



FORORD

Denne masteroppgaven representerer den siste brikken i studiet Miljøfysikk og Fornybar Energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT). Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med Meteorologisk institutt og er på 30 stp.

Jeg vil gjerne takke min veileder Mareile Astrid Wolff ved Meteorologisk institutt for betydelig veiledning, strukturhjelp og tålmodighet. Jeg hadde ikke kommet i mål, om det ikke var for hjelpen jeg fikk fra deg.

Jeg vil også takke Anne Marte Lægreid og Cecilie Hansen for korrekturlesning, og mine medstudenter på masterleseplassen for kaffe, koselige lunsjpauser, motiverende samtaler og tips. I tillegg vil jeg utrykke en takk til meteorologisk institutt for finansielt bidrag til opphold på Haukeliseter testfelt.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 14.05.2015

Martin Haugen

SAMMENDRAG

Meteorologisk institutt (MET) bruker fortsatt observatører for visuelle observasjoner på flere værstasjoner rundt om i landet. I fremtiden vil det bli nødvendig å automatisere denne prosessen, men det har vist seg spesielt vanskelig å automatisere parameteren nedbørstype. Til dette blir såkalte Present Weather Sensors (PWSs) brukt. Nederland og flere andre land har allerede gjort vurderinger av forskjellige PWSs, og bruker i dag PWSs istedenfor observatører på sine stasjoner, tilpasset deres klima. Formålet med denne oppgaven har vært å utføre en lignende vurdering av sensorer her i Norge, basert på metoder fra andre lands tidligere forskning. På Haukeliseter testfelt i Vinje har MET stående seks PWSs som ønskes analysert i vinterstid. Dette er Vaisala PWD22, Vaisala PWD21, Campbell PWS100, Ott Parsivel, og to Thies LPM. En Thies LPM er plassert på utsiden av et DFIR vindskjold, mens den andre er plassert på innsiden

Vurderingen av sensorene er basert på en sammenligning av minuttmålte nedbørtyperdata for vintermånedene i perioden desember 2012- april 2015, hvor Vaisala PWD22 har fungert som referanse. Timemålte data fra et seks dagers manuelt opphold på Haukeliseter testfelt, og bildedata er brukt som tilleggsinformasjon. Andre parametere som er valgt ut for analyse har vært sensorstatuser, nedbørintensiteter, sikt-koder, temperatur og vindhastighet. Disse parameterne er blitt brukt som supplement for analyse av spesielle vær-situasjoner.

Resultatene er presentert og analysert som kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier (POD, FAR, CSI og HSS) for fem ulike nedbørsgrupper. Fra resultatene kan det konkluderes med følgende:

Ott Parsivel har de dårligste scoreverdiene av alle sensorene. Sensoren registrerer ofte 'ingen nedbør' selv om både observatør, bildedata og de fem andre sensorene varsler ulike nedbørstyper, hovedsakelig snø.

Campbell PWS100 har de beste scoreverdiene for regn, har god scoreverdi for nedbørsdeteksjon, men har litt større problemer med snødeteksjon. Dette skyldes at sensoren veldig ofte registrerer kornsnø der Vaisala registrerer snø. Campbell har også en tendens til å melde 'ingen nedbør' og 'ukjent nedbør' selv om andre instrumenter og bildedata viser snø.

Vaisala PWD21 har veldig gode scoreverdier for nedbør og snødeteksjon for alle typer situasjoner, noe som kan forventes av en eldre versjon av Vaisala PWD22.

Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold har litt bedre scoreverdier enn Thies LPM på utsiden av vindskjold. Forskjellen er likevel ikke stor nok til at det kan bekreftes at vindskjoldbeskyttelse har innvirkning på resultatene. Begge Thies LPM-sensorene registrerer flere hendelser av små nedbørspartikler sammenlignet med de andre sensorene, noe som stemmer overens med resultater fra Haij og Wauben (2010). Da kun en sensor er brukt som referanse, kan det likevel ikke bekreftes at disse registreringene faktisk stemmer.

Ingen av sensorene har gode scoreverdier for nedbør i frossen form eller for isorn,
kornsnø og snøstjerner.

ABSTRACT

The Norwegian Meteorological Institute (MET) still uses human observers for ‘present weather’ observations at several measurement sites around the country. In the long-term, it would be necessary to automate this process. It has however been proven difficult to automate the parameter ‘type of precipitation’. Present Weather Sensors (PWSs) are the automatic alternative. Several countries, including the Netherlands, have already conducted several trials of different PWSs, and are today using PWSs adapted to their climate. The purpose of this thesis has been to conduct a similar assessment of PWSs in Norway. MET have six PWSs placed at Haukelisetter in Vinje, which they want evaluated. These sensors are the Vaisala PWD22, Vaisala PWD21, Campbell PWS100, Ott Parsivel and two separate Thies LPMs. The two Thies LPM sensors are located on the outside and inside of a DFIR windshield.

The assessment of the sensors is based on a comparison of minutely ‘type of precipitation’ data, where Vaisala PWD22 was chosen as a reference. Manually collected hourly data from six days at Haukelisetter, and pictures from MET’s databases, were used as additional information. Other parameters that were selected for analysis include operational status of sensors, precipitation intensity, visibility, temperature and wind velocity. These parameters were used as an analytical supplement for special situations.

The results are presented and analyzed as contingency tables with accompanying verification scores (POD, FAR, CSI and HSS) for five different precipitation groups. Based on the results, the following conclusions were made:

Ott Parsivel had the poorest verification scores of all the sensors. The sensor has the tendency to measure ‘no precipitation’, even though observer, pictures and other sensors are in agreement that other precipitation types are present.

Of all the sensors, Campbell PWS100 had the highest verification scores for rain, and generally good scores for detection of precipitation. However, when detecting solid precipitation it had some struggles with detection of snow. The sensor often measures snow grains instead. Campbell PWS100 has some tendency to measure ‘no precipitation’ or ‘unidentified precipitation’, despite other sensors and pictures showing snow.

Vaisala PWD21 has the highest scores for detection of precipitation, and for detection of snow, which is to be expected from an older version of the Vaisala PWD22. The Thies LPM mounted in the interior of the DFIR windshield had slightly better scores than the identical sensor mounted on the exterior. However, the differences appear small, which makes it difficult to say if the windshield has any positive impact (on the results). Both sensors show a higher rate of detection of smaller precipitation particles compared to the other sensors, which is consistent with the results obtained by Haij and Wauben (2010). Still, with only a sensor as reference, it cannot be confirmed that these measurements are correct.

None of the sensors shows adequate scores for frozen precipitation, or detection of ice pellets, snow grains or ice crystals.

OVERSIKT OVER FIGURER

Figur 2.2.1.1: Illustrasjon av PWD22 med maskinvarestruktur. Figur er hentet fra Vaisala (2010).....	5
Figur 2.2.1.2: Illustrasjon av det optiske oppsettet. Figur er hentet fra Vaisala (2010)....	5
Figur 2.2.1.3: Kategoriseringsfordeling av ulike værtyper. Kategoriseringen avhenger av forholdet mellom intensitetssignalene til foroverspredningssensoren og Vaisala RAINCAP, og av temperatur. Figuren er hentet fra Vaisala (2010).....	6
Figur 2.2.2.1: Illustrasjon av distrometerprinsippet. Partikkel faller gjennom infrarød lysstråle. Målene på lysvolumet varierer fra instrument til instrument. Venstre illustrasjon er hentet fra Thies LPM (2007). Høyre illustrasjon er hentet fra OTT (2010).	7
Figur 2.2.2.2: Illustrasjon av signalene som produseres når partikler passerer lysstrålen i et distrometer. (a) En stor og en liten partikkel passerer lyset. (b) Et ubehandlet spenningsignal blir produsert. (c) Et ferdigbehandlet signal er klar for analyse. Figuren er hentet fra Löffler-Mang og Joss (2000)	8
Figur 2.2.8: Illustrasjon av DFIR. Bildet er hentet fra Goodison (1998). På Haukeliseter testfelt er nedbørmåleren i midten av typen Geonor.....	10
Figur 2.5.1.2: Uthenting av 2×2 tabell for værobservasjon A.	15
Figur 3.1.1: Klimastatistikk for temperatur og nedbørmengde. Prikkene representerer gjennomsnittlig middeltemperatur og søylene viser nedbørmengde sammenlignet med normalen. De tykke mørke strekene er normalene og den tynne streken viser skillet mellom pluss og minusgrader. Blå prikker representerer temperatur under 0°C og røde temperatur over 0°C (Hentet fra yr.no).....	17
Figur 3.2.1: Haukeliseter testfelt.....	19
Figur 3.2.3.1: Oversikt over layout på Haukeliseter testfelt. M1, M2 og M3 er master med instrumenter i forskjellige høyder. X1-X6 representerer nedbørmålere. Instrumenter markert i blått er instrumentene som er brukt i denne oppgaven. Nederst til venstre vises en vindrose for statistiske fordelinger av vindretninger.	20
Figur 3.2.3.2: Bilder av de ulike Present Weather sensorene som befinner seg på testfeltet. Der 1 er Thies LPM, 2 er OTT Parsivel, 3 er Campbell PWS100, 4 er Vaisala PWD21, 5 er Vaisala PWD22, 6 er Thies LPM på innsiden av vindskjold.....	22
Figur 4.1.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtypene er meldt av Campbell PWS100 og Vaisala PWD22 for samme periode.....	30
Figur 4.1.2: To bilder for bekreftelse av snø på testfelt. Venstre bilde viser Geonor DFIR den 3/22/14 kl. 15.16. Høyre bilde viser Geonor X1 den 12/20/13 kl. 12.08.....	31
Figur 4.2.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtypene er meldt av Campbell PWS100 og Vaisala PWD22 for samme periode.....	33
Figur 4.2.2: To bilder for bekreftelse av snø på testfelt. Venstre bilde viser Geonor X1 den 16/1/15 kl. 11.28. Høyre bilde viser Geonor DFIR den 16/1/15 kl. 11.28.....	34

Figur 4.3: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Vaisala PWD21 og Vaisala PWD22 for samme periode.	36
Figur 4.4.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på utsiden av DFIR vindskjold og Vaisala PWD22 for samme periode.	38
Figur 4.4.2: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold og Vaisala PWD22 for samme periode.	39
Figur 4.4.3: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på innsiden og utsiden av vindskjold for samme periode.	42
Figur 4.5.1: Resultater for deteksjon av nedbør for alle sensorer	44
Figur 4.5.2: Resultater for deteksjon av regn for alle sensorer	44
Figur 4.5.3: Resultater for deteksjon av nedbør i frossen form for alle sensorer.....	45
Figur 4.5.4: Resultater for deteksjon av snø for alle sensorer.....	45
Figur 4.5.5: Resultater for deteksjon av isorn, kornsnø og snøstjerner for alle sensorer	46
Figur 4.5.6: Resultater for deteksjon av nedbør i fast form (S, IP, A) for alle sensorer.	46

OVERSIKT OVER TABELLER

Tabell 2.2.2.1: Eksempel på hvordan noen nedbørtyper kategoriseres fra diameter og fallhastighet. Tabellen er hentet fra Thies LPM (2007).....	8
Tabell 2.3.1: Kodetabell 4680 med værkoder for automatiske værstasjoner. Tabellen er gjengitt fra WMO (1995). Kode 90-99, samt noen koder under 20 er fjernet fra tabellen.	11
Tabell 2.3.2: NWS-koder for nedbørtyper som ble benyttet i oppgaven.....	11
Tabell 2.4.1: Illustrasjon av en $i \times j$ kontingenstabell.....	13
Tabell 2.5.1: 4×4 kontingenstabell for fire ulike værgupper observert av sensor og referanse.	14
Tabell 2.5.1.1: Illustrasjon av en 2×2 kontingenstabell for sammenligning av observasjoner gjort av sensor og referanse.	14
Tabell 3.2.3.1: Oversikt over de fleste instrumentene installert på testfeltet. Instrumentene markert i rosa er instrumentene som er relevante for oppgaven.	21
Tabell 3.3: Oversikt over hvor mange dager i hver måned de ulike sensorene har samlet inn data.	23
Tabell 3.3.2: Oversikt over manuelle værobservasjoner av nedbørtype (ww) og sikt (VV).	24
Tabell 3.4.1: Oversikt over nedbørtypegrupper på norsk og engelsk med tilhørende $w_a w_a$ -koder fra tabell 4680. Gruppene har også tilhørende NWS kode.....	26
Tabell 3.4.2.1: Kontingenstabell for Thies LPM og Campbell PWS100. Det røde markerte området viser antall tilfeller der Thies LPM melder yr og Campbell melder yr eller noe annet. Det lilla område viser at i 37266 tilfeller melder Thies LPM snø, der Campbell melder isorn.....	26
Tabell 3.4.3: Oversikt over konvertering fra 10×10 til 2×2 kontingenstabell. Summen av cellene av samme farge i 10×10 tabellen er representert i 2×2 tabellen som den samme fargen.	28
Tabell 4.1: Oversikt over de ulike nedbørtypegruppene nedbør er kodet etter i denne oppgaven.	29
Tabell 4.1.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Campbell PWS100 under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.	30
Tabell 4.1.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Campbell PWS100 og Vaisala PWD22. 'Normale forhold' og 'Normale forhold 2' er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter.....	32
Tabell 4.2.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Ott Parsivel under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede	

værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.	33
Tabell 4.2.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Ott Parsivel og Vaisala PWD22. ‘Normale forhold’ og ‘Normale forhold 2’ er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter.....	35
Tabell 4.3.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Vaisala PWD21 under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.	36
Tabell 4.3.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 9 ulike vær-situasjoner mellom Vaisala PWD21 og Vaisala PWD22. ‘Normale forhold’ er scoreverdier for hele datasettet	37
Tabell 4.4.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Thies utenfor DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for forskjellige nedbørsituasjoner.....	38
Tabell 4.4.2: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Thies på innsiden av DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.	39
Tabell 4.4.3: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Thies på utsiden av DFIR og Vaisala PWD22. ‘Normale forhold’ og ‘Normale forhold 2’ er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter.	41
Tabell 4.4.4: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 9 ulike vær-situasjoner mellom Thies LPM på innsiden av DFIR og Vaisala PWD22. ‘Normale forhold’ er scoreverdier for hele datasettet.	41
Tabell 4.4.5: Tabellsammendrag for Thies LPM på innsiden og utsiden av DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.	42
Tabell 4.6: Nedbørstyppekoder for observatør og seks Present Weather Sensors fra opphold på Haukeliseter testfelt i perioden 5-10 februar 2015. Observatør har kodet etter kodetabell 4677 og sensorene etter kodetabell 4680. [8] NULL vil si sensorfeil...	47
Tabell 8.1: Kodetabell 4677 for manuelle vær-stasjoner. Tabellen er hentet fra WMO (1995).	55
Tabell 8.2.1: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Ott Parsivel.	58

Tabell 8.2.2: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Vaisala PWD22.....	59
Tabell 8.2.3: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Thies LPM utenfor vindskjold.	59
Tabell 8.2.4: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Thies LPM innenfor vindskjold.	60
Tabell 8.2.5: Kontingenstabell og scoreverdier for Vaisala PWD21 og Ott Parsivel.....	60
Tabell 8.2.6: Kontingenstabell og scoreverdier for Vaisala PWD21 og Thies LPM innenfor vindskjold.	61
Tabell 8.2.7: Kontingenstabell og scoreverdier for Ott Parsivel og Thies LPM utenfor vindskjold.....	61
Tabell 8.2.8: Kontingenstabell og scoreverdier for Ott Parsivel og Thies LPM innenfor vindskjold.....	64

INNHold

Forord	II
Sammendrag	IV
Abstract	VI
Oversikt over figurer	VIII
Oversikt over tabeller	X
1 innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Tidligere studier.....	1
1.3 Målsetning	2
2 teori	3
2.1 Nedbørformer	3
2.1.1 Nedbør i flytende form.....	3
2.1.2 Nedbør i frossen form.....	3
2.1.3 Nedbør i fast form	3
2.2 Present Weather sensorer og andre instrumenter.....	4
2.2.1 Vaisala Present Weather Detector PWD22/21	4
2.2.2 Ott Parsivel Present Weather Sensor.....	7
2.2.3 Thies Laser Precipitation Montitor.....	9
2.2.4 Campbell PWS100 Present Weather sensor.....	9
2.2.5 Vindpåvirkning og retning	9
2.2.6 Vindsensor Gill windobserver III.....	9
2.2.7 Temperaturmåler PT100.....	9
2.2.8 DFIR (Double Fence Intercomparison Reference) vindskjold.....	10
2.3 SYNOP	10
2.3.1 Været i observasjonstiden SYNOP	10
2.3.2 Sikt SyNOP	12
2.4 Kategoriske data	12
2.4.1 Kontingenstabeller.....	12
2.5 Metoder for kvalitetsundersøkelse av kategoriske værvarsler.....	13
2.5.1 kontingenstabeller i meteorologisammenheng.....	13
2.5.2 scoreverdier	15
3 Materiale og metode	17
3.1 Klimaet i Norge og på Haukeliseter	17
3.2 Haukeliseter testfelt	18

3.2.1 Stasjonshistorie.....	18
3.2.2 Geografi.....	19
3.2.3 Instrumentoversikt.....	20
3.3 Beskrivelse av datamateriale	22
3.3.1 Data fra instrumenter.....	23
3.3.2 Data fra manuelle observasjoner på testfelt	23
3.3.3 Bildedata.....	24
3.4 Dataanalyse.....	25
3.4.1 Datautvelgelse og korrigerings	25
3.4.2 kontingenstabeller	26
3.4.3 Vaisala PWD22 som referanse for Beregning av ulike scores.....	27
4 Resultater og diskusjon	29
4.1 Campbell PWS100 mot Vaisala PWD22	30
4.2 Ott Parsivel mot Vaisala PWD22	33
4.3 Vaisala PWD21 mot Vaisala PWD22	36
4.4 Thies LPM mot Vaisala PWD22	38
4.5 Oppsummering	44
4.6 oppholdsanalyse.....	47
5 Konklusjoner	49
6 Forslag til videre arbeid	51
7 Referanser.....	53
8 Vedlegg.....	57
8.1 Kodetabell 4677.....	57
8.2 Kontingenstabeller for resterende PWS.....	60

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

Tradisjonelt sett har menneskets dømmekraft vært kilden for innhenting av meteorologiske måledata. Ved manuelle værstasjoner har observatører hatt ansvaret for å gjennomføre visuelle observasjoner, lese av måleinstrumenter og loggføre informasjonen. Dette foregikk for noen stasjoner i over hundre år (MET), før observasjonsprosessen litt etter litt begynte å bli automatisert. Automatiske instrumenter har den fordel at de kan plasseres hvor som helst, de er objektive, og har en mye høyere målefrekvens.

Store deler av værstasjonene i Norge er automatiserte i dag. Også på de manuelle værstasjonene er deler av målingene gjort automatisk. Bare nedbørmålinger og de såkalte visuelle målingene blir fortsatt foretatt av observatører. De visuelle målingene er observasjoner der observatøren går ut og gjør en egen tolkning av været. Parameterne som måles er synsvidde (sikt), været ved observasjonstiden (værtype/nedbørstype), skyinformasjon (høyde, type, andelen av himmelen som er dekket gitt i åttendedeler) og snøforhold (markas tilstand vurderes, og snødybde måles).

Av de visuelle observasjonene er definering av nedbørstype en av de vanskeligste å automatisere (Merenti-Valimaki, 2001). Til dette finnes en rekke såkalte 'Present Weather Sensors' (PWSs). Dette er instrumenter som er designet for å måle sikt, nedbørstype og nedbørintensitet. I dag finnes det mange forskjellige PWS-typer som bruker ulike teknologiprinsipper og er av forskjellig kvalitet.

I november 2002 ble alle observatører i Nederland fjernet fra værstasjoner og erstattet med automatiske instrumenter (De Haij, 2007). Som i Nederland blir det etter hvert nødvendig å automatisere de visuelle parameterne i Norge.

Meteorologisk institutt (MET) vurderer forskjellige typer PWS-typer for å automatisere måling av nedbørstype. Sensorene må testes og sammenlignes for å finne sensortypen som egner seg best for klimaet i Norge. På Haukelisetestfelt i Vinje kommune har MET stående seks PWS de ønsker vurdert. En slik vurdering er ikke gjort i Norge tidligere, men det finnes flere studier, hovedsakelig fra andre land som har faset ut de visuelle observasjonene for flere år siden.

1.2 TIDLIGERE STUDIER

Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) utførte en vurdering av målinger fra flere PWS i Canada og Frankrike på midten av nittitallet (Leroy, 1998). Hensikten var å teste sensorenes egenskaper til deteksjon og typebestemmelse av nedbør for de forskjellige klimaene i disse to landene. Konklusjonen for undersøkelsen var at flere av sensorene utførte en god nok jobb til å gi verdifull informasjon. Sensoren som kom best ut av undersøkelsen var Vaisala FD12P.

KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute) gjennomførte sin egen undersøkelse av to PWS-typer i 1993 (Van der Meulen, 1994). I denne undersøkelsen ble automatiske observasjoner gjort av Vaisala FD12P og HSS PW402B, og sammenlignet med en observatør. Undersøkelsen var kort og få perioder med snø ble rapportert. Resultatene ble dermed bare basert på nedbør i flytende form. Det ble funnet god korrelasjon mellom observatør og begge sensorene for deteksjon av nedbør, men svakere korrelasjon for yr og lett regn. Vaisala FD12P demonstrerte likevel den beste utførelsen. Undersøkelsene førte til at stasjoner i Nederland ble utstyrt med Vaisala FD12P.

I Wauben (2002) og De Haij (2007) gjorde KNMI videre undersøkelse av FD12P. Igjen ble sensoren sammenlignet med referanseobservatører. Hensikten i disse analysene var å evaluere instrumentet videre og se på mulige forbedringer i sensoren, spesielt under vinterklima. Flere svakheter ble funnet, blant annet ved deteksjon av nedbør rundt 0°C, ved deteksjon av hagl og ved deteksjon av veldig lette nedbørshendelser (yr, lett regn). Det ble dermed nødvendig å undersøke andre sensoralternativer.

Haij og Wauben (2010) startet en undersøkelse av Thies LPM, Ott Parsivel, Lufft R2S og Vaisala WXT520 på testfeltet De Bilt i Nederland for å undersøke svakhetene i Vaisala FD12P. Basert på resultatene fra to vintersesonger ble det konkludert med at Thies LPM klarte å forbedre svakhetene til FD12P, og at en kombinasjon av Thies LPM og FD12P kunne være en fremtidig løsning.

Bloemink og Lanzinger (2005) vurderte yteevne og begrensninger av Thies LPM. Resultatene som ble funnet var at Thies LPM hadde en like god overenstemmelse med observatøren som Vaisala FD12P hadde. Dette er interessant med tanke på at Thies LPM er mye billigere.

Griesel m.fl (2014) utførte en vurdering av syv kommersielle tilgjengelige sensorer som benyttet en av tre forskjellige måleprinsipper. I denne undersøkelsen ble Thies LPM valgt som referanse. Det ble også gjennomført et laboratorieforsøk for å verifisere responsen til sensorene for små yr og regndråper. I undersøkelsen var Thies LPM den sensoren som viste de beste resultatene.

1.3 MÅLSETNING

Hensikten med oppgaven har vært å evaluere seks Present Weather Sensorer for vintermånedene mellom desember 2012 og april 2015. De seks PWS undersøkt er Vaisala PWD22, Vaisala PWD21, Campbell PWS100, Ott Parsivel, og to Thies LPM. En Thies LPM er plassert på utsiden av et DFIR vindskjold, mens den andre er plassert på innsiden. Sensorene er plassert på METs testfelt på Haukeliseter, Telemark. Vurderingen er basert på lignende metoder som brukes i blant annet Griesel m.fl (2014), Bloemink og Lanzinger (2005) og De Haij (2007). Målinger fra sensorer ble sammenlignet med målinger fra en valgt referanse. I denne oppgaven er Vaisala PWD22 valgt som referanse.

Resultatene, som kvantifiser hvor bra en sensor stemmer overens med referansen vil bli presentert som kontingenstabeller, og fra kontingenstabellene vil flere scoreverdier for fem ulike nedbørsituasjoner bli presentert. Data fra et seks dagers manuelt opphold på Haukeliseter, samt tilgang på billedata for hele analyseperioden vil bli brukt som tilleggsinformasjon i vurderingen. Det vil også bli sett på hvordan scoreverdier endrer seg for valgte vær-situasjoner. For eksempel ved sterk vind, høy nedbørintensitet eller dårlig sikt. På denne måten sjekkes det for om noen av sensorene er bedre enn andre avhengig av vær-situasjoner.

2 TEORI

I dette kapittelet presenteres teori som er brukt i oppgaven og legger grunnlaget for metode og resultater presentert i kapittel 3 og 4.

2.1 NEDBØRFORMER

Skyer består av kondenserte vanndråper og iskrystaller som varierer fra 1-100 μm i størrelse (Holz, 2010). Dette er så lite at oppdriften er like stor eller større enn tyngdekraften, og partiklene holder seg svevende. Nedbør er definert som alle former for vann som faller fra himmelen, og skjer når skypartiklene samler seg. Det finnes flere typer nedbørformer og de viktigste for oppgaven er presentert her. Informasjonen for delkapittelet er hentet fra (Pruppacher og Klett, 1997) og (Straka,2009).

2.1.1 NEDBØR I FLYTENDE FORM

2.1.1.1 YR

Yr er små dråper av vann som faller fra lave stratuskyer. Yrdråper faller sakte og har enten en form som en flat sfæroide (hvis diameter $>0,28$ mm), eller en perfekt sfæreform (hvis diameter $<0,28$ mm). De har en diameter mindre enn 0,5 mm.

