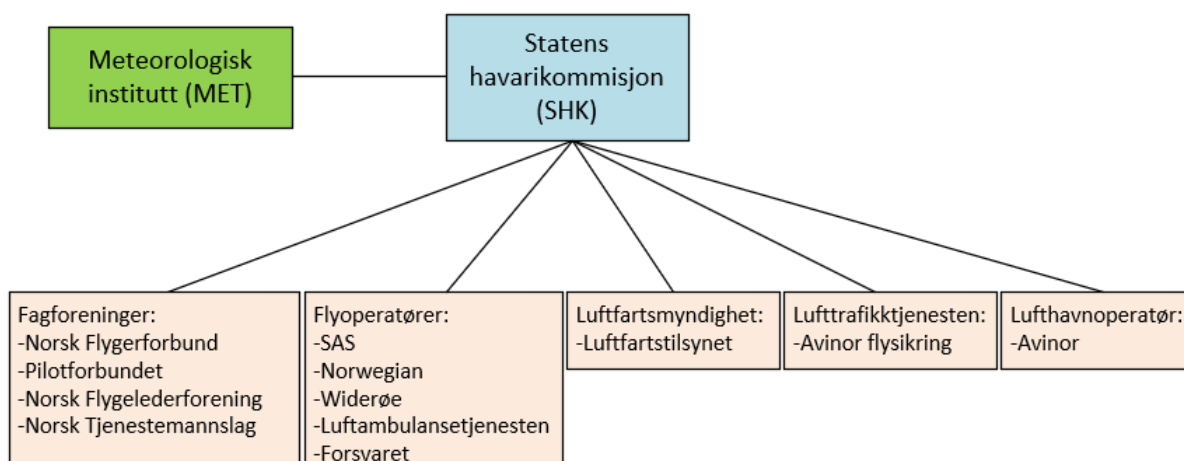
³ Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law').

⁴ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change

⁵ Meld. St. 26 (2022–2023) Klima i endring, Del 3 Plan for det nasjonale arbeidet med klimatilpasning 2024–2028

1.3 Deltagere, omfang og avgrensninger

SHK etablerte et prosjektteam der Meteorologisk institutt fikk hovedansvaret for å gjennomføre en analyse av klima- og værutvikling i Nord-Norge. I tillegg etablerte SHK en ekspertgruppe med representanter fra Luftfartstilsynet, de store norske flyselskapene, lufttrafikkjenesten, lufthavnoperatørene og fagforeninger. Denne gruppen delte hendelsesrapporter og erfaringer rundt flygninger i Nord-Norge, samt at de fikk konklusjonene fra rapporten til Meteorologisk institutt presentert.



Figur 1: Prosjektets deltakere. Kilde: SHK

Siden Nord-Norge opplever ekstra utfordrende flyvær på vinteren ble det besluttet å avgrense analysen fra Meteorologisk institutt til å omhandle tidsperioden fra 1. oktober til 1. mai. Analysen ble også avgrenset til å gjelde flyoperasjoner nord for polarsirkelen ($66^{\circ} 33' 45''$ N), inkludert Svalbard. Dette innebærer alle lufthavner fra og med Bodø og nordover, se figur 2.



Figur 2: Kart over det geografiske området med alle de norske flyplassene. Flyplassene med bokser rundt er de hvor Meteorologisk institutt har undersøkt lokale forhold nærmere. Kilde: © Gisle Solvoll. Illustrasjon: SHK

SHK gikk i dialog med Meteorologisk institutt for å få klarhet i hvilke værparametere som ville være relevante å vurdere opp mot undersøkelsens problemstilling. Resultatet av dialogen var at SHK ga følgende oppdrag til Meteorologisk institutt:

Utarbeid en rapport om utviklingen i været nord for polarsirkelen der følgende temaer blir belyst:

- *Undersøk om det har vært endringer i banene som polare lavtrykk⁶ og synoptiske lavtrykk⁷ normalt følger. En antakelse er at lavtrykkene oftere kommer fra vest eller sørvest, med mildere og fuktigere luft som kan føre til mer ising, kraftigere bygeskyer (Cumulonimbus – CB⁸) etc.*
- *Undersøk om det har vært en økning i CB-aktivitet og lynnedslag. Undersøke om trigget lynnedslag skjer i høyder der lufttemperaturen er rundt 0 °C, kjent som 0-isotermen.*
- *Undersøk om generell vindretning og/eller -styrke har endret seg ved enkelte flyplasser nord for polarsirkelen, og vurderer om topografien kan føre til uventede vindkast. Dette inkluderer analyser av vind opp til et par tusen fots høyde.*
- *Undersøk om nedbørsmønsteret har endret seg. Et mildere klima kan føre til større utfordringer vinterstid dersom nedbøren kommer som sludd eller underkjølt regn.*

Under arbeidet med analysene hadde Meteorologisk institutt og SHK flere kontaktmøter for å gjennomgå rapportens delkapitler og foreløpige funn. Da rapporten var ferdigstilt, ble hovedfunnene presentert av Meteorologisk institutt for ekspertgruppen.

Parallelt innhentet SHK værrelaterte hendelsesrapporter fra flygninger i Nord-Norge utført av SAS, Norwegian og Widerøe fra 2007 og frem til 2023. Det ble tidlig klart at datamengden ikke var tilstrekkelig til å kunne benyttes for å understøtte det øvrige arbeidet i rapporten. SHKs konklusjon er at antallet hendelsesrapporter er for få til å settes i sammenheng med eventuelle spesielle værutfordringer utover normal vinteroperasjon i Nord-Norge, flere detaljer presenteres i Vedlegg C.

1.4 European Network on Impact of Climate Change on Aviation

Kort tid etter at SHK startet opp temaundersøkelsen, lanserte det europeiske flysikkerhetsbyrået (European Union Aviation Safety Agency – EASA) et nytt initiativ med fokus på klima og luftfart i et større geografisk omfang. *European Network on Impact of Climate Change on Aviation* (EN-ICCA⁹) har som målsetting å forstå og håndtere klimaendringers påvirkning på flysikkerheten på et globalt nivå. Initiativet ble etablert som en del av EASAs strategiske mål i *European Plan for Aviation Safety* (EPAS 2023–2025) og det førstemøtet ble holdt ved EASAs hovedkontor i Köln 9.–10. november 2023.

Et nettverk bestående av utvalgte eksperter fra luftfartsindustrien, nasjonale luftfartsmyndigheter (National Aviation Authority – NAA), forskningsorganisasjoner og nasjonale meteorologiske tjenester ble etablert og Norge bidrar med kompetanse fra Avinor, Luftfartstilsynet og SHK.

Hovedformålet med EN-ICCA er å bistå luftfartsaktører med å håndtere effektene av klimaendringer når det kommer til sikkerhet og tilknyttede aspekter (effektivitet, økonomi), samt å hjelpe forskere med å identifisere forskningsprioriteringer når det gjelder klimaendringenes innvirkning på luftfart.

⁶ Et småskala og oftest kortvarig lavtrykk som dannes når meget kald luft fra is- eller snøkleddede områder strømmer ut over åpent og forholdsvis varmt hav.

⁷ Storskala lavtrykk som oppstår på lavere og midlere breddegrader i Nord-Atlanteren. De beveger og utvikler seg nordøstover og inn i Norskehavet og Barentshavet.

⁸ Skytype som kan bli svært høy, og som gjerne gir kraftig nedbør – av og til også utpreget dårlig vær som tordenvær, hagl, skybrudd, storm og tornadoer.

⁹ <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-launches-new-initiative-tackle-impact-climate-change-flight>

EN-ICCA utarbeider metoder, vurderinger og anbefalinger. Disse resultatene hjelper EASA og luftfartsaktørene med å:

- definere studier eller forskningsprosjekter for å fylle kunnskapshull i forståelsen av værrelaterte risikotrender
- vurdere klimaendringenes innvirkning på luftfartens sikkerhetsområder (flyoperasjoner, flygertrening, luftdyktighet, lufttrafikkjenesten, bakkesikkerhet), og definere forebyggende tiltak
- identifisere beste praksis innen klimatilpasning som kan deles med luftfartsaktørene
- integrere klimaendringenes påvirkning i den europeiske sikkerhetsrisikostyringsprosessen (se EPAS Volume III)

2. Tromsø 12. februar 2023

2.1 Introduksjon og hendelser	12
2.2 Værsituasjonen	13
2.3 Historiske tilfeller tilsvarende 12. februar 2023	16

2. Tromsø 12. februar 2023

2.1 Introduksjon og hendelser

Den 12. februar 2023 befant det seg et intenst lavtrykkssystem vest-nordvest for Troms og et øst-vestlig (sonalt¹⁰) stasjonært høytrykkssystem i Nordvest-Europa. Sammen skapte de en sterk og lang vestlig fetch¹¹ over havet inn mot Nordland og Troms. Denne vestlige strømmingen resulterte i utfordrende sidevind- og turbulensforhold ved Tromsø lufthavn, Langnes, samt topografisk heving av fuktige luftmasser fra havet. Dette resulterte i sterk konvektiv¹² aktivitet, inkludert ising og lyn nær Langnes. En kraftig, rett vestlig luftstrøm langs kysten i dette området er ganske sjeldent, og observasjonsdataene inneholder kun åtte lignende langvarige situasjoner med kraftig rett vestavind i løpet av de siste 16 årene. Dette omtales videre i kapittel 2.3.

Det oppstod seks forskjellige luftfartshendelser som følge av dette været. Beskrivelsene under baserer seg på de innsendte rapportene fra flybesetningene etter hendelsene, samt flyselskapenes egne internundersøkelser som ble gjennomført etter to av hendelsene. Hendelsene presenteres i kronologisk rekkefølge og alle tider er lokal tid (UTC + 1 time).

Kl. 1445 ble en Airbus A320neo operert av SAS utsatt for kraftige snøbyger og vindkast i forbindelse med avgang fra rullebane 18¹³. Tromsø lufthavn, Langnes har to vindmålere, en i sydlig og en i nordlig ende av rullebanen. Vindmåleren i syd, lengst unna avgangspunktet, var på dette tidspunktet ute av funksjon, og besetningen fikk derfor vind oppgitt kun fra nordlig ende av rullebanen. Vindmåleren i nord er ved vestavind plassert i vindskyggen av noen bygninger. Vinden ble av tårnet oppgitt å komme fra 250 grader med en styrke på 13 kt¹⁴. Flygerne avbrøt avgangen da flyets nese begynte å vri seg mot venstre umiddelbart etter at flyet kom i bevegelse. Under manøveren for å vri flyet mot høyre, og holde det på rullebanen, fikk de en overkorreksjon som gjorde at flyet delvis havnet utenfor rullebanen på høyre side før besetningen til slutt fikk stanset flyet på rullebanen. Flyet fikk mindre skader på understell og to rullebanelys ble truffet. Rullebanestatus var rapportert til besetningen som RWYCC 3¹⁵.

Omtrent kl. 1615 ble en Boeing 737-800 operert av Norwegian utsatt for et lynnedslag under innflygning til Tromsø i omtrent 4 000 ft. Deretter fikk besetningen vindskjærvarsel på kort finale, med påfølgende varsel for høyt gjennomsynk. Rullebanestatus de fikk oppgitt var RWYCC 4. Besetningen opplevde det som en RWYCC 3, og har beskrevet i sin rapport at de hadde vanskeligheter med å snu flyet på rullebanen etter landing på grunn av vindforholdene.

Kl. 1650 ble en Embraer ERJ E190-300 operert av Widerøe utsatt for lynnedslag og ising på innflygningen til Tromsø. Besetningen har i sin rapport beskrevet at de opplevde værforholdene som svært krevende med en kombinasjon av kraftig ising, moderat turbulens, sterk sidevind og rullebane med slaps.

Litt etter kl. 1700, ble en De Havilland Canada DHC-8-103 operert av Widerøe utsatt for et lynnedslag i en haglbyge på innflygning til Tromsø. Besetningen har beskrevet i sin rapport at de

¹⁰ Sonalt refererer til en horisontal bevegelse eller orientering i atmosfæren, langs breddegradene.

¹¹ I meteorologi refererer fetch til den horisontale avstanden som vind har til å blåse over en vannflate (som havet) eller et annet flatt oppladningsområde, før det når et land eller annen topografi. Fetch beskriver dermed hvor langt vind kan hente og transportere fuktighet fra havet eller et annet fuktig område før det møter land eller andre barrierer.

¹² Konveksjon er vertikal transport av luft, som ofte kan føre til bygeskyer.

¹³ Rullebaner er nummerert etter magnetisk retning, så rullebane 18 betyr at flyene tar av og lander mot sør.

¹⁴ 1 knop tilsvarer 0,514 m/s.

¹⁵ Runway Condition Code – RWYCC er en standard måte å beskrive effekten av nedbør på rullebanen, for eksempel, vann, snø og is. Et lavere tall betyr en glattere rullebane.

ikke hadde fått beskjed om at tidligere fly var truffet av lynnedslag, og at de i så tilfelle ville ha valgt en annen innflygning.

Senere, omtrent kl. 2100, kom en De Havilland Canada DHC-8-103 operert av Widerøe inn i et område med kraftig ising under innflygning til Tromsø mellom 9 000 ft og 5 000 ft. Dette medførte kraftige vibrasjoner og høye smell fra is som løsnet og traff flykroppen. Besetningen beskriver i sin rapport at de var nummer tre på innflygning til Tromsø, og at de to foregående flyene også hadde rapportert om ising. Etter landing ble det funnet is flere steder på flyet, samt i luftinntaket til motor, og teknikere ble kalt ut til flyet for å fjerne denne. SHK har tidligere undersøkt og gitt ut rapport (Luftfart rapport 2023/01) om en hendelse med ising i luftinntak¹⁶.

Like etter, kl. 2106, ble en Airbus A320neo operert av SAS utsatt for ising i forbindelse med innflygning til Tromsø. Deretter fikk de varsel om vindskjær like før landing, noe som medførte at de avbrøt innflygningen. De fikk deretter kraftige vibrasjoner i en motor og valgte å erklære mayday for å få prioritert landing. Besetningen gjennomførte en normal landing. Flyselskapet beskriver i sin interne undersøkelse at det er sannsynlig at fan-bladene i motorene hadde samlet opp is som følge av lang flygetid i kraftige isingsforhold.

