

## Analyse av værmessig tilgjengelighet på Stavanger lufthavn - Sola

Jostein Mamen og Knut Harstveit



Stavanger lufthavn - Sola. Innflygning fra nord. Foto: Avinor

# MET report

<b>Title</b> Analyse av værmessig tilgjengelighet på Stavanger lufthavn - Sola	<b>Date</b> 10.12.2014
<b>Section</b> Klima	<b>Report no.</b> 26/2014
<b>Author(s)</b> Jostein Mamen, MET, og Knut Harstveit, Kjeller vindteknikk	<b>Classification</b> <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted
<b>Client(s)</b> Avinor	<b>Client's reference</b>
<b>Abstract</b> I denne rapporten er det beregnet værmessig tilgjengelighet for Stavanger lufthavn - Sola ved forskjellige alternativer. Metoden som er brukt, er en algoritme utarbeidet av Knut Harstveit. Resultatene viser at den værmessige tilgjengeligheten blir størst hvis både bane 18/36 og 11/29 benyttes i kombinasjon. Selv med det strengeste kravet om sidevind, maksimalt 14 knop, vil den værmessige tilgjengeligheten være så høy som 99 %. Hvis eventuelt bare bane 18/36 kan benyttes, fordi bane 11/29 legges ned, vil tilgjengeligheten være 96 % med CAT II på bane 18. Dette skyldes for det meste at det ved sterk vind mellom 90 og 150 grader forekommer en del turbulens på bane 18/36, samt at sidevindskravet kan bli opprettholdt ved landing på alternativ bane. På bane 11/29 er det ingen turbulensproblemer ved vind fra denne sektoren.	
<b>Keywords</b>	

---

Disciplinary signature

---

Responsible signature

# Innhold

<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2 Værmessig tilgjengelighet</b>	<b>2</b>
<b>3 Kriterier</b>	<b>2</b>
<b>4 Data</b>	<b>3</b>
<b>5 Resultater</b>	<b>4</b>
<b>6 Konklusjon</b>	<b>6</b>

# 1 Innledning

MET har, sammen med Kjeller vindteknikk, fått i oppdrag å utrede den værmessige tilgjengeligheten for Sola ved forskjellige alternativer.

Begrepet “Værmessig tilgjengelighet” har eksistert lenge, men det har vært knyttet usikkerhet til både de utførte beregningene og metodikken som har vært brukt (1). På bakgrunn av dette har Avinor gjennomført et prosjekt der begrepet er forsøkt formalisert og beregningsmetodikken gjort så enkel som mulig. Med (1) har dermed Avinor laget et dokument som gjør det mulig å beregne værmessig tilgjengelighet ut fra klare kriterier, der sidevind, sikt, skyhøyde og turbulens inngår. Algoritmen er utarbeidet av Knut Harstveit, Kjeller vindteknikk, og er benyttet i (2) til å lage en foreløpig rapport om den værmessige tilgjengeligheten på Sola.

## 2 Værmessig tilgjengelighet

Følgende algoritme er benyttet:

1. Opptelling av tilfeller med ugunstig sidevind (sidevind over en gitt grense, for de aktuelle kalendermånedene som teller, vanligvis november til mars).
2. Alle tilfeller under 1. fjernes fra filen
3. Opptelling av sikt under gitt grenseverdi. Her settes grenseverdien slik at grensen medregnes. Dette gir antall tilfeller med ugunstig horisontal sikt, gitt at sidevinden er akseptabel.
4. Alle tilfeller under 3. fjernes fra filen.
5. Opptelling av tilfeller med ugunstig turbulens, gitt at sikt og sidevind er ok. Programmet teller opp antall tilfeller der vinden overstiger en grense i en sektor som gir turbulens.
6. Fjerning av alle tilfeller med kritisk turbulens fra 5.
7. Av det resterende materialet lages det tre skyhøydekurver: én for alle tilfeller der medvindskomponenten ligger under 10 knop, én for tilfellene med medvind langs den ene banen på 10 knop eller mer, og én for alle tilfeller med vind fra motsatt retning langs banen på 10 knop eller mer.