2.1.1.2 REGN

Regn er større dråper av vann som dannes ved at skypartikler fusjonerer. Når regn faller har dråpene en form som en flat sfæroide. Regndråpediameteren er fra 0,5mm til 6mm. Om regndråper vokser større enn dette blir regndråpene ustabile. De revner opp og splittes i flere mindre dråper.

2.1.2 NEDBØR I FROSSEN FORM

Frossen regn eller frossen yr forekommer når dråper faller i underkjølt flytende form. Å falle i underkjølt flytende form vil si at dråpene har en temperatur under frysepunktet, uten at dråpene går over til nedbør i fast form. Den negative temperaturen gir dråpene den egenskapen at de kan fryse til is med en gang de får bakkekontakt. Dette forutsetter at bakken har en temperatur rundt 0°C eller mindre.

2.1.3 NEDBØR I FAST FORM

2.1.3.1 SNØ

Snø er et resultat av at flere iskrystaller fra skyene samler seg. Hvis tilstrekkelig med iskrystaller går sammen blir disse tunge nok til å falle mot bakken. Formen på snøpartikler varierer i stor grad. Kompleksiteten i formen gjør det vanskelig å bestemme fallhastigheten til partiklene.

2.1.3.2 KORNSNØ

Kornsnø er små og hvite korn av is, som ofte er et resultat av frossen yr. Disse er mindre enn 1 mm og spretter ikke opp ved hard bakkekontakt.

2.1.3.3 HAGL

Hagl er større ispartikler som dannes i bygeskyer. Dette skjer ved at ispartikler og underkjølte vanndråper kombineres og holdes oppe i luften av vertikale luftstrømmer. Kombineringen foregår helt til en haglpartikkel er tung nok til å falle gjennom luftstrømmene. Generelt er hagldiameteren mellom 5 og 50 mm, men partiklene kan fort bli flere cm brede.

2.1.3.4 ISKORN

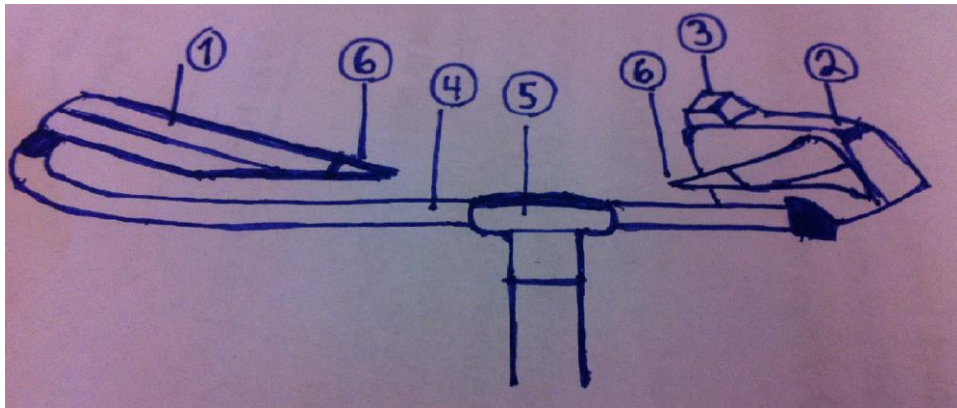
Iskorn er snø som har begynt å smelte, men som så har fryst igjen på vei ned mot bakken. Iskornene er mindre enn hagl, har en størrelse på 1 til 5mm, og spretter ved hard bakkekontakt.

2.2 PRESENT WEATHER SENSORER OG ANDRE INSTRUMENTER

Totalt seks sensorer er undersøkt i denne oppgaven. Alle sensorene er ulike typer av Present Weather Sensors (PWSs), instrumenter som har som hensikt å måle nedbørtype, sikt og nedbørsintensitet. Teknologien for sensorene kan grovt deles inn i to: 'optisk foroverspredning' og 'distrometerteologi'. I dette delkapittelet vil en beskrivelse av oppbygging og virkemåte av de seks sensorene bli gitt. Det vil også bli gitt en kort beskrivelse av en vindsensor, en temperaturmåler og en nedbørmåler som har blitt benyttet i oppgaven.

2.2.1 VAISALA PRESENT WEATHER DETECTOR PWD22/21

Vaisala Present Weather Detector PWD22 (Vaisala, 2010), heretter omtalt som PWD22, bruker prinsippet for foroverspredning, der lys spres og endrer retning ved kollisjon med partikler. Dette prinsippet blir brukt i kombinasjon med et kapasitivt apparat og en temperatursensor for å måle sikt, værtype og nedbørsintensitet. Det kapasitive apparatet måler kapasitans, som henger sammen med mengde nedbør som er samlet på en sensoroverflate. Dermed kan intensiteten bestemmes. Figur 2.2.1.1 viser en illustrasjon av PWD22s struktur med hovedkomponenter.

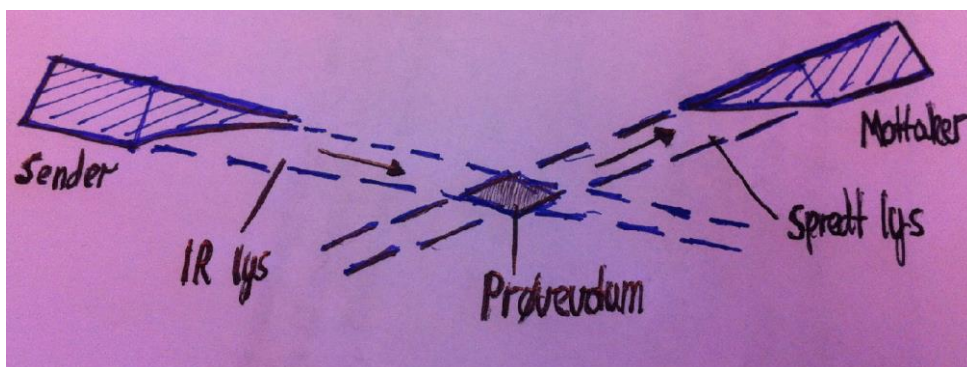


Figur 2.2.1.1: Illustrasjon av PWD22 med maskinvarestruktur. Figur er gjengitt etter Vaisala (2010).

Numrene representerer de følgende komponentene:

1. Sender (PWT11)
2. Mottaker (PWC22)
3. Vaisala RAINCAP regnsensor (PWR211)
4. Temperatursensor (Pt100)
5. Monteringsfester
6. Skjermvarmere
7. Plass for alternativ sensor, Vaisala Luminance Sensor (PWL111)

Senderen og mottakeren illustrert i figur 2.2.1.1 og 2.2.1.2 utgjør en foroverspredningssensor. Senderen består av en infrarød lys-emitterende diode(LED) som pulserer ut infrarød stråling med en bølgelengde på 875 nm og frekvens på 2 kHz. PWD22 har et lite prøvevolum på omtrent 0,1 liter, og spredt lys fra partikler som befinner seg her treffer mottakeren. Både senderen og mottakeren er vippt 22,5° ned fra det horisontale plan. Dette gjør at mottakeren måler lys fra partikler i prøvevolumet spredt ved 45°. Figur 2.2.1.2 viser en illustrasjon av det optiske oppsettet.

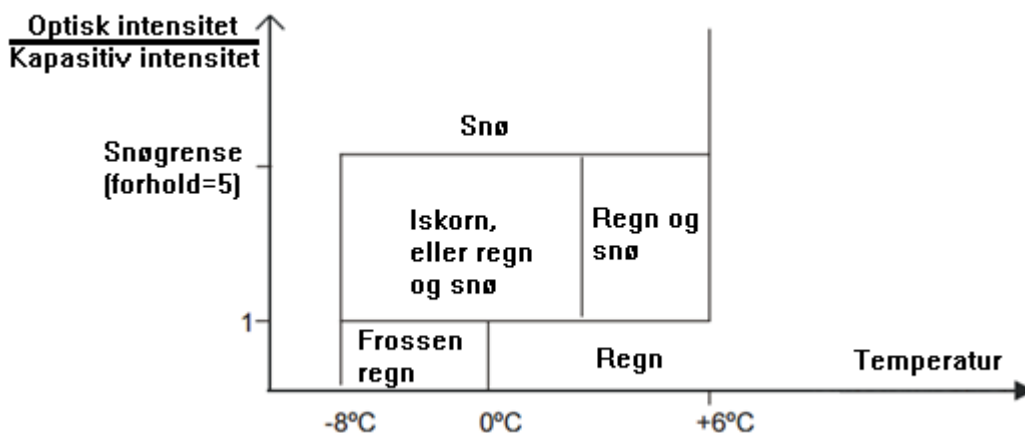


Figur 2.2.1.2: Illustrasjon av det optiske oppsettet. Figur er gjengitt etter Vaisala (2010).

Mottakeren består av en fotodiode som produserer et spenningssignal når det mottar stråling. Signalspenningen blir så filtrert og analysert, og kan brukes til å finne ut hva

slags, og antall aerosoler det er i prøvevolumet. Fra dette bestemmes sikt. Når det ikke finnes en betydelig mengde partikler i prøvevolumet og lys bare spres fra aerosoler, produserer mottakeren et tilnærmet kontinuerlig signal. Hvis nedbørpartikler passerer prøvevolumet vil det kontinuerlige signalet registrere signaltopper der størrelsen på amplituden er proporsjonal med størrelsen på partikkelen som passerte prøvevolumet. Dette gir informasjon om størrelsen på nedbørspartiklene, og fra antall signaler er det mulig å finne optisk nedbørsintensitet. Denne optiske informasjonen er likevel ikke tilstrekkelig for å kunne identifisere og klassifisere nedbør godt. Mer informasjon skaffes fra den kapasitive nedbørssensoren, Vaisala RAINCAP.

Vaisala RAINCAP fungerer slik at den måler kapasitansen av nedbør som befinner seg på en sensoroverflate. Denne kapasitansen endrer seg avhengig av mengden som befinner seg på overflaten. Sensorelementet er montert med en helling slik at nedbør kan renne av. Nedbørmengde og nedbørintensitet beregnes internt av kapasitansen. Både den optiske foroverspredningssensoren og Vaisala RAINCAP representerer nedbørsintensitet i signaler. Forholdet mellom disse to signalene (optisk intensitet/kapasitiv intensitet) blir brukt til å skille partikler med lavt vanninnhold (snø) og mindre partikler med høyt vanninnhold (regn). I kombinasjon med temperaturmålinger fra en temperatursensor blir de ulike vær-situasjonene kategorisert. En kategoriseringsfordeling er skjematisert i figur 2.2.1.3.



Figur 2.2.1.3: Kategoriseringsfordeling av ulike værtypet. Kategoriseringen avhenger av forholdet mellom intensitetssignalene til foroverspredningssensoren og Vaisala RAINCAP, og av temperatur. Figuren er hentet fra Vaisala (2010).

Forholdet mellom signalene er lik eller mindre enn 1 i tilfeller med nedbør i form av regn. Yr og regn skilles fra hverandre ved å se på signaltoppene. Desto større partikkel, desto større utgående signaltopp blir registrert. Vanndråper under 0°C kategoriseres som underkjølt regn eller yr. Nedbør der temperaturen er over 6 °C registreres alltid flytende nedbør.

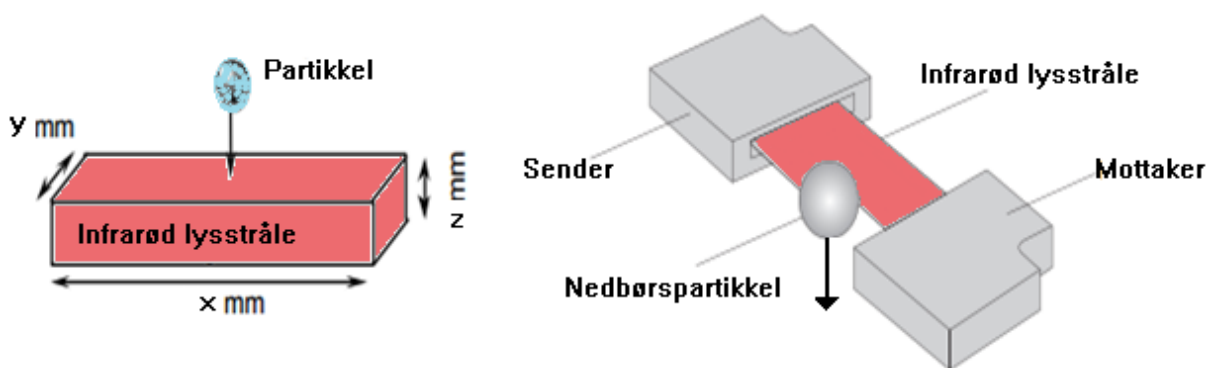
Ved forhold større enn 5 og temperatur mindre enn 6 °C registrerer PWD22 snø. Når intensiteten er mellom 1 og 5 rapporterer PWD22 regn og snø, eller iskorn.

Nedbørstypen er til slutt kodet i en SYNOP-kode sammen med parameterne sikt og nedbørsintensitet.

2.2.2 OTT PARSIVEL PRESENT WEATHER SENSOR

Ott Parsivel Present Weather Sensor (OTT, 2010) er en PWS av typen distrometer.

Et distrometer måler hastighetene og diameterne til nedbørspartikler for oppsamling av nedbørskaraktistikk. Instrumentet består av en laser og en mottakerdiode, beskyttet av hvert sitt deksel. Laseren produserer et infrarødt lys med bølglengde på 650nm, emittert som en horisontal flate. Lyset treffer en enkel fotodiode på mottakersiden, som produserer et spenningsignal. Figur 2.2.2.1 illustrerer konseptet.



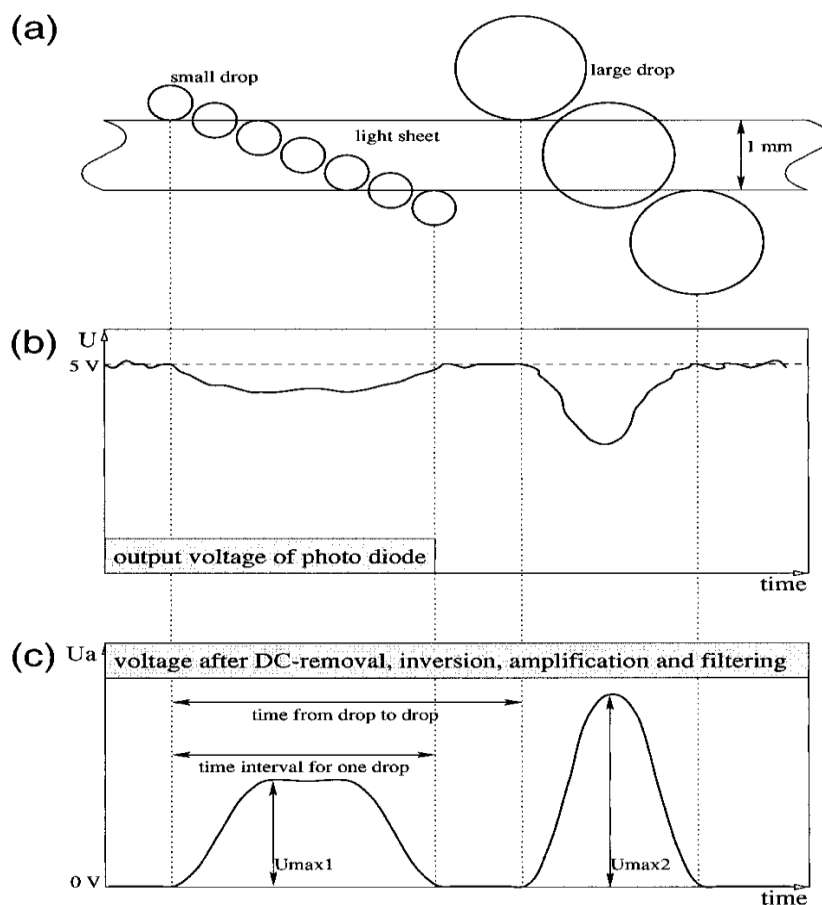
Figur 2.2.2.1: Illustrasjon av distrometerprinsippet. Partikkel faller gjennom infrarød lysstråle. Målene på lysvolumet varierer fra instrument til instrument. Venstre illustrasjon er hentet fra Thies LPM (2007). Høyre illustrasjon er hentet fra OTT (2010).

Om luften er fri for nedbør vil mottakerdioden produsere maksimalt spenningsignal. Dersom nedbørspartikler passerer lysstrålen, vil dette forstyrre det utgående signalet, og signalet blir redusert. Reduksjonen av spenning har en lineær sammenheng med andelen av lys som blokkeres. Fra varigheten og størrelsen på spenningsreduksjonen er det mulig å finne nedbørdiameter og nedbørhastighet. Nedbørdiameteren er relatert til amplituden av den reduserte spenningen, mens nedbørhastigheten er relatert til varigheten i reduksjonen i spenning. Signalet starter når partikkelen entrer lyset og slutter når det er helt ute. Distrometeret lagrer også tiden mellom hver partikkel som entrer lyset. Figur 2.2.2.2 illustrerer prosessen for en liten og en stor partikkel som passerer lysstrålen, og utseende på de ulike signalene som produseres.

For hver partikkel lagres diameteren og hastigheten. Distrometeret fordeler partiklene i hensiktsmessige klasser, der type nedbør (yr, regn, snø, blandinger av disse osv.) bestemmes fra antall partikler fordelt i de ulike gruppene. Hvilken nedbørstype som korresponderer til ulike diametere og hastigheter er basert på statistiske andeler som er vitenskapelig testet (Gunn R, Kinzer, 1949). Vurderingen blir basert på oppdagede partikler i løpet av et tidsintervall på ett minutt. Tabell 2.2.2.1 gir et eksempel på noen diametere og hastigheter med tilhørende nedbørtyper.

Det varierer fra distrometer til distrometer hvor mange klasser det er av størrelse og hastighet. OTT har 32 størrelsesklasser og 32 hastighetsklasser. Disse to kvantitetene gir nok informasjon til å skaffe parameterne: Nedbørintensitet, kinetisk energi,

størrelsesspektrum, sikt og type nedbør. Nedbørintensitet beregnes ved integrering av volumet av alle enkeltdråper det siste minuttet.



Figur 2.2.2.2: Illustrasjon av signalene som produseres når partikler passerer lysstrålen i et distrometer. (a) En stor og en liten partikkel passerer lyset. (b) Et ubehandlet spenningsignal blir produsert. (c) Et ferdigbehandlet signal er klar for analyse. Figuren er hentet fra Löffler-Mang og Joss (2000)

Tabell 2.2.2.1: Eksempel på hvordan noen nedbørtyper kategoriseres fra diameter og fallhastighet. Tabellen er hentet fra Thies LPM (2007).

Diameter [mm]	Fall speed [m/s]
0.2 (drizzle)	0.73
0.3 (drizzle)	1.2
0.8 (rain)	3.3
0.9 (rain)	3.7
1.8 (rain)	6.1
2.2 (rain)	6.9
3.2 (rain)	8.3
5.8 (rain)	9.2

2.2.3 THIES LASER PRECIPITATION MONTITOR

Thies Laser Precipitation Monitor (Thies LPM, 2007) er også en PWS av typen distrometer. Thies LPM fungerer på samme måte som Ott Parsivel beskrevet i delkapittel 2.2.2. Thies LPM har 22 størrelsesklasser og 20 hastighetsklasser, og laseren emitterer infrarødt lys med bølglengde 785nm.

2.2.4 CAMPBELL PWS100 PRESENT WEATHER SENSOR

Campbell PWS100 Present Weather Sensor (Campbell, 2011), heretter omtalt som PWS100, er en optisk sensor som bruker en kombinasjon av spredningsteknologi og distrometerteknologi for å bestemme værparametere. Parameterne det gjelder er: nedbørklassifisering, nedbørintensitet, dråpestørrelsesfordeling og sikt

PWS100 måler sikt ved hjelp av foroverspredning på samme måte som Vaisala PWD22. Sensoren har et prøvevolum, og sikten er bestemt av spredning fra de aerosolene/partiklene som befinner seg der, se figur 2.2.1.2.

For å bestemme nedbørstype bruker PWS100 distrometerteknologi (til å bestemme størrelse/hastighet på nedbørspartikkene, se delkapittel 2.2.2) i kombinasjon med en temperatursensor og en fuktighetssensor.

2.2.5 VINDPÅVIRKNING OG RETNING

Det er anbefalt å plassere sensorer så strategisk som mulig med tanke på vindhastighet og retning. Mye vind skaper et turbulent bevegelsesmønster for nedbør. Dette fører fort til en negativ påvirkning på målingene, spesielt for instrumenter som klassifiserer nedbør etter fallhastighet. Det turbulente bevegelsesmønsteret gjør for eksempel at den samme snøen passerer sensorene flere ganger. Snø kan også få høyere hastighet slik at den blir kategorisert som et tyngre nedbørspartikkel. Det kan føre til en feilestimering av nedbørsintensitet og nedbørsmengde.

2.2.6 VINDSENSOR GILL WINDOBSERVER II

Gill WindObserver II (Gill, 2014) er en ultralydsensor som måler vindhastighet og retning ved hjelp av tidsmåling av lydimpulser. Fire transdusere er plassert i de fire himmelretningene, hvor N og S måler lydimpulser seg imellom, og Ø og V måler lydimpulser seg imellom. Begge gruppene tar uavhengige målinger, slik at det er to parametere som tilsammen bestemmer vindhastighet og retning.

Hvis vind for eksempel kommer fra nordlig retning vil lyden bevege seg raskere fra nord til sør, enn fra sør til nord. Lyden vil bevege seg i samme fart mellom øst og vest. Fra tiden lysimpulsene bruker i alle retninger, kan vindhastighet med vindretning beregnes. Beregningene er uavhengig temperatur.

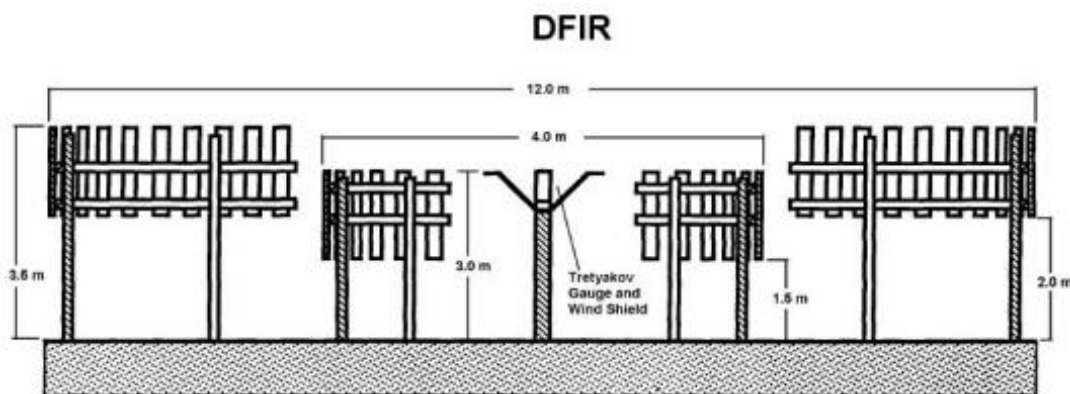
2.2.7 TEMPERATURMÅLER PT100

PT100 er et motstandstermometer der Pt står for grunnstoffet platina og 100 står for 100 ohm ved 0°C. Termometeret fungerer ved at motstanden i et platinaelement blir målt.

Denne motstanden er temperaturavhengig. Forholdet mellom motstand og temperatur er tilnærmet lineært. For nøyaktige temperaturmålinger er det utarbeidet en likning for linearisering av motstand. PT100-termometeret brukt i oppgaven har usikkerhet på cirka $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ved 0°C og $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ved mye vind (Wolff m.fl., 2015).

2.2.8 DFIR (DOUBLE FENCE INTERCOMPARISON REFERENCE) VINDSKJOLD

Det er kjent at kombinasjonen av nedbørsmålere og vindskjold har en betydelig innvirkning på observasjoner av nedbør i fast form (Smith og Yang, 2010). DFIR er en dobbelt vindskjermende struktur med en nedbørmåler i sentrum. Ytterste vindskjold har en diameter på 12 m og innerste vindskjold har en diameter på 4 m. DFIR er valgt av WMO (Goodison, 1998), som en referansemåte for måling av nedbør i fast form. Ettersom vinden reduseres, samler DFIR mer nedbør enn andre nedbørmålere uten vindskjold. DFIR kan dermed bli brukt til korrigering av feil for oppfangning av nedbør gjort av nedbørmålere uten vindskjold. Figur 2.2.8 viser en skjematisk tegning av DFIR.



Figur 2.2.8: Illustrasjon av DFIR. Bildet er hentet fra Goodison (1998). På Haukelisetter testfelt er nedbørmåleren i midten av typen Geonor.

2.3 SYNOP

Meteorologiske observasjoner og målinger fra landstasjoner blir kodet i såkalte SYNOPTiske koder eller bare SYNOP. En SYNOP kode består av en blanding av tall og bokstaver som representerer forskjellige værdato. Det SYNOPTiske kodesystemet er utarbeidet av WMO og gjør at ulike land kan utveksle observasjonene sine internasjonalt. I dette delkapittelet er bare kodene for været i observasjonstiden (nedbørtype) og sikt beskrevet.

2.3.1 VÆRET I OBSERVASJONSTIDEN SYNOP

Automatiske værstasjoner representerer været i observasjonstiden i SYNOP koden $w_a w_a$ som bestemmes ut ifra kodetabell 4680(WMO,1995). For manuelle værstasjoner meldes været i observasjonstiden i koden $w w$ som bestemmes ut ifra kodetabell 4677.

Kodetabell 4680 er gitt i tabell 2.3.1 og kodetabell 4677 finnes i vedlegg 8.1.