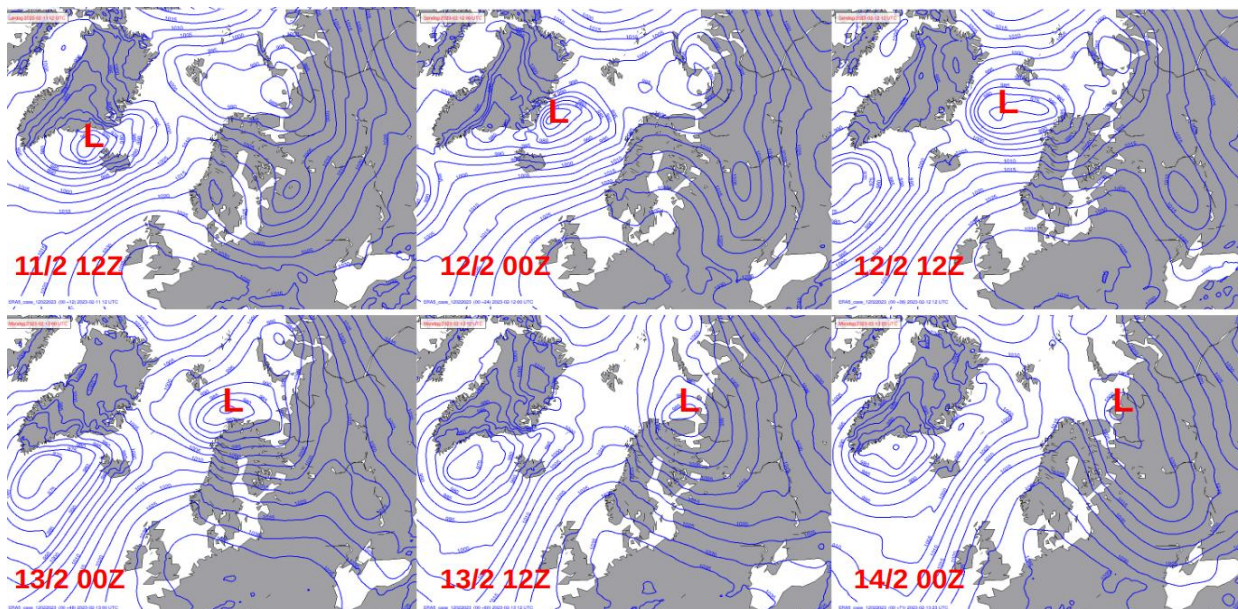
2.2 Værsituasjonen

Den 11. februar 2023 utviklet det seg et lavtrykkssystem mellom Grønland og Island. Det beveget seg øst-nordøst og intensiverte seg 12. februar. Et stasjonært høytrykkssystem over det nordvestlige Europa tvang lavtrykket til å passere nord for dette høytrykket, noe som skapte en sterk og vestlig vind inn mot Nordland og Troms. Dette resulterte i tverrvinds- og turbulensforhold på Tromsø lufthavn, Langnes. I tillegg skapte dette heving av fuktige luftmasser fra havet mot fjellene. Dette førte til ising og konvektiv aktivitet med bygeskyer (Cumulonimbus, CB-er). Figur 3 viser utviklingen av det gjennomsnittlige trykket ved havnivå (Mean Sea Level Pressure – MSLP) for hver 12. time fra 11. februar kl. 1200 UTC¹⁷ til 14. februar kl. 0000 UTC. Dataene er hentet fra ERA5 som er en reanalyse-modell¹⁸ utviklet av European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

¹⁶ <https://havarikommisjonen.no/Luftfart/Luftfart/Avgitte-rapporter/2023-01>

¹⁷ I figurene er tidspunkter omtalt som zulu-tid, Z, som er det samme som UTC.

¹⁸ Reanalyser er en kombinasjon av ulike observasjoner og en værvarslingsmodell som supplerer beskrivelsen av atmosfæren der observasjoner ikke finnes.



Figur 3: Utviklingen av det gjennomsnittlige sjøoverflate-trykket (Mean Sea Level Pressure – MSLP) for lavtrykkssystemet den 12. februar 2023, hver 12. time fra 11. februar kl. 1200 UTC til 14. februar kl. 0000 UTC. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

Varmfronten i lavtrykkets frontsystem passerte Nordland, Troms og Finnmark mellom kl. 0000 UTC og 0600 UTC den 12. februar, se figur 4, og forårsaket sterk vind fra sør til sørvest, samt frontnedbør. Rundt kl. 0900 UTC passerte kaldfronten, og den sterke vinden dreide mot vest med intense byger og lyn, se figur 5. Den sterke vestlige vinden varte i flere timer, og nådde sitt høydepunkt på Tromsø lufthavn, Langnes sent på ettermiddagen og tidlig kveld 12. februar.

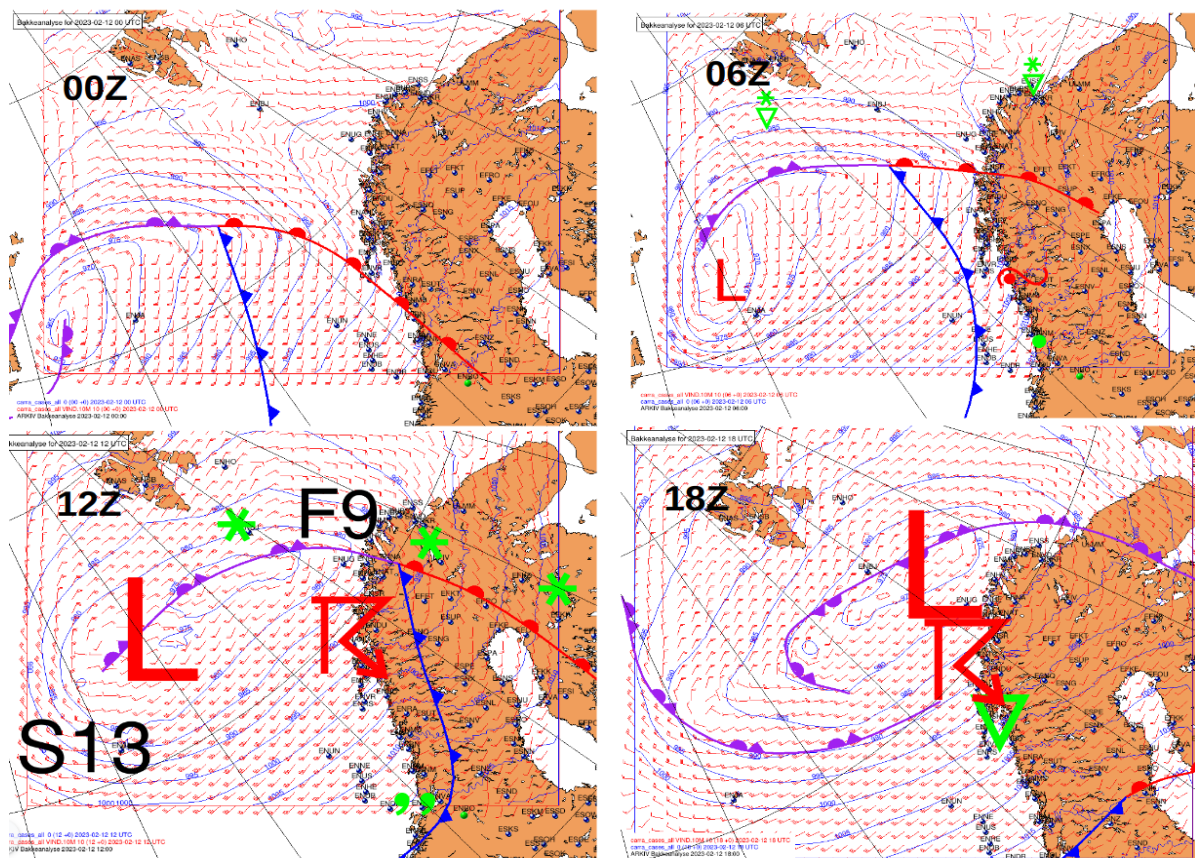
Observasjonsdata fra Tromsø lufthavn, Langnes viste en maksimal gjennomsnittlig vindhastighet på 36 kt med vindkast på 53 kt fra vest (260 grader). På Kjølen, en høyde på 2 600 fot 4,2 NM nord-øst av Tromsø lufthavn, Langnes, var vindhastigheten på sitt høyeste 58 kt, med vindkast på 81 kt fra vest (260 grader). Værobservasjonene (METAR¹⁹) som ble videreformidlet til flygere indikerte CB-aktivitet og blandede byger – regn, sludd og hagl. Terminal Area Forecast (TAF²⁰) for Langnes varslet kraftig CB-aktivitet med byger og risiko for tordenvær. En SIGMET²¹ for kraftige fjellbølger²² ble utstedt for området fra Bodø til Varanger fra bakkenivå til FL200.

¹⁹ Meteorological Aerodrome Report – værobservasjoner fra en flyplass.

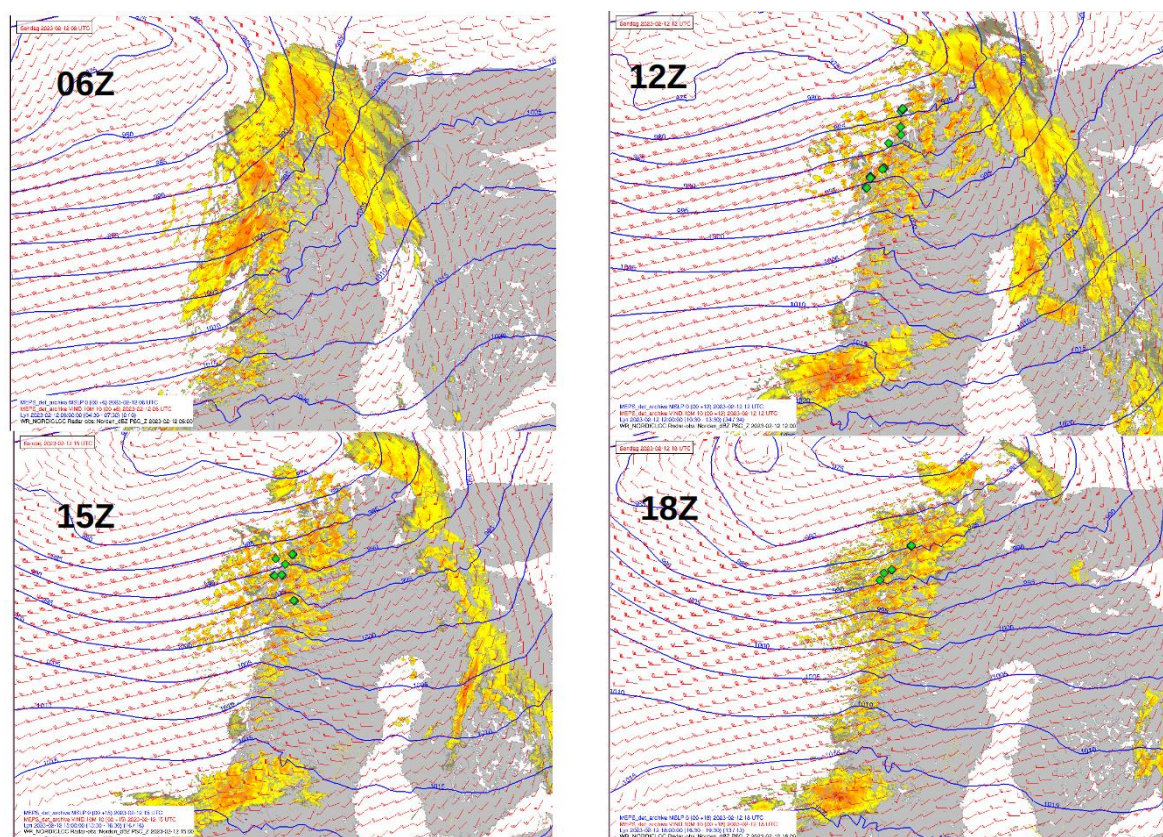
²⁰ Terminal Area Forecast (TAF) værvarsel for en flyplass.

²¹ SIGMET – SIGNificant METeorological Information. Signifikant meteorologisk informasjon vil si værphenomener som kan være direkte farlig, eller skape utfordrende og farlige situasjoner dersom det ikke tas forholdsregler.

²² Fjellbølger er et vindfenomen som oppstår når en luftstrøm passerer et fjell eller en fjellkjede som er høyere enn omgivelsene. De kan gi kaotiske vindmønstre og mye turbulens.

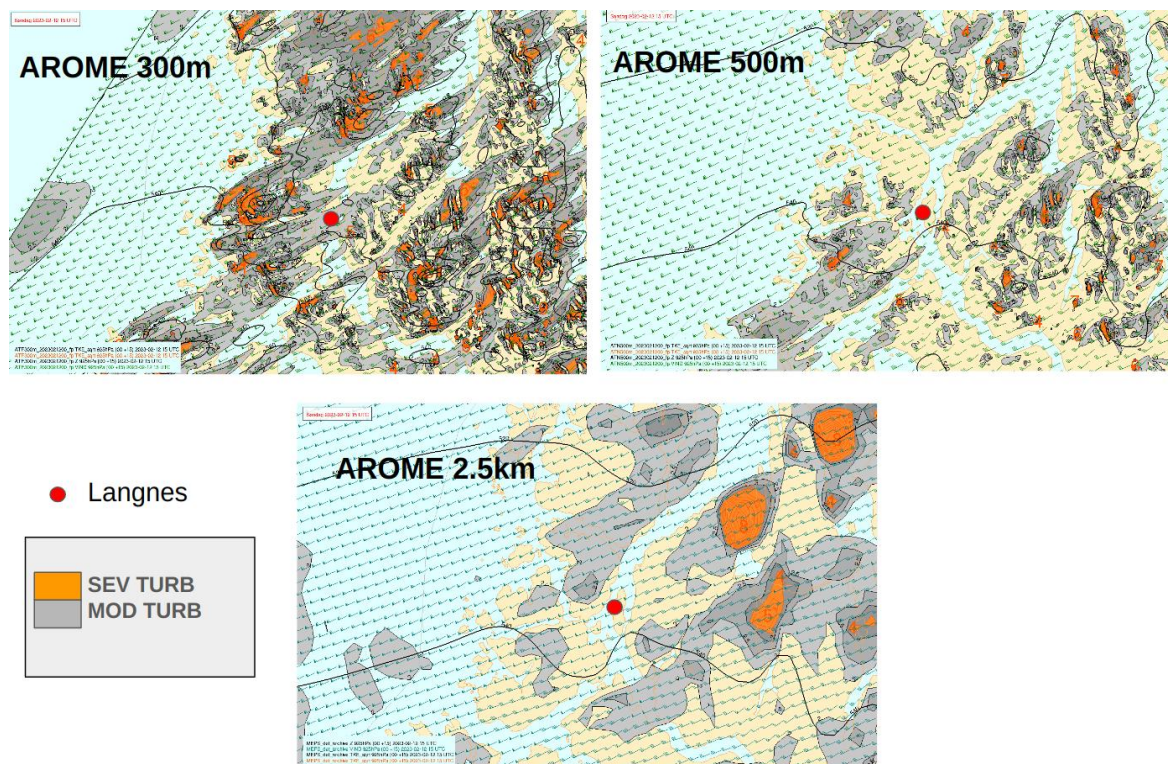


Figur 4: Overflateanalyse kl. 0000, 0600, 1200 og 1800 UTC, 12. februar 2023. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK



Figur 5: Radarekko og lynobservasjoner (grønne prikker) kl. 0600, 1200, 1500 and 1800 UTC den 12. februar 2023. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

Som en del av denne undersøkelsen har Meteorologisk institutt utført en detaljert studie av den 12. februar 2023, og detaljene av dette arbeidet finnes i kapittel 4 i deres rapport, se Vedlegg A. SHK trekker frem at i tillegg til de normale værmodellene (omtales som operasjonelle modeller og har en horisontal oppløsning på 2,5 km) ble det kjørt høyoppløselige modeller med horisontal oppløsning på 300 m og 500 m. Modeller med høy oppløsning krever mer regnekraft, og kjøres derfor ikke normalt. De høyoppløste modellene gir et mer detaljert bilde av lokal turbulens, se figur 6. Uten detaljerte observasjoner eller målinger er det ikke mulig å fullstendig evaluere riktigheten av modellene. Basert på kjennskapen til den komplekse topografien i området fremstår resultatene like fullt som realistiske.