For beregning av værmessig tilgjengelighet kan nå prosenttallene i 1., 3. og 5. summeres. I tillegg leses det av bidrag for aktuelt minimum på skyhøydekurven for medvind under 10 knop for gunstigste bane. For vind over 10 knop leses det av for bidrag fra hver av banene for de to aktuelle minima. Alle bidragene summeres, og summen trekkes fra 100. Sluttresultatet er den værmessige tilgjengeligheten i prosent for den angitte rullebanen.

## 3 Kriterier

I rapportene er følgende kriterier brukt:

Sidevind: Det er beregnet bidrag når sidevindskomponenten er mer enn hhv 14 og 20 knop.

Sikt og skyhøyder: RVR angir rullebanesikt. I en METAR er horisontalsikten vanligvis oppgitt som MOR, meteorological optical range. En tommelfingerregel er  $RVR=2*MOR$ .

Skyhøydene refererer til høyde over havet.

- Bane 18 med CAT I-instrumentering: 210 ft/RVR 750 m
- Bane 11 og 18 med CAT II-instrumentering: 110 ft/RVR 300 m
- Bane 36 med CAT I-instrumentering: 229 ft/RVR 750 m
- Bane 11 med CAT I-instrumentering: 207 ft/RVR 1200 m
- Bane 29: VOR 620 ft/MOR 2300 m

Turbulens: Det er bare beregnet bidrag for rullebane 18/36 for sektoren 90 til 150 grader.

## **4 Data**

I databasen ligger det METAR-data fra Sola tilbake til 1996. I denne rapporten er det analysert data fra 1. januar 2000 til 31. desember 2013. Det er bare benyttet målingene som er gjort 10 minutter på hel time, dvs kl HH:50. Dette bidrar til at datasettet blir mest mulig konsistent. Skyhøyder i METAR angir høyde over bakken. Vindhastigheten er såkalt middelvind, dvs gjennomsnittet over 10 minutter, tatt i standardhøyden 10 m.

## 5 Resultater

Resultatene i denne rapporten er basert på tabellene i (2), samt en analyse utført ved MET på samme datagrunnlaget, dvs METAR fra Sola i perioden 2000-2013. Analysene er gjort i 2 forskjellige programmer og det er foretatt uavhengige avrundinger, interpolasjoner og kurveavlesninger. Avvikene var typisk i området 0.0 til 0.2 %. De endelige resultatene er da gjennomsnittsverdier fra de to studiene. Resultatene er derfor innenfor akseptabel usikkerhet, men vi vil analysere neste prosjekt på samme måte for om mulig å minimalisere avvikene ytterligere.

Tabell 1 til 4 gir prosenttall for værmessig tilgjengelighet for de forskjellige alternativene, og tilsvarer tabell 1 til 4 i (2).

	RVR/Minima	RVR/Minima, $U_s < 20 \text{ KT}$	RVR/Minima, $U_s < 20 \text{ KT},$ $U \ni \{>20$ $\text{KT for } DD \in$ $[90^\circ - 150^\circ]\}$	RVR/Minima, $U_s < 14 \text{ KT}$	RVR/Minima, $U_s < 14 \text{ KT},$ $U \ni \{>20$ $\text{KT for } DD \in$ $[90^\circ - 150^\circ]\}$
CAT I	98.7 %	98.2 %	96.9 %	95.9 %	95.2 %
CAT II bane 18 CAT I bane 36	99.5%	99.0 %	97.8 %	96.7 %	96.0 %

Tabell 1: Værmessig tilgjengelighet for rullebane 18/36 slik den er i dag. Sidevindsbegrensninger gjelder bare for månedene november til mars.