I disse tabellene kodes forskjellige værsituasjoner/nedbørstyper som tall mellom 0 og

100. For eksempel representeres snø med tre forskjellige snøintensiteter som 71-73 og hagl representeres som 89. Hvilke koder som blir brukt er sensoravhengig. Ofte er kun et utvalg av de viktigste kodene i kodetabell 4680 brukt.

Kodene $w_a w_a$ og ww kan også representeres gjennom The National Weather Service(NWS) sine koder. Her blir ulike nedbørtyper representert som en eller to bokstaver. For eksempel blir yr kodet som L og regn som R. Oversikt over NWS-kodene benyttet i oppgaven er gitt i tabell 2.3.2

Tabell 2.3.1: Kodetabell 4680 med værkoder for automatiske værstasjoner. Tabellen er gjengitt fra WMO (1995). Kode 90-99, samt noen koder under 20 er fjernet fra tabellen.

4680

$w_a w_a$ Present weather reported from an automatic weather station

00	Clear	34	Fog or ice fog, has begun or become thicker during the past hour	53	Drizzle, not freezing, heavy	73	Snow, heavy
04	Haze or smoke, or dust in suspension in the air, visibility equal to, or greater than 1 km	35	Freezing fog	54	Drizzle, freezing, slight	74	Ice pellets, slight
		40	Precipitation	55	Drizzle, freezing, moderate	75	Ice pellets, moderate
05	Haze or smoke, or dust in suspension in the air, visibility less than 1 km	41	Precipitation, slight or moderate	56	Drizzle, freezing, heavy	76	Ice pellets, heavy
		42	Precipitation, heavy	57	Drizzle and rain, slight	77	Snow grains
10	Mist	43	Liquid precipitation, slight or moderate	58	Drizzle and rain, moderate or heavy	80	Showers or intermittent precipitation
20	Fog*	44	Liquid precipitation, heavy	60	Rain	81	Rain showers, slight
21	Precipitation*	45	Solid precipitation, slight or moderate	61	Rain, not freezing, slight	82	Rain showers, moderate
22	Drizzle (not freezing) or snow grains*	46	Solid precipitation, heavy	62	Rain, not freezing, moderate	83	Rain showers, heavy
23	Rain (not freezing)*	47	Freezing precipitation, slight or moderate	63	Rain, not freezing, heavy	84	Rain showers, violent (>32 mm/h)
24	Snow*	48	Freezing precipitation, heavy	64	Rain, freezing, slight	85	Snow showers, slight
25	Freezing rain or freezing drizzle*	49	Freezing precipitation, heavy	65	Rain, freezing, moderate	86	Snow showers, moderate
30	Fog	50	Drizzle	66	Rain, freezing, heavy	87	Snow showers, heavy
31	Fog or ice fog, patches	51	Drizzle, not freezing, slight	67	Rain (or drizzle) and snow, light	88	Soft hail (reserved in the WMO table)
32	For or ice fog, has become thinner during the past hour	52	Drizzle, not freezing, moderate	68	Rain (or drizzle) and snow, moderate or heavy	89	Hail
		53	Drizzle, not freezing, heavy	70	Snow		
33	Fog or ice fog, no appreciable change during the past hour	54	Drizzle, freezing, slight	71	Snow, light		
				72	Snow, moderate		

* Codes 20 to 25 are used to report precipitation or fog at the station during the preceding hour but not at the time of observation

Tabell 2.3.2: NWS-koder for nedbørtyper som ble benyttet i oppgaven

C	Ingen nedbør
P	Ukjent nedbør
L	Yr
ZL	Frossen yr
R	Regn
ZR	Frossen regn
S	Snø
IP	Iskorn, Kornsnø og snøstjerner
A	Hagl

2.3.2 SIKT SYNOP

For en observatør meldes sikt som den korteste sikten i alle retninger. SYNOP-koden for sikt er meldt i en VV-kode. VV koden representerer sikt i grupper på 100m om gangen opp til 5km. Dette vil si VV=0-49. Fra 5 til 30 km er gruppene 1000m lange, VV= 50,56-79. Videre er gruppene 5000 m lange fra 35 til 75km, VV=80-88. Til slutt, om sikten er lik eller større enn 75km er VV=89. Sikten blir alltid rundet ned til nærmeste VV.

Sensorer måler sikt fra et prøvevolum i luften foran seg og melder sikten som en distanse i m mellom 0 og en maksgrense. Maksgrensen er avhengig av sensortype.

2.4 KATEGORISKE DATA

Data kan deles inn i numerisk eller kategorisk informasjon. I dette delkapittelet vil det bli gitt en kort presentasjon av kategoriske data og kategorisk statistikk.

Kategorisk statistikk brukes til å dele et datasett inn i forskjellige kategorier. Dette blir ofte gjort for å organisere og strukturere data for å gi mer informasjon. Data som kan bli delt inn i grupper kalles kategoriske variabler. Noen eksempler på kategoriske variabler er kjønn, språk og aldersgruppe. Selv om aldersgruppe kan representeres som en nøyaktig numerisk verdi er det ofte mer informativt og kategorisere denne variabelen i flere grupper.

Når kategoriske data analyseres brukes ofte kontingenstabeller(krysstabeller) for å oppsummere resultater og scoreverdier for å si noe om de oppsummerte resultatene. Kontingenstabellen blir presentert i delkapittel 2.4.1 Dersom andre kilder ikke er oppgitt er informasjon for delkapittel 2.4 og 2.4.1 hentet fra (Løvås, 2011) og (Agresti, 1996). Informasjon om hvordan kontingenstabeller blir brukt for å beregne scoreverdier blir presentert i delkapittel 2.5.

2.4.1 KONTINGENSTABELLER

En kontingenstabell er en frekvenstabell som viser hvor mange ganger data plasseres i ulike grupper av to kategoriske variabler. Hvis X og Y er to kategoriske variabler, der X har R grupper og Y har K kolonner, vil $R \times K$ være antall kombinasjoner data kan sorteres etter. De $R \times K$ kombinasjonene er sortert i en rektangulær tabell med R rader for variabelen X og K kolonner for variabelen Y . Alle cellene i tabellen representerer de $R \times K$ gruppekombinasjonene, og inneholder antall ganger data er kategorisert der. I nederste rad og ytterste kolonne er det informasjon om totalt antall treff i radene og kolonnene i tabellen. For eksempel representerer r_1 summen av all data som er plassert i cellene i rad R_1 , og k_1 summen av all data som er plassert i cellene i kolonne K_1 . N representerer summen av alle data fordelt i hele tabellen. En kontingenstabell med R rader og K kolonner kalles en $R \times K$ tabell. Tabell 2.4.1 viser en $i \times j$ tabell.

Tabell 2.4.1: Illustrasjon av en $i \times j$ kontingenstabell

X	Y				Total
	K_1	K_2	...	K_j	
R_1	R_1K_1	R_1K_2	...	R_1K_j	r_1
R_2	R_2K_1	R_2K_2	...	R_2K_j	r_2
.
.
.
R_i	R_iK_1	R_iK_2	...	R_iK_j	r_i
Total	k_1	k_2	...	k_j	N

2.5 METODER FOR KVALITETSUNDERSØKELSE AV KATEGORISKE VÆRVARSLER

I meteorologi er det ønskelig å sammenligne et værvarsel for en gitt tid med reelle data som blir observert i tidspunktet. Dette gjøres for å verifisere værvarselet og vurdere kvaliteten på det. Eksempel: Det meldes en temperatur på 2°C neste tirsdag morgen. Denne temperaturen sammenlignes med den faktiske temperaturen som blir målt den dagen. Hvis temperaturen faktisk er 8 °C er kvaliteten på værvarselet dårlig.

Samme metode kan brukes til å sammenligne sensormålinger med en referansemåling for å vurdere kvaliteten av sensoren. En sensor A som måler ww-koder kan sammenlignes med ww-kodene fra en manuell observatør eller en annen sensor B. Observatøren eller sensor B fungerer i dette tilfellet som referanse.

I kategoriske værvarsler brukes en rekke såkalte scoreverdier. Dette er verdier som vurderer ulike aspekter ved kvaliteten av et værvarsel, og sier noe om graden av korrespondanse mellom værvarselet og realiteten. For å finne disse verdiene er det først nødvendig å se på kontingenstabeller i værvarslingssammenheng, da de ulike scoreverdiene er utarbeidet fra disse. Informasjon for dette delkapittelet er hentet fra (Jolliffe og Stephenson, 2003), (Wilks, 2011) og JWGV (2008) sin internettside.

2.5.1 KONTINGENSTABELLER I METEOROLOGISAMMENHENG

En kontingenstabell er ekvivalent med et spredningsplot for å analysere relasjonen mellom to kontinuerlige variabler. Typiske kategoriske data i meteorologisammenheng er ww SYNOP. De to kategoriske variablene i kontingenstabellen kan være værvarsel og observasjon, eller målinger av en sensor og en referansemåling (fra sensor eller observatør).

Kontingenstabellen blir brukt til å analysere og fange opp sammenhengen mellom to eller flere kategoriske variabler. Begge variablene er delt inn i like mange og like grupper. Antall grupper er avhengig av hva det er som undersøkes. Tabell 2.5.1 viser en 4×4 kontingenstabell, der gruppene A-D representerer fire ulike værgrupper målt fra en sensor under test og en referanse. De grå cellene viser antall ganger referanse og sensor

har målt det samme. Om alle verdier hadde vært plassert i de grå cellene hadde værvarselet vært perfekt.

Tabell 2.5.1: 4×4 kontingenstabell for fire ulike værgrupper observert av sensor og referanse.

	Sensor				
Referanse	A	B	C	D	Total
A	350	35	20	5	410
B	30	300	50	2	382
C	40	90	250	12	392
D	10	8	15	500	533
Total	430	433	335	519	1717

For å analysere resultater i tabell 2.5.1 og andre kontingenstabeller er det vanlig å se nærmere på enkelte grupper og undersøke de som 2×2 tabeller.

2.5.1.1 2×2 KONTINGENSTABELL (JA/NEI VÆRVARSLING)

En 2×2 tabell for en værgruppe forteller enten ‘Ja, dette vil skje’, eller ‘nei, dette vil ikke skje’. En illustrasjon av en 2×2 kontingenstabell mellom en sensor og en referanse er gitt i tabell 2.5.1.1.

Tabell 2.5.1.1: Illustrasjon av en 2×2 kontingenstabell for sammenligning av observasjoner gjort av sensor og referanse.

		Sensor	
Værtype observert		Ja	Nei
Referanse	Ja	a: Riktig antall treff	b: Savnede hendelser
	Nei	c: Falsk alarm	d: Riktig avvisning

Hver observasjon kan klassifiseres i en av de fire cellene i tabellen, der hver celle korresponderer til følgende situasjoner (Kok, 2000):

- a:** Både sensor og referanse har rapportert riktig hendelse.
- b:** Referansen rapporterer en situasjon, men sensor melder noe annet.
- c:** Sensor rapporterer en situasjon, men referansen melder noe annet.
- d:** Både referansen og sensor avviser en hendelse.

Figur 2.5.1.2 viser hvordan en R×R kontingenstabell konverteres til 2×2 tabeller. Her er det tatt utgangspunkt i 4×4 tabellen fra figur 2.5.1, der det er ønskelig å undersøke

værgruppe A. Ved å se på fargene i tabellen kan en se hvordan værgruppe A konverteres til en 2×2 kontingenstabell. Tallene i 2×2 tabellen er summen av korresponderende farger fra 4×4 tabellen.

Referanse	Sensor				Total
	A	B	C	D	
A	350	35	20	5	410
B	30	300	50	2	382
C	40	90	250	12	392
D	10	8	15	500	533
Total	430	433	335	519	1717

	Ja	Nei
Ja	a=350	b=60
Nei	c=80	d=1227

Figur 2.5.1.2: Uthenting av 2×2 tabell for værobservasjon A.

Et stort utvalg av kategorisk statistikk kan regnes ut fra 2×2 kontingenstabeller for å beskrive ulike aspekter ved kvaliteten til en værtypeobservasjon. Det følgende delkapittelet beskriver hvordan ulike scoreverdier kan utarbeides fra 2×2 tabeller.

2.5.2 SCOREVERDIER

Fra 2×2 kontingenstabellene er det mulig å konstruere et bredt spekter av numeriske scoreverdier. Det kreves minst 3 slike verdier for å kunne si noe om informasjonen lagret i en 2×2 tabell (Murphy, 1991). De fleste scoreverdier har både styrker og svakheter, og er lite informative alene. Selv tre parametere kan inneholde for lite informasjon. Det er derfor viktig å velge en kombinasjon av scoreverdier som dekker hverandres svakheter. Da det er mange scoreverdier, kan det fort bli vanskelig å vite hvilke som bør brukes. Likevel er noen verdier mer brukte enn andre. Noen av disse er presentert her og brukt i denne oppgaven. Følgende verdier bygger på 2×2 kontingenstabellen fra figur 2.5.1.1.

POD (Probability of detection) forteller sannsynligheten for at en hendelse er meldt når hendelsen faktisk skjedde. Verdien varierer fra 0 (dårligst) til 1 (perfekt verdi). Da man kan maksimere POD ved å alltid bare melde 'JA', er det vanlig å bruke POD i en kombinasjon med FAR. Fra 2×2 tabellen er POD gitt ved:

$$\text{POD} = \frac{a}{a+b}$$

FAR (False Alarm Ratio) forteller sannsynligheten for at en hendelse er meldt når hendelsen faktisk ikke skjedde. Verdien varierer fra 0 (perfekt verdi) til 1 (dårligst). Ved perfekt verdi er ingen falske alarmer meldt. Fra 2×2 tabellen er FAR gitt ved:

$$\text{FAR} = \frac{c}{a+c}$$

CSI (Critical Success Index) forteller andelen av meldte eller referanseobserverte hendelser som er korrekt. Den kan ses på som nøyaktigheten når korrekte avvísninger ikke er tatt i betraktning. CSI svarer på spørsmålet om hvor godt værvarslede 'ja' hendelser korresponderer til referansens 'ja' hendelser. Verdien er mer balansert enn POD og FAR, men har en tendens til å gi dårligere scoreverdi for mer sjeldne hendelser. Verdien varierer fra 0 (dårligst) til 1 (perfekt verdi). Fra 2×2 tabellen er CSI gitt ved:

$$CSI = \frac{a}{a+b+c}$$

HSS (Heideke Skill Score) er en scoreverdi som forteller nøyaktigheten av en værvarsling med hensyn til tilfeldig gjetning. HSS har en verdi mellom $-\infty$ og $+1$. En positiv verdi betyr at værvarselet er bedre enn en tilfeldig gjetning, der 1 er perfekt verdi. En negativ verdi betyr at værvarselet er mindre nøyaktig enn en tilfeldig gjetning, slik at man like godt kan bruke tilfeldig gjetning. Fra 2×2 tabellen er HSS gitt ved:

$$HSS = \frac{ad-bc}{((a+b)*(b+d)+(a+c)*(c+d)) / 2}$$

BIAS beskriver forholdet mellom meldte verdier og referansemeldte verdier. $BIAS < 1$ betyr at for få hendelser er meldt sammenlignet med referansen. $BIAS > 1$ betyr at for mange hendelser er meldt sammenlignet med referansen. Verdien sier ikke noe om hvor godt værvarslede hendelser korresponderer med referansemålte hendelser, men måler bare de relative frekvensene. BIAS kan være vanskelig å tolke når antall 'ja' varsler er mye større enn 'ja' referansevarsler. Fra 2×2 tabellen er BIAS gitt ved:

$$BIAS = \frac{a+c}{a+b} = \frac{\text{Meldte hendelser}}{\text{Referansemeldte hendelser}}$$

3 MATERIALE OG METODE

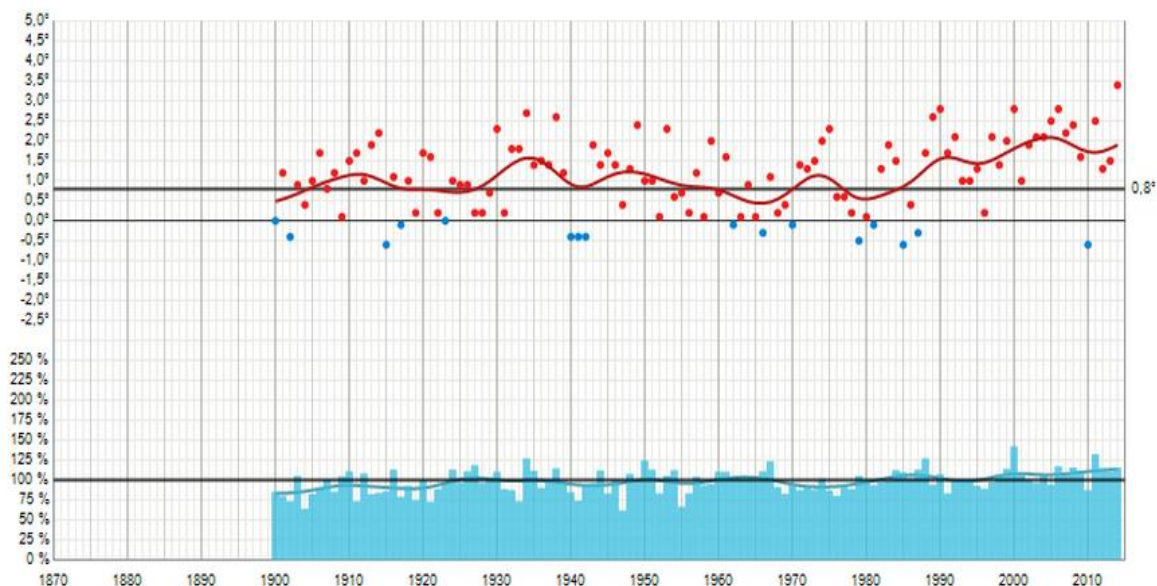
I dette kapittelet vil først Haukeliseter testfelt introduseres. Deretter flyttes fokuset over på datamaterialet med de ulike trinnene i en prosess bestående av korrigerings, behandling og analyse av data.

3.1 KLIMAET I NORGE OG PÅ HAUKELISETER

Med mindre andre kilder er oppgitt, er informasjon for seksjon 3.1 og 3.2 hentet fra (Wolff m.fl., 2015).

Klimaet i Norge er preget av både landets beliggenhet i vestavindsbeltet og av Golfstrømmen. Dette gjør at Norges klima er varmere enn klimaet i for eksempel Sibir og Alaska som ligger på samme breddegrad. Norge har likevel store variasjoner i klima. Landet strekker seg over mer enn 13 breddegrader og har store høydeforskjeller (MET).

Haukeliseter testfelt befinner seg i Telemark i Vinje kommune. Haukeliseter har relativt lange og kalde vintre (6-7 måneder) med mye snø og vind. Den høye vindhastigheten og de lange vintrene gjør data fra Haukeliseter unik for forskning på vindindusert nedbørstap, noe som var hovedgrunnen for at feltet ble bygget der. Normalen, middelveien av værtilstander for en 30-års periode (1961 til 1990), er for temperatur og nedbørmengde på Haukeliseter henholdsvis 0,8°C (yr.no) og 3000-4000 mm (www.senorge.no). Figur 3.1.1 viser en langtidsstatistikk for temperatur og nedbør på Haukeliseter.



Figur 3.1.1: Klimastatistikk for temperatur og nedbørmengde. Prikkene representerer gjennomsnittlig middeltemperatur og søylene viser nedbørmengde sammenlignet med normalen. De tykke mørke strekene er normalene og den tynne streken viser skillet mellom pluss og minusgrader. Blå prikker representerer temperatur under 0°C og røde temperatur over 0°C (Hentet fra yr.no)

3.2 HAUKELISETER TESTFELT

3.2.1 STASJONSHISTORIE

Det ble gjennomført manuelle værobservasjoner fra Haukelisetter (fra brøytestasjon) for perioden 1984-1995. Testfeltet på Haukelisetter ble bygget i slutten av 2010 etter en utvalgsprosess mellom flere områder.

Testfeltet ble bygget i et samarbeid mellom MET og Statkraft, der hensikten var å studere og skaffe kunnskap om oppfangningssvikt for nedbørmålere brukt i Norge. Det er svært vanskelig å måle nøyaktige snønedbørmengder, spesielt ved situasjoner med mye vind. Dette er viktig informasjon for kraftselskapene som ønsker å optimalisere hydrologiske modeller med tanke på vanddisponering og produksjonsplanlegging. Fra en analyse av tre års data med vinternedbør ble det utviklet en ny korreksjonsformel for vinternedbør. Dette ble gjort ved å sammenligne automatiske nedbørmålere med en vindbeskyttet referansenedbørmåler.

Etter ferdig prosjektsamarbeid ble feltet overført til MET for videre forskning. MET har siden vinteren 2013 inngått i det globale prosjektet 'The World Meteorological Organization Solid Precipitation Comparison Experiment (WMO-SPICE)', hvor Haukelisetter testfelt har blitt brukt til å samle inn data. Noen av hovedmålene med prosjektet er å utvikle en god referanse for automatiske nedbørmålere, og forbedre utførelsen til sensorer i nedbørmengdemålinger i kalde omgivelser, spesielt for snønedbør. Mer informasjon finnes på WMO-SPICE sin hjemmeside:
<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/intercomparisons/SPICE/SPICE.html>

Figur 3.2.1 viser et bilde av testfeltet, tatt fra eget opphold i sammenheng med masteroppgaven.



Figur 3.2.1: Haukeliseter testfelt

3.2.2 GEOGRAFI

Haukeliseter testfelt befinner seg 990 m.o.h, i nærheten av E134 i Telemark (59,81°N og 7,21°E). Et topografisk kart over testfeltet og brøytestasjon er vist i figur 3.2.2.

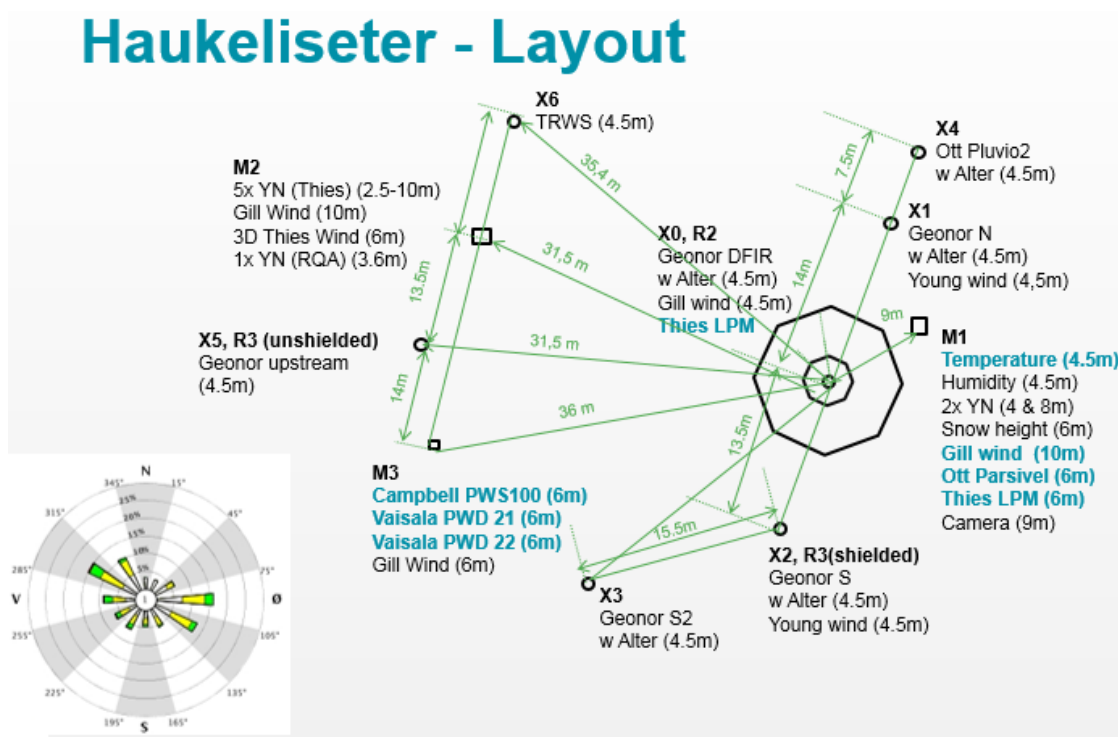


Figur 3.2.2: Kart over Haukeliseter testfelt. Rød markeringen viser hvor testfeltet er plassert, og blå markering viser plassering av brøytestasjon.

Feltet består av 5000 m² med flatt område, plassert mellom to store innsjøer, Ståvatn og Kjelavatn. Nærområdet er preget av lett kupert terreng. Ved europaveien reiser terrenget seg. Den nærmeste fjelltoppen ligger cirka 1000 meter unna og de fleste fjelltoppene er 100 til 500 m over testfeltet sin beliggenhet. Mot sør og vest er området åpent i rundt 4 km før fjell reiser seg.

3.2.3 INSTRUMENTOVERSIKT

Figur 3.2.3.1 viser en oversikt over Haukeliseter testfelt med en skjematisk skisse over oppsett av master og instrumenter. Oversikten er fra Statkraft og MET sitt prosjekt. M1-M3 representerer de tre mastene på feltet. X1-X6 representerer de ulike nedbørmålerne på feltet. Instrumentene som er brukt i oppgaven er markert i blå farge. Dette er de seks Present Weather sensorene, samt en temperatursensor og en vindsensor. Thies LPM er plassert på innsiden av det første av to skjold på Geonor DFIR, en nedbørmåler med dobbelt vindskjold. Ved å ha en Thies LPM på innsiden av skjoldet gir det en mulighet til å studere vindpåvirkning på sensorene. På testfeltet er det også montert en arbeidskontainer med montert innsamlings og kommunikasjonsutstyr



Figur 3.2.3.1: Oversikt over layout på Haukeliseter testfelt. M1, M2 og M3 er master med instrumenter i forskjellige høyder. X1-X6 representerer nedbørmålere. Instrumenter markert i blått er instrumentene som er brukt i denne oppgaven. Nederst til venstre vises en vindrose for statistiske fordelinger av vindretninger.