Figur 6: Områder med simulert turbulens fra Harmonie-Arome-modellen med 300 m, 500 m og 2,5 km mellom hvert rutenettspunkt kl. 1500 UTC den 12. februar. Grå områder indikerer moderat turbulens (MOD TURB) og oransje områder alvorlig turbulens (SEV TURB). Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

2.3 Historiske tilfeller tilsvarende 12. februar 2023

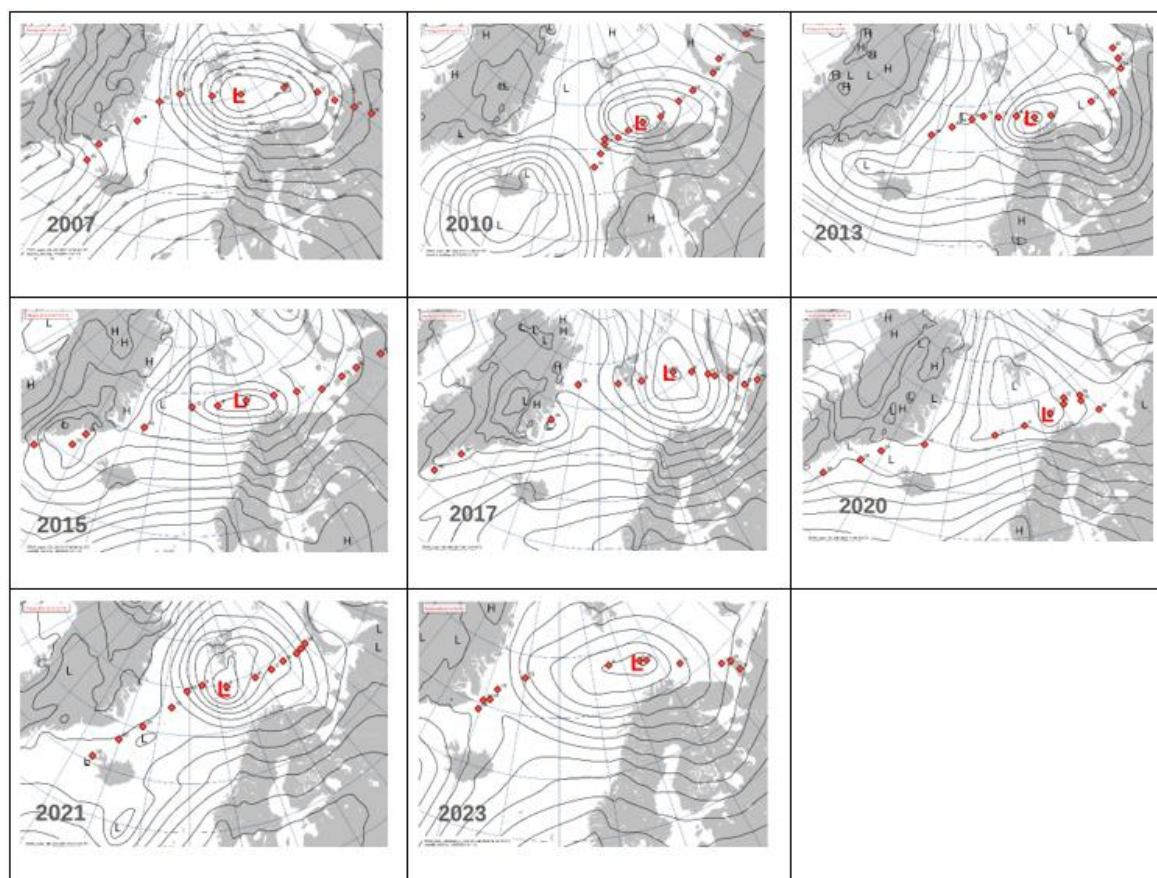
Statistikken viser at det i perioden fra 2007 til i dag har vært åtte tilsvarende værtilfeller (med langvarig og sterk vestlig vind/fetch) ved Tromsø lufthavn, Langnes. Disse presenteres i tabell 1. Merk at denne tabellen kun viser hendelser der vestlig vind (250–290 grader) er den dominerende vindretningen og der middelvind er mer enn 35 knop. De to hendelsene med den sterkeste vestlige vinden ser ut til å være fra november 2010 og desember 2013, med vindkast opp til 62 kt og med en total varighet på henholdsvis 9 og 12 timer. Den 12. februar 2023 var maksimalvindkastet 53 kt med en varighet på omtrent 7 timer.

Tabell 1: De åtte langvarige tilfellene med sterke vestlige vinder og fetch ved Tromsø lufthavn, Langnes mellom 2007 og 2023. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

Start	Slutt	Varighet i timer	Sterkeste middelvind i knop	Sterkeste vindkast i knop
19.12.2007, kl. 0900	19.12.2007, kl. 1800	9	36	56
01.11.2010, kl. 2200	02.11.2010, kl. 0700	9	43	62
03.12.2013, kl. 1200	03.12.2013, kl. 2400	12	44	61
09.02.2015, kl. 1500	10.02.2015, kl. 1000	4,5 og 5	38	51
12.02.2017, kl. 1800	13.02.2017, kl. 1700	4 og 6	37	51
06.11.2020, kl. 1400	06.11.2020, kl. 2100	7	38	53
23.03.2021, kl. 1300	23.03.2021, kl. 1900	6	37	49
12.02.2023, kl. 1400	12.02.2023, kl. 2100	7	38	53

I de fleste av disse tilfellene med rett vestavind utvikler og intensiverer lavtrykkssystemene seg mellom Island og Grønland (Danmarksstredet), beveger seg øst-nordøstover, passerer nær Jan Mayen og når sitt toppunkt mellom Vest-Finnmark og Svalbard ved 0 timer, se figur 7. Disse hendelsene er ofte ledsaget av et stasjonært høytrykk over det europeiske kontinentet, som tvinger lavtrykkssystemene til å bevege seg nord- og nordøstover forbi høytrykket hvor de forsterker seg. Været som gav seks hendelser fra 12. februar 2023 følger dette mønsteret.

Ytterligere informasjon finnes i kapittel 4.4 og 6.3 i Meteorologisk institutt sin rapport, se Vedlegg A.



Figur 7: Sporing av lavtrykkssystemer for lignende situasjoner med sterk vestlig vind ved Tromsø lufthavn, Langnes, fra 2007 til 2023. Rød punkter representerer lavtrykkssenterets posisjon hver 6. time for totalt ± 36 timer. Rød 'L' representerer lavtrykkssenteret ved 0 timer. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

3. Meteorologisk analyse

3.1 Introduksjon	19
3.2 Meteorologisk analyse for Nord-Norge 1991–2023	20

3. Meteorologisk analyse

3.1 Introduksjon

For å svare ut problemstillingen omtalt i kapittel 1.2 har Meteorologisk institutt utført en omfattende analyse av klima og værforhold i Nord-Norge vinterstid. I dette arbeidet har Meteorologisk institutt forsøkt å svare på to sentrale spørsmål:

- Under hvilke forhold forekommer vanligvis utfordrende flyvær?
- Har det vært, eller forventes det, endringer i frekvens og intensitet av det utfordrende flyværet?

SHK vil overordnet oppsummere den meteorologiske undersøkelsen som er gjennomført i prosjektet. Den fullstendige rapporten fra Meteorologisk institutt inneholder flere analyser, en grundigere diskusjon, mer beskrivelse av data brukt, samt referanser til annet relevant arbeid, se Vedlegg A.

3.1.1 DATA OG METODE

Den meteorologiske analysen er gjort ved å benytte et bredt spekter av kilder til data:

- pilotrapporter (AIREP²³), om opplevde utfordrende forhold knyttet til f.eks. ising, turbulens og vindskjær
- standard meteorologiske observasjoner
- METAR-observasjoner fra flyplasser
- lynobservasjoner
- reanalyse- og klimamodelldata.

De ulike datakildene har både styrker og svakheter, men kombinert, og når man tar disse styrkene og svakhetene i betraktning, gir de samlet en god beskrivelse av relevante værforhold. Under siteres Meteorologisk institutt sin forklaring av metoden:

I rapporten undersøkes et vidt spenn av ulike parametere som kan påvirke flyforholdene. For å gjøre rapporten mer sammenhengende på tvers av ulike fenomener var det ønskelig med en lik tilnærming for flest mulig av parameterne med tanke på å definere ekstremt eller utfordrende flyvær, og å se på endringer over tid for disse. Ulike tilnærminger ble diskutert og testet.

For å studere dette i perioden 1991-2023 var det viktigste datasettet reanalysen "Copernicus Arctic Regional ReAnalysis (CARRA)". En naturlig tilnærming var å se på overskridelse av ulike terskelverdier. Terskelverdier kan gis i absoluttverdier, f.eks. vindstyrke over 30 knop, og brukes for alle geografiske områder. En utfordring med en slik tilnærming er at reanalysene for visse parametere og områder inneholder systematiske feil, f.eks. at sterk vind underestimeres i gitte områder og alltid er under den valgte terskelen i reanalysene, men ikke i virkeligheten. Potensielt vil dette kunne gi falske trender, fravær av reelle trender i visse områder og heller ikke si noe om trendene i områder hvor de absolutte tersklene ikke overskrides. I tillegg vil ikke verdien over et areal (hvert gitterpunkt er 2.5 x 2.5 km som i tilfelle med CARRA) være representativt for veldig lokale forhold på en enda mindre skala.

²³ Observasjonsrapport fra fly i lufta, sendt av piloter under flyging iht. ICAO Annex 3 – Meteorological Service for International Air Navigation.

For å håndtere utfordringene nevnt over har vi beregnet den årlige 99-persentilen (1-persentilen ved lave verdier) i hvert gitterpunkt i reanalysene og sett på om det er endringer i denne over perioden 1991-2023. Med 7 måneders vinter (oktober-april) tilsvarer 99-persentilen totalt de 16 verste 3-timers periodene i løpet av vinteren (eller totalt to døgn, men ikke nødvendigvis sammenhengende). Det ble for ulike parametere testet med valg av andre persentiler (90, 95, 99.5 og 99.9). For lavere persentiler ble det geografiske mønstre i endringene for de fleste parametere kvalitativt like som ved 99-persentilen. Imidlertid var verdiene ved f.eks. 90-persentilen for mange parametere betydelig lavere enn hva som forbindes med værutfordringer. For høyere persentiler fremsto resultatene for noen parametere mindre robuste, med mye "geografisk støy" og lite signifikante endringer pga få hendelser. Valget av 99-persentilen er derfor et kompromiss mellom noe som kan sees på som "ekstremer"/"i halen på fordelingen", samtidig som det i de fleste tilfeller gir godt nok datagrunnlag for robuste resultater.

3.2 Meteorologisk analyse for Nord-Norge 1991–2023

3.2.1 VINTERKLIMA I NORD-NORGE

De generelle klimatologiske forholdene i Nord-Norge og på Svalbard er i stor grad styrt av kontraster mellom land og hav, og inkluderer både maritimt, kontinentalt og arktisk klima med til dels store temperaturforskjeller. Utfordrende flyvær kan forekomme i ulike situasjoner, både når været kommer fra sør og når det kommer fra nord.

3.2.1.1 Synoptiske lavtrykkssystem

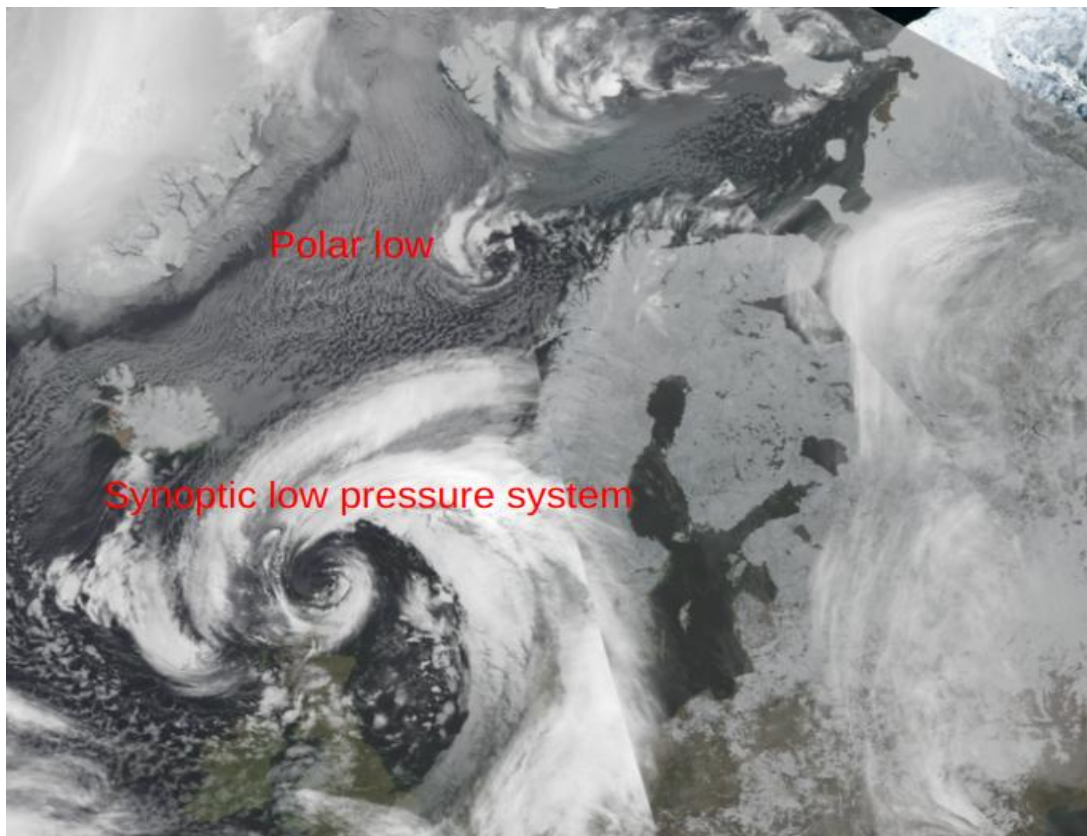
Disse oppstår ofte på lavere og midlere breddegrader i Nord-Atlanteren. De beveger og utvikler seg nordøstover og inn i Norskehavet og Barentshavet. Kan typisk gi utfordringer i noen områder, f.eks. knyttet til turbulens, ising og lyn. Horisontal utstrekning på et typisk storskala synoptisk lavtrykkssystem kan være på 1 000–2 500 km, se figur 8.

3.2.1.2 Polare lavtrykk

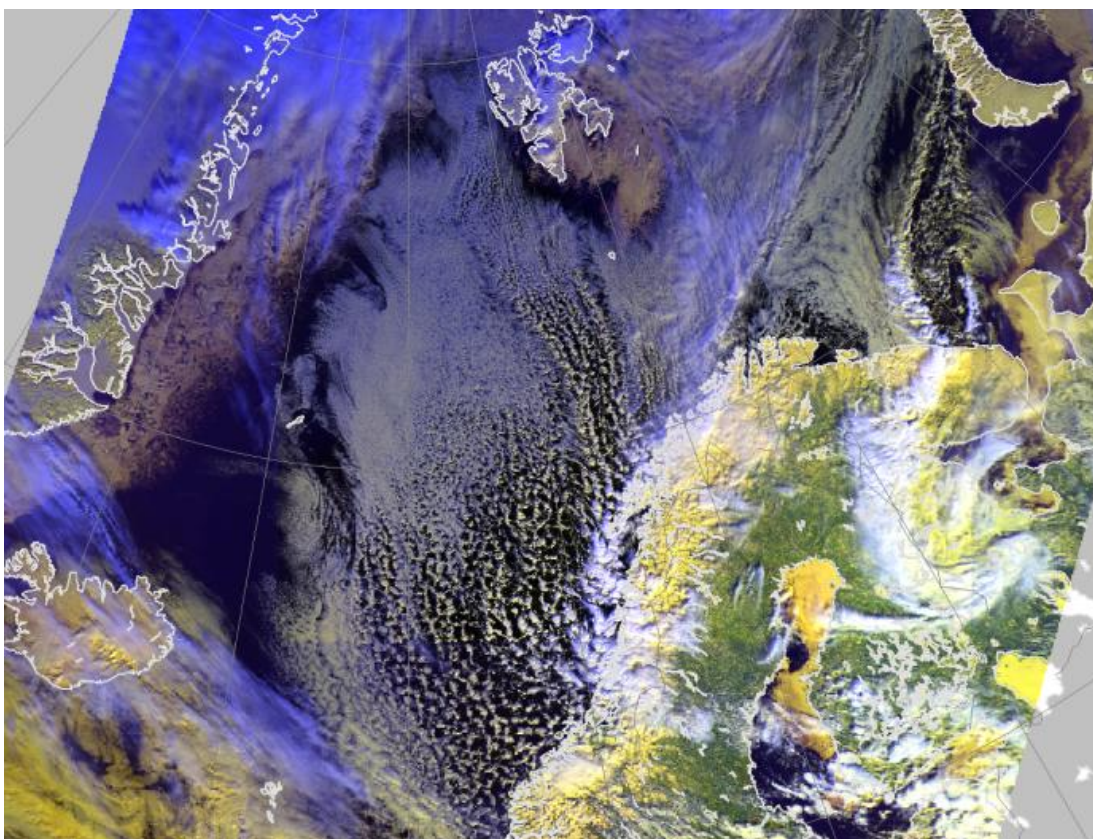
Disse lavtrykkene er mer uforvarende og plutselige, men er betydelig mindre i utstrekning, og har kortere levetid. Dette gjør at de er vanskeligere å varsle nøyaktig. Et polart lavtrykk er et såkalt mesoskala lavtrykkssystem med en utstrekning på omkring 150–600 km, se figur 8. Typiske værutfordringer knyttet til polare lavtrykk er potensielt kraftig vind, ising, turbulens, intens nedbør og redusert sikt offshore og langs kysten. Polare lavtrykk skapes ofte i forbindelse med kaldluftsutbrudd og er mest vanlig i Norske- og Barentshavet. De mister sin energi når de beveger seg inn over land.