	RVR/Minima	RVR/Minima, $U_s < 20 \text{ KT}$	Ingen turbulens-krav	RVR/Minima, $U_s < 14 \text{ KT}$	Ingen turbulens-krav
CAT I bane 11, VOR bane 29	98.5 %	98.1 %		95.5 %	

Tabell 2: Værmessig tilgjengelighet for rullebane 11/29 slik den er i dag. Sidevindsbegrensninger gjelder bare for månedene november til mars.

	RVR/Minima	RVR/Minima, $U_s < 20$ KT	Ingen turbulens-krav	RVR/Minima, $U_s < 14$ KT	Ingen turbulens-krav
CAT II bane 11, VOR bane 29	99.1 %	98.7 %		96.0 %	

Tabell 3: Værmessig tilgjengelighet for rullebane 11/29 ved oppgradering til CAT II-utrustning på bane 11. Sidevindsbegrensninger gjelder bare for månedene november til mars.

	RVR/Minima	RVR/Minima, $U_s < 20$ KT	RVR/Minima, $U_s < 20$ KT, $U \ni \{>20$ KT for $DD \in$ $[90^\circ - 150^\circ]\}$	RVR/Minima, $U_s < 14$ KT	RVR/Minima, $U_s < 14$ KT, $U \ni \{>20$ KT for $DD \in$ $[90^\circ - 150^\circ]\}$
CAT II bane 18 CAT I bane 36	99.5 %	99.0 %	97.8 %	96.7 %	96.0 %
CAT II bane 18 CAT I bane 36 og CAT I bane 11 VOR bane 29	99.5%	99.5 %	99.5 %	99.1 %	99.0 %

Tabell 4: Værmessig tilgjengelighet for to rullebaner med CAT II-utrustning på bane 18 som primærbane og 11/29 som sekundærbane. Sidevindsbegrensninger gjelder bare for månedene november til mars. Turbulenskrav gjelder bare for hovedbanen.



## 6 Konklusjon

Resultatene viser at den værmessige tilgjengeligheten blir størst hvis både bane 18/36 og 11/29 benyttes i kombinasjon. Selv med det strengeste kravet om sidevind, maksimalt 14 knop, vil den værmessige tilgjengeligheten være så høy som 99 %. Hvis eventuelt bare bane 18/36 kan benyttes, fordi bane 11/29 legges ned, vil tilgjengeligheten være 96 % med CAT II på bane 18. Dette skyldes for det meste at det ved sterk vind mellom 90 og 150 grader forekommer en del turbulens på bane 18/36, samt at sidevindskravet kan bli opprettholdt ved landing på alternativ bane. På bane 11/29 er det ingen turbulensproblemer ved vind fra denne sektoren.

## Referanser

1. Bronger/Fuglum/Haugen/Rabbe/Hengebøl: Krav til værmessig tilgjengelighet på nye flyplasser, AVINOR, Oslo, 2014
2. Harstveit, K: Sola flyplass, værmessig tilgjengelighet, notat KVT/KH/2014/N71, Kjeller vindteknikk, 2014

## Appendiks A

### Om instrumentelle skyobservasjoner og METAR - prosessering fra flyplasser

Det vil alltid knyttes en viss usikkerhet til skyhøydebestemmelsen fordi skybasis ikke er en skarp grenseflate, men en gradvis overgang fra dråpefri luft til skyluft. Identifikasjon av skybasis skjer da ved at mottatt informasjon fra skyhøydemåleren går gjennom et dataprogram som beregner skybasis med oppløsning på 10 meter (30.48 FT). Når skybasis nærmer seg bakken vil det bli vanskelig å definere skybasis og instrumentet gir i stedet vertikal sikt med samme oppløsning. Skyene kan i en del tilfelle bestå av flere lag, da vil instrumentet alltid gi høyden til det laveste laget den registrerer.

Samtidig vil en rekke registreringer gi grunnlag for å identifisere disse lagene, derved registreres også inntil tre signifikante skylag på grunnlag av gjentatte målinger. Slik identifiseres skylagene som kan oppgis i METAR værkode. Slik værkode vil av en observatør bli midlet over rom, mens instrumentet midler over tid innenfor en angitt romvinkel.