Tabell 3.2.3.1 viser en oversikt over de rundt 30 sensorene som ble plassert ut i samarbeid med Statkraft og MET sitt prosjekt. Denne tabellen gir en oversikt over høyde, type og plassering av de ulike instrumentene. Det vises også hvor lenge

instrumentene har operert. Instrumentene markert med rosa farge er de instrumentene som er relevante for denne oppgaven.

Alle instrumentene er plassert i god høyde for å minimere effekten av snøpåvirkning og annen nedbør som på grunn av turbulente forhold kan påvirke målinger.

Figur 3.2.3.2 viser tre bilder av de seks Present Weather Sensorene som er blitt undersøkt i oppgaven. Begge Vaisala-sensorene og CampbellPWS100 er installert på mast 3(M3). Thies LPM og OTT Parsivel er montert på mast 1(M1) og enda en Thies LPM er montert på innsiden av første vindskjold av Geonor DFIR. For oversikt over hvor mastene er plassert se figur 3.2.3.1.

Tabell 3.2.3.1: Oversikt over de fleste instrumentene installert på testfeltet.

Instrumentene markert i rosa er instrumentene som er relevante for oppgaven.

Instrument	Plassering	Type	Høyde	Data fra	Data til
Nedbør					
Geonor X0	DFIR	1000 mm	4.5 m	01.2011	
Geonor X1	Nord	1000 mm	4.5 m	01.2011	
Geonor X2	Sør	1000 mm	4.5 m	01.2011	
Geonor X3	Sør2	1000 mm	4.5 m	12.2012	
Pluvio 2 X4	Nord2	1500 mm	4.5 m	02.2013	
Geonor X5	NW	1000 mm	4.5 m	02.1013	
Vind					
Gill WO II	Geonor DFIR	Enhanced heat, 150 W	4.5 m	01.2011	
GILL WO II	Mast 1	Std heat 60 W	10 m	01.2011	
GILL New	Mast 3	Extreme heat; 400 W	6 m	02.2013	
Young N	Geonor Nord	Young Alpine	4.5 m	01.2011	
Young S	Geonor Sør	Young Alpine	4.5 m	01.2011	
Thies 3D	Mast 2	3D ultrasonic	4.5 m	02.2013	
Vaisala	Mast 2	Vaisala WMT702, 150W	10 m	01.2013	
Værdetektorer					
Disdrometer	Mast 1	Thies LPM	6 m	07.2011	
Disdrometer	Mast 1	Ott Parsivel	6 m	07.2011	
Present Weather	Mast 1	Vaisala PWD 21	6 m	02.2011	02.2013
Present Weather	Mast 3	Vaisala PWD 22	6 m	01.2013	
Present Weather	Mast 3	Campbell PWS100	6 m	01.2013	
Nedbørdetektorer					
Thies 1	Mast 1	Yes/No detector	6 m	02.2011	
Thies 2	Mast 1	Yes/No detector	8 m	02.2011	
Thies 3	Mast 2	Yes/No detector	2,25 m	12.2012	
Thies 4	Mast 2	Yes/No detector	3,55 m	12.2012	
Thies 5	Mast 2	Yes/No detector	4,55 m	12.2012	
Thies 6	Mast 2	Yes/No detector	7,55 m	12.2012	
Thies 7	Mast 2	Yes/No detector	9,75 m	12.2012	
Andre					
Snødybde	Geonor S	Campbell SR50A	4.5 m	01.2011	06.2011
Snødybde	Mast 1	SHM30 Laser	8 m	12.2012	
Kamera	Mast 1	Axis Q6032-E	9 m	03.2013	
Lufttemperatur	Mast 1	PT100	5 m	02.2011	
Luftfuktighet	Mast 1	HMP155	5 m	02.2011	



Figur 3.2.3.2: Bilder av de ulike Present Weather sensorene som befinner seg på testfeltet. Der 1 er Thies LPM, 2 er OTT Parsivel, 3 er Campbell PWS100, 4 er Vaisala PWD21, 5 er Vaisala PWD22, 6 er Thies LPM på innsiden av vindskjold.

3.3 BESKRIVELSE AV DATAMATERIALE

Dataanalysen baserer seg på sensorinnsamlede vintermåledata fra Haukeliseter testfelt i perioden 6. desember 2012 til 13. april 2015. Månedene det gjelder er januar, februar, mars, april, mai, november og desember. Sensorene fungerer ikke alltid samtidig. Dette gjør at noen av instrumentene har få overlappende data. Tabell 3.3 viser en oversikt over hvor mange dager i hver måned de ulike instrumentene har samlet inn data.

Data fra Haukeliseter blir målt hvert minutt og sendes til MET sin database for langtidslagring hver time. Av parameterne det er tilgang på, er bare noen få valgt ut for analyse.

Data er også samlet manuelt fra et 6 dagers parallelt opphold på testfelt i perioden 5.-10. februar 2015.

Tabell 3.3: Oversikt over hvor mange dager i hver måned de ulike sensorene har samlet inn data.

		Campbell PWS100	Ott Parsivel	Vaisala PWD21	Thies ute	Vaisala PWD22	Thies inne
Desember	2012						
Januar	2013						
Februar	2013						
Mars	2013						
April	2013						
Mai	2013						
November	2013						
Desember	2013						
Januar	2014						
Februar	2014						
Mars	2014						
April	2014						
Mai	2014						
November	2014						
Desember	2014						
Januar	2015						
Februar	2015						
Mars	2015						
April	2015						

	=	Data hel mnd
	=	Data 20-30 dager
	=	Data 10-20 dager
	=	Data 1-10 dager
	=	Ingen data

3.3.1 DATA FRA INSTRUMENTER

Datasettet brukt for analyse i denne oppgaven består av følgende parametere:

- $w_a w_a$ (Nedbørtype for alle de seks sensorene) i gjennomsnittlige minuttdata.
- VV (Sikt for alle de seks sensorene) i gjennomsnittlige minuttdata.
- TA (Temperatur i luften) i gjennomsnittlige minuttdata.
- FF_01 (Vindhastighet i 10 meters høyde), beregnes hvert minutt som et gjennomsnitt av de ti siste minuttene.
- STATPWD (Sensorstatus for alle de seks sensorene) målt hvert minutt. Om sensorstatus = 0, er det ingen problem med sensor. Om sensorstatus = 1, 2 eller tre kan sensor gjøre feilmålinger og det er behov for vedlikehold.
- RI_01 (nedbørsmengde for fire av de seks sensorene) i gjennomsnittlige minuttdata. Data er hentet for månedene: 11/2013-04/2014.

3.3.2 DATA FRA MANUELLE OBSERVASJONER PÅ TESTFELT

Manuelle observasjoner ble målt hver time på dagtid. Sikt (VV) og nedbørtype (ww) ble målt etter de SYNOPTiske kodene beskrevet i delkapittel 2.3. Disse dataene ble tatt for å virke som referansedata for sensorene under lignende værforhold. Ettersom oppholdet

var kort har dataene bare fungert som tilleggsinformasjon i analysen. Observasjoner er gitt i tabell 3.3.2.

Tabell 3.3.2: Oversikt over manuelle værobservasjoner av nedbørtype (ww) og sikt (VV).

	ww	VV			ww	VV
05.02.2015 10.00	00	58		08.02.2015 09.00	00	56
05.02.2015 11.00	01	58		08.02.2015 10.00	71	50
05.02.2015 12.00	71	58		08.02.2015 11.00	71	50
05.02.2015 13.00	71	56		08.02.2015 12.00	73	50
05.02.2015 14.00	71	50		08.02.2015 13.00	68	50
05.02.2015 15.00	71	20		08.02.2015 14.00	58	50
05.02.2015 16.00	71	58		08.02.2015 15.00	71	45
				08.02.2015 16.00	71	50
06.02.2015 09.00	00	58				
06.02.2015 10.00	02	58		09.02.2015 09.00	00	58
06.02.2015 11.00	01	58		09.02.2015 10.00	02	58
06.02.2015 12.00	03	58		09.02.2015 11.00	01	58
06.02.2015 13.00	01	58		09.02.2015 12.00	01	58
06.02.2015 14.00	01	58		09.02.2015 13.00	50	57
06.02.2015 15.00	02	58		09.02.2015 14.00	51	50
06.02.2015 16.00	03	58		09.02.2015 15.00	51	50
				09.02.2015 16.00	01	58
07.02.2015 09.00	73	02				
07.02.2015 10.00	73	02		10.02.2015 09.00	51	56
07.02.2015 11.00	73	02		10.02.2015 10.00	51	50
07.02.2015 12.00	73	01		10.02.2015 11.00	51	50
07.02.2015 13.00	73	00		10.02.2015 12.00	51	50
07.02.2015 14.00	73	01				
07.02.2015 15.00	75	01				
07.02.2015 16.00	73	01				
07.02.2015 17.00	73	01				

3.3.3 BILDEDATA

MET har et fjernstyrt kamera på testfeltet som kjøres hver time, og som tar snapshots av alle instrumenter. Billedata er lagret i MET sin database, og kan hentes ut. Bilder fra testfelt vil på samme måte som de manuelle observasjonene fungere som tilleggsinformasjon.

3.4 DATAANALYSE

Gjennomføring av analyse, behandling og plotting av resultater har foregått ved hjelp av MATLAB R2014b og Excel. MATLAB er et høynivåprogrammeringsspråk som innehar verktøy for å analysere og visualisere data. Mer informasjon om MATLAB finnes på nettstedet: <http://se.mathworks.com/products/matlab/index.html>.

I de neste delkapitlene vil de ulike stegene i analysen bli presentert.

3.4.1 DATAUTVELGELSE OG KORRIGERING

Data for sikt, nedbørtype, temperatur, nedbørsintensitet, sensorstatus og vindhastighet ble hentet ut fra MET sin database og lagret i Excel. Dataserien inneholdt flere feil, og kvalitetskontroll og eventuell korrigering av parameterverdier har vært nødvendig. Korrigering av nedbørtypekodene ($w_a w_a$) har bestått av to steg. Det første besto av eliminering av verdier som ikke var heltall, og det andre gikk ut på å bruke sensorstatus for de ulike sensorene for å sjekke at ikke $w_a w_a$ -koder var meldt av et instrument med sensorfeil. Typiske situasjoner hvor dette har foregått har vært når alle sensorer melder en nedbørstype, bortsett fra en sensor som ikke melder nedbør i det hele tatt, og dette foregår over en lengere periode.

Datasettet har ellers mange meldinger med koden '[8] NULL' for de ulike dataene. Dette vil si at en sensor ikke fungerer på grunn av sensorfeil eller kommunikasjonsfeil, og at data derfor mangler. Dette er ikke den samme feilen som når sensorstatus er 1,2 eller 3, der sensor fortsatt registrerer og lagrer data. Noen av Present Weather Sensorene har lange perioder der de ikke fungerer og bare registrerer [8] NULL meldinger. Dette skyldes ofte at når det først oppstår sensorfeil tar feilsøking ofte lang tid, grunnet få årlige besøk på testfelt. Dette gjelder spesielt for Vaisala PWD21 som har data for en liten periode i 2015.

En algoritme er utarbeidet i MATLAB for å identifisere antall tilfeller med overlappende måledata, kategorisere de ulike nedbørtyperdataene, og plote kontingenstabeller for ett og ett instrument sammenlignet mot hverandre. Algoritmen er også laget slik at den kan utføre det samme når ulike vær-situasjoner er tatt i betraktning. For eksempel kan kontingenstabeller for nedbørtyperdata produseres for tilfeller der bare nedbørintensitetene målt av sensorene er større enn 1 mm/h.

Nedbørtyperdata registrert av sensorer er fra delkapittel 2.3.1 kodet som $w_a w_a$ -koder mellom 0 og 100 etter kodetabell 4680. For at kontingenstabellene ikke skal bli for store har det vært nødvendig å slå sammen flere $w_a w_a$ -koder til egne nedbørtypegrupper. For eksempel er ulike intensiteter av snø og regn blitt slått sammen til en snø og en regngruppe. Iskorn, kornsnø og snøstjerner er blitt en gruppe. $w_a w_a$ -koder for blandingsnedbør er nå gruppert som ukjent nedbør. Tabell 3.4.1 viser nedbørtypegruppene som er lagd, med tilhørende $w_a w_a$ -koder fra kodetabell 4680. Nedbørtyperdata registrert av sensorene med andre $w_a w_a$ -koder enn de oppgitt i tabellen har blitt kategorisert som feilmeldinger, og er ikke tatt med videre i analysen.

Tabell 3.4.1: Oversikt over nedbørtypegrupper på norsk og engelsk med tilhørende waWa-koder fra tabell 4680. Gruppene har også tilhørende NWS kode.

Nedbørtypegrupper	Engelsk oversettelse	waWa koder	NWS kode
Ingen nedbør	No precipitation	00	C
Ukjent nedbør	Unknown precipitation	40-48, 57,58, 67,68	P
Yr	Drizzle	50,51,52,53	L
Frossen yr	Freezing drizzle	54,55,56	ZL
Regn	Rain	60,61,62,63	R
Frossen regn	Freezing rain	64,65,66,87,88	ZR
Snø	Snow	70,71,72,73	S
Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner	Ice pellets, Snow grains, Ice crystals	74,75,76,77	IP
Hagl	Hail	89	A

3.4.2 KONTINGENSTABELLER

Alle sensorene ble sammenlignet med hverandre, og fra dette ble 15 kontingenstabeller for nedbørtyperdata produsert. I tabell 3.4.2.1 vises et eksempel på hvordan alle kontingenstabellene i oppgaven er presentert. Tabellen er mellom Thies LPM og Campbell PWS100, der Thies representeres gjennom kolonnene og Campbell gjennom radene. Tabellen er av størrelse 10x10, med ni nedbørtypegrupper (gruppene fra tabell 3.4.1) og en sensorfeilmeldingsgruppe N/A (sensorfeil eller kommunikasjonsfeil, og data mangler). De mørkegrå cellene viser antall tilfeller begge instrumentene måler det samme. Det er også lagt til en ekstra oransje rad og kolonne, 'sum u N/A', som summerer opp alle tilfeller i hver rad eller kolonne, uten å inkludere feilmeldingene N/A.

Det er bare de ni nedbørtypegruppene som er av betydning for videre analyse. N/A gruppen, og 'sum u N/A' gruppen er bare tatt med for å gi et bilde på hvor ofte sensorene fungerer samtidig. Tabell 3.4.2.1 vil benyttes som videre eksempel i dette delkapittelet.

Tabell 3.4.2.1: Kontingenstabell for Thies LPM og Campbell PWS100. Det røde markerte området viser antall tilfeller der Thies LPM melder yr og Campbell melder yr eller noe annet. Det lilla område viser at i 37266 tilfeller melder Thies LPM snø, der Campbell melder iskorn

Thies ute													
Campel	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A		
C	249032	569	6645	48	0	1	9562	10365	296	10767	276518		
P	669	4778	5419	246	1	0	12102	2667	15	1930	25897		
L	19	211	2344	26	0	0	188	167	0	508	2955		
R	97	4306	1409	6904	3	0	51	9	2	555	12781		
ZL	3	63	241	1	0	0	212	286	0	22	806		
ZR	2	68	12	71	0	0	44	39	0	0	236		
S	213	5037	3997	1	0	0	50714	3319	67	3033	63348		
IP	128	5102	4201	2	0	3	37266	3401	164	2296	50267		
A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1		
N/A	104070	12099	44540	1838	0	1	61942	49959	1207	15504			
Sum u N/A	250163	20134	24268	7299	4	4	110140	20253	544				

Mye av analysen i denne oppgaven har hatt fokus på å studere og analysere data som skiller seg ut i kontingenstabellene. Det ideelle ville vært at alle sensorene meldte de samme nedbørkodene, men siden dette ikke er tilfellet er det nødvendig å se på hva sensorene har meldt ulikt. For eksempel i denne tabellen ser vi at i de fleste tilfellene Thies melder yr (L), så melder Campbell snø (S), iskorn (IP), ingen nedbør (C) og ukjent nedbør (P). Dette er markert rødt. I 37266 tilfeller der Thies melder snø, melder Campbell iskorn istedenfor. Dette er markert lilla. Begge disse eksemplene viser at det ikke er en perfekt overenstemmelse mellom instrumentene, og at noen hendelser skiller seg ut i forhold til resten av tabellen. Disse mer spesielle hendelsene er det interessant å se nærmere på. Er dette gjentakende målefeil, eller skjer dette kun under spesielle situasjoner? For å finne ut av dette har det vært nødvendig å gå manuelt inn i dataseriene for å undersøke ulike situasjoner. For å skaffe ekstra informasjon om generelle data er billedata blitt benyttet som tilleggsinformasjon. Det er vanskelig å skille mellom ulike typer nedbør i et bilde, men det er mulig å se om det er nedbør eller ikke.

3.4.3 VAISALA PWD22 SOM REFERANSE FOR BEREGNING AV ULIKE SCORES

Kontingenstabeller og tilhørende statistiske scoreberegninger er vanligvis basert på sammenligninger av observasjoner fra en sensor med en observatør (eller sensor) som virker som referanse. Ettersom seks dagers opphold på Haukeliseter testfelt ikke er tilstrekkelig for statistisk analyse er en av sensorene valgt som referanse isteden.

Etter samtale med veileder ble Vaisala PWD22 valgt som referanse. Instrumenter fra Vaisala er godt studert og dokumentert internasjonalt, og Vaisala PWD22 er en av de sensorene som har fungert lengst sammenhengende på Haukeliseter testfelt. De fleste kontingenstabellene som blir presentert i resultatdelen er derfor mellom Vaisala PWD22 og de andre sensorene.

For å kunne si noe om korrelasjon for nedbørdata mellom de andre sensorene og Vaisala PWD22, er følgende scoreverdier brukt: POD, FAR, CSI, HSS og BIAS. Ettersom disse score-verdiene utarbeides fra 2×2 kontingenstabeller, er det valgt å konvertere utvalgte deler av 10×10 tabellene til fem 2×2 tabeller for ulike nedbørsituasjoner. Disse situasjonene er:

- Nedbør- Er det noen form for nedbør, eller ikke?
- Regn- Er det nedbør i flytende form (regn eller yr), eller ikke?
- Nedbør i frossen form- Er det tilfeller av frossen regn eller yr, eller ikke?
- Snø- Er det snø, eller ikke?
- Iskorn, kornsnø og snøstjerner- Er det tilfeller av iskorn, kornsnø eller snøstjerner, eller er det ingen av de?

Hver 2×2 tabell er hentet ut på samme måte beskrevet og illustrert i delkapittel 2.5.1.1. For eksempel for vær-situasjonen 'Regn', er det undersøkt om sensorene registrerer regn/yr eller ikke. Alle verdier som er i en L/R-kolonne og en L/R-rad vil bli plassert i JA/JA cellen, i sin 2×2 tabell. Tilfellene der begge sensorene ikke melder L/R plasseres

i Nei/Nei cellen. Ja/Nei og Nei/ja finnes på tilsvarende måter. En illustrasjon av hvordan 2×2 tabellen for regn hentes ut av 10×10 kontingenstabellen er gitt i tabell 3.4.3. Summen av alle celler markert av samme farge er lik den ene cellen markert med lik farge i 2×2 tabellen. Scoreverdiene for de andre vær-situasjonene blir funnet på tilsvarende måte.

Når en ser på score-verdiene er det greit å vite hva som regnes som en god score. I dette tilfellet er POD=0,338, FAR=0,321, CSI= 0,292, HSS=0,424 og BIAS=0,5. Ingen av disse verdiene er gode sammenlignet med de beste og dårligste verdiene for hver score-verdi beskrevet i delkapittel 2.6.1.1.

I tilfeller der scoreverdiene har vært dårlige har det vært nødvendig å se på kontingenstabellen og manuelle data for å finne svar på dette. Hva er grunnen til at disse score-verdiene er såpass dårlige? Er det mulig å finne et mønster i datamengden som svarer på dette, og i såfall i hvilke situasjoner melder instrumentene bra/dårlig?

Det er til slutt sett på hvordan scoreverdier har endret seg for situasjoner som: nedbørsintensitet < 1 mm, sikt < 2000 m, sikt mellom 2000 og 10000 m, sikt > 10000, sterk vind (> 5 m/s), svak vind (< 5 m/s), døgnvariasjon (dag eller natt) og forskjellige temperaturer.

Hoveddelen av oppgaven har gått til nettopp dette med og analysere kontingenstabeller og scoreverdier, og se på hvordan scoreverdier endrer seg for bestemte vær-situasjoner. Hvordan score-verdiene har endret seg har vært med på å kunne si noe om de ulike instrumentene til slutt.

Tabell 3.4.3: Oversikt over konvertering fra 10×10 til 2×2 kontingenstabell. Summen av cellene av samme farge i 10×10 tabellen er representert i 2×2 tabellen som den samme fargen.

Thies ute											
Campel	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A
C	249032	569	6645	48	0	1	9562	10365	296	10767	276518
P	669	4778	5419	246	1	0	12102	2667	15	1930	25897
L	19	211	2344	26	0	0	188	167	0	508	2955
R	97	4306	1409	6904	3	0	51	9	2	555	12781
ZL	3	63	241	1	0	0	212	286	0	22	806
ZR	2	68	12	71	0	0	44	39	0	0	236
S	213	5037	3997	1	0	0	50714	3319	67	3033	63348
IP	128	5102	4201	2	0	3	37266	3401	164	2296	50267
A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
N/A	104070	12099	44540	1838	0	1	61942	49959	1207	15504	
Sum u N/A	250163	20134	24268	7299	4	4	110140	20253	544		

Regn (L,R)		Campel	
(Thies ute)		ja	nei
ja		10683	20884
nei		5053	396189
POD		33,8 %	
FAR		32,1 %	
CSI		29,2 %	
HSS		42,4 %	
BIAS		0,50	
N		36620	

4 RESULTATER OG DISKUSJON

I dette kapittelet blir resultater presentert og drøftet. Resultatene er basert på $w_a w_a$ -nedbørtypekoder hentet fra datainnsamlingsperioden 2012-2015. Værkoder fra OTT Parsivel, Campbell PWS100, Vaisala PWD21 og Thies LPM er sammenlignet seg imellom, og med Vaisala PWD22 som referanse.

I de fire første delkapitlene vil kontingenstabeller og scoreverdier mellom PWD22 og de fem andre sensorene bli presentert og analysert. I tilfeller scoreverdier er dårlige, er scorepåvirkende faktorer (for eksempel for mange feilmeldte yr-tilfeller av en sensor) fra kontingenstabellene undersøkt fra datasett, og diskutert. Nye scoreverdier er også presentert og diskutert for bestemte vær-situasjoner som: nedbørintensitet >1 mm, sikt <2000 m, sikt mellom 2000 og 10000 m, sikt >10000 m, sterk vind (>5 m/s), svak vind (<5 m/s), døgnvariasjon (dag eller natt), og ulike temperaturer. Fra dette er det mulig å finne ut i hvilke tilfeller instrumentene måler svakere/bedre enn generelt.

Delkapittel fem viser et samlet resultat fra de fire første delkapitlene. I siste delkapittel vil resultater fra opphold på Haukelisetestfelt bli presentert og drøftet.

Det er viktig å huske at resultatene i oppgaven er basert på en referanse som også kan måle feil. Dette gjør det vanskelig å konkludere med at en sensor er bedre enn en annen. Det går likevel an å sammenligne sensorene for ulike situasjoner.

I presenterte data er nedbørtypegruppene forkortet som NWS koder. For å gjøre det enklere å henge med er en tabelloversikt over gruppene brukt i kontingenstabellene vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Oversikt over de ulike nedbørtypegruppene nedbør er kodet etter i denne oppgaven.

C	Ingen nedbør
P	Ukjent nedbør
L	Yr
ZL	Frossen yr
R	Regn
ZR	Frossen regn
S	Snø
IP	Iskorn, Kornsnø og snøstjerner
A	Hagl
N/A	Feilmelding([8] NULL melding)

Til sammen er 15 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier produsert. De som ikke blir presentert i resultatdelen kan finnes i vedlegg 8.2.

Følgende kontingenstabeller med tilhørende score-verdier vil bli presentert som to tabeller i en større tabelloversikt. Hver tabelloversikt vil bestå av en 10×10 kontingenstabell for alle værdata for to og to instrumenter, og fem tilhørende 2×2 kontingenstabeller for fem nedbørsituasjoner. Disse er beskrevet i delkapittel 3.4.3.

4.1 CAMPBELL PWS100 MOT VAISALA PWD22

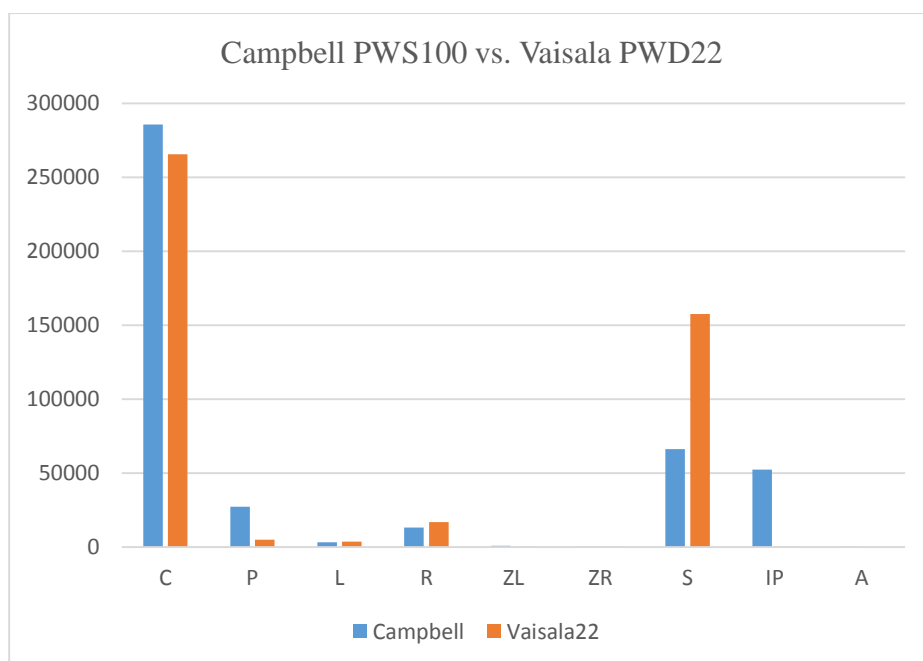
Tabell 4.1.1 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Campbell PWS100 og Vaisala PWD22.