3.2.1.3 Kaldluftsutbrudd

Kaldluftsutbrudd oppstår når kald, tørr luft (vanligvis fra den arktiske havisen) strømmer over relativt varmt hav, noe som fører til kraftig utveksling av varme og fuktighet mellom havoverflaten og atmosfæren. Friggjøringen av varme og fuktighet utvikler konvektive skyer som høye cumulus-skyer (Towering Cumulus, TCUs) og cumulonimbus-skyer (CB). Konveksjonen vokser seg typisk større og blir mer organisert med økende avstand fra iskanten, se figur 9. Om vinteren resulterer dette ofte i intense byger med sludd, snø eller hagl inn mot kysten med mange av de samme utfordringene som et polart lavtrykk, men situasjonen kan være mer vedvarende.



Figur 8: Satellittbilde av stormen (ekstremværet) «Tuva» 31. januar 2008. Skysystemet viser typisk størrelse av storskala synoptiske lavtrykkssystemer versus størrelsen av et polart lavtrykk plassert nord for lavtrykket og sør for Svalbard. Data: EUMETNET/METEOSAT. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK



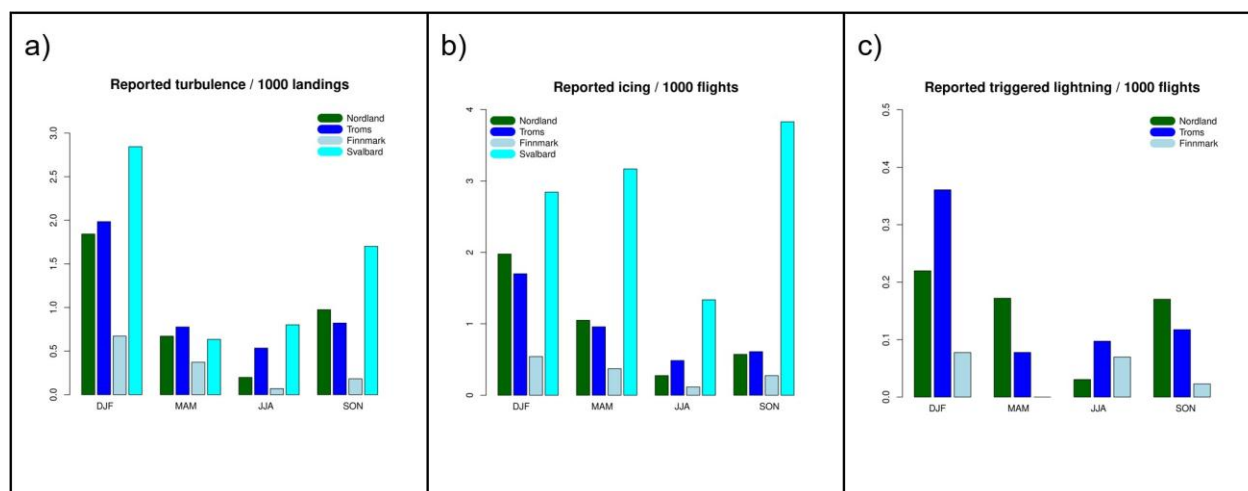
Figur 9: Satellittbilde av et velutviklet kaldluftsutbrudd i Norskehavet og inn mot kysten av Norge. De konvektive elementene er små nær iskanten, men vokser seg større og organiseres i bånd etter hvert som de nærmer seg kysten av Norge. Data: National Oceanic and Atmospheric Administration / SHK

3.2.2 NÅR FÅR VI UTFORDRENDE FLYVÆR?

Pilotrapporter (AIREPs), data om flyaktivitet, METAR og lynobservasjoner kan kombineres for å gi et innblikk i hvor, og hvor hyppig utfordrende værforhold forekommer. Generelt er det en sterk sesongmessig variasjon, med mer utfordrende værforhold knyttet til ising, turbulens, konveksjon og lyn utløst av fly om vinteren enn om sommeren, se figur 10.

Vinterkonveksjon og lyn utløst av fly (Triggered lightning) skjer oftere i Nordland og Troms enn i Finnmark og på Svalbard. At flere fly blir truffet av lyn på vinteren enn om sommeren kan fremstå som overraskende siden den generelle lynaktiviteten er større om sommeren. Årsaken er at sannsynligheten for at fly utløser lyn er størst ved temperaturer nær 0 °C eller litt under. Dette temperatursjiktet inneholder oftest positiv ladning i konvektive skyer og finnes som regel nær bakken om vinteren. Flyene møter ofte slike forhold på de fastsatte inn- og utflygningsrutene hvor de har begrenset navigasjonsmulighet og dermed redusert mulighet til å fly rundt konvektiv aktivitet. Om sommeren er dette sjiktet høyere opp i atmosfæren hvor flyene har mer fleksibilitet til å navigere rundt synlig konvektiv aktivitet.

Lavnivå-turbulens er hyppigst rapportert på Svalbard, med nesten 3 hendelser per 1 000 landinger for vintermånedene desember, januar og februar. På Svalbard er det rapportert om isingsforhold høst, vinter og vår, mens det for Nord-Norge er mer knyttet til vintermånedene, desember, januar og februar. Ising er også rapportert hyppigst på Svalbard, med maksimum for høstmånedene september, oktober og november med nesten 4 hendelser per 1 000 flyvninger. At fly utløser lyn er sjeldent, men skjer oftest i Troms med i underkant av 0,4 per 1000 flyvninger.

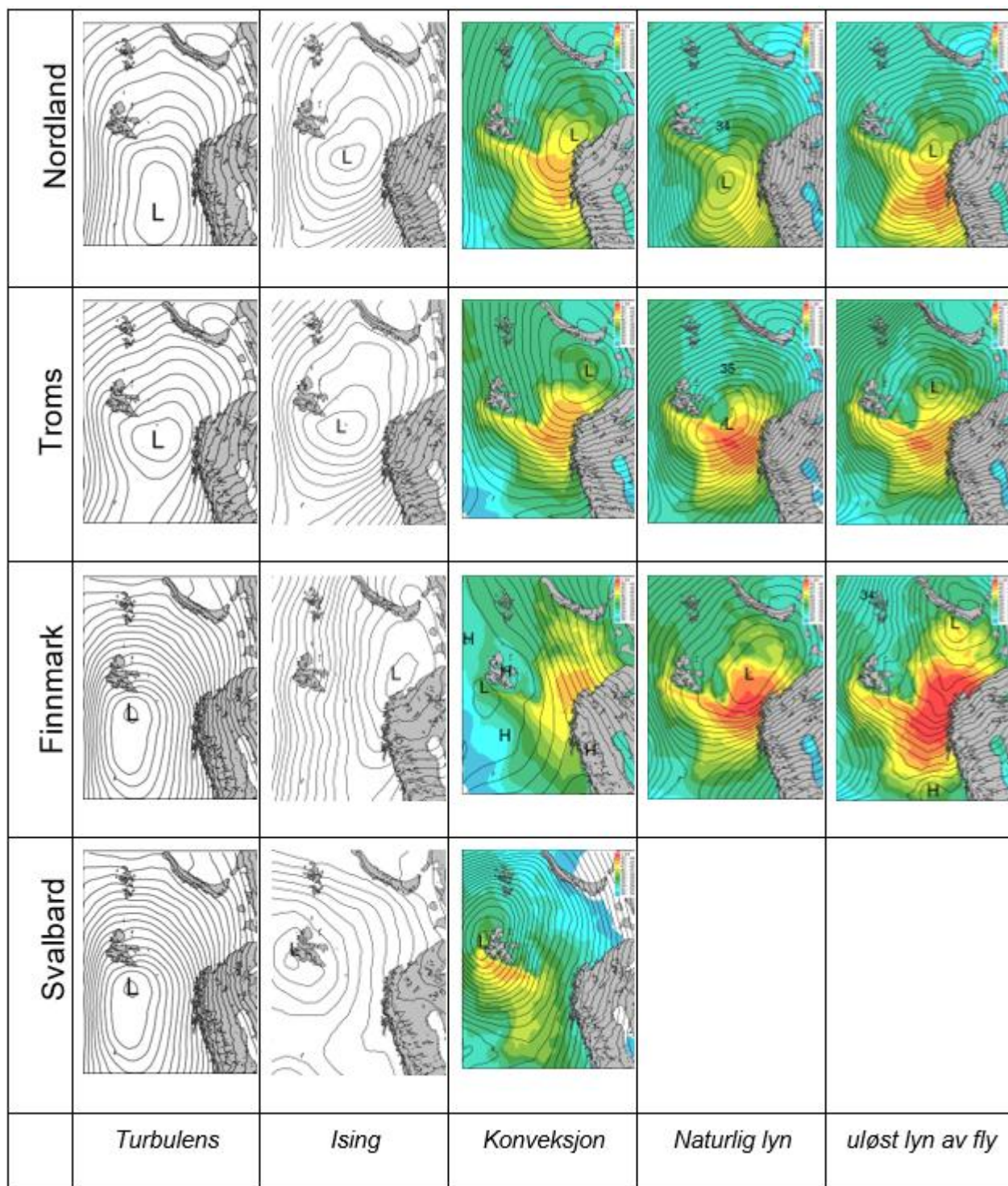


Figur 10: Hyppighet av a) pilot-rapportert lavnivå turbulens per landing i Nordland, Troms, Finnmark og Svalbard, b) pilot-rapportert ising per flyvning og c) pilot-rapportert lynnedslag i fly – desember, januar og februar (DJF), mars, april og mai (MAM), juni, juli og august (JJA) og september, oktober og november (SON). Kilde: Meteorologisk institutt / SHK.

3.2.3 REANALYSER

Reanalyser er en kombinasjon av ulike observasjoner og en værvarslingsmodell som supplerer beskrivelsen av atmosfæren der observasjoner ikke finnes. Reanalyser gir derfor den beste historiske tredimensjonale beskrivelsen av atmosfæren. Reanalyser har i tillegg som mål å være konsistent i tid og er derfor ofte godt egnet til å undersøke trender i historisk vær. Ved å kombinere pilotrapporter og værobservasjoner (brukt i figur 10) med reanalyser, kan man derfor identifisere under hvilke storskala atmosfæriske forhold utfordrende flyvær typisk skjer.

Fenomener som konveksjon, ising, turbulens og (utløst) lyn er imidlertid som regel knyttet til prosesser på veldig lokal skala. Men det at disse lokale prosessene skjer, er i stor grad knyttet til storskala værmønstre som tilrettelegger. Selv om det er betydelig variasjon fra situasjon til situasjon, finnes det derfor noen felles mønstre i storskala værforhold, se figur 11.



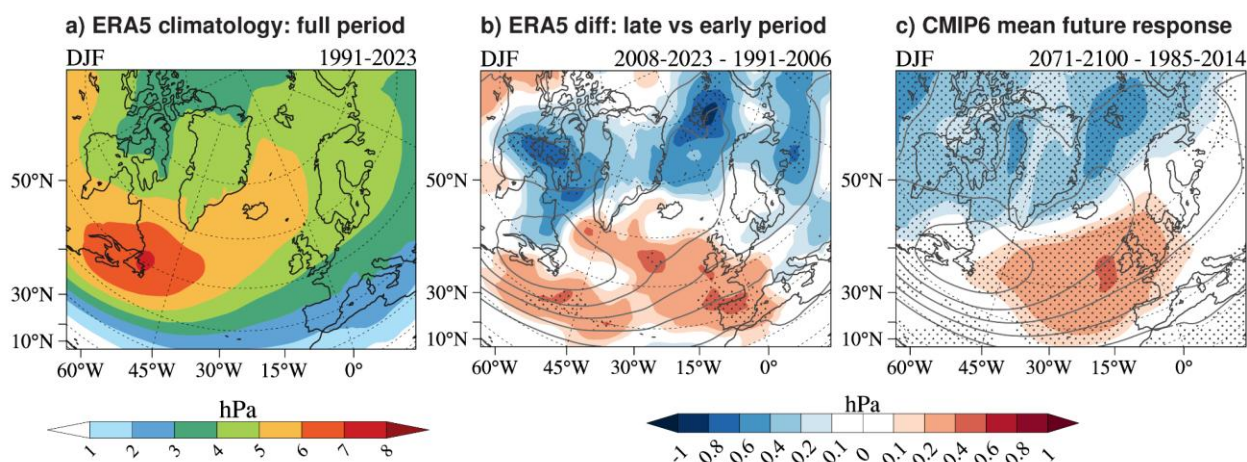
Figur 11: Gjennomsnittlig trykk ved havnivå (MSLP, 1 hPa konturer) når piloter, for månedene oktober til april 2015–2024, har rapportert om turbulens under Flight level 200 (første kolonne), ising (annen kolonne), konveksjon (tredje kolonne), naturlig lyn (fjerde kolonne) og lyn utløst av fly (femte kolonne). For konveksjon og lyn er i tillegg temperaturforskjellen mellom havoverflaten og 500 hPa gitt i farger som et mål på atmosfærens instabilitet. Store forskjeller indikerer instabile forhold. Gjennomsnitt for hendelser i Nordland (rad 1), Troms (rad 2), Finnmark (rad 3) og Svalbard (rad 4). Lyn er ikke observert på Svalbard og er dermed ikke med i figuren. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

Utfordrende flyvær er ofte knyttet til storskala lavtrykkssystem i Norskehavet og som regel ledsaget av (sterk) pålandsvind. Værforholdene intensiveres ofte ytterligere på grunn av kystkonvergens og tvunget heving av luft mot stigende terreng. For ising, konveksjon og lyn sees nettopp dette fellestrekket med pålandsvind, sannsynligvis med transport av fuktige luftmasser mot kysten, som gir muligheten for underkjølt skyvann når det løftes mot stigende terreng som igjen gir potensiale for ising. Sammen med sterk vertikal instabilitet kan dette resultere i konveksjon og potensielt lyn.

For rapportert turbulens er det et noe annerledes bilde ved at det for Nordland og Troms skjer hyppigst med vind over terreng fra sørøst til sør, mens det for Finnmark er knyttet til markert fralandsvind og på Svalbard er knyttet til vind fra øst.