Skyhøydemåleren er et laserinstrument som sender ut et strålingssignal. Dette spres i vanndråper eller ispartikler i lufta og noe fanges opp av mottakeren. Tiden mellom sending og mottak omregnes til avstand siden lyssignalfarten er kjent. Er signalet tilstrekkelig sterkt, tolkes avstanden som skyhøyde, HL. Flere påfølgende målinger vil ofte gruppere seg omkring en typisk skybasis, HLN. Det kan være flere skylag, neste lag blir da HM og HH. Hyppigheten av treff avgjør skymengden i de forskjellige lagene.

Laveste observasjon (HL) kan være lavere eller høyere enn laveste signifikante skylag (HLN). Det kan også lages en frekvenstabell for en gitt høyde,  $z$ , vil vi ha at  $p(\text{HL}(z)) \leq p(\text{HLN}(z); \forall z$ . Det viser seg at dersom vi bruker metodikken slik den er beskrevet mer utførlig nedenfor på HLN, får vi HL som resultat. HL er altså en ren opptelling av treff på laveste skytrinn, mens HLN vil overestimere skymengden og må gå gjennom en opptellingsprosedyre som bygger på sjansene for å få bakkekontakt ved å gå gjennom et signifikant skylag. Et krav er at skyene er omtrent likt fordelt på himmelvelvingen sett fra en observatør i forhold til midling i et punkt, i det lange løp. Over et område nær fjellene i Lofoten, kan det være situasjoner der det er flere skydotter på fjelltoppene enn rett over måleren. Tar observatøren disse med, vil en observatør rapportere noe mer skyer enn instrumentet.

I metartelegrammet er det angitt inntil tre skylag med tilhørende mengder og høyder. Høydene er gitt for hver 100 fot, mens mengdene er gitt som FEW (1-2 åttedeler), SCT

(3 til 4 åttedeler), BKN (5-7 åttedeler), eller OVC (8 åttedeler). METAR-data inneholder informasjon av skyer inndelt i 8-deler og 9 når skyhøyde ikke kan gies.

Frekvens av lavt skydekke fra metarobservasjoner beregnes ved en statistisk metode. Når mengden av lave skyer er halvparten eller mindre, vurderes situasjonen som skyfri og det gis ingen skyhøyde. Når mer enn halvparten av himmelen er dekket av lave skyer, skal situasjonen beskrives ved en skyhøyde. Ved 1. lag blir denne en gitt verdi fra metaren. Ved 2. lag fordeles skyhøyden på to lag og vektet i forhold til forekomst av de to lagene slik at vektet sum blir 1. Er der tre identifiserte lag, får vi en tilsvarende tredeling. Høydene og vektingsgrunnlaget finner vi i METAR værkode i form av skybasishøyder og skymengder.

Metodikken er testet på Leknes lufthavn der skyhøydefrekvenser ble funnet ved AW11 Vaisala laserutstyr, og beregnet fra metardata fra flyplassen. I tillegg ble det rapportert fra en del flygere når visuell bakkekontakt ble oppnådd. Det ble funnet god statistisk samstemmighet mellom metodene i et tidsrom på ca. 6 måneder, hvilket styrker både metarprosesseringsen, tiltroen til instrumentelle skymålinger og relevansen for flygning.

Data kan også analyseres med den såkalte "2-forsøksmetoden". Det er mulig å tenke seg at det blir benyttet to landingsforsøk når det er skiftende skyforhold. Dette kan programmeres inn ved å redusere sannsynligheten for det laveste skynivået etter gjennomflygning av et høyere lag. Dette gjøres etter en ren statistisk binominaltankegang, der skydekke SCT  $(3-4/8) = 0.4375$  gis sannsynlighet  $0.4375^2 = 0.19$  og FEW  $(1-2/8) = 0.1875^2 = 0.035$ .