Figur 4.1.1 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike væertyper er meldt av Campbell PWS100 sammenlignet med Vaisala PWD22.

Tabell 4.1.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Campbell PWS100 under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værddata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.

Campbell	Vaisala22										sum u N/A
	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	
C	263132	282	14	606	0	0	21609	0	0	1642	285643
P	1128	1237	1527	4251	6	34	19042	13	0	589	27238
L	646	99	1116	1211	2	0	90	0	0	299	3164
R	546	1751	1038	9435	0	1	397	0	0	168	13168
ZL	56	33	5	50	19	8	624	0	0	33	795
ZR	1	18	1	26	0	1	189	0	0	0	236
S	32	1020	23	666	4	6	64403	9	0	218	66163
IP	28	518	28	560	0	11	51258	5	0	153	52408
A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
N/A	83465	3672	2969	9032	440	359	115092	151	0	75980	
Sum u N/A	265569	4958	3752	16805	31	61	157613	27	0		

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell		
(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei
ja	160736	22511	12800	7757	28	64	64403	93210	5	22	
nei	2437	263132	3532	424727	1003	447721	1760	289443	52403	396386	
POD	87,7 %		POD	62,3 %		POD	30,4 %		POD	40,9 %	18,5 %
FAR	1,5 %		FAR	21,6 %		FAR	97,3 %		FAR	2,7 %	100,0 %
CSI	86,6 %		CSI	53,1 %		CSI	2,6 %		CSI	40,4 %	0,0 %
HSS	88,3 %		HSS	68,1 %		HSS	5,0 %		HSS	46,4 %	0,0 %
BIAS	0,89		BIAS	0,79		BIAS	11,21		BIAS	0,42	1941,04
N	185684		N	24089		N	1095		N	159373	52430



Figur 4.1.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige væertypene er meldt av Campbell PWS100 og Vaisala PWD22 for samme periode.

Scoreverdiene er varierende for de ulike nedbørsituasjonene. POD, FAR, CSI, HSS og BIAS er for detektering av nedbør henholdsvis 87,7%, 1,5%, 86,6%, 88,3% og 0,89, noe som tyder på god korrelasjon. For de mer konkrete nedbørsituasjonene er scoreverdiene mindre gode. Best ut kommer regn med POD, FAR, CSI, HSS og BIAS på henholdsvis 62,6%, 21,6%, 53,1%, 68,1% og 0,79. De tre siste nedbørsituasjonene har scoreverdier som tyder på liten korrelasjon.

Fra Figur 4.1.1 og tabell 4.1.1 er det observert at følgende målinger har en tydelig påvirkning på verdiene:

- Når Vaisala PWD22 registrerer snø, registrerer Campbell PWS100 kategoriene 'ingen nedbør', 'ukjent nedbør', og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner' i til sammen 93210 tilfeller. Sammenlignet med de 64403 tilfellene begge sensorene har meldt snø, er dette mye og fører til lav POD for snødeteksjon. Spesielt 'iskorn, kornsnø, og snøstjerner' skiller seg ut, der IP er meldt 51258 ganger

Fra manuell kontroll av dataserie er det ikke funnet noe mønster i Campbell sin hyppige IP registrering. Det er verdt å nevne at av IP registreringene til Campbell, er nesten alle tilfellene av kode 77 (kornsnø). Vaisala detekterer aldri denne koden fordi koden og værtypen ikke er innebygd i sensoren. Dette gjør det vanskelig å si om snø og kornsnø egentlig er varslet korrekt. Om kategoriene snø og IP slås sammen til en felles kategori for nedbør i fast form, ser vi mye bedre resultater. Da er POD, FAR, CSI, HSS og BIAS henholdsvis 73,4%, 2,4%, 72,1%, 76,7% og 0,75.

For 'ingen nedbør' og 'ukjent nedbør' viser det seg ofte at disse kategoriene er registrert i flere små perioder selv om både Thies LPM ute og Vaisala PWD22 melder snø. Bildedata bekrefter ofte at det faktisk er nedbør i fast form i disse tilfellene, og at Campbell varsler feil. Figur 4.1.2 viser to situasjoner der Campbell ikke har meldt snø. Det at 'ingen nedbør' er meldt 21609 ganger er hovedårsaken til at generell deteksjon av nedbør ikke er bedre. Av alle sensorene er det Campbell som registrerer flest tilfeller av 'ukjent nedbør'. Om det hadde vært brukt timesdata istedenfor minuttdata for nedbørtype er det sannsynlig at flere av periodene med 'ingen nedbør' og 'ukjent nedbør' kunne blitt redusert.



Figur 4.1.2: To bilder for bekreftelse av snø på testfelt. Venstre bilde viser Geonor DFIR den 3/22/14 kl. 15.16. Høyre bilde viser Geonor X1 den 12/20/13 kl. 12.08.

- Campbell PWS100 varsler ofte 'ukjent nedbør' og regn når Vaisala melder yr, og varsler ofte 'ukjent nedbør' og yr når Vaisala melder regn.

Dette kan skyldes at datasettet er basert på vintermånedene, og at tilfeller av regn ofte skjer rundt 0°C. I tabell 4.1.2 ser vi at når temperaturen er over 5°C så forbedres regnscoreverdiene seg mye. POD, FAR, CSI og HSS endres til henholdsvis 90,5%, 11,3%, 81,1%, 88,4%.

Tabell 4.1.2 viser hvordan scoreverdiene endrer seg for ulike vær-situasjoner. I tabellen består situasjonen ‘Normale forhold’ av de originale scoreverdiene fra tabell 4.1, som er basert på alle månedsmåledata. De åtte neste situasjonene vist i radene under er også basert på alle månedsmåledata, men tar for seg mer spesielle vær-situasjoner. Scoreverdiene for disse åtte radene sammenlignes med ‘normale forhold’ for å finne ut i hvilke vær-sammenhenger instrumentene har god kvalitet på målinger.

I tabellen finnes også ‘Normale forhold 2’ med tre tilhørende situasjoner i radene under seg. ‘Normale forhold 2’ er også originale scoreverdier, men bare fra perioden november 2013-april 2014. De tre situasjonene er også basert på den reduserte perioden, og scoreverdiene for disse sammenlignes med ‘Normale forhold 2’.

Ettersom sensorene har svak korrelasjon for nedbørgruppene ‘nedbør i frossen form’ og ‘iskorn, kornsnø og snøstjerner’, er de ikke tatt med i tabell 4.1.2.

Tabell 4.1.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Campbell PWS100 og Vaisala PWD22. ‘Normale forhold’ og ‘Normale forhold 2’ er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter

Situasjoner	Nedbør				Regn (L,R)				Snø (S)			
	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS
Normale forhold	87,7	1,5	86,6	88,3	62,3	21,6	53,1	68,1	40,9	2,7	40,4	46,4
Vind > 5 m/s	94,9	0,3	94,7	61,9	55,3	24,4	46,9	61,4	39,5	1,8	39,2	14,4
Vind < 5 m/s	88,3	2,1	86,7	90,6	67,7	17,4	59,2	73,4	48,5	3,6	47,6	58,8
sikt<2000 m	99,9	0	99,9	0	78,3	5,5	74,9	85,2	55	0,4	54,8	7,3
sikt 2-10 km	98,7	0,5	98,3	19,4	61	31,1	47,8	60,3	40,9	3,8	40,2	16
sikt>10 km	51,5	13	47,7	62,4	61,8	22,6	52,3	68,1	11,5	10,9	11,3	19,3
Temp < -5°C	90,5	0,1	90,4	92,9	0	0	0	0	42,5	0,1	42,5	50,4
Temp fra +5 til -5°C	85,9	1,6	84,7	84,8	59,3	24,7	49,7	64,4	39,9	3,6	39,3	42,7
Temp > +5°C	99,9	14	86,1	91,6	90,5	11,3	81,1	88,4	0	0	0	0
Normale forhold 2	83,2	6,7	78,5	73,8	45	34,1	36,5	51,9	40,5	8,9	39	35,4
Dag (kl 6-18)	91,7	3,3	88,9	80,6	46,2	36,7	36,4	51,2	44,6	11,8	42,1	31,3
Natt (kl18-6)	89,7	3,5	86,8	77,8	47,2	29,4	39,4	54,6	43,4	6,4	42,2	31,5
Nedbørint >1 mm/h	89,7	15	77,5	66,3	32,7	36,6	27,5	41,5	30,3	9,4	29,4	26

Fra tabellen gir følgende situasjoner interessante scorepåvirkninger:

- For svak vind (>5 m/s) er det en generell forbedring av verdier
- Liten eller ingen forskjell i verdier mellom dag og natt.
- Stor forbedring av regndeteksjon ved temperatur > 5°C.
- Dårlig nedbørsdeteksjon ved god sikt.
- God nedbørsdeteksjon ved dårlig sikt.

4.2 OTT PARSIVEL MOT VAISALA PWD22

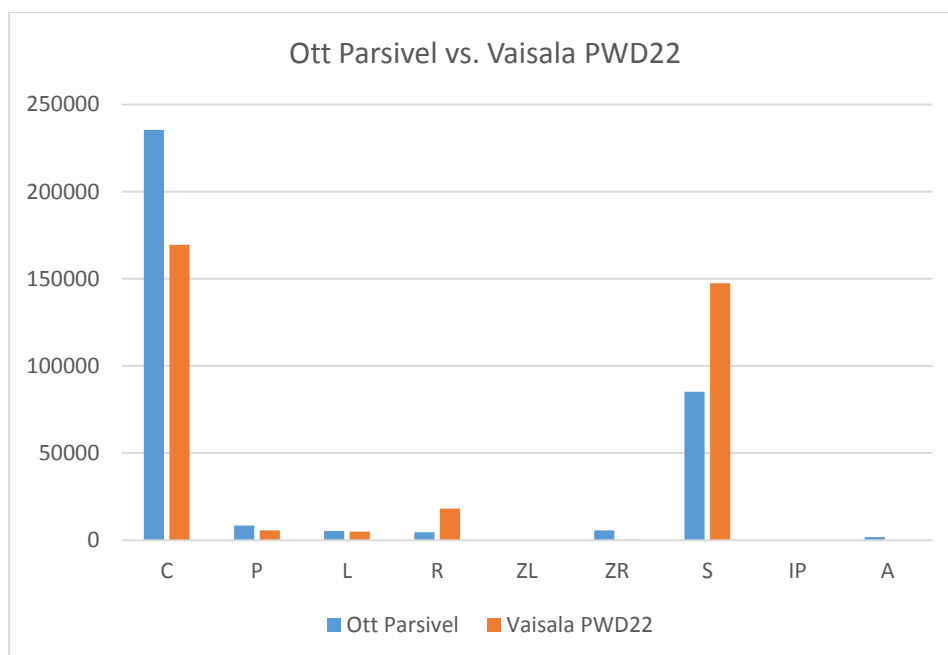
Tabell 4.2.1 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Ott Parsivel og Vaisala PWD22.

Figur 4.2.1 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike værtyper er meldt av Ott Parsivel sammenlignet med Vaisala PWD22.

Tabell 4.2.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Ott Parsivel under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.

Vaisala22													
Ott	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u	N/A	sum u N/A
C	167026	2134	2691	5520	27	187	57807	76	0	18088	235468		
P	544	643	913	4354	1	7	1974	7	0	257	8443		
L	1648	166	985	878	20	38	1616	9	0	477	5360		
R	25	540	87	3697	0	0	125	0	0	38	4474		
ZL	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	3		
ZR	19	424	65	1281	1	0	3782	1	0	23	5573		
S	189	1768	170	2488	4	19	80433	35	0	313	85106		
IP	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1		
A	0	3	0	0	0	0	1783	0	0	6	1786		
N/A	179582	2952	1810	7618	418	169	125183	50	0	59877			
Sum u N/A	169452	5678	4911	18219	53	251	147522	128	0				

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)		
Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	
(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei
ja	108320	68442	ja	5647	17483	ja	1	303	ja	80433	67089	ja	0	128
nei	2426	167026	nei	4187	318897	nei	5575	340335	nei	4673	194019	nei	1	346085
POD	61,3 %		POD	24,4 %		POD	0,3 %		POD	54,5 %		POD	0,0 %	
FAR	2,2 %		FAR	42,6 %		FAR	100,0 %		FAR	5,5 %		FAR	100,0 %	
CSI	60,5 %		CSI	20,7 %		CSI	0,0 %		CSI	52,8 %		CSI	0,0 %	
HSS	59,4 %		HSS	31,5 %		HSS	-0,1 %		HSS	55,2 %		HSS	0,0 %	
BIAS	0,63		BIAS	0,43		BIAS	18,34		BIAS	0,58		BIAS	0,01	
N	179188		N	27317		N	5879		N	152195		N	129	



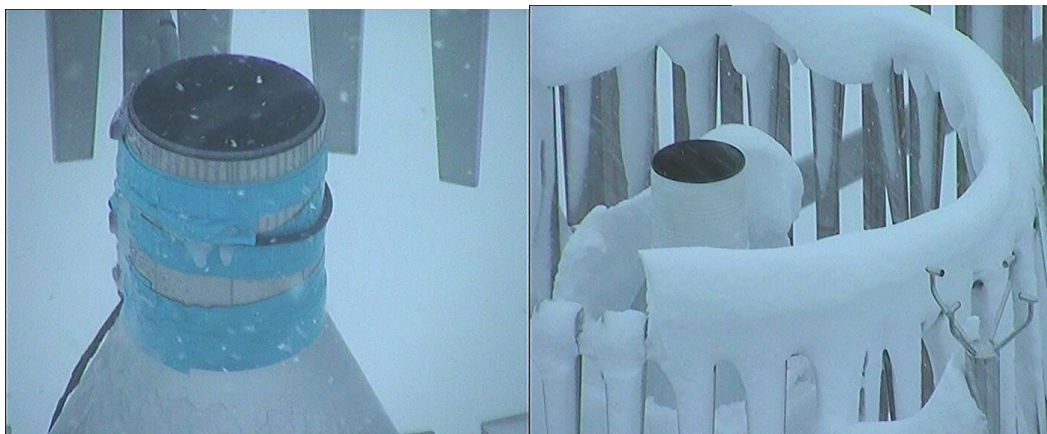
Figur 4.2.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Campbell PWS100 og Vaisala PWD22 for samme periode.

For OTT Parsivel og Vaisala PWD22 er det funnet dårlige scoreverdier for tre av fem nedbørsituasjoner. Mest pålitelig er scoreverdiene for nedbør med POD, FAR, CSI, HSS og BIAS på henholdsvis 61,3%, 2,2%, 60,5%, 59,4% og 0,63. For snødeteksjon er scoreverdiene 54,5%, 5,5%, 52,8%, 55,2% og 0,58.

Fra Figur 4.2.1 og tabell 4.2.1 er det observert at følgende målinger har en tydelig påvirkning på verdiene:

- OTT Parsivel har meldt 'ingen nedbør' i ca. 68000 tilfeller der Vaisala PWD22 har meldt nedbørstypene yr, regn, snø og 'ukjent nedbør'. I 57807 av disse tilfellene registrerer Vaisala PWD22 snø. Dette har en enorm påvirkning på scoreverdiene generelt.

Fra manuell kontroll av dataserie er dette et problem som har vist seg gjennom nesten alle månedsdata. Problemet har ikke bare ligget mellom disse to sensorene, men også mellom OTT og de andre sensorene. OTT har meldt flere tusener av tilfeller av 'ingen nedbør', selv om for eksempel alle de fem andre sensorene har meldt snø. I disse situasjonene har også tilleggsinformasjon gjennom bilder fra testfelt bekreftet at det er nedbør på testfelt. Figur 4.2.2 viser en situasjon fra to forskjellige bilder der Ott Parsivel registrerer 'ingen nedbør'



Figur 4.2.2: To bilder for bekreftelse av snø på testfelt. Venstre bilde viser Geonor XI den 16/1/15 kl. 11.28. Høyre bilde viser Geonor DFIR den 16/1/15 kl. 11.28.

- OTT melder ofte 'ukjent nedbør' der Vaisala PWD22 melder yr, regn og snø.
- Vaisala PWD22 melder regn og 'ukjent nedbør' i flere tilfeller Ott melder snø.

Tabell 4.2.2 viser hvordan scoreverdiene endrer seg for ulike værsituasjoner. Ettersom sensorene har svak korrelasjon for nedbørgruppene 'nedbør i frossen form' og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner', er de ikke tatt med.

Mest interessant er situasjonen 'sterk vind', der scoreverdiene har en stor forbedring for nedbør og snødeteksjon. Dette er stikk motsatt av hva en kanskje skulle forventet, og det er vanskelig å si hva grunnen kan være. For svak vind er scoreverdiene enda dårligere enn det normale forholdet.

Ellers er scoreverdiene for nedbør og snødeteksjon svært gode for sikt < 2 km, fortsatt gode for sikt mellom 2-10 km, men svært dårlig for sikt > 10 km, sammenlignet med normale forhold. Det er liten eller ingen forskjell i verdier mellom dag og natt, og nedbørsintensitet > 1 mm/h skiller seg ikke nevneverdig fra normale forhold. For situasjoner der temperaturen er større en 5°C er det en forbedring av flere scoreverdier for både regn og nedbørsdeteksjon.

Tabell 4.2.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Ott Parsivel og Vaisala PWD22. 'Normale forhold' og 'Normale forhold 2' er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter

Situasjoner	Nedbør				Regn (L,R)				Snø (S)			
	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS
Normale forhold	61,3	2,2	60,5	59,4	24,4	42,6	20,7	31,5	54,5	5,5	52,8	55,2
Vind > 5 m/s	87,4	0,1	87,4	46,4	21,7	51	17,7	25,9	76,5	5	73,6	44,1
Vind < 5 m/s	51	5	49,7	55,6	31,3	34,9	26,8	39,8	46,1	6,5	44,7	53,6
sikt < 2000 m	99,1	0	99,1	0,5	15,3	76,1	10,3	18,5	92,6	0,3	92,3	3,6
sikt 2-10 km	71,3	0,4	71,1	0	30,3	51,5	22,9	31,4	56,4	8,8	53,5	16,3
sikt > 10 km	17,6	20	16,9	23,2	20,2	39,1	17,9	28,3	2,5	53,9	2,5	3,4
Temp < -5°C	35,4	4,3	34,8	41,5	0	0	0	0	34,1	0,3	34	41,2
Temp fra +5 til -5°C	64,5	1,8	63,8	58,4	21,3	43,7	18,3	27,8	58	6	56	55,1
Temp > +5°C	89,6	13	79,1	86,7	51,7	16,7	46,8	60,2	0	0	0	0
Normale forhold 2	62	0,6	61,7	51,1	13,4	58,2	11,3	18,2	55,2	4,7	53,7	46,1
Dag (kl 6-18)	73,8	0,6	73,4	56,8	16,7	59,3	13,4	20,9	69,7	7,6	65,9	54,3
Natt (kl 18-6)	73,6	0	73,6	57,2	18,1	55,6	14,8	23,3	66,8	4,9	64,6	50,3
Nedbørintensitet > 1 mm/h	61,5	0,6	61,3	50,9	14	57,6	11,7	19	55,3	4,7	53,9	46,3

4.3 VAISALA PWD21 MOT VAISALA PWD22

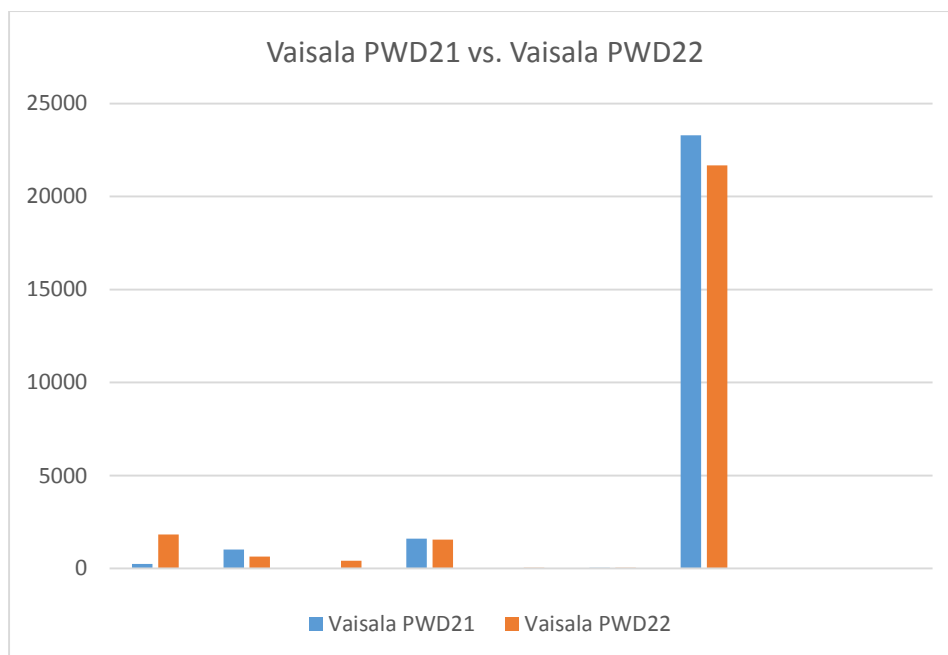
Tabell 4.3 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Vaisala PWD21 og Vaisala PWD22.

Figur 4.3 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike værtyper er meldt av Vaisala PWD21 sammenlignet med Vaisala PWD22.

Tabell 4.3.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Vaisala PWD21 under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.

		Vaisala22											
Vaisala21		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u	N/A
C		230	1	0	2	0	0	4	0	0	0	0	237
P		167	186	69	240	0	4	349	0	0	17	1015	
L		0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	17	
R		284	66	296	857	1	0	103	0	0	20	1607	
ZL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ZR		0	1	0	0	5	4	21	0	0	0	31	
S		1143	390	37	457	34	35	21184	4	0	431	23284	
IP		0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6	
A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N/A		347208	7984	6300	24281	431	377	251038	174	0	78615		
Sum u N/A		1824	644	419	1556	40	43	21667	4	0			

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)	
Referanse (Vaisala22)	Vaisala21	Referanse (Vaisala22)	Vaisala21	Referanse (Vaisala22)	Vaisala21	Referanse (Vaisala22)	Thies ute	Referanse (Vaisala22)	Thies ute
ja	24366	7	1170	805	9	74	21184	483	0
nei	1594	230	454	23768	22	26092	2100	2430	6
POD	100,0 %	POD	59,2 %	POD	10,8 %	POD	97,8 %	POD	0,0 %
FAR	6,1 %	FAR	28,0 %	FAR	71,0 %	FAR	9,0 %	FAR	100,0 %
CSI	93,8 %	CSI	48,2 %	CSI	8,6 %	CSI	89,1 %	CSI	0,0 %
HSS	21,1 %	HSS	62,5 %	HSS	15,6 %	HSS	59,9 %	HSS	0,0 %
BIAS	1,07	BIAS	0,82	BIAS	0,37	BIAS	1,07	BIAS	1,50
N	25967	N	2429	N	105	N	23767	N	10



Figur 4.3: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Vaisala PWD21 og Vaisala PWD22 for samme periode.

Scoreverdiene mellom begge Vaisala instrumentene er veldig gode for detektering av nedbør og detektering av snø. For 'nedbør' er POD, FAR, CSI, HSS og BIAS henholdsvis 100%, 6,1%, 93,8%, 21,1% og 1,07, og for snø 97,8%, 9%, 89,1%, 59,9% og 1,07. Verdier for regndeteksjon er litt mindre gode med POD, FAR, CSI, HSS og BIAS på henholdsvis 59,2%, 28,0%, 48,2%, 62,5% og 0,82

Ettersom Vaisala PWD21 bare har fungert i omtrent 2 vintermåned er få tilfeller av nedbør i flytende og frossen form registrert. Scoreverdiene for begge disse vær-situasjonene er svake, og flere måledata hadde vært nyttig for å forbedre verdiene.

Fra Figur 4.3 og tabell 4.3.1 er det observert at følgende målinger har en tydelig påvirkning på verdiene:

- I flere tilfeller Vaisala PWD22 registrerer yr og regn registrerer PWD21 'ukjent nedbør'.
- Når Vaisala PWD21 melder regn melder PWD22 'ingen nedbør' og yr.
- I noen tilfeller der Vaisala PWD21 registrerer snø, registrerer PWD22 regn, 'ingen nedbør', og 'ukjent nedbør'.

Det er altså deteksjon av nedbør i flytende form som er svakheten mellom Vaisala instrumentene for denne perioden. Det er likevel verdt å nevne at alle regndata har vært ved temperaturer under 5°C. Om data fra flere måneder av året hadde blitt tatt i betraktning, ville regnscoreverdiene sett en forbedring.

Tabell 4.3.2 viser hvordan scoreverdiene endrer seg for ulike vær-situasjoner. Ettersom sensorene har svak korrelasjon for nedbørgruppene 'nedbør i frossen form' og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner', er de ikke tatt med.