3.2.4 KLIMA OG TRENDER I STORSKALA SYNOPTISKE LAVTRYKK

Den sterke koblingen mellom plassering og intensitet av de store lavtrykkssystemene og utfordrende flyvær gjør en analyse av klimatologien, historiske endringer og fremtidige scenarier for stormaktivitet interessant. I løpet av månedene desember, januar og februar er stormaktiviteten størst på østkysten av Nord-Amerika (~50°N), hvor mange av lavtrykkssystemene dannes. Disse beveger seg så nordøstover i Atlanterhavet, hovedsakelig mot Island og ofte videre inn i Norskehavet og Barentshavet, se figur 12a. I siste halvdel av perioden 1991–2023 har det i gjennomsnitt vært en tendens til en litt mer vest-østlig (sonal) bane for stormaktiviteten i desember, januar og februar enn i første halvdel av perioden, noe som har resultert i en liten reduksjon i stormaktiviteten i nærområdene til Nord-Norge/Svalbard, se figur 12b.



Figur 12: Stormaktivitet og endringer i stormaktivitet for desember, januar og februar. Kilde: Meteorologisk institutt/SHK

Figur 12a viser klimatologi av stormaktivitet 1991–2023 basert på ERA5-data. Høyere verdier indikerer mer aktivitet. Figur 12b viser endringer i aktivitet mellom periodene 1991–2006 og 2008–2023 basert på ERA5-data. Røde farger indikerer en økning fra den første til den siste perioden i stormaktivitet, mens blå farger indikerer en reduksjon. Svarte prikker indikerer statistisk signifikante forskjeller (90 % konfidensintervall). Figur 12c viser endringer i stormaktivitet mellom en historisk periode (1985–2014) og en fremtidig periode (2071–2100) for gjennomsnittet av 29 CMIP6²⁴ klimamodeller for utslippsscenario SSP-5-8.5²⁵. Røde farger indikerer en økning fra den første til den siste perioden i stormaktivitet, mens blå farger indikerer en reduksjon. Områder hvor mer enn 60 % av modellene er enige om fortegnet på endringene er markert med svarte prikker.

For mars, april og mai er det derimot sett en svak økning i de samme nordlige regioner i andre halvdel av perioden 1991–2023, men for disse månedene er stormaktiviteten i utgangspunktet lavere enn for desember, januar og februar, se figur 13a og b.

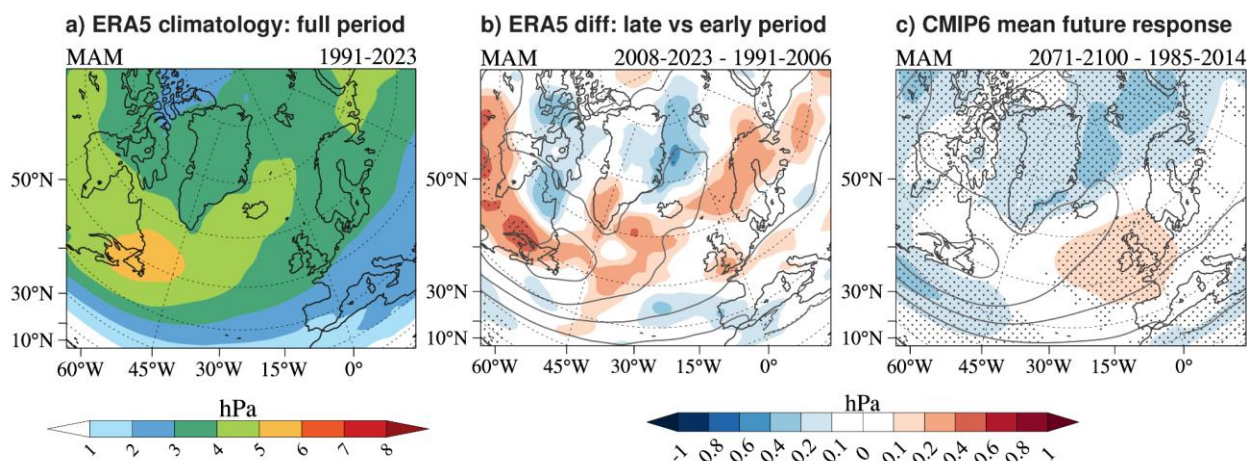
Det understrekes at endringene de siste tiårene kan skyldes naturlige variasjoner, være et uttrykk for endringer i klima, eller en kombinasjon av disse. Fremtidige klimascenarier indikerer videre en beskjeden reduksjon i stormaktiviteten i Norskehavet og Barentshavet, se figur 12c og figur 13c.

²⁴ Coupled Model Intercomparison Project. CMIP er et prosjekt under World Climate Research Programme som utgir klimaprojeksjoner for å forstå tidligere, eksisterende og fremtidige klimaendringer.

²⁵ Shared Socioeconomic Pathways (SSP) er fem scenarier utviklet for å analysere hvordan samfunnsutvikling kan påvirke og bli påvirket av klimaendringer. De brukes i klimamodellering, blant annet i FNs klimarapporter.

Det understrekes at det fortsatt er et flertall av lavtrykkssystemene som vil bevege seg inn i Norskehavet og Barentshavet og berøre Nord-Norge og Svalbard. Det understrekes også at år-til-år-variasjonene i frekvens og intensitet av lavtrykkene er stor.

Basert på denne analysen av stormaktivitet finnes det ingen indikasjoner på at vanskelige flyværforhold i fremtiden generelt vil bli hyppigere, eller mer intensive enn under dagens værforhold vinterstid i Nord-Norge. I analysene presentert i figur 12c og figur 13c er et høyt utslippsscenario hentet fra SSP brukt. Hvordan de ulike værphenomenene potensielt kan endre seg i et fremtidig klima er komplekst, spesielt for fenomenene som er knyttet til fuktighet. Estimer av fremtidige endringer inneholder derfor alltid usikkerhet.



Figur 13: Samme som figur 12, men for mars, april og mai. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

3.2.5 KORT OPPSUMMERING AV FUNNENE OM ENKELTE VÆRFENOMENER

Under oppsummeres funnene fra rapporten til Meteorologisk institutt om de enkelte værphenomenene som er undersøkt som kan ha betydning for luftfart. Utfyllende detaljer finnes i kapittel 7 i rapporten.

3.2.5.1 Ising

For at ising skal oppstå, trengs underkjølt skyvann. Dette skjer blant annet vinterstid når fuktig maritim luft blir transportert fra havet og inn mot Nord-Norge ved pålandsvind, typisk sør for og i bakkant av synoptiske lavtrykkssystemer. Når luften treffer kysten vil det oppstå konvergens og løft mot fjellene, noe som medfører en sterk vertikal transport og produksjon av underkjølt skyvann. De største forekomstene av underkjølt skyvann skjer derfor lokalt over fjellene langs kysten av Nord-Norge. Generelt reduseres isingsforholdene nordover fordi det blir kaldere og mindre underkjølt skyvann tilgjengelig. Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

Over perioden 1991-2023 er det funnet en liten reduksjon i de største årlige mengdene av underkjølt skyvann langs norskekysten, og spesielt i Troms der endringene er statistisk signifikante. På den nordlige delen av Svalbard har det vært en økning av underkjølt skyvann. Det er sannsynlig at dette er relatert til redusert sjøisdekke som gir større lokal tilgang på fuktighet. Med en mulig reduksjon i stormaktivitet, forventes det at hyppigheten av isingshendelser vil reduseres litt i fremtiden, men ettersom varmere luft har potensial til å bære mer fuktighet, er det usikkert om hver enkelt hendelse vil bli mer alvorlig eller ikke. Indikasjoner på slike mer intense hendelser er imidlertid ikke funnet over perioden 1991-2023. I områder der sjøisen forsvinner kan det bli en økt mulighet for ising på grunn av økt tilgjengelighet av fuktighet.

3.2.5.2 Turbulens

Hendelser med turbulens på lavere atmosfæriske nivåer og kraftig vind nær bakken er knyttet til topografien i de ulike områdene i Nord-Norge og Svalbard. Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

Selv om det er lokale forskjeller, og endringene i perioden 1991-2023 på mange steder som ikke er statistisk signifikante, viser det generelle mønsteret en reduksjon i sterk vind nær bakken og lavnivå-turbulens over Nord-Norge, Svalbard og tilstøtende havområder.

Den kraftigste bakkenære turbulensen er i utgangspunktet knyttet til bratt terreng. Hvis fremtidig stormaktivitet blir noe redusert, er det sannsynlig at hyppigheten av turbulente lavnivåforhold vil reduseres noe videre. Clear Air Turbulence (CAT, høyde-turbulens) er ikke analysert med egne data i denne rapporten, men skiller seg fra lavnivå-turbulens ved sin tilknytning til jetstrømmen (vindskjær) og fjellbølger som forplanter seg høyt opp. Flere nylige vitenskapelige studier tyder på at CAT vil øke i fremtiden i vårt interesseområde.

3.2.5.3 Konveksjon

Generelt er konveksjon i kystområdene i Nord-Norge vanlig vinterstid, og mer hyppig enn om sommeren. Vinterstid oppstår og utvikler konveksjonen seg typisk når kald luft strømmer over relativt varmt vann (f.eks. ved kaldluftsutbrudd, se 3.2.1). Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

De konvektive skyformasjonerne utvikles over havet, og når luftmassene treffer kysten intensiveres konveksjonen pga. konvergens og løft mot fjellene før de igjen raskt dør ut pga. manglende tilgang på fuktighet og energi videre innover land. Intensiteten ved kysten styres av den vertikale atmosfæriske instabiliteten (den vertikale temperaturgradienten) og styrken av pålandsvinden. Den vertikale instabiliteten er i gjennomsnitt størst over de varme havstrømmene langs norskekysten og vest for Svalbard.

Over perioden 1991-2023 er det funnet en beskjeden reduksjon i både styrken av pålandsvinden og den vertikale instabiliteten langs kysten av Nord-Norge. Imidlertid er det funnet en tendens til økning i den vertikale instabiliteten under de sterkeste hendelsene med pålandsvind. Det er derfor usikkert om konveksjonsintensiteten for de mest intense tilfellene har endret seg i løpet av perioden. En gjennomgang av vitenskapelig litteratur sannsynliggjør imidlertid en fremtidig reduksjon i vinterkonveksjon, kaldluftsutbrudd og tilhørende polare lavtrykk i området, noe som også støttes av den reduserte storskala stormaktiviteten i regionen.

3.2.5.4 Lyn

Selv om lynnedslag sjelden fører til større utfordringer, er det uønsket. Lyn har potensiale til å skade strukturen på fly og det kan skape problemer for elektronisk utstyr om bord. Alle luftfartøyer sertifiseres for å tåle påvirkningen av lyn i henhold til internasjonale standarder. Fly skal tåle lynnedslag med en maksimal strøm-topp på 200 kA²⁶. Hvis fremtidig forskning viser en tendens til økning i lynstyrke må effekten av dette på luftfart studeres. Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

Observasjonsnettverket for lyn har gått gjennom mange endringer gjennom årene og er derfor ikke egnet for å studere eventuelle trender. Selv om det ikke finnes noen tydelig indikasjon på en historisk økning i antall vinterlyn i Nord-Norge i ulike studier, antyder flere

²⁶ Kiloampere, kA, er et mål på energi.

studier en fremtidig økning i antall vinterlyn, men det er stor usikkerhet knyttet til disse estimatene.

Forskning på klimaendringer og lyn har fokusert mer på endringer i frekvens og hyppighet av lyn enn på endringer i styrke. Det er per i dag (September 2025) ikke noen studier som gir forutsetning for å si noe om eventuelle observerte eller fremtidige endringer i lynstyrke utover at potensialet for det diskuteres i noen studier. Det argumenteres for at potensielle endringer i lynstyrke kan skje for eksempel på grunn av økt tilgang på fuktighet og varme og økt vertikal utstrekning av skysystemer. Begge deler kan gi større ladningsseparering og dermed kraftigere lyn. Begge deler er imidlertid bare hypoteser og det er ikke gjennomført studier som evt. bekrefter eller avkrefter hypotesene.

3.2.5.5 Bakkenær temperatur

Trenden i oppvarming av atmosfæren nær bakken, og spesielt etter 1990, er godt dokumentert. For Svalbard og Barentsregionen vinterstid, er oppvarmingen spesielt stor, med mer enn 5 grader økning fra første til siste halvdel av perioden 1991–2023. For fastlandet langs kysten av Finnmark og Troms er endringene mer moderate, men fremdeles entydige og statistisk signifikante. Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

Fordi gjennomsnittstemperaturen i utgangspunktet lå under 0°C, fører den generelle temperaturøkningen til en liten økning (~2-4%) i temperaturforhold rundt frysepunktet i områdene der mange av flyplassene er lokalisert. I fremtiden forventes det at den bakkenære temperaturen vil øke ytterligere, og når gjennomsnittstemperaturen kommer over 0°C, vil kyst- og ytterområdene av Nordland og Troms forvente en reduksjon i antall dager med 0°C-kryssinger. I Finnmark og i de indre områdene av Nordland og Troms er forventet gjennomsnittstemperatur fremdeles under 0°C og antall dager med 0°C-kryssinger er forventet å øke.

3.2.5.6 Nedbør

Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

I lange historiske observasjonsserier tilbake til begynnelsen av 1900-tallet sees en generell økning i årsnedbøren i siste halvdel av 1900-tallet. Imidlertid er endringene i vinternedbør i perioden 1991-2023 nøytrale, og i enkelte områder er det antydninger til en svak reduksjon i vinternedbør, f.eks. langs kysten av Troms. Fremtidige projeksjoner av vinternedbør viser en beskjeden økning, men disse prediksjonene er usikre. I fremtiden kommer imidlertid mer av vinternedbøren i Nord-Norge og på Svalbard som regn, i stedet for som snø.