Tabell 4.3.2: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 9 ulike vær-situasjoner mellom Vaisala PWD21 og Vaisala PWD22. 'Normale forhold' er scoreverdier for hele datasettet

Situasjoner	Nedbør				Regn (L,R)				Snø (S)			
	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS
Normale forhold	100	6,1	93,8	21,1	59,2	28	48,2	62,5	97,8	9	89,1	59,9
Vind > 5 m/s	100	1,1	98,9	1	64,8	10,5	60,2	73	97,9	5	93,1	69
Vind < 5 m/s	99,9	7,8	92,2	1,4	21,9	74,5	13,3	20,9	97,4	11	86,9	44,2
sikt < 2000 m	100	0	100	100	0	0	0	0	99,6	0,4	99,2	24,6
sikt 2-10 km	100	0,8	99,2	0	42,4	10,2	40,4	55	95,9	7,9	88,6	50,9
sikt > 10 km	99,8	19	81,1	6	30,6	67,9	18,6	25,4	96,8	20,9	77,1	47,7
Temp < -5°C	100	6,7	93,3	0	0	0	0	0	100	6,9	93,1	0
Temp fra +5 til -5°C	100	6	93,9	24,4	59,2	28	48,1	61,9	97,3	9,5	88,3	61,9
Temp > +5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Som forventet er det god korrelasjon mellom to instrumenter av samme produsent. Scoreverdiene er gode for deteksjon av nedbør og snø i alle situasjonene, men generelt dårligere for regn.

4.4 THIES LPM MOT VAISALA PWD22

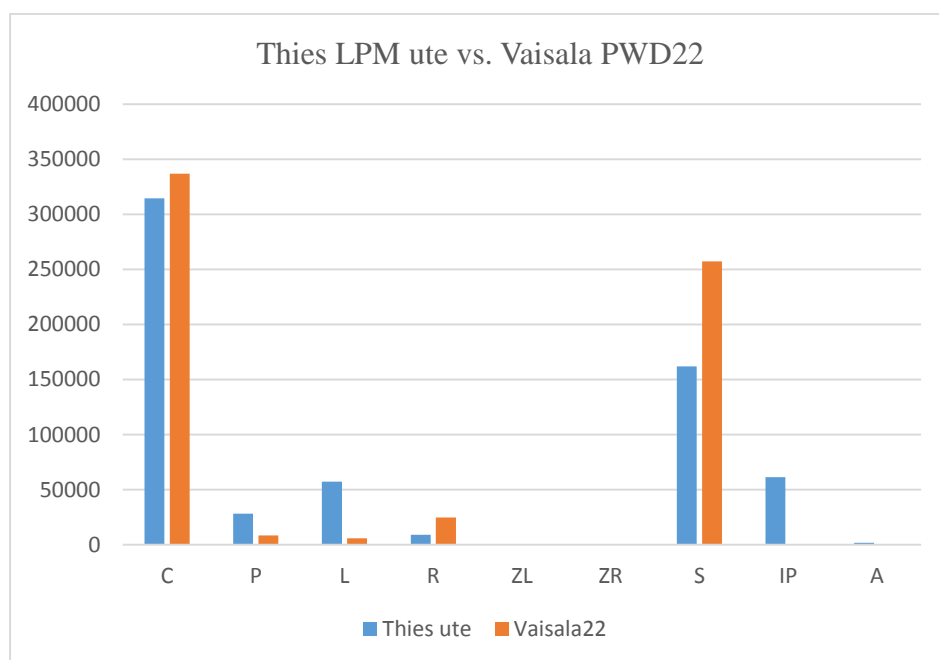
Tabell 4.4.1 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Thies LPM utenfor DFIR vindskjold og Vaisala PWD22.

Figur 4.4.1 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike værtyper er meldt av Thies LPM utenfor DFIR vindskjold sammenlignet med Vaisala PWD22.

Tabell 4.4.1: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Thies utenfor DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værddata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for forskjellige nedbørssituasjoner.

Thies ute	Vaisala22										sum u	N/A
	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A		
C	300265	370	275	929	37	46	12568	4	0	0	39739	314494
P	177	939	1244	7356	3	28	18415	10	0	0	4061	28172
L	18195	694	3731	5121	102	108	29259	38	0	0	11560	57248
R	381	1670	185	6388	0	0	322	0	0	0	191	8946
ZL	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
ZR	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	5
S	1069	2861	228	3060	61	75	154414	58	0	0	10256	161826
IP	16753	1701	176	1805	268	128	40506	39	0	0	8836	61376
A	0	1	0	3	0	0	1738	2	0	0	7	1744
N/A	12191	394	880	1174	0	35	15480	29	0	0	4433	
Sum u N/A	336843	8236	5841	24663	471	385	257225	151	0	0		

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)				Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute		Referanse	Thies ute		Referanse	Thies ute		Referanse	Thies ute		Referanse	Thies ute		
(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei	(Vaisala22)	ja	nei
ja	282743	14229	ja	15425	15079	ja	0	856	ja	154414	102811	ja	39	112			
nei	36578	300265	nei	50769	552542	nei	9	632950	nei	7412	369178	nei	61337	572327			
POD	95,2 %		POD	50,6 %		POD	0,0 %		POD	60,0 %		POD	25,8 %				
FAR	11,5 %		FAR	76,7 %		FAR	100,0 %		FAR	4,6 %		FAR	99,9 %				
CSI	84,8 %		CSI	19,0 %		CSI	0,0 %		CSI	58,3 %		CSI	0,1 %				
HSS	84,0 %		HSS	27,1 %		HSS	0,0 %		HSS	61,7 %		HSS	0,1 %				
BIAS	1,08		BIAS	2,17		BIAS	0,01		BIAS	0,63		BIAS	406,46				
N	333550		N	81273		N	865		N	264637		N	61488				



Figur 4.4.1: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på utsiden av DFIR vindskjold og Vaisala PWD22 for samme periode.

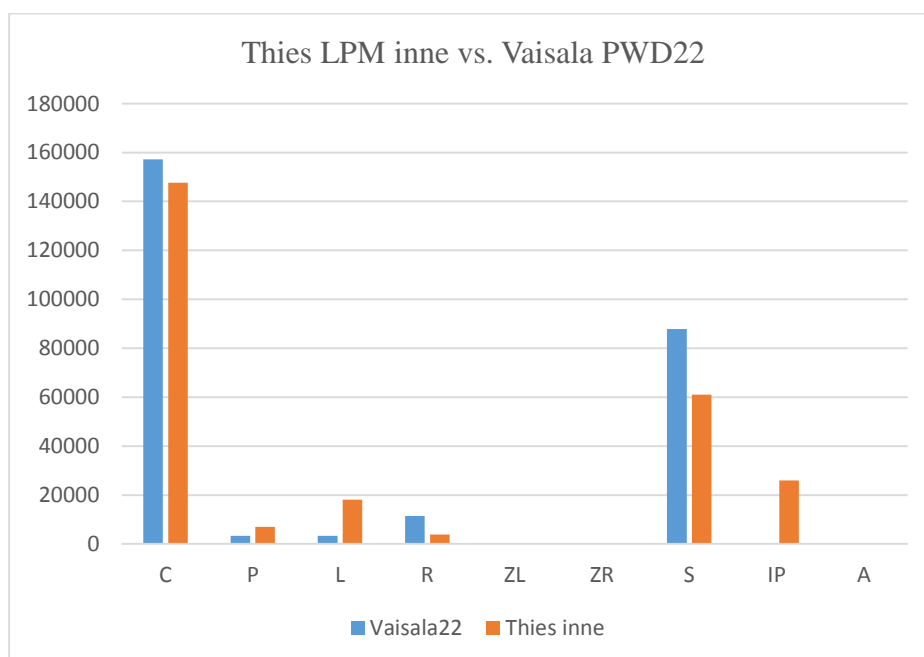
Tabell 4.4.2 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Thies LPM innenfor DFIR vindskjold og Vaisala PWD22.

Figur 4.4.2 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike værtyper er meldt av Thies LPM innenfor DFIR vindskjold sammenlignet med Vaisala PWD22.

Tabell 4.4.2: Tabellsammendrag for Vaisala PWD22 og Thies på innsiden av DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.

		Vaisala22											
Thies inne		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u	N/A
C	142370	185	309	611	54	9	4085	2	0	0	191885	147625	
P	40	339	547	2958	4	3	3132	2	0	0	5259	7025	
L	7229	457	2151	2904	52	42	5273	0	0	0	3457	18108	
R	145	325	182	3117	0	1	57	0	0	0	14422	3827	
ZL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	0	
ZR	1	0	0	3	0	0	4	0	0	0	229	8	
S	388	1345	26	985	31	39	58146	25	0	0	184837	60985	
IP	6976	720	49	837	176	97	17145	9	0	0	140	26009	
A	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	26	
N/A	9402	83	1973	100	0	0	166	1169	0	0	66190		
Sum u N/A	157149	3371	3264	11415	317	191	87868	38	0	0			

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)	
Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne
(Vaisala22)	ja	(Vaisala22)	ja	(Vaisala22)	ja	(Vaisala22)	ja	(Vaisala22)	ja
ja	101209	5255	8354	6325	0	508	58146	29722	9
nei	14779	142370	13581	235353	8	263097	2839	172906	26000
									237575
POD	95,1 %	POD	56,9 %	POD	0,0 %	POD	66,2 %	POD	23,7 %
FAR	12,7 %	FAR	61,9 %	FAR	100,0 %	FAR	4,7 %	FAR	100,0 %
CSI	83,5 %	CSI	29,6 %	CSI	0,0 %	CSI	64,1 %	CSI	0,0 %
HSS	84,4 %	HSS	41,7 %	HSS	0,0 %	HSS	69,9 %	HSS	0,0 %
BIAS	1,09	BIAS	1,49	BIAS	0,02	BIAS	0,69	BIAS	684,45
N	121243	N	28260	N	516	N	90707	N	26038



Figur 4.4.2: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold og Vaisala PWD22 for samme periode.

Fra tabell 4.4.1 og 4.4.2 observeres det et ganske likt mønster for nedbørtypefordelinger for begge Thies instrumentene satt opp mot Vaisala PWD 22. Dette fører til relativt like scoreverdier, som bygger på samme type situasjoner.

For Thies LPM utenfor DFIR, er POD, FAR, CSI, HSS og BIAS for detektering av 'nedbør' og snø henholdsvis 95,2%, 11,5%, 84,8%, 84%, 1,08, og 60%, 4,6%, 58,3%, 61,7% og 0,63. For Thies LPM innenfor DFIR er scoreverdiene tilnærmet like, men litt bedre for snødeteksjon.

Scoreverdiene for regn er for begge Thies sensorene svakere enn for nedbør og snødeteksjon. Det at POD er rundt 50 %, FAR er over 60%, samtidig som både CSI og HSS er lave, fører til en litt dårlig total kvaliteten på regnmålingene. Regnscoreverdiene for Thies innenfor DFIR er likevel litt bedre enn Thies utenfor.

For de to siste vær-situasjonene har begge Thies sensorene scoreverdier som tyder på liten korrelasjon. Begge Thies sensorene registrerer få tilfeller av frossen nedbør. Ved å sammenligne disse få tilfellene med Vaisala PWD sine flere hundre tilfeller blir det en skjevfordeling med dårlige scoreverdier. Det samme gjelder for 'iskorn, kornsnø og snøstjerner'. Vaisala melder få tilfeller sammenlignet med Thies sensorene.

Fra Figur 4.4.1 og 4.4.2, og tabell 4.4.1 og 4.4.2 er det observert at følgende målinger har en tydelig påvirkning på scoreverdiene. Punktene gjelder like hendelser for begge Thies sensorene, satt opp mot Vaisala PWD22.

- Thies LPM melder ekstremt mange tilfeller av 'iskorn, kornsnø og snøstjerner' sammenlignet med Vaisala.

Fra manuell kontroll av dataserie er det ikke funnet noe mønster i Thies LPM sin hyppige 'iskorn, kornsnø og snøstjerner' registrering.

- Vaisala melder ofte snø når Thies melder yr, 'ingen nedbør', 'ukjent nedbør', og 'kornsnø, iskorn og snøstjerner'.
- Thies LPM registrerer veldig ofte yr, når Vaisala PWD 22 registrerer 'ingen nedbør', 'ukjent nedbør', regn og snø.

Thies sensorene er de sensorene som registrerer flest yr-tilfeller av alle sensorene tatt med i oppgaven. Dette stemmer godt overens med Haij og Wauben (2010), der det ble konkludert med at Thies er flink til å oppdage små nedbørpartikler. Det er likevel vanskelig å vurdere om det faktisk er yr i måletiden uten en observatør til å bekrefte det.

Yr-tilfellene for Thies i oppgaven er som regel registrert som enten 'ingen nedbør' eller snø hos de andre sensorene. Det er prøvd å bruke bildedata for å bekrefte om det er yr eller 'ingen nedbør', men det er svært vanskelig. Det er lettere å bruke bildedata for å bekrefte snø, men i tilfeller det ikke er snø klarer man ikke å se om det er yr.

Fra manuell sjekk av data er det funnet rundt 3000 tilfeller hvor Thies utenfor DFIR melder yr selv om Vaisala PWD22 og Thies innenfor DFIR melder snø. I disse tilfellene har temperaturen vært mellom -3°C og -15°C, og man skulle forventet at tilfellene var av nedbør i fast form. Det er ikke funnet flere serier av lignende yrdata.

- Når Vaisala PWD22 registrerer regn, registrerer Thies 'ingen nedbør', 'ukjent nedbør', yr, 'iskorn, kornsnø og snøstjerner', og snø.

Tabell 4.4.3 og tabell 4.4.4 viser hvordan scoreverdiene endrer seg for ulike vær-situasjoner for begge Thies sensorene. Etersom sensorene har svak korrelasjon for nedbørsituasjonene 'nedbør i frossen form' og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner', er de ikke tatt med.

Tabell 4.4.3: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 13 ulike vær-situasjoner mellom Thies på utsiden av DFIR og Vaisala PWD22. 'Normale forhold' og 'Normale forhold 2' er scoreverdier for henholdsvis hele datasett, og for perioden november 2013-april 2014. De tre siste radene er også basert på den reduserte perioden. Alle verdier i tabellen er gitt som prosenter.

Situasjoner	Nedbør				Regn (L,R)				Snø (S)			
	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS
Normale forhold	95,2	12	84,8	84	50,6	76,7	19	27,1	60	4,6	58,3	61,7
Vind > 5 m/s	99,7	2,5	97,2	67,5	42,9	79,6	16	19,6	62,2	3,1	61	28,3
Vind < 5 m/s	90	10	81,6	85,2	57,8	65,5	27,5	39,8	57,6	6,4	55,4	64,3
sikt < 2000 m	100	0	100	100	17	94,5	4,3	8	83,7	0,3	83,5	2,7
sikt 2-10 km	100	0,7	99,3	0	38,8	74,5	18,2	21,6	65,1	4,7	63,1	26,8
sikt > 10 km	83,2	36	57	65,6	56,1	78,2	18,6	27,6	20,7	20,9	19,6	28,7
Temp < -5°C	89,1	6,3	84	85,9	0	100	0	0	35,9	0,6	35,8	40,3
Temp fra +5 til -5°C	97,4	13	85,2	81,9	47,5	69	23,1	32,2	70,1	5,3	67,5	68,8
Temp > +5°C	97	22	76,4	84,3	72,2	27	57	68,4	0	100	0	0
Normale forhold 2	97,7	8,4	89,6	85,5	41,4	85	12,4	17,3	61,9	3	60,7	57,1
Dag (kl 6-18)	98,4	5,1	93,5	85,6	44,4	86,2	11,8	15,4	63,3	4,9	61,3	51,3
Natt (kl 18-6)	98,3	3,8	94,7	88,9	43,2	82,2	14,4	19,8	62,4	3	61,3	48,7
Nedbørint > 1 mm/h	96,4	8,4	88,6	83,8	42,7	86,1	11,7	16,4	63,1	3,6	61,7	58,9

Tabell 4.4.4: POD, FAR, CSI og HSS for de tre nedbørsituasjonene nedbør, regn, og snø for 9 ulike vær-situasjoner mellom Thies LPM på innsiden av DFIR og Vaisala PWD22. 'Normale forhold' er scoreverdier for hele datasettet.

Situasjoner	Nedbør				Regn (L,R)				Snø (S)			
	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS	POD	FAR	CSI	HSS
Normale forhold	95,1	13	83,5	84,4	56,9	61,9	29,6	41,7	66,2	4,7	64,1	69,9
Vind > 5 m/s	98,8	1,9	97	76,7	54,3	67,7	25,4	33,7	64,4	2,1	63,5	35,9
Vind < 5 m/s	93,4	12	82,8	86,5	59,5	44	40,5	55	70,6	7,1	67	75,5
sikt < 2000 m	100	0	100	100	35	93,8	5,6	10,4	90,9	0,2	90,7	2,8
sikt 2-10 km	100	0,4	99,6	0	44,9	63,8	25,1	33,6	75,5	4,5	72,9	33,9
sikt > 10 km	86,2	34	60	69	59,5	67	27	39,2	26,7	18,4	25,2	36,6
Temp < -5°C	89	9,5	81,4	84,9	0	100	0	0	65,1	1	64,7	71,3
Temp fra +5 til -5°C	96,2	13	84	83,5	55,7	64,1	27,9	38,6	66,5	5,5	64	68,6
Temp > +5°C	97,3	20	78,3	86,4	67,6	26,7	54,3	67,4	87,5	22,2	70	82,3

Få situasjoner gjør betydelige endringer i scoreverdier. Verdt å nevne er at kort sikt forbedrer nedbør og snødeteksjon, temperatur > 5°C forbedrer regndeteksjon.

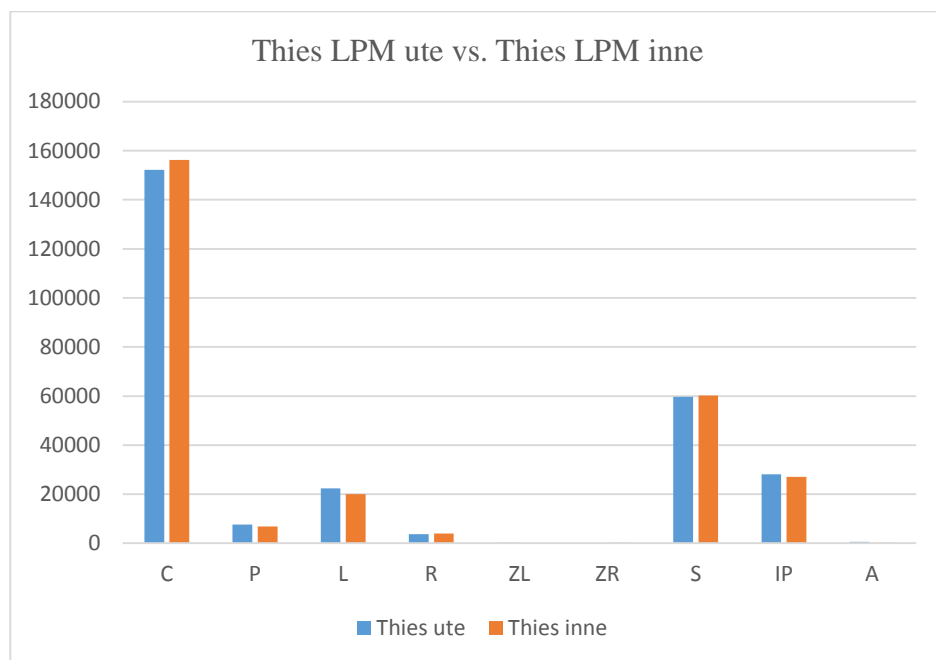
Tabell 4.4.5 viser en kontingenstabell med scoreverdier for Thies LPM på utsiden og Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold.

Figur 4.4.3 viser et stolpediagram over hvor ofte ulike værtyper er meldt av Thies LPM på utsiden sammenlignet med Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold.

Tabell 4.4.5: Tabellsammendrag for Thies LPM på innsiden og utsiden av DFIR vindskjold under normale forhold. Øverste tabell viser en 10×10 kontingenstabell for parallelle innsamlede værdata. Nederste tabell viser fem 2×2 kontingenstabeller med tilhørende scoreverdier for fem forskjellige nedbørsituasjoner.

Thies ute	Thies inne										sum u	N/A
	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A		
C	148468	3	1080	78	0	0	507	2080	0	0	202017	152216
P	38	4096	839	665	0	2	1243	736	0	0	24614	7619
L	3824	267	12557	145	0	0	2661	2866	0	0	46488	22320
R	101	444	129	3009	0	2	29	28	0	0	5395	3742
ZL	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4
ZR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
S	313	1880	1573	19	0	1	51102	4815	25	0	112354	59728
IP	3434	182	3844	8	0	3	4152	16547	0	0	42042	28170
A	0	28	0	0	0	0	531	5	0	0	1187	564
N/A	849	207	58	1	0	0	926	103	1	0	32471	
Sum u N/A	156178	6901	20023	3926	0	8	60225	27077	25	0		

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)				Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute		
(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)		
ja	114437	3748	ja	15840	8109	ja	0	8	ja	77177	10150	ja	16547	10530			
nei	7710	148468	nei	10222	240192	nei	4	274351	nei	11285	175751	nei	11623	235663			
POD	96,8 %		POD	66,1 %		POD	0,0 %		POD	88,4 %		POD	61,1 %				
FAR	6,3 %		FAR	39,2 %		FAR	100,0 %		FAR	12,8 %		FAR	41,3 %				
CSI	90,9 %		CSI	46,4 %		CSI	0,0 %		CSI	78,3 %		CSI	42,8 %				
HSS	91,5 %		HSS	59,7 %		HSS	0,0 %		HSS	82,1 %		HSS	55,4 %				
BIAS	1,03		BIAS	1,09		BIAS	0,50		BIAS	1,01		BIAS	1,04				
N	125895		N	34171		N	12		N	98612		N	38700				



Figur 4.4.3: Stolpediagram for hvor ofte de forskjellige værtyperne er meldt av Thies LPM på innsiden og utsiden av vindskjold for samme periode.

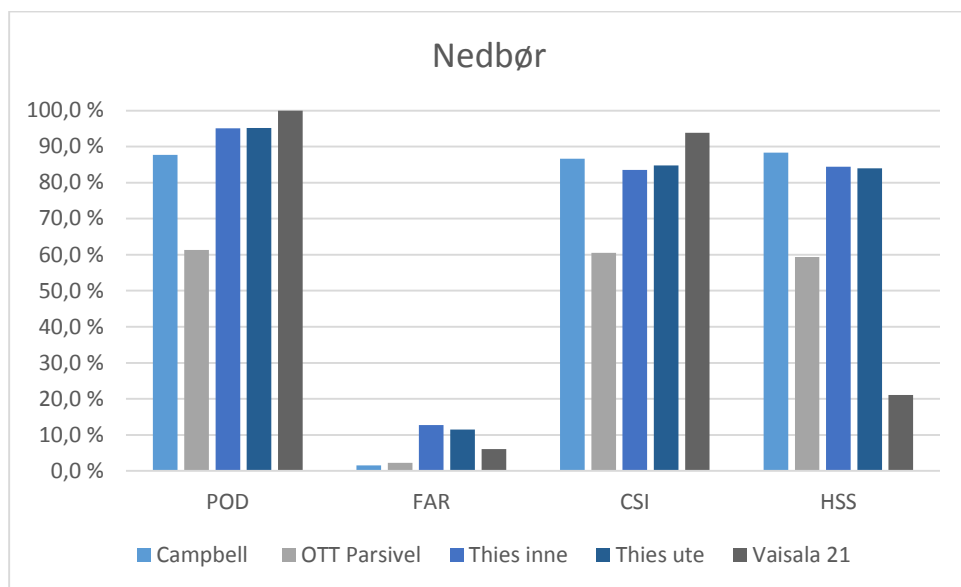
For Thies LPM innenfor vindskjold og Thies LPM utenfor vindskjold er Thies innenfor DFIR satt som referanse. Det er god korrelasjon for deteksjon av nedbør og snø, og litt mindre god korrelasjon for regn og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner'.

Fra tabell 4.4.1, 4.4.2 og 4.4.5 virker det ikke som det har mye å si om Thies LPM sensorene er plassert på innsiden eller utsiden av DFIR. Det er en liten forbedring av scoreverdien for sensoren på innsiden av vindskjoldet, men dette kan fort skyldes andre årsaker.

Det kunne vært interessant og gjøre en større test på dette i fremtiden, da flere like sensorer kunne blitt plassert utenfor og innenfor forskjellige typer vindskjold. I denne oppgaven var også sensoren plassert helt inntil, på midten av skjoldet. Forskjellige avstander fra skjoldet og ulike høyder kunne blitt testet.

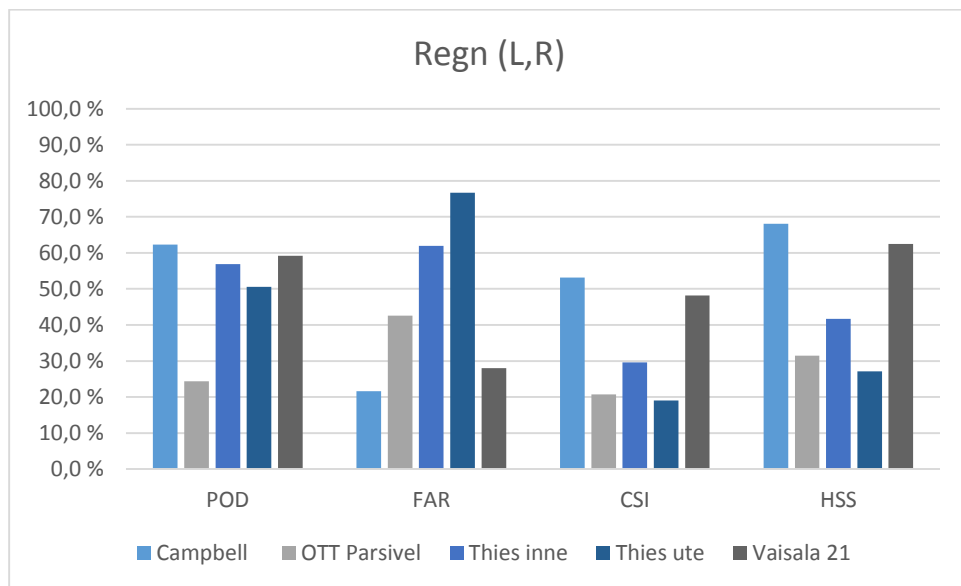
4.5 OPPSUMMERING

Figur 4.5.1-4.5.6 viser sammendrag av scoreverdiresultater for alle sensorer for de fem nedbørsituasjonene og for en ny nedbørsituasjon, 'nedbør i fast form', bestående av kategoriene snø, 'iskorn, kornsno og snøstjerner' og hagl.



Figur 4.5.1: Resultater for deteksjon av nedbør for alle sensorer

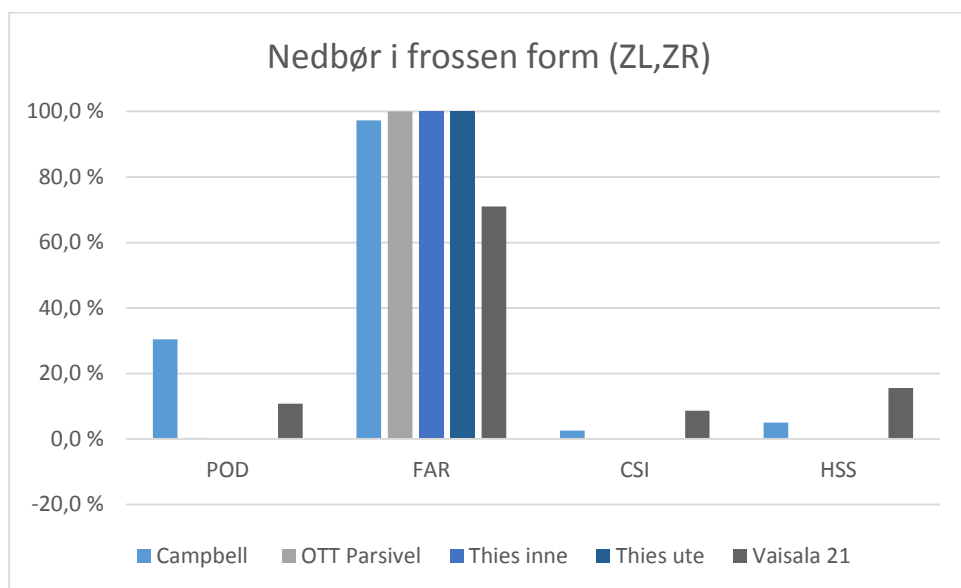
Generelt viser alle sensorene, med unntak av Ott Parsivel gode resultater for deteksjon av nedbør. Det er høye POD, CSI og HSS verdier, samtidig som FAR er lav.



Figur 4.5.2: Resultater for deteksjon av regn for alle sensorer

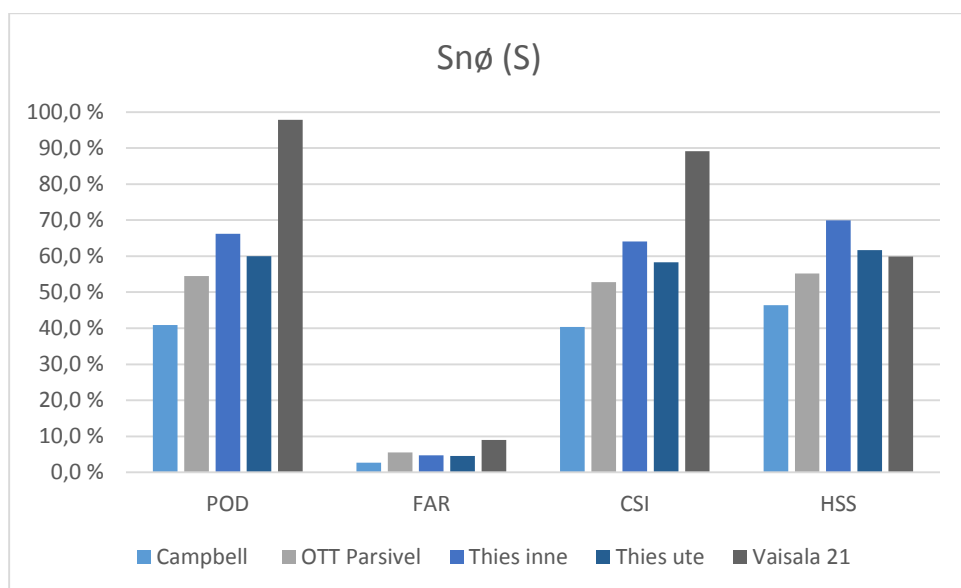
For deteksjon av regn er det relativt svake resultater. Dette skyldes nok at oppgaven bare er basert på vintermåneddata. Det er gjort få observasjoner av regn totalt, og ofte har temperaturen vært rundt 0°C når det har vært regndeteksjon. Rundt denne temperaturen har sensorene lett for å melde ukjent nedbør eller snø.

Av sensorene er det Campbell som har de mest pålitelige resultatene. Her er POD, CSI og HSS alle over 50%, og FAR er rundt 20%.



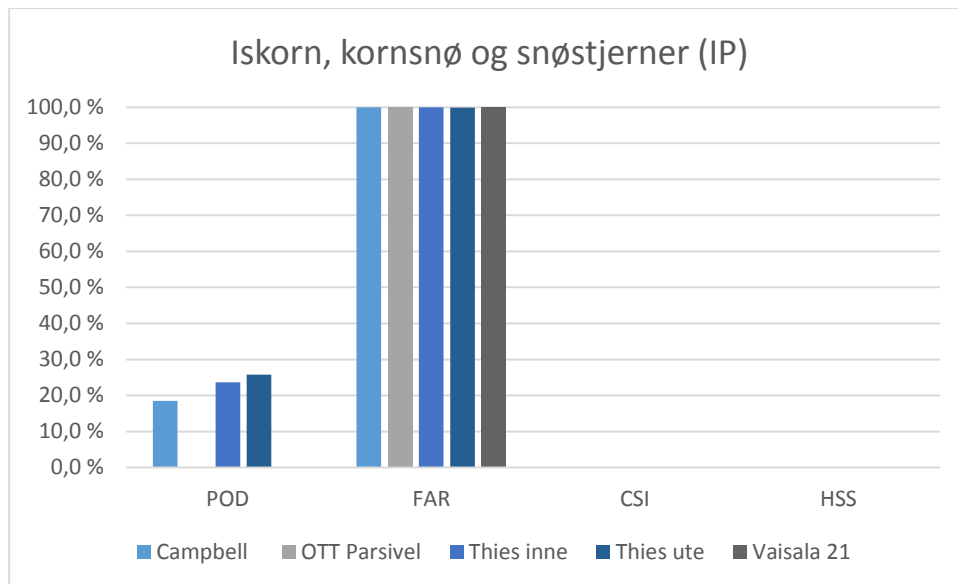
Figur 4.5.3: Resultater for deteksjon av nedbør i frossen form for alle sensorer

For deteksjon av nedbør i frossen form er det verdt å nevne at fenomenet er sjeldent, og få hendelser er meldt totalt. Dette fører til dårlige scoreverdier for alle sensorer, som er vanskelige å tolke.



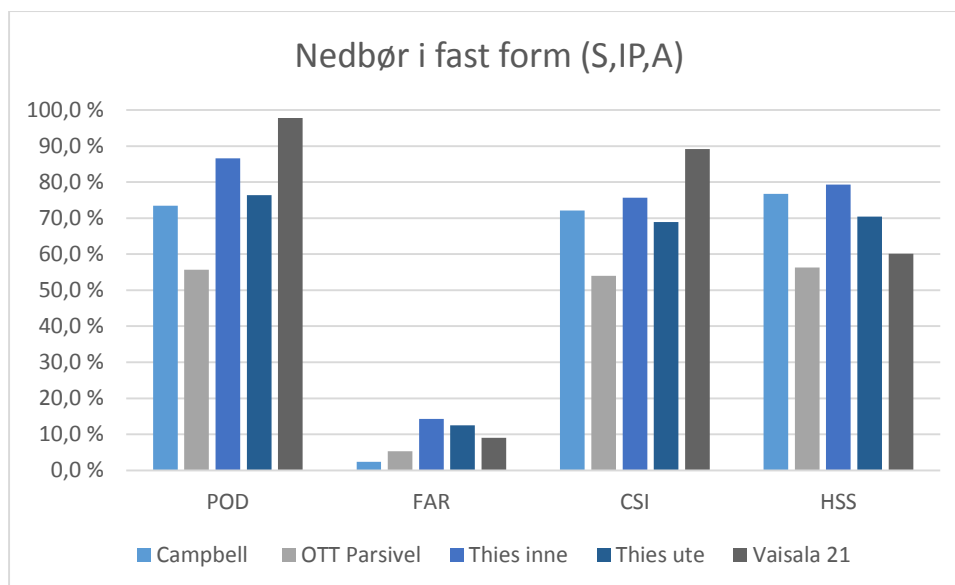
Figur 4.5.4: Resultater for deteksjon av snø for alle sensorer

For deteksjon av snø er det generelt like scoreverdier for alle sensorer utenom Ott Parsivel og Vaisala PWD21. Vaisala PWD21 skiller seg ut med en POD på nesten 100%, og en CSI på rundt 90%. Ott har generelt dårligere verdier. Thies LPM plassert på innsiden av DFIR gjør det litt bedre enn Thies på utsiden av DFIR.



Figur 4.5.5: Resultater for deteksjon av iskorn, kornsnø og snøstjerner for alle sensorer

For deteksjon av iskorn, kornsnø og snøstjerner er det tilnærmet ingen overenstemmelse mellom Vaisala PWD og de andre sensorene. Bortsett fra Ott Parsivel og Vaisala PWD21 melder alle sensorene hyppige tilfeller av IP. Disse tilfellene treffer heller nesten aldri samtidig som Vaisala PWD22. Dette gjør scoreverdiene svært dårlige.



Figur 4.5.6: Resultater for deteksjon av nedbør i fast form (S, IP, A) for alle sensorer

For deteksjon av nedbør i fast form er det generelt gode scoreverdier for alle sensorer utenom Ott Parsivel. I denne figuren vises det at selv om ikke snø og 'iskorn, kornsnø og snøstjerner' får veldig gode resultater hver for seg, så er resultatene bedre for begge kategoriene slått sammen. Det vil si at instrumentene klarer å detektere nedbør i fast form, men har problemer med å kategorisere nedbøren. Best ut kommer Vaisala PWD21 og Thies LPM utenfor DFIR.

4.6 OPPHOLDSANALYSE

Tabell 4.6 viser nedbørstypetekoder målt av observatør og nedbørstypetekoder målt av de seks Present Weather sensorene for opphold på Haukeliseter testfelt i perioden 5-10 februar 2015. I tabellen er det ikke valgt å ta med de andre parameterne som ble målt på oppholdet. Campbell PWS100 fungerte ikke under perioden.

Tabell 4.6: Nedbørstypetekoder for observatør og seks Present Weather Sensors fra opphold på Haukeliseter testfelt i perioden 5-10 februar 2015. Observatør har kodet etter kodetabell 4677 og sensorene etter kodetabell 4680. [8] NULL vil si sensorfeil.

	Observatør	Campel	Ott parsivel	Vaisala 21	Thies ute	Vaisala 22	Thies inne
05.02.2015 10.00	0	[8] NULL	0	0	0	0	0
05.02.2015 11.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
05.02.2015 12.00	71	[8] NULL	0	71	71	71	71
05.02.2015 13.00	71	[8] NULL	0	71	71	71	71
05.02.2015 14.00	71	[8] NULL	0	71	71	71	71
05.02.2015 15.00	71	[8] NULL	71	71	77	71	77
05.02.2015 16.00	71	[8] NULL	0	71	71	71	71
06.02.2015 09.00	0	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 10.00	2	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 11.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 12.00	3	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 13.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 14.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 15.00	2	[8] NULL	0	0	0	0	0
06.02.2015 16.00	3	[8] NULL	0	0	0	0	0
07.02.2015 09.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 10.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 11.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 12.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 13.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 14.00	73	[8] NULL	73	73	73	73	[8] NULL
07.02.2015 15.00	75	[8] NULL	73	73	89	73	[8] NULL
07.02.2015 16.00	73	[8] NULL	73	73	75	73	[8] NULL
07.02.2015 17.00	73	[8] NULL	73	73	75	73	[8] NULL
08.02.2015 09.00	71	[8] NULL	0	71	51	71	[8] NULL
08.02.2015 10.00	71	[8] NULL	0	71	51	71	[8] NULL
08.02.2015 11.00	71	[8] NULL	0	71	51	71	77
08.02.2015 12.00	73	[8] NULL	71	71	71	71	71
08.02.2015 13.00	68	[8] NULL	0	71	51	71	51
08.02.2015 14.00	58	[8] NULL	0	71	51	71	51
08.02.2015 15.00	71	[8] NULL	71	71	71	71	71
08.02.2015 16.00	71	[8] NULL	71	71	71	71	71
09.02.2015 09.00	0	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 10.00	2	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 11.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 12.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 13.00	50	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 14.00	51	[8] NULL	0	0	0	0	0
09.02.2015 15.00	51	[8] NULL	0	0	51	0	51
09.02.2015 16.00	1	[8] NULL	0	0	0	0	0
10.02.2015 09.00	51	[8] NULL	0	61	51	51	51
10.02.2015 10.00	51	[8] NULL	51	67	51	61	51
10.02.2015 11.00	51	[8] NULL	57	61	51	56	51
10.02.2015 12.00	51	[8] NULL	51	0	51	51	51

Fra tabellen er det generelt god overenstemmelse mellom observatør og de fleste sensorene. Selv om testoppholdet på Haukeli var kort med få innsamlede data, finnes likevel noen av sammenhengene diskutert i de forrige delkapitlene.

I flere tilfeller registrerer Ott Parsivel '0' (ingen nedbør), der observatør og flere av de andre sensorene registrerer '71' (snø). Det kommer også frem i tabellen at begge Thies instrumentene registrerer et større antall tilfeller med yr, og at sensorene blir mer uenig ved nedbør i flytende form.

5 KONKLUSJONER

Fra en vurdering av fem Present Weather Sensorer, sammenlignet med en referansesensor, og ved manuelle måleobservasjoner fra opphold på Haukeliseter testfelt kan det konkluderes med følgende:

Ott Parsivel har de dårligste scoreverdiene av alle sensorene. Sensoren registrerer ofte 'ingen nedbør' selv om både observatør, bildedata og alle andre sensorer varsler andre nedbørstyper, hovedsakelig snø. Det er også observert at sensoren fungerer mye bedre for nedbør og snødeteksjon for sterk vind (>5 m/s).

Campbell har de beste scoreverdiene for regn, har god scoreverdi for nedbørsdeteksjon, men har litt større problemer med snødeteksjon. Dette skyldes at sensoren veldig ofte registrerer 'iskorn, kornsnø og snøstjerner', der Vaisala registrerer snø. Campbell har også en tendens til å melde 'ingen nedbør' og 'ukjent nedbør' selv om andre instrumenter og bildedata viser snø.

Vaisala PWD21 har veldig gode scoreverdier for nedbør og snødeteksjon for alle type situasjoner, noe som kan forventes av en eldre versjon av Vaisala PWD22.

Thies LPM på innsiden av DFIR vindskjold har litt bedre scoreverdier enn Thies LPM på utsiden av vindskjold. Forskjellen er likevel ikke så stor at det kan virke som at vindskjoldbeskyttelse har mye å si for resultatene.

Begge Thies LPM sensorene registrerer flere hendelser av små nedbørspartikler sammenlignet med de andre sensorene, noe som stemmer overens med resultater fra Haij og Wauben (2010). Det er likevel ikke mulig å bekrefte at disse registreringene faktisk stemmer.

Ingen av sensorene har gode scoreverdier for nedbør i frossen form eller for iskorn, kornsnø og snøstjerner.

Fra opphold på Haukeliseter testfelt er det observert god korrelasjon for målinger mellom observatør og sensorer.

Alle instrumentene viser at scoreverdiene for nedbørsdeteksjon blir forbedret for hendelser over 5°C.

6 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

For å forbedre sensorvurderinger i fremtiden hadde det vært interessant å gå fra minuttmåledata til timemåledata. Noen PWS har allerede den funksjonen, men ikke alle. Det kunne da vært interessant å selv lage en integreringskode som vurderte de forrige 60 minuttdata og produserte en mer nøyaktig timedata. Det måtte da ha blitt tatt hensyn til at de høyeste kodetallene er de viktigste å melde, men bare om de forekommer med en viss hyppighet.

Det kunne også vært interessant og gjøre en større test på vindskjold i fremtiden, der flere like sensorer kunne blitt plassert utenfor og innenfor forskjellige typer vindskjold. I denne oppgaven var sensoren plassert helt inntil, på midten av skjoldet. Forskjellige avstander fra skjold og ulike høyder kunne blitt testet ut.

For videre arbeid kunne det også vært interessant å se på hvordan regnscoreverdidene hadde endret seg ved ikke bare data fra vintertid, men også resten av året.

7 REFERANSER

- Agresti, A. (1996), *An Introduction to Categorical Data Analysis*, New York: John Wiley & Sons.
- Bloemink, H.I. and Lanzinger, E. (2005): *Precipitation type from the Thies disdrometer*. In: TECO-2005-WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation Bucharest, Romania 4- 7 May 2005. World Meteorological Organisation, Instruments and observing methods, IOM No. 82.
- Campbell, 2011: PWS100 Present Weather Sensor, User Guide
- De Haijn, M. and Wauben, W. (2010): *Investigation into improvement of automated precipitation type of observation at KNMI*. In: TECO 2010- WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Helsinki, Finland 30.8.-1.9.2010. World Meteorological Organisation, Instruments and observing methods, IOM No. 104. 3(2)
- Gill, (2014): Wind observer III User Manual
- Goodison, B.E., P.Y.T. Louie, D. Yang (1998): *WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison – Final Report*. Instruments and Observing Methods Report No. 67, WMO/TD-No. 872, World Meteorological Organization, 212 p.
- Griesel, S., Theel, M., Schubotz, K., and Lanzinger, E. (2014): *Field intercomparison and laboratory tests of precipitation detectors*.
- Gunn R, Kinzer GD. 1949. *The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air*. *Journal of Meteorology* 6: 243–248.
- Haij, M.J. de, 2007: *Automated discrimination of precipitation type using the FD12P present weather sensor: evaluation and opportunities*. KNMI Technical Report No. 297, KNMI, De Bilt, The Netherlands.
- Holz, S., (2010). *Quality control and analysis of meteorological mesonet data with special emphasis on disdrometer measurements*.
- JWGV, (2008): Forecast verification – Issues, methods, and FAQ.
<http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/> (sist lest 11/1/15)
- Kok, C.J., (2000): *On the Behaviour of a Few Popular Verification Scores in Yes/No Forecasting*. Scientific Report, WR-2000-04, KNMI, De Bilt.
- Leroy, M., C. Bellevaux, and J. P. Jacob, 1998: *WMO intercomparison of present weather sensors/systems: Canada and France, 1993–1995: Final report*. Instruments and Observing Methods Rep. 73, WMO, Geneva, Switzerland, 169 pp.
- Loffler-Mang, M., and J. Joss, (2000): *An optical disdrometer for measuring size and velocity of hydrometeors*. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 17, 130–139

- Løvås, G. (2008). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Universitetsforlaget
- Merenti-Valimaki HL, Lonnqvist J, Laininen P. 2001. *Present weather: comparing human observations and one type of automated sensor*. *Meteorological Applications* 8: 491–496.
- MET, http://met.no/Klima/Natidsklima/Klima_i_Norge/
- MET, http://met.no/Meteorologi/A_male_varet/Malinger_i_over_100_ar/
- Murphy, A. H., (1991): *Forecast verification: Its complexity and dimensionality*. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1590-1601
- OTT, 2010: Present Weather Sensor Parsivel Operating Instructions, tilgjengelig på <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/obs/instruments/OpticalDisdrometer.pdf>
- Pruppacher, H.R. and Klett, J.D., (1997). *Microphysics of clouds and precipitation* (2nd edition), Kluwer Academic Publishers
- Smith, C.D. and D. Yang (2010): *An Assessment of the GEONOR T-200B Inside a Large Octagonal Double Fence Wind Shield as an Automated Reference for the Gauge Measurement of Solid Precipitation*. In: Proceedings of 90th AMS Annual Meeting, Atlanta, GA, 17.1.-21.1.2010.
- Stephenson, D. B. and I. T. Jolliffe, (2003): *Forecast evaluation in other disciplines. Forecast Verification: A Practitioners Guide in Atmospheric Science*, I. T. Jolliffe and D. B. Stephenson, Eds., Wiley, chap. 9.3.
- Straka, J., (2009). *Cloud and Precipitation Microphysics: Principles and Parameterizations*. Cambridge University Press.
- Thies, 2007: Instruction for use, Laser Precipitation Monitor
- Vaisala, 2010: User's Guide: Vaisala Present Weather Detector PWD22/52
- Wauben, W.M.F., 2002: *Automation of visual observations at KNMI; (I) Comparison of present weather*. Paper presented at the Symposium on Observations, Data Assimilation, and Probabilistic Prediction, Orlando, Florida, 13-17 January 2002, American Meteorological Society.
- Wilks, D. S., (2011): *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* - third edition. Academic Press
- WMO 1995 Manual on Codes (World Meteorological Organization)
- WMO 1996 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (World Meteorological Organization)

Wolff, M. A., Isaksen, K., Petersen-Øverleir, A., Ødemark, K., Reitan, T., and Brækkan, R. (2015).: *Derivation of a new continuous adjustment function for correcting wind-induced loss of solid precipitation: results of a Norwegian field study*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 951-967, doi: 10.5194/hess-19-951-2015, 2015

Yr.no, bildet for klimastatistikk:

http://www.yr.no/sted/Norge/Telemark/Vinje/Haukeliseter_Fjellstue/klima.html#år

8 VEDLEGG

8.1 KODETABELL 4677

Tabell 8.1: Kodetabell 4677.. Tabellen er hentet fra WMO (1995).

WW

CODE TABLES

4677

ww Present weather reported from a manned weather station

ww = 00–49 No precipitation at the station at the time of observation

ww = 00–19 No precipitation, fog, ice fog (except for 11 and 12), duststorm, sandstorm, drifting or blowing snow at the station* at the time of observation or, except for 09 and 17, during the preceding hour

	Code figure			
No meters except photometers	00	Cloud development not observed or not observable	} Characteristic change of the state of sky during the past hour	
	01	Clouds generally dissolving or becoming less developed		
	02	State of sky on the whole unchanged		
	03	Clouds generally forming or developing		
Haze, dust, sand or smoke	04	Visibility reduced by smoke, e.g. veldt or forest fires, industrial smoke or volcanic ashes		
	05	Haze		
	06	Widespread dust in suspension in the air, not raised by wind at or near the station at the time of observation		
	07	Dust or sand raised by wind at or near the station at the time of observation, but no well-developed dust whirl(s) or sand whirl(s), and no duststorm or sandstorm seen; or, in the case of ships, blowing spray at the station		
	08	Well-developed dust whirl(s) or sand whirl(s) seen at or near the station during the preceding hour or at the time of observation, but no duststorm or sandstorm		
	09	Duststorm or sandstorm within sight at the time of observation, or at the station during the preceding hour		
	10	Mist		
	11	Patches	} shallow fog or ice fog at the station, whether on land or sea, not deeper than about 2 metres on land or 10 metres at sea	
	12	More or less continuous		
		13	Lightning visible, no thunder heard	
		14	Precipitation within sight, not reaching the ground or the surface of the sea	
		15	Precipitation within sight, reaching the ground or the surface of the sea, but distant, i.e. estimated to be more than 5 km from the station	
		16	Precipitation within sight, reaching the ground or the surface of the sea, near to, but not at the station	
		17	Thunderstorm, but no precipitation at the time of observation	
		18	Squalls	} at or within sight of the station during the preceding hour or at the time of observation
		19	Funnel cloud(s)**	

ww = 20–29 Precipitation, fog, ice fog or thunderstorm at the station during the preceding hour but not at the time of observation

20	Drizzle (not freezing) or snow grains	} not falling as shower(s)
21	Rain (not freezing)	
22	Snow	
23	Rain and snow or ice pellets	
24	Freezing drizzle or freezing rain	

* The expression "at the station" refers to a land station or a ship.