3.2.5.7 Bakkenær relativ fuktighet

Følgende siteres fra Meteorologisk institutt:

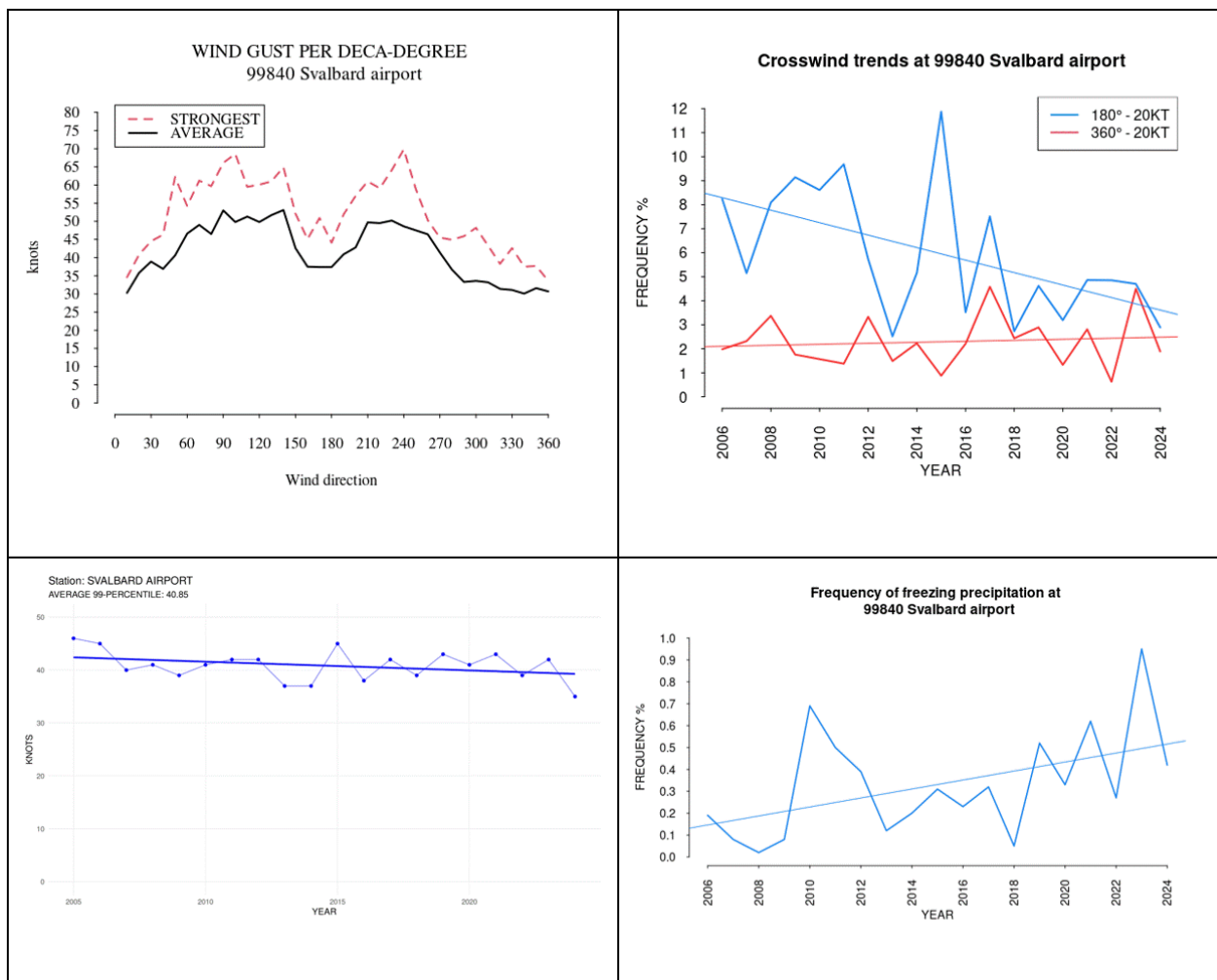
Flertallet av flyplassene i Nord-Norge er lokalisert langs kysten. Trenden i en generell analyse fra de siste 30 år viser at den relative luftfuktigheten for oktober til april avtar. Siden høy luftfuktighet kan bidra til glatt rullebane, betyr dette at frekvensen av glatte rullebaner, dårlig sikt og frysende tåke kan ha blitt noe redusert i perioden 1991-2023. Hvordan relativ luftfuktighet vil endre seg i fremtiden er usikkert.

3.2.6 LOKALE FORHOLD PÅ FLYPLASSER

For noen flyplasser i Nord-Norge er det gjennomført analyser av vind og frysende nedbør for perioden hvor vindobservasjoner hver time er tilgjengelig (typisk 2006–2024). Flyplassene er Bodø lufthavn; Tromsø lufthavn, Langnes; Kirkenes lufthavn, Høybuktmoen; Svalbard lufthavn, Longyear; Harstad/Narvik lufthavn, Evenes; Andøya lufthavn, Andenes; Bardufoss lufthavn; Alta

lufthavn og Lakselv lufthavn, Banak. Se figur 2. Analysene gir en detaljert beskrivelse av vindhastighet og retning, vindkast og dens retningsavhengighet, sidevindkomponent og forekomsten av frysende regn. Noen eksempler fra Svalbard lufthavn er vist i figur 14.

Analysene for alle flyplasser viser stor år-til-år variasjon, og store forskjeller mellom flyplassene. I gjennomsnitt er den sterkeste vinden observert i Bodø, og den svakeste vinden på Bardufoss. År med høy frekvens av sterk vind kan ofte knyttes til ekstreme værhendelser, f.eks. for Bodø i 2006 med ekstremværet 'Narve'. Trendene er beskjedne. For eksempel er trendene for den sterkeste vindhastigheten lett synkende i Bodø, Kirkenes og på Svalbard, men lett økende i Tromsø, Evenes og Bardufoss. En økning i frekvensen av observert frysende regn er sett i Bodø, Tromsø og på Svalbard lufthavn. Den meteorologiske rapporten i Vedlegg A gir detaljer for hver enkelt flyplass.



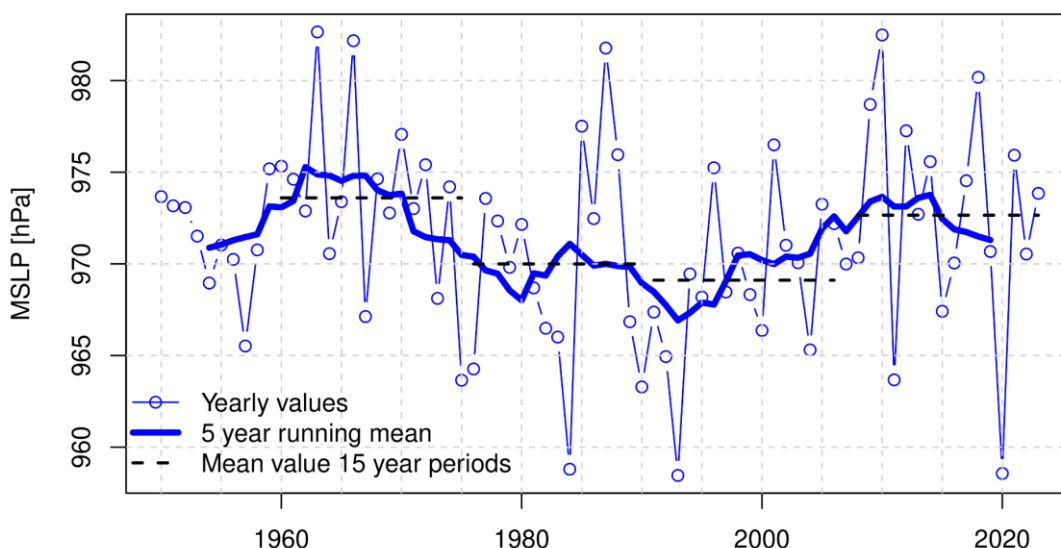
Figur 14: Eksempler på meteorologiske analyser fra Svalbard lufthavn. Øverst til venstre: Sterkeste vindkast og gjennomsnittet av de 25 sterkeste vindkastene for ulike vindretninger. Øverst til høyre: Frekvensen av sidevind-komponent på 20 kt eller mer og trendlinje, rullebanen har retning øst-vest. Nederst til venstre: Den årlige 99-persentilen av vindkast og trendlinje. Nederst til høyre; Frekvensen av observert frysende regn med trendlinje. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

3.2.7 STORE ÅR-TIL-ÅR VARIASJONER

Et viktig funn i samtlige av de meteorologiske analysene er at år-til-år variasjonene i frekvens og intensitet av utfordrende værforhold er store. Derfor vil utfordrende værforhold for luftfarten i de kommende årene fortsatt variere uavhengig av eksisterende (moderate) underliggende trender.

Dette betyr at vi vil oppleve år med høy frekvens av utfordrende forhold, og andre år med lav frekvens. Figur 15 viser variasjonen i de 1 % kraftigste lavtrykkverdiene mellom Nord-Norge og

Svalbard fra år til år. Det sees store år-til-år variasjoner samtidig som trender på dekadiske²⁷ tidsskalaer, som kan skyldes både naturlige variasjoner og klimaendringer, kan identifiseres. For eksempel ser vi en gjennomsnittlig økning i lufttrykket fra 1990 og frem til i dag (samsvarer med analysene av stormaktivitet i figur 12, samtidig som vi finner en trend mot lavere lufttrykk fra 1960-tallet og frem til ca. 1990.



Figur 15: Tidsserie av årlig 1-persentil av havnivålufttrykk (MSLP) i gjennomsnitt over oktober til april for 0–25°E og 66–75°N. Årlige verdier vises i tynn blå linje og sirkler, og et glidende 5-års-gjennomsnitt i tykkere blå linje. De stiplede svarte horisontale linjene viser middelverdiene for 4 forskjellige 15-årsperioder: 1960–1975, 1976–1990, 1991–2006 og 2008–2023. Merk at de to sistnevnte periodene er periodene vi har benyttet for å studere historiske endringer i flyværforhold de siste 30 årene i foregående figurer. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK

3.2.8 STYRKER, SVAKHETER OG USIKKERHET VED ANALYSEN

SHK har fått følgende vurdering fra Meteorologisk institutt rundt styrker, svakheter og usikkerhet knyttet til den Meteorologiske analysen:

En av styrkene til den gjennomførte analysen er en helhetlig tilnærming hvor et bredt spekter av potensielt utfordrende værforhold er studert. I tillegg er analysen gjennomført på ulike romlige skalaer, fra storskala stormaktivitet, til klimatologi og endringer i regionale forhold, og helt ned til lokale forhold ved spesifikke flyplasser, samtidig med at disse skalaene og ulike værphenomenene er knyttet sammen. Dette gjør det mulig å gi en generell oversikt og forståelse av ulike værforhold, deres trender og hvordan de henger sammen. I den meteorologiske analysen er mange ulike datakilder benyttet, kombinert med en gjennomgang av relevant vitenskapelig litteratur, som også er en styrke.

Noen viktige begrensninger bør imidlertid også nevnes. Det har vært utenfor rammen for arbeidet å undersøke alle detaljer om utfordrende værforhold for luftfarten. For eksempel er de generelle storskala forholdene for ising blitt undersøkt, men ikke den fulle variasjonen av lokale effekter. For fremtidige scenarier, er analysen videre basert på endringer i stormaktivitet og ikke direkte på den relevante parameteren (ising, turbulens, osv.). Det bør også understrekes at dette arbeidet har fokusert på vintervær (oktober til april) i Nord-Norge og Svalbard. Selv om det er gjort flere internasjonale studier på hvordan klimaendringer påvirker luftfarten, fokuserer disse sjelden på vinterforhold og vårt interesseområde [Nord-Norge].

²⁷ Over en 10-års periode

Det bør også bemerkes at detaljene, og noen ganger til og med fortegnet på historiske trender, kan være sensitive for valg av den historiske tidsperioden vi studerer. Derfor kan trendene for historiske perioder variere noe med valg av periode. Det er også indikasjoner på at de historiske endringene, og de antatte fremtidige endringene, kan variere for ulike deler av den definerte vinterperioden i vår studie. Derfor kan eventuelle endringene i tidlig, midt og sen vinter være forskjellige.

3.2.9 OPPSUMMERING

Hovedkonklusjonen av den meteorologiske analysen er at det utfordrende vinterværet for luftfarten i Nord-Norge og på Svalbard i stor grad styres av plasseringen og intensiteten til de store synoptiske lavtrykkssystemene. En vanlig bane for lavtrykkssystemene er at de dannes på nordøstkysten av USA, utvikler seg og beveger seg nordøstover, passerer Island hvorpå flertallet fortsetter inn i Norskehavet og Barentshavet, mens andre har en mer sonal bane inn mot Sør-Norge og Mellom- og Sør-Europa.

Siden 1991 er trenden at noen flere lavtrykk følger en mer sørlig sonal bane. Mesteparten av lavtrykkene vil likevel bevege seg inn mot Norske- og Barentshavet. Det er ikke observert en generell historisk trend i perioden 1991–2023 mot en forverring av værforholdene for luftfarten i Nord-Norge og på Svalbard i vintersesongen. Resultatene antyder heller ingen generell trend mot en økt frekvens og forverring av værforholdene vinterstid i Nord-Norge for luftfarten i fremtiden. Det kan imidlertid forventes lokale og regionale endringer i frekvens og intensitet for noen av værphenomenene. Som et eksempel vil Indre Troms og Finnmark få økt antall dager med nullgradspasseringer, og dette kan påvirke flyplassenes evne til å få oppretthold ønsket status på rullebanene.

Det er videre dokumentert stor år-til-år variasjon i frekvens og alvorlighet av været og denne variasjonen vil også være stor i fremtiden og dominere over eventuelle moderate trender.

4. SHKs vurderinger og identifiserte læringspunkter

4.1 Læring om lokale forhold i ettertid	32
4.2 Høyoppløste «ved-behov-varsler» i forkant.....	33
4.3 Tilgang på pilotrapporter (AIREPs).....	33
4.4 Kompetansebygging for det operative flyværværslingsmiljøet	33
4.5 Lokal flyplasskunnskap	34
4.6 Analyse av fremtidige værtrender i Sør-Norge	35

4. SHKs vurderinger og identifiserte læringspunkter

Denne undersøkelsen har hatt som mål å vurdere hvorvidt klimaendringer har ført til mer krevende værforhold for flyoperasjoner på vinterstid i Nord-Norge. Dersom dette var tilfellet, skulle undersøkelsen også identifisere behov for eventuelle tiltak for å opprettholde ønsket sikkerhetsnivå. Siden undersøkelsen har vist at det ikke er indikasjoner på en framtidig generell forverring av flyværet, er det heller ikke vurdert tiltak som nevnt i forhold til et ønsket sikkerhetsnivå.

Rapporten fra Meteorologisk institutt gir ingen entydige indikatorer på en økt trend om at værforholdene i Nord-Norge i vinterhalvåret har blitt mer krevende som følge av endringer i klima. Rapporten viser tydelig at det vil kunne forekomme store lokale variasjoner i årene fremover. Dette betyr at det kan være læringspunkter lokalt, selv om de storskala værforholdene med utfordrende flyvær ikke viser en generell forverring.

Meteorologisk institutt har i sitt arbeid identifisert flere konkrete læringspunkter. I neste kapittel redegjør SHK hvert læringspunkt samtidig som det gjøres en vurdering av relevans for flyoperasjoner i Nord-Norge for vintersesongen.

SHK anser at samme metodiske tilnærming kan benyttes i tilsvarende analyser der det er relevant å kartlegge værets påvirkning på sikkerhet. En felles metodikk vil legge til rette for sammenlignbare analyser, bedre kunnskapsgrunnlag og mer konsistente vurderinger på tvers av regioner.

4.1 Læring om lokale forhold i ettertid

Meteorologisk institutt har identifisert at kjøring av modeller med høyere oppløsning (300 x 300 m eller 500 x 500 m) gir flere detaljer som er spesielt viktig der det er komplekst terreng. De fleste norske flyplasser er omgitt av terreng med store variasjoner. Høyoppløste modeller kan føre til en bedre forståelse av lokale værmønstre som ikke er tilstrekkelig representert i værmodeller med standard oppløsning (2,5 x 2,5 km):

Å bruke høyoppløste værmodeller (sub-kilometer gridoppløsning) ved ekstremvær (f.eks. styrtregn), farlig eller spesielt utfordrende vær (f.eks. ising på fly), eller i områder med spesielt komplekst terreng er et aktivt forskningsfelt for å kunne lage bedre værvarsler. Til sammenligning er gridoppløsningen for dagens operasjonelle systemer 2,5 km og krever betydelig mindre regneressurser. Innen flyvær, har dette blitt gjort tidligere for hendelser med ising og turbulens. Det ble også gjort i forbindelse med utarbeidelsen av denne rapporten og i pågående prosjekter som kombinerer målinger av isingsforhold og modellering. Den samlede forskningen med sub-kilometer gridoppløsning vil kunne anslå gevinsten og retningen av en operasjonalisering for mer detaljerte varsler.

SHK er av den oppfatning at modellkjøring med høyere oppløsning vil sette Meteorologisk institutt i stand til å utstede værvarsler som i større grad kan vise lokale værfenomener og dermed bidra til økt sikkerhet. For å oppnå det fulle potensialet kreves erfaring hos flymeteorologene om hvilke situasjoner som dekkes godt nok av standardoppløsning på modellene, og hvilke situasjoner der det trengs høyoppløste modeller for å gi tilstrekkelig informasjon. Dersom Meteorologisk institutt utsteder værvarsler med bedre lokal værinformasjon vil dette gi flygere og lufttrafiktjenesten et bedre bilde slik at flygning inn i utfordrende vær kan begrenses.

4.2 Høyoppløste «ved-behov-varsler» i forkant

Meteorologisk institutt har identifisert et behov for å kunne kjøre høyoppløste modeller i forkant av situasjoner som kan gi utfordrende flyvær:

Det vil også kunne bli aktuelt i forkant av hendelser med utfordrende flyværforhold, å kjøre modellkjøringer med høyere oppløsning ved behov for et gitt, valgt område. Resultatene av disse kjøringene vil gi nyttig tilleggsinformasjon om lokale effekter for det operative miljøet, men vil også kunne distribueres til brukerne for eksempel som et push-varsel fra api-server-tjenesten el. fra MET. Hvordan dette kan gjøres og tilpasses best mulig må diskuteres nærmere i dialog med brukerne.

En høyere modellopløsning vil gjøre Meteorologisk institutt bedre i stand til å varsle lokale værphenomener som kan påvirke luftfarten. SHK vurderer at mer presise lokale varsler vil gi et bedre beslutningsgrunnlag og dermed øke flysikkerheten. Det vil også være nyttig å benytte høyoppløste modeller i forkant av vær-situasjoner som kan utvikle seg til utfordrende flyvær. For å få til dette må Meteorologisk institutt få mer erfaring med slike modellkjøringer og ha de nødvendige ressursene slik at de kan bruke høyoppløste modeller når de mener det er ønskelig, hensiktsmessig eller nødvendig for å ivareta flysikkerheten.

SHK gir en sikkerhetstilråding til Klima- og miljødepartementet om dette temaet.

4.3 Tilgang på pilotrapporter (AIREPs)

Tilgang på innmeldte pilotrapporter (AIREPs) har vist seg å være nyttig for analysen Meteorologisk institutt har gjennomført. AIREPs er også ønsket av flymeteorologene for å forstå de lokale værforholdene, slik at de kan gi bedre beslutningsstøtte til piloter:

Analysen av pilotrapporter og andre relevante «hendelsesdata» i dette prosjektet har vist seg å være svært nyttig. Pilotrapporter er viktig for bedre å kunne forstå vær-situasjonen, gi støtte i beslutningsprosessen for om de skal utstede et farevarsel (SIGMET, AIRMET) eller ikke, samt for å evaluere varsler i ettertid. MET vil fortsette med å arkivere AIREPs for videre fremtidig analyse.

Undersøkelsen tyder på at AIREPs ofte ikke blir rapportert, for eksempel når besetninger lar være å sende dem fordi andre allerede har meldt om samme fenomen. Flere AIREPs vil gi Meteorologisk institutt bedre informasjon om varighet og intensitet i utfordrende vær-situasjoner, noe som kan forbedre værvarslene.

SHK vil minne flygere om å sende AIREPs når de opplever utfordrende vær, og ber samtidig myndigheter og operatører å oppfordre til slik rapportering.

4.4 Kompetansebygging for det operative flyværvarslingsmiljøet

Meteorologisk institutt har i arbeidet med sin rapport benyttet komposittkart for å illustrere når det er sannsynlig at de forskjellige værphenomenene som turbulens, ising, konveksjon og lyn kan skape utfordringer for luftfarten. Disse komposittkartene inneholder nyttig informasjon for flymeteorologene og kan bidra til å styrke deres kunnskap om hvilke storskala værphenomener som kan skape utfordrende flyvær. Meteorologisk institutt har høsten 2025 opplyst til SHK at de allerede har inkludert dette i opplæring av flymeteorologer:

De operative flymeteorologene ved Meteorologisk institutt har krav om årlig faglig oppdatering, blant annet gjennom en såkalt PFO (Periodisk faglig oppdatering). Siden mange flyværrelaterte parametre er blitt studert i rapporten, vil det være naturlig at flere av resultatene tas inn som stoff i disse fagmodulene. En modul om ising er nå under oppgradering, og her vil det for eksempel være nyttig å ta med resultatene fra komposittkartene for ising som vil bidra til å øke meteorologenes forståelse av hvordan storskala vær legger til rette for lokale isingsforhold.

En annen del av den årlige, faglige oppdateringen er halvårlege heldagskurs for alle operative meteorologer (sommer- og vintervarslingskurs). På vintervarslingskurset i høst (oktober 2025) presenteres flere av funnene fra den meteorologiske rapporten. Etter offentliggjøring av hovedrapporten, planlegges det dessuten å holde flere kollokvier om resultatene for Værvarslingsdivisjonen. Kollokviene vil bli delt inn i ulike tema. Ett eksempel vil være å dra nytte av den statistiske analysen som er gjort av ulike værelementer ved utvalgte flyplasser i Nord-Norge, som vil bidra til å øke den lokale forståelsen og påvirkning av 'storskalaværet' på disse flyplassene. Den meteorologiske rapporten blir publisert i etterkant av hovedrapporten fra SHK som en egen rapport (åpent tilgjengelig fra met.no) og vil dermed bidra til å tilgjengeliggjøre innholdet ytterligere, både internt på Meteorologisk Institutt og eksternt.

Basert på allerede iverksatte tiltak fremmer SHK ingen sikkerhetstilråding om dette temaet.

4.5 Lokal flyplasskunnskap

Gjennom sin analyse av flyplassene nord for polarsirkelen har Meteorologisk institutt fått et bedre bilde av de lokale værforholdene ved utvalgte flyplasser. Kunnskapen vil også kunne være nyttig for andre:

Den generelle analysen av de ulike værphenomenene og de statistiske analysene av observasjonene for spesifikke flyplasser vil også være svært nyttig å studere nærmere for meteorologer og operatører for å styrke kompetansen i forståelse av de lokale værforholdene på flyplassene i Nord-Norge.

Analysene i rapporten fra Meteorologisk institutt viser en uendret eller svakt positiv trend i utviklingen av flyværet, men med store lokale variasjoner. For eksempel viser analysen at Tromsø lufthavn i gjennomsnitt har opplevd værforhold tilsvarende dem 12. februar 2023 hvert andre år siden 2007 (se kapittel 2.3).

SHK anbefaler at lufthavnoperatører, lufttrafikkjentesten og flyselskapene går gjennom rapporten for å identifisere relevante læringspunkter. Det bør blant annet gjennomføres en evaluering av værutfordringene på Tromsø lufthavn 12. februar 2023, og vurderes tiltak som kan gjøre lufthavn, lufttrafikkjenteste og flyoperatører bedre rustet til å håndtere lignende værforhold.

SHK fremmer en sikkerhetstilråding om dette temaet til Luftfartstilsynet for å styrke beredskapen.

4.6 Analyse av fremtidige værtrender i Sør-Norge

Meteorologisk institutt har analysert utviklingen av været fram mot år 2100. Framskrivningen viser en uendret eller svakt nedadgående trend for de utvalgte værparameterne i Nord-Norge. Rapporten viser også at endringer i lavtrykksbanene kan gi en økning i lavtrykksaktiviteten inn mot kysten av Sør-Norge. I tillegg indikerer den vitenskapelige litteraturen at det vil bli økt konveksjon og tilhørende krevende flyvær på mer sørlige breddegrader.

I denne undersøkelsen er analysen avgrenset til vintervær i Nord-Norge. Det er derfor ikke vurdert om det kan være betydelige værendringer som påvirker flysikkerheten i sør for polarsirkelen. Det finnes heller ikke et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag til å gjøre slike vurderinger per i dag.

SHK gir en sikkerhetstilråding til Luftfartstilsynet om å etablere et slikt kunnskapsgrunnlag.

5. Sikkerhetstilrådinger

5. Sikkerhetstilrådingar

Statens havarikommisjon fremmer følgende sikkerhetstilrådingar²⁸:

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2026/02T

Meteorologisk institutt har gjennom arbeidet med temaundersøkelsen erfart at høyoppløste modellkjøringer (300–500 m horisontal oppløsning) er nødvendige for å oppnå den presisjonen som kreves for å beskrive lokale værprosesser i komplekst terreng. De operative modellene som benyttes i dag (2,5 km og 9 km horisontal oppløsning) har begrenset evne til å fange opp slike småskala fenomener. Bruk av høyoppløste modeller kan dermed gi økt innsikt både i etterkant av værrelaterte hendelser, ved å forbedre forståelsen av lokale mekanismer, og som beslutningsstøtte i forkant av identifiserte krevende værforhold.

Statens havarikommisjon tilrår Klima- og miljødepartementet å sikre at Meteorologisk institutt har tilstrekkelige ressurser til å bruke høyoppløste modeller ved behov.

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2026/03T

Temaundersøkelsen om hvordan klimatiske endringer påvirker luftfarten i Nord-Norge har undersøkt og identifisert lokale flyværmessige forhold på flere av flyplassene i Nord-Norge. Det er identifisert flere momenter som kan benyttes for å heve sikkerhetsnivået og gjøre luftfarten i Nord-Norge mer robust ovenfor værutfordringer og styrke beredskapen.

Statens havarikommisjon tilrår at Luftfartstilsynet påser at det iverksettes et prosjekt der lufthavnoperatørene, lufttrafikkjenesten og flyselskapene identifiserer mulige operative læringspunkter for den enkelte flyplass basert på rapporten fra Meteorologisk institutt. Videre bes Luftfartstilsynet sørge for at de relevante læringspunktene operasjonaliseres.

²⁸ Samferdselsdepartementet besørger at sikkerhetstilrådingar blir forelagt luftfartsmyndigheten og/eller andre berørte departementer til vurdering og oppfølging, jf. forskrift om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart § 8.

Sikkerhetstilråding Luftfart nr. 2026/04T

Temaundersøkelsen om hvordan klimatiske endringer påvirker luftfarten har vært avgrenset geografisk til Nord-Norge nord for polarsirkelen, og sesongmessig til vinterperioden fra oktober til april. Undersøkelsen har vist at endringer i lavtrykksbanene kan gi en økning i lavtrykksaktiviteten inn mot kysten av Sør-Norge. I tillegg indikerer den vitenskapelige litteraturen at det vil bli økt konveksjon og tilhørende krevende flyvær på mer sørlige breddegrader.

Statens havarikommisjon tilrår Luftfartstilsynet å fasilitere at Meteorologisk institutt iverksetter en tilsvarende klimaundersøkelse, som dekker alle årstider, for Sør-Norge for deretter å identifisere mulige læringspunkter. Videre bes Luftfartstilsynet sørge for at de relevante læringspunktene operasjonaliseres.

Statens havarikommisjon
Lillestrøm, 12. februar 2026

Forkortelser og definisjoner

Forkortelser og definisjoner

0-isoterm	Grensen der lufttemperaturen er 0 °C, og markerer skillet mellom luftlag over frysepunktet og luftlag under frysepunktet.
AIREP	Observasjonsrapport fra fly i lufta, sendt av piloter under flyging iht. ICAO Annex 3 – Meteorological Service for International Air Navigation.
CARRA	Copernicus Arctic Regional ReAnalysis
CAT	Clear Air Turbulens er uregelmessige luftbevegelser i form av turbulens uten at man har synlige spor (som skyer) av turbulensen.
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project er et prosjekt under World Climate Research Programme som utgir klimaprojeksjoner for å forstå tidligere, eksisterende og fremtidige klimaendringer.
Cumulonimbus	Skytype som kan bli svært høy, og som gjerne gir kraftig nedbør – av og til også utpreget dårlig vær som tordenvær, hagl, skybrudd, storm og tornadoer.
Dekadisk	Over en 10-årsperiode
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EN-ICCA	European Network on Impact of Climate Change on Aviation
EPAS	European Plan for Aviation Safety
ERA5	Reanalyse-modell utviklet av European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.
Fetch	I meteorologi refererer fetch til den horisontale avstanden som vind har til å blåse over en vannflate (som havet) eller et annet flatt oppladningsområde, før det når et land eller annen topografi. Fetch beskriver dermed hvor langt vind kan hente og transportere fuktighet fra havet eller et annet fuktig område før det møter land eller andre barrierer.
Fjellbølger	Fjellbølger er et vindfenomen oppstår når en luftstrøm passerer et fjell eller en fjellkjede som er høyere enn omgivelsene. De kan gi kaotiske vindmønster og mye turbulens.
kA	kiloampere
Kaldluftsutbrudd	Oppstår når kald, tørr luft, vanligvis fra den arktiske havisen, strømmer over relativt varmt hav, og hvor det da oppstår kraftig utveksling av varme og fuktighet mellom havoverflaten og atmosfæren. Friggjøringen av varme og fuktighet utvikler konvektive skyer som høye cumulus-skyer (Towering cumulonimbus, TCUs) og cumulonimbus-skyer (CB).
Konvektiv aktivitet	Konveksjon er vertikal transport av luft, som ofte kan føre til bygeskyer.
MET	Meteorologisk institutt

METAR	Meteorological Aerodrome Report – værobservasjoner for en flyplass. Utstedes hver halvtime.
MSLP	Mean Sea Level Pressure
NAA	National Aviation Authority
Polart lavtrykk	Småskala og oftest kortvarig lavtrykk som dannes når meget kald luft fra is- eller snøkleddede områder strømmes ut over åpent og forholdsvis varmt hav.
Reanalyser	Reanalyser er en kombinasjon av ulike observasjoner og en værvarslingsmodell som supplerer beskrivelsen av atmosfæren der observasjoner ikke finnes.
RWYCC	Runway Condition Code – RWYCC er en standard måte å beskrive effekten av rullebane-kontaminering, for eksempel, vann, snø og is. Et lavere tall betyr en glattere rullebane.
SAS	Scandinavian Airlines System
SHK	Statens havarikommisjon
SIGMET	SIGMET står for SIGnificant METeorological Information. Signifikant meteorologisk informasjon vil si værphenomener som kan være direkte farlig, eller skape utfordrende og farlige situasjoner dersom det ikke tas forholdsregler.
Sonalt	Sonalt refererer til en vest-østlig (horisontal) bevegelse eller orientering i atmosfæren, langs breddegradene.
SSP	Shared Socioeconomic Pathways er fem scenarier utviklet for å analysere hvordan samfunnsutvikling kan påvirke og bli påvirket av klimaendringer. De brukes i klimamodellering, blant annet i FNs klimarapporter.
Synoptisk lavtrykk	Storskala (1 000–2 500 km horisontal utstrekning) lavtrykk som utvikler seg på lavere og midlere breddegrader i Nord-Atlanteren før de beveger seg nordøstover mot Norskehavet og Barentshavet.
TAF	Terminal Area Forecast – værvarsel for en flyplass.
TCU	Towering Cumulus, tårnende haugskyer
UTC	Universal Coordinated Time, omtales også som zulu-tid
Vindskjær	Værphenomen hvor vindens hastighet og/eller retning endrer seg kraftig (Windshear på engelsk).

Vedlegg

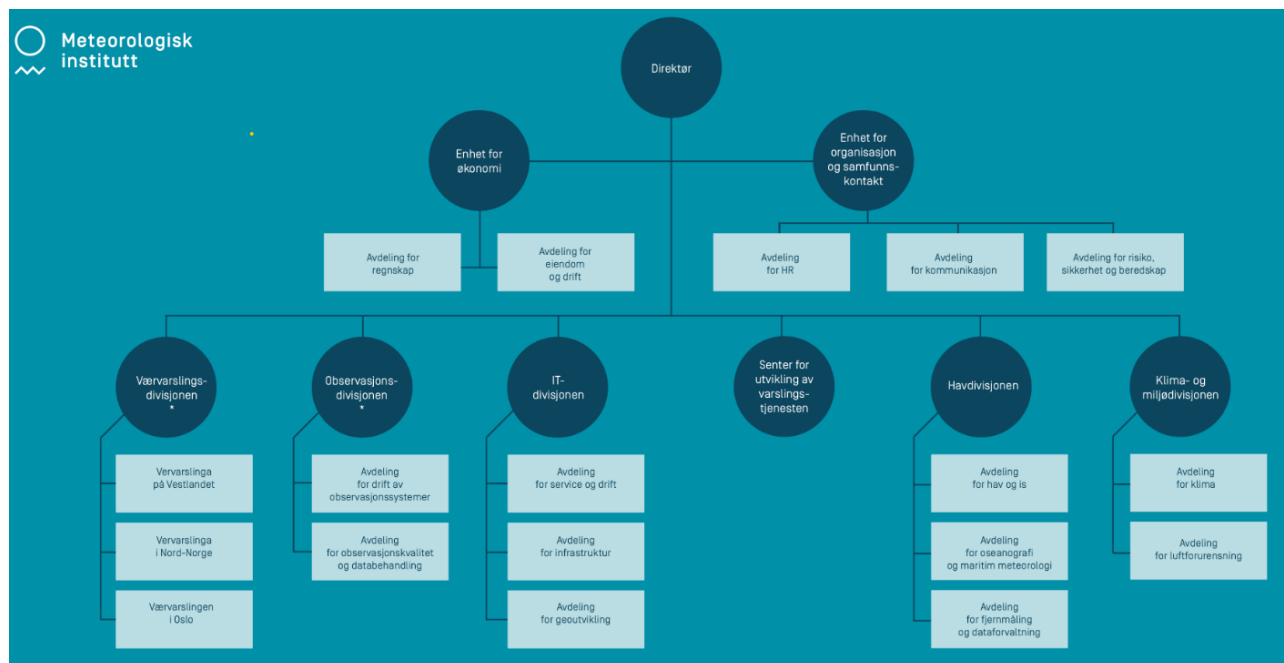
Vedlegg A Rapport fra Meteorologisk institutt

Rapporten fra Meteorologisk institutt ligger på Havarikommisjonens [nettside](#).

Rapporten kan også lastes ned fra deres [hjemmesider](#), og heter *metno report 2/2026, Morten Køltzow, Tor Ivar Mathisen, Jostein Mamen, Lise Seland Graff, The Impact of Climate Change on Aviation Weather during Winter in Northern Norway*

Denne rapporten er basert på den versjonen av Meteorologisk institutts rapport som ligger på Havarikommisjonens nettside. Hvis det er forskjeller er det rapporten på Meteorologisk institutt sine hjemmesider som er den oppdaterte.

Vedlegg B Meteorologisk institutts organisasjon



Figur 16: Organisasjonskart. <https://www.met.no/om-oss/organisasjonskart>. Kilde: Meteorologisk institutt / SHK.

Temaet i den meteorologiske rapporten spenner over flere meteorologiske fagfelt og Meteorologisk institutts organisasjon, se figur 16. Organiseringen ved Meteorologisk institutt tydeliggjør ansvarsområder, men det foregår likevel betydelig aktivitet og arbeid på tvers av organisasjonen.

Forfatterne av rapporten fra Meteorologisk institutt har derfor tilhørighet i ulike deler av Meteorologisk institutts organisasjon. De som har vært involvert i hele prosessen har tilhørighet i Senter for utvikling av varslings-tjenesten (SUV), Værvarslingsdivisjonen ved flyværtjenesten, og Klima- og miljødivisjonen. I tillegg er det brukt observasjoner som er gjort og lagret av Observasjonsdivisjonen. Flyværtjenesten har ansvar for den daglige operasjonelle flyværværvarslingen i Norge og bidrar derfor med kunnskap og operativ erfaring i arbeidet. SUV har blant annet ansvaret for atmosfærisk modellering til værværvarslingsformål, drift av automatiske varslingsprodukter (f.eks. yr.no), og har hatt en internasjonalt ledende rolle i arbeidet med å generere CARRA-datasettet som en viktig del av denne rapporten bygger på.

Å utvikle forståelse og beskrivelse av arktiske klimatiske prosesser er også en viktig del av SUV sitt arbeid. SUV har ledet arbeidet med rapporten. Klima- og miljødivisjon jobber både med historiske data (f.eks. analyser av observasjoner) og generering og analyse av framskrivninger. I rapporten har Klima- og miljødivisjonen vært hovedansvarlig for de historiske analysene som er gjort knyttet til hver enkelt flyplass. I tillegg til de som er nevnt på forfatterlisten av rapporten fra Meteorologisk institutt, er problemstillinger og funn diskutert med ytterlige fagpersoner fra alle divisjoner ved Meteorologisk institutt der det har vært relevant.

Vedlegg C Hendelsesdata fra operatørene

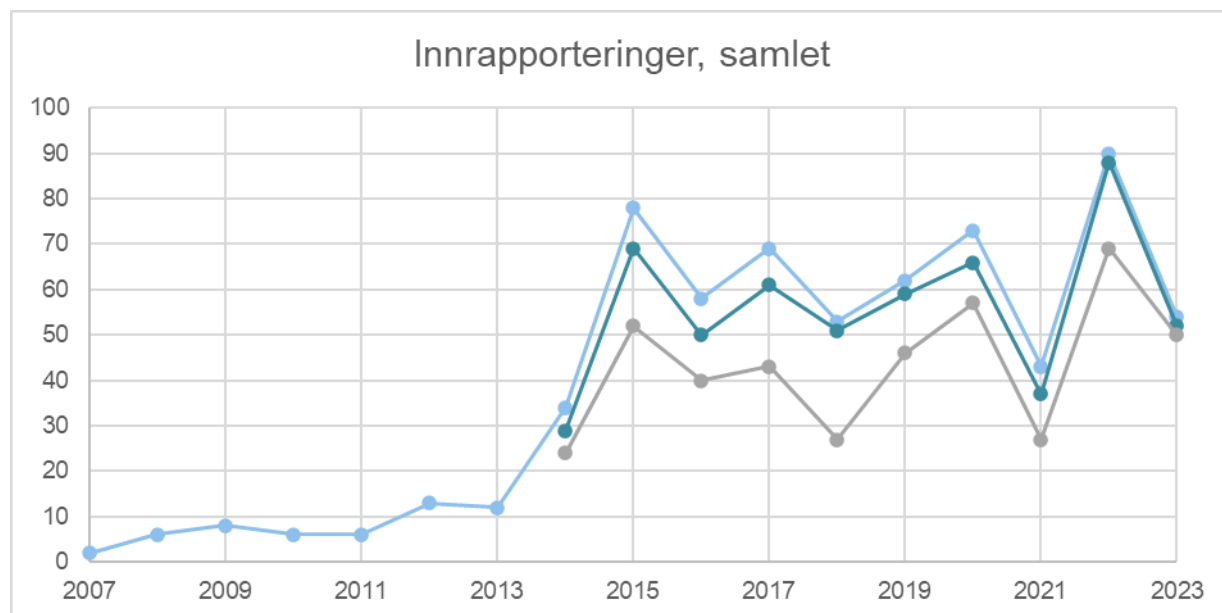
SHK har som en del av undersøkelsen mottatt værrelaterte hendelsesrapporter fra de interne rapporteringssystemene til utvalgte operatører. Det ble etterspurt data fra SAS, Norwegian, Widerøe, Luftambulansetjenesten (Avincis) og Forsvaret. SHK ønsket i utgangspunktet data fra og med 2003, året da EU-direktivet om hendelsesrapportering (direktiv 2003/42/EF) trådte i kraft i EU. Direktivet ble gjennomført i norsk rett gjennom forskrift, som trådte i kraft 1. juli 2007. Siden direktivet ikke ble gjeldende i norsk rett før 2007 var det lite data å hente i perioden 2003–2007.

Forespørsel til operatører

SHK mottok hendelsesrapporter fra SAS, Norwegian og Widerøe samt Forsvaret i tidsrommet 2007–2023. Avincis overtok som operatør av Luftambulansen i 2019, og hadde grunnet kort tid som operatør ingen data. Det ble besluttet å ikke benytte dataene oversendt fra Forsvaret, grunnet lavt volum og at Forsvarets operasjonsmønster skiller seg fra de sivile operatørene.

Kvalitetssikring av rapportene

SHK mottok totalt 667 hendelsesrapporter relatert til vær fra SAS, Norwegian og Widerøe. SHK har gjennomført en kvalitetskontroll på de mottatte dataene. Dette innebar å verifisere at hendelsesrapportene gjaldt det geografisk avgrensede området, at datasettet ikke inneholdt dobbeltrapportering (f.eks. rapport fra både kaptein og styrmann) samt at rapporten faktisk omhandlet værrelaterte fenomener. Figur 17 viser hvordan de innrapporterte hendelsene er distribuert i tid.



Figur 17: Innrapporteringer samlet fra operatørene. Lyseblå graf er rådata, Blågrønn graf er kvalitetssikret data og grå graf er avgrenset til vinterhalvåret (fra 1. oktober til 1. mai). Kilde: SHK.

Siden flere av operatørene hadde byttet system for innrapportering av hendelser i løpet av perioden, var det mindre data før 2014. Det er også viktig å nevne at regelverket for rapportering av hendelser er endret flere ganger i perioden. Det nåværende regelverket, forordning (EU) nr. 376/2014, trådte i kraft i EU i 2014 og i Norge 1. juli 2016²⁹. Grunnet det lave volumet før 2014 er

²⁹ Jf. luftfartsloven § 12-10, som gjør forordning (EU) nr. 376/2014 til norsk lov.

det ikke mulig å benytte hele datasettet. I perioden 2014–2023 var det 561 hendelser totalt, hvorav 434 hendelser i vinterhalvåret (1. oktober til 1. mai).

Vurdering av datasettet

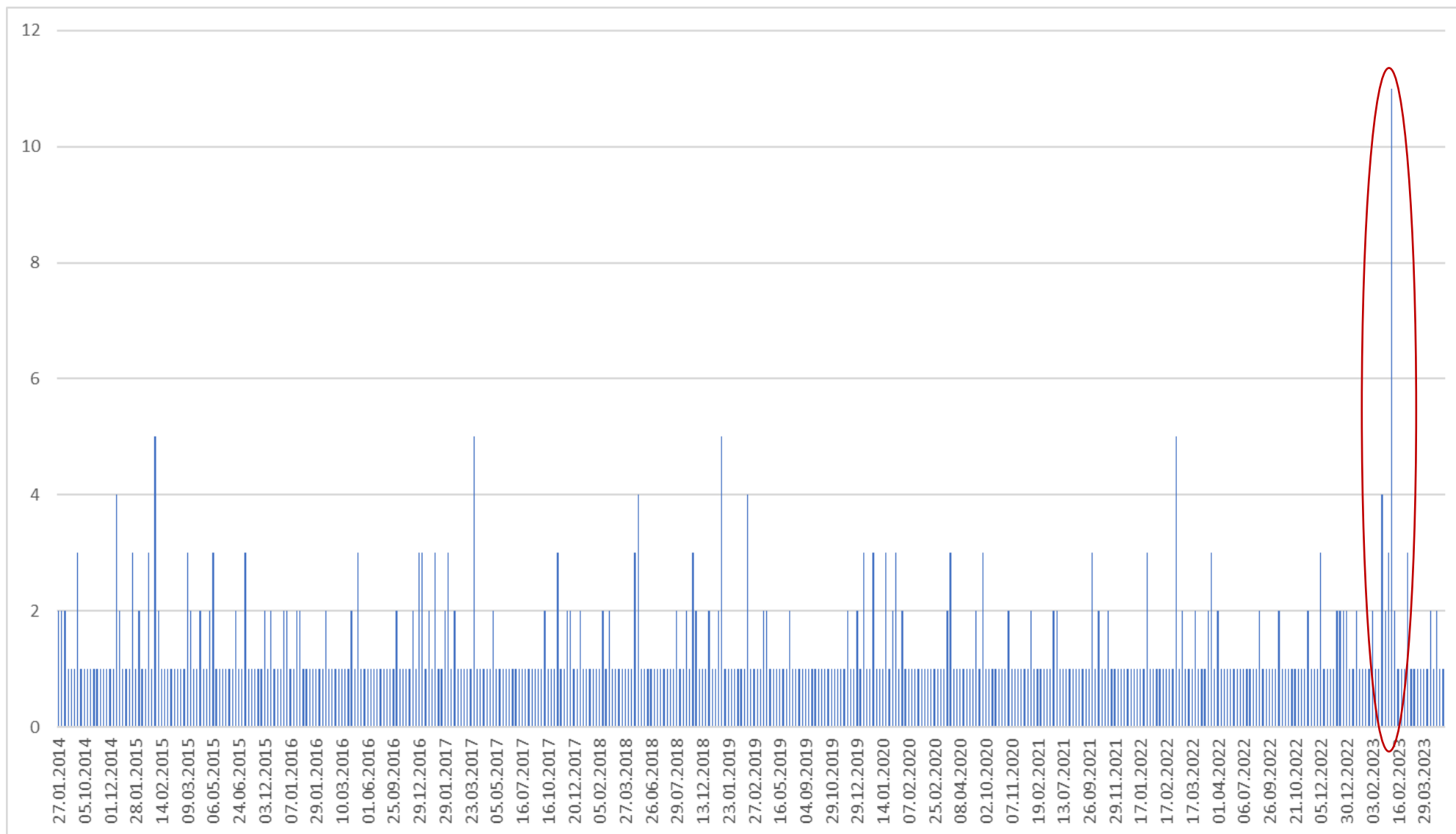
Det ble tidlig klart at datamengden ikke var stor nok til å benyttes slik opprinnelig tenkt. Det er derfor ikke mulig å bruke dataene for å understøtte det øvrige arbeidet i rapporten med å undersøke utfordringer knyttet til været i Nord-Norge. Noen kvalitative vurderinger er likevel mulig.

Den viktigste vurderingen SHK har gjort, er å se på hvordan de værrelaterte hendelsesrapportene fordeler seg i tid på dagsnivå, illustrert i figur 18. Dette for å se om det finnes andre dager med flere hendelser tilsvarende 12. februar 2023. På dager med fire innrapporteringer eller mer har SHK sett på de enkelte innrapporteringene og vurdert om det har vært sammenfall i tid, geografisk lokasjon eller type vær. Det dreier seg om totalt seks dager, hvorav fem av disse har fire eller fem innrapporteringer, mens 12. februar 2023 har 11 innrapporteringer. SHK har ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom innrapporteringene per dag, med unntak av 12. februar 2023. Det er også enkelte andre dager med to rapporter hvor begge omhandler samme værphenomen.

Konklusjon

Datasettet består av innrapporteringer over ti år. De rapportene SHK har mottatt for dette tidsrommet er for få, og spenner over for liten tidsperiode, til å kunne vurdere statistiske trender sett opp mot endringer i vær og klima. En økning i antall rapporter i denne perioden kan forklares med at en operatør har hatt økt fokus på å rapportere slike hendelser, eller endringer i prosedyrer knyttet til hva som skal rapporteres. Antall flygninger og rutemønster vil også påvirke datasettet. SHK har ikke funnet det formålstjenlig å analysere mulige faktorer som ligger til grunn i datasettet, for å senere kunne justere for disse faktorene i datasettet.

SHK vurderer at det er for mye usikkerhet i de mottatte hendelsesrapportene til at det kan trekkes noen konklusjoner som vil ha en troverdighet fordi de har liten statistisk signifikans. SHK mener at antallet rapporter og fordelingen ikke er nok til å sette i sammenheng med eventuelle spesielle værutfordringer utover normal vinteroperasjon i Nord-Norge.



Figur 18: Hendelsesrapporter per dag for Nord-Norge. 12. februar 2023 er markert med rød sirkel. Kilde: SHK.