** Tornado cloud or water-spout.

(continued)

(Code table 4677 - continued)

Code
figure

25	Shower(s) of rain
26	Shower(s) of snow, or of rain and snow
27	Shower(s) of hail*, or of rain and hail*
28	Fog or ice fog
29	Thunderstorm (with or without precipitation)

ww = 30-39 Duststorm, sandstorm, drifting or blowing snow

30	Slight or moderate duststorm or sandstorm	}	- has decreased during the preceding hour
31			- no appreciable change during the preceding hour
32			- has begun or has increased during the preceding hour
33	Severe duststorm or sandstorm	}	- has decreased during the preceding hour
34			- no appreciable change during the preceding hour
35			- has begun or has increased during the preceding hour
36	Slight or moderate drifting snow	}	generally low (below eye level)
37	Heavy drifting snow		
38	Slight or moderate blowing snow	}	generally high (above eye level)
39	Heavy blowing snow		

ww = 40-49 Fog or ice fog at the time of observation

40	Fog or ice fog at a distance at the time of observation, but not at the station during the preceding hour, the fog or ice fog extending to a level above that of the observer		
41	Fog or ice fog in patches		
42	Fog or ice fog, sky visible	}	has become thinner during the preceding hour
43	Fog or ice fog, sky invisible		
44	Fog or ice fog, sky visible	}	no appreciable change during the preceding hour
45	Fog or ice fog, sky invisible		
46	Fog or ice fog, sky visible	}	has begun or has become thicker during the preceding hour
47	Fog or ice fog, sky invisible		
48	Fog, depositing rime, sky visible		
49	Fog, depositing rime, sky invisible		

ww = 50-99 Precipitation at the station at the time of observation

ww = 50-59 Drizzle

50	Drizzle, not freezing, intermittent	}	slight at time of observation
51	Drizzle, not freezing, continuous		
52	Drizzle, not freezing, intermittent	}	moderate at time of observation
53	Drizzle, not freezing, continuous		
54	Drizzle, not freezing, intermittent	}	heavy (dense) at time of observation
55	Drizzle, not freezing, continuous		

* Hail, small hail, snow pellets. French: grêle, grésil ou neige roulée.

(continued)

(Code table 4677 - continued)

Code
figure

56	Drizzle, freezing, slight
57	Drizzle, freezing, moderate or heavy (dense)
58	Drizzle and rain, slight
59	Drizzle and rain, moderate or heavy

ww = 60-69 Rain

60	Rain, not freezing, intermittent	} slight at time of observation
61	Rain, not freezing, continuous	
62	Rain, not freezing, intermittent	} moderate at time of observation
63	Rain, not freezing, continuous	
64	Rain, not freezing, intermittent	} heavy at time of observation
65	Rain, not freezing, continuous	
66	Rain, freezing, slight	
67	Rain, freezing, moderate or heavy	
68	Rain or drizzle and snow, slight	
69	Rain or drizzle and snow, moderate or heavy	

ww = 70-79 Solid precipitation not in showers

70	Intermittent fall of snowflakes	} slight at time of observation
71	Continuous fall of snowflakes	
72	Intermittent fall of snowflakes	} moderate at time of observation
73	Continuous fall of snowflakes	
74	Intermittent fall of snowflakes	} heavy at time of observation
75	Continuous fall of snowflakes	
76	Diamond dust (with or without fog)	
77	Snow grains (with or without fog)	
78	Isolated star-like snow crystals (with or without fog)	
79	Ice pellets	

ww = 80-99 Showery precipitation, or precipitation with current or recent thunderstorm

80	Rain shower(s), slight	
81	Rain shower(s), moderate or heavy	
82	Rain shower(s), violent	
83	Shower(s) of rain and snow mixed, slight	
84	Shower(s) of rain and snow mixed, moderate or heavy	
85	Snow shower(s), slight	
86	Snow shower(s), moderate or heavy	
87	} Shower(s) of snow pellets or small hail, with or without rain or rain and snow mixed	- slight
88		- moderate or heavy
89	} Shower(s) of hail*, with or without rain or rain and snow mixed, not associated with thunder	- slight
90		- moderate or heavy

* French: grêle.

(continued)

(Code table 4677 - continued)

Code
figure

91	Slight rain at time of observation	} Thunderstorm during the preceding hour but not at time of observation
92	Moderate or heavy rain at time of observation	
93	Slight snow, or rain and snow mixed or hail* at time of observation	
94	Moderate or heavy snow, or rain and snow mixed or hail* at time of observation	
95	Thunderstorm, slight or moderate, without hail*, but with rain and/or snow at time of observation	} Thunderstorm at time of observation
96	Thunderstorm, slight or moderate, with hail* at time of observation	
97	Thunderstorm, heavy, without hail*, but with rain and/or snow at time of observation	
98	Thunderstorm combined with duststorm or sandstorm at time of observation	
99	Thunderstorm, heavy, with hail* at time of observation	

* Hail, small hail, snow pellets (French: grêle, grésil ou neige roulee).

8.2 KONTINGENSTABELLER FOR RESTERENDE PWS

Kontingenstabeller og scoreverdier mellom Campell PWS100, Ott Parsivel, Vaisala PWD21 og begge Thies LPM instrumentene. Hver tabell viser scoreverdier for begge sensorer gitt som referanse.

Tabell 8.2.1: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Ott Parsivel.

		Ott										sum u N/A	
Campbell		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A		
C		125056	207	1080	9	1	94	6534	0	62	154242	133043	
P		5798	1183	826	78	0	1259	5622	0	31	13030	14797	
L		1001	205	840	2	1	37	92	0	0	1285	2178	
R		1173	3179	149	3384	0	600	414	1	1	4435	8901	
ZL		230	18	22	0	0	14	70	0	0	474	354	
ZR		62	10	1	8	0	8	16	0	0	131	105	
S		5411	79	30	6	1	879	26567	0	367	33041	33340	
IP		4589	106	102	14	0	1089	18762	0	424	27475	25086	
A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
N/A		110236	3713	2787	1011	2	1616	27342	2	907	143544		
Sum u N/A		143320	4987	3050	3501	3	3980	58077	1	885			

Nedbør		Regn (L,R)			Nedbør i frossen form (ZL,ZR)			Snø (S)			Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)		
Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott
ja	66497	18264	4375	6704	22	437	26567	6773	ja	26567	31510	ja	0
nei	7987	125056	2176	204549	nei	3961	213384	152954	nei	31510	152954	nei	1
POD	78,5 %	POD	39,5 %	POD	4,8 %	POD	79,7 %	POD	0,0 %	POD	79,7 %	POD	0,0 %
FAR	10,7 %	FAR	33,2 %	FAR	99,4 %	FAR	54,3 %	FAR	100,0 %	FAR	54,3 %	FAR	100,0 %
CSI	71,7 %	CSI	33,0 %	CSI	0,5 %	CSI	41,0 %	CSI	0,0 %	CSI	41,0 %	CSI	0,0 %
HSS	74,1 %	HSS	47,7 %	HSS	0,6 %	HSS	48,0 %	HSS	0,0 %	HSS	48,0 %	HSS	0,0 %
BIAS	0,88	BIAS	0,59	BIAS	8,68	BIAS	1,74	BIAS	0,00	BIAS	1,74	BIAS	0,00
N	92748	N	13255	N	4420	N	64850	N	25087	N	64850	N	25087

Nedbør		Regn (L,R)			Nedbør i frossen form (ZL,ZR)			Snø (S)			Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)		
Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel	Referanse (Ott)	Campel
ja	66497	7987	4375	2176	22	3961	26567	31510	ja	26567	31510	ja	0
nei	18264	125056	6704	204549	nei	437	213384	152954	nei	6773	152954	nei	1
POD	89,3 %	POD	66,8 %	POD	0,6 %	POD	45,7 %	POD	0,0 %	POD	45,7 %	POD	0,0 %
FAR	21,5 %	FAR	60,5 %	FAR	95,2 %	FAR	20,3 %	FAR	100,0 %	FAR	20,3 %	FAR	100,0 %
CSI	71,7 %	CSI	33,0 %	CSI	0,5 %	CSI	41,0 %	CSI	0,0 %	CSI	41,0 %	CSI	0,0 %
HSS	74,1 %	HSS	47,7 %	HSS	0,6 %	HSS	48,0 %	HSS	0,0 %	HSS	48,0 %	HSS	0,0 %
BIAS	1,14	BIAS	1,69	BIAS	0,12	BIAS	0,57	BIAS	25086,00	BIAS	0,57	BIAS	25086,00
N	92748	N	13255	N	4420	N	64850	N	25087	N	64850	N	25087

Tabell 8.2.2: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Vaisala PWD22.

		Vaisala21											
Campbell		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u	N/A
C		209	128	0	161	0	0	1386	0	0	285401	1884	
P		0	77	0	49	0	0	1783	0	0	25916	1909	
L		0	1	0	39	0	0	5	0	0	3416	45	
R		0	60	0	37	0	0	29	0	0	13208	126	
ZL		0	3	0	0	0	0	124	0	0	701	127	
ZR		0	0	0	0	0	0	3	0	0	233	3	
S		0	85	0	16	0	0	4340	0	0	61940	4441	
IP		0	123	0	9	0	0	4521	0	0	47908	4653	
A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
N/A		30	555	17	1314	0	31	11524	6	0	277683		
Sum u N/A		209	477	0	311	0	0	12191	0	0			

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21	Referanse (Campbell)	Vaisala21
ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei
ja	11304	0	76	95	ja	0	130	ja	4340	101	ja	0	4653		
nei	1675	209	235	12782	nei	0	13058	nei	7851	896	nei	0	8535		
POD	100,0 %	POD	44,4 %	POD	0,0 %	POD	97,7 %	POD	97,7 %	POD	0,0 %	POD	0,0 %		
FAR	12,9 %	FAR	75,6 %	FAR	#DIV/0! %	FAR	64,4 %	FAR	64,4 %	FAR	#DIV/0! %	FAR	#DIV/0! %		
CSI	87,1 %	CSI	18,7 %	CSI	0,0 %	CSI	35,3 %	CSI	35,3 %	CSI	0,0 %	CSI	0,0 %		
HSS	17,6 %	HSS	30,4 %	HSS	0,0 %	HSS	5,6 %	HSS	5,6 %	HSS	0,0 %	HSS	0,0 %		
BIAS	1,15	BIAS	1,82	BIAS	0,00	BIAS	2,75	BIAS	2,75	BIAS	0,00	BIAS	0,00		
N	12979	N	406	N	130	N	12292	N	12292	N	4653	N	4653		

Tabell 8.2.3: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Thies LPM utenfor vindskjold.

		Thies ute											
Campbell		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u	N/A
C		249032	569	6645	48	0	1	9562	10365	296	10767	276518	
P		669	4778	5419	246	1	0	12102	2667	15	1930	25897	
L		19	211	2344	26	0	0	188	167	0	508	2955	
R		97	4306	1409	6904	3	0	51	9	2	555	12781	
ZL		3	63	241	1	0	0	212	286	0	22	806	
ZR		2	68	12	71	0	0	44	39	0	0	236	
S		213	5037	3997	1	0	0	50714	3319	67	3033	63348	
IP		128	5102	4201	2	0	3	37266	3401	164	2296	50267	
A		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
N/A		104070	12099	44540	1838	0	1	61942	49959	1207	15504		
Sum u N/A		250163	20134	24268	7299	4	4	110140	20253	544			

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Campbell)	Thies ute	Referanse (Campbell)	Thies ute	Referanse (Campbell)	Thies ute	Referanse (Campbell)	Thies ute	Referanse (Campbell)	Thies ute	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott	Referanse (Campbell)	Ott
ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei	ja	nei
ja	155160	1131	10683	5053	ja	0	1042	ja	50714	12634	ja	3401	46866		
nei	27486	249032	20884	396189	nei	8	431759	nei	59426	310035	nei	16852	365690		
POD	99,3 %	POD	67,9 %	POD	0,0 %	POD	80,1 %	POD	80,1 %	POD	6,8 %	POD	6,8 %		
FAR	15,0 %	FAR	66,2 %	FAR	100,0 %	FAR	54,0 %	FAR	54,0 %	FAR	83,2 %	FAR	83,2 %		
CSI	84,4 %	CSI	29,2 %	CSI	0,0 %	CSI	41,3 %	CSI	41,3 %	CSI	5,1 %	CSI	5,1 %		
HSS	86,2 %	HSS	42,4 %	HSS	0,0 %	HSS	49,0 %	HSS	49,0 %	HSS	3,2 %	HSS	3,2 %		
BIAS	1,17	BIAS	2,01	BIAS	0,01	BIAS	1,74	BIAS	1,74	BIAS	0,40	BIAS	0,40		
N	183777	N	36620	N	1050	N	122774	N	122774	N	67119	N	67119		

Tabell 8.2.4: Kontingenstabell og scoreverdier for Campbell PWS100 og Thies LPM innenfor vindskjold.

Thies Inne											
Campbell	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A
C	100918	18	1319	18	0	1	486	2817	0	181708	105577
P	136	665	1301	76	0	2	2569	811	0	22267	5560
L	1	67	1034	19	0	0	82	55	0	2205	1258
R	34	1204	716	1962	0	1	12	5	0	9402	3934
ZL	4	3	117	0	0	0	49	73	0	582	246
ZR	0	2	3	0	0	0	2	0	0	229	7
S	7	360	92	4	0	0	10934	256	0	54728	11653
IP	25	626	198	0	0	1	6777	409	6	44521	8042
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
N/A	55902	4163	15301	1848	0	3	40240	22754	20	150929	
Sum u N/A	101125	2945	4780	2079	0	5	20911	4426	6		

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne		
(Campbell)	ja	nei	(Campbell)	ja	nei	(Campbell)	ja	nei	(Campbell)	ja	nei
ja	30493	207	3731	1461	0	253	10934	719	409	409	7633
nei	4659	100918	3128	127957	5	136019	9977	114647	4017	4017	124218
POD	99,3 %		POD	71,9 %		POD	93,8 %		POD	5,1 %	
FAR	13,3 %		FAR	45,6 %		FAR	47,7 %		FAR	90,8 %	
CSI	86,2 %		CSI	44,8 %		CSI	50,6 %		CSI	3,4 %	
HSS	90,3 %		HSS	60,2 %		HSS	63,1 %		HSS	2,5 %	
BIAS	1,15		BIAS	1,32		BIAS	1,79		BIAS	0,55	
N	35359		N	8320		N	21630		N	12059	

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell	Referanse	Campbell		
(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei
ja	30493	4659	3731	3128	0	5	10934	9977	409	409	4017
nei	207	100918	1461	127957	253	136019	719	114647	7633	7633	124218
POD	86,7 %		POD	54,4 %		POD	52,3 %		POD	9,2 %	
FAR	0,7 %		FAR	28,1 %		FAR	6,2 %		FAR	94,9 %	
CSI	86,2 %		CSI	44,8 %		CSI	50,6 %		CSI	3,4 %	
HSS	90,3 %		HSS	60,2 %		HSS	63,1 %		HSS	2,5 %	
BIAS	0,87		BIAS	0,76		BIAS	0,56		BIAS	1,82	
N	35359		N	8320		N	21630		N	12059	

Tabell 8.2.5: Kontingenstabell og scoreverdier for Vaisala PWD21 og Ott Parsivel.

Vaisala21											
Ott	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A
C	17	135	4	225	0	5	4040	2	0	249126	4428
P	0	62	0	35	0	5	196	0	0	8400	298
L	0	36	0	15	0	19	214	0	0	5551	284
R	0	45	0	35	0	0	89	0	0	4341	169
ZL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
ZR	0	8	0	15	0	0	198	0	0	5375	221
S	1	169	2	183	0	2	5182	4	0	79876	5543
IP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
A	0	0	0	0	0	0	130	0	0	1662	130
N/A	219	577	11	1117	0	0	13666	0	0	362069	
Sum u N/A	18	455	6	508	0	31	10049	6	0		

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Vaisala 21	Referanse	Vaisala 21	Referanse	Vaisala 21	Referanse	Vaisala 21	Referanse	Vaisala 21		
(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei
ja	6644	4411	50	464	0	31	5182	4867	361	0	6
nei	4411	17	464	10156	31	10821	4867	663	361	663	11067
POD	100,0 %		POD	11,0 %		POD	93,5 %		POD	#DIV/0!	%
FAR	39,9 %		FAR	90,3 %		FAR	48,4 %		FAR	100,0 %	
CSI	60,1 %		CSI	5,5 %		CSI	49,8 %		CSI	0,0 %	
HSS	0,4 %		HSS	6,3 %		HSS	5,5 %		HSS	0,0 %	
BIAS	1,66		BIAS	1,13		BIAS	1,81		BIAS	#DIV/0!	
N	11056		N	917		N	10410		N	6	

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott		
(Vaisala 21)	ja	nei	(Vaisala 21)	ja	nei	(Vaisala 21)	ja	nei	(Vaisala 21)	ja	nei
ja	6644	4411	50	464	0	31	5182	4867	361	0	6
nei	1	17	403	10156	221	10821	361	663	361	663	11067
POD	60,1 %		POD	9,7 %		POD	51,6 %		POD	0,0 %	
FAR	0,0 %		FAR	89,0 %		FAR	6,5 %		FAR	#DIV/0!	%
CSI	60,1 %		CSI	5,5 %		CSI	49,8 %		CSI	0,0 %	
HSS	0,4 %		HSS	6,3 %		HSS	5,5 %		HSS	0,0 %	
BIAS	0,60		BIAS	0,88		BIAS	0,55		BIAS	0,00	
N	11056		N	917		N	10410		N	6	

Tabell 8.2.6: Kontingenstabell og scoreverdier for Vaisala PWD21 og Thies LPM innenfor vindskjold.

		Thies inne										sum u	N/A
Vaisala21		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A		
C		226	0	2	0	0	0	1	8	0	0	0	237
P		93	92	208	53	0	0	355	207	0	24	1008	
L		14	0	3	0	0	0	0	0	0	0	17	
R		206	432	317	317	0	0	102	251	0	0	1625	
ZL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ZR		0	6	16	0	0	0	0	0	0	9	22	
S		1554	1412	1609	159	0	3	12287	4399	1	2291	21424	
IP		0	2	1	0	0	0	3	0	0	0	6	
A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N/A		154932	5162	17923	3396	0	5	48403	22313	25	464249		
Sum u N/A		2093	1944	2156	529	0	3	12748	4865	1			

Precipitation		Liquid		Freezing		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)						
Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne	Referanse	Thies inne					
(Vaisala21)	ja	nei	(Vaisala21)	ja	nei	(Vaisala21)	ja	nei	(Vaisala21)	ja	nei			
ja	22235	1867	ja	637	1005	ja	0	22	ja	12287	9137	ja	0	6
nei	11	226	nei	2048	20649	nei	3	24314	nei	461	2454	nei	4865	19468
POD	92,3 %		POD	38,8 %		POD	0,0 %		POD	57,4 %		POD	0,0 %	
FAR	0,0 %		FAR	76,3 %		FAR	100,0 %		FAR	3,6 %		FAR	100,0 %	
CSI	92,2 %		CSI	17,3 %		CSI	0,0 %		CSI	56,1 %		CSI	0,0 %	
HSS	18,0 %		HSS	23,0 %		HSS	0,0 %		HSS	18,2 %		HSS	0,0 %	
BIAS	0,92		BIAS	1,64		BIAS	0,14		BIAS	0,60		BIAS	810,83	
N	24113		N	3690		N	25		N	21885		N	4871	

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)						
Referanse	Vaisala21	Referanse	Vaisala21	Referanse	Vaisala21	Referanse	Vaisala21	Referanse	Vaisala21					
(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei	(Thies inne)	ja	nei			
ja	22235	11	ja	637	2048	ja	0	3	ja	12287	461	ja	0	4865
nei	1867	226	nei	1005	20649	nei	22	24314	nei	9137	2454	nei	6	19468
POD	100,0 %		POD	23,7 %		POD	0,0 %		POD	96,4 %		POD	0,0 %	
FAR	7,7 %		FAR	61,2 %		FAR	100,0 %		FAR	42,6 %		FAR	100,0 %	
CSI	92,2 %		CSI	17,3 %		CSI	0,0 %		CSI	56,1 %		CSI	0,0 %	
HSS	18,0 %		HSS	23,0 %		HSS	0,0 %		HSS	18,2 %		HSS	0,0 %	
BIAS	1,08		BIAS	0,61		BIAS	7,33		BIAS	1,68		BIAS	0,00	
N	24113		N	3690		N	25		N	21885		N	4871	

Tabell 8.2.7: Kontingenstabell og scoreverdier for Ott Parsivel og Thies LPM utenfor vindskjold.

		Thies ute										sum u	N/A
Ott		C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A		
C		165542	2847	29252	698	1	2	25419	27244	85	2466	251090	
P		15	4198	1235	1509	3	0	653	946	2	139	8561	
L		1056	508	2906	6	0	0	492	834	0	35	5802	
R		6	454	33	3959	0	1	42	15	0	2	4510	
ZL		0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	5	
ZR		7	1709	155	169	0	0	2939	479	34	104	5492	
S		9	5129	1280	125	0	2	68498	5541	1236	3599	81820	
IP		0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
A		0	10	0	0	0	0	1077	268	129	310	1484	
N/A		187598	17376	33947	2671	0	0	72957	34882	267	27961		
Sum u N/A		166635	14857	34861	6466	4	5	99125	35328	1486			

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)						
Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute	Referanse	Thies ute					
(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei	(Ott)	ja	nei			
ja	106584	1093	ja	6904	3408	ja	0	5497	ja	68498	13322	ja	0	3
nei	85548	165542	nei	34423	314032	nei	9	353261	nei	30627	246320	nei	35328	323436
POD	99,0 %		POD	67,0 %		POD	0,0 %		POD	83,7 %		POD	0,0 %	
FAR	44,5 %		FAR	83,3 %		FAR	100,0 %		FAR	30,9 %		FAR	100,0 %	
CSI	55,2 %		CSI	15,4 %		CSI	0,0 %		CSI	60,9 %		CSI	0,0 %	
HSS	53,0 %		HSS	23,2 %		HSS	0,0 %		HSS	67,6 %		HSS	0,0 %	
BIAS	1,78		BIAS	4,01		BIAS	0,00		BIAS	1,21		BIAS	11776,00	
N	193225		N	44735		N	5506		N	112447		N	35331	

Nedbør		Regn (L,R)		Nedbør i frossen form (ZL,ZR)		Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)						
Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott	Referanse	Ott					
(Thies ute)	ja	nei	(Thies ute)	ja	nei	(Thies ute)	ja	nei	(Thies ute)	ja	nei			
ja	106584	85548	ja	6904	34423	ja	0	9	ja	68498	30627	ja	0	35328
nei	1093	165542	nei	3408	314032	nei	5497	353261	nei	13322	246320	nei	3	323436
POD	55,5 %		POD	16,7 %		POD	0,0 %		POD	69,1 %		POD	0,0 %	
FAR	1,0 %		FAR	33,0 %		FAR	100,0 %		FAR	16,3 %		FAR	100,0 %	
CSI	55,2 %		CSI	15,4 %		CSI	0,0 %		CSI	60,9 %		CSI	0,0 %	
HSS	53,0 %		HSS	23,2 %		HSS	0,0 %		HSS	67,6 %		HSS	0,0 %	
BIAS	0,56		BIAS	0,25		BIAS	610,78		BIAS	0,83		BIAS	0,00	
N	193225		N	44735		N	5506		N	112447		N	35331	

Tabell 8.2.8: Kontingenstabell og scoreverdier for Ott Parsivel og Thies LPM innenfor vindskjold.

Thies inne												
Ott	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A	
C	81626	452	10239	444	0	1	11170	12185	1	137438	116118	
P	15	1772	763	730	0	0	131	403	0	4886	3814	
L	290	169	1434	5	0	0	77	340	0	3522	2315	
R	5	245	10	1971	0	2	13	16	0	2250	2262	
ZL	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	
ZR	5	569	85	101	0	1	563	114	0	4158	1438	
S	15	1109	652	132	0	0	21196	1146	13	61156	24263	
IP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
A	0	24	0	0	0	0	507	0	0	1261	531	
N/A	75071	2768	6897	544	0	4	27494	12974	12	251895		
Sum u N/A	81956	4340	13184	3383	0	4	33657	14204	14			

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Ott)	Thies inne	Referanse (Ott)	Thies inne			Referanse (Ott)	Thies inne			Referanse (Ott)	Thies inne		Referanse (Ott)	Thies inne	
ja	nei	ja	ja	nei	nei	ja	ja	nei	nei	ja	ja	nei	ja	ja	nei
ja	34294	330	3420	1157		ja	1	1438		ja	21196	3067	ja	0	0
nei	34492	81626	nei	13147	133018	nei	3	149300		nei	12461	114018	nei	14204	136538
POD	99,0 %		POD	74,7 %		POD	0,1 %			POD	87,4 %		POD	#DIV/0!	%
FAR	50,1 %		FAR	79,4 %		FAR	75,0 %			FAR	37,0 %		FAR	100,0 %	%
CSI	49,6 %		CSI	19,3 %		CSI	0,1 %			CSI	57,7 %		CSI	0,0 %	%
HSS	51,5 %		HSS	29,0 %		HSS	0,1 %			HSS	67,0 %		HSS	0,0 %	%
BIAS	1,99		BIAS	3,62		BIAS	0,00			BIAS	1,39		BIAS	#DIV/0!	%
N	69116		N	17724		N	1442			N	36724		N	14204	

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Thies inne)	Ott	ja	nei	Referanse (Thies inne)	Ott	ja	nei	Referanse (Thies inne)	Ott	ja	nei	Referanse (Thies inne)	Ott	ja	nei
ja	34294	34492		ja	3420	13147		ja	1	3		ja	21196	12461	14204
nei	330	81626		nei	1157	133018		nei	1438	149300		nei	3067	114018	136538
POD	49,9 %			POD	20,6 %			POD	25,0 %			POD	63,0 %		0,0 %
FAR	1,0 %			FAR	25,3 %			FAR	99,9 %			FAR	12,6 %		#DIV/0!
CSI	49,6 %			CSI	19,3 %			CSI	0,1 %			CSI	57,7 %		0,0 %
HSS	51,5 %			HSS	29,0 %			HSS	0,1 %			HSS	67,0 %		0,0 %
BIAS	0,50			BIAS	0,28			BIAS	359,75			BIAS	0,72		0,00
N	69116			N	17724			N	1442			N	36724		14204

Tabell 8.2.9: Kontingenstabell og scoreverdier for Vaisala PWD21 og Thies LPM utenfor vindskjold.

Thies ute												
Vaisala21	C	P	L	R	ZL	ZR	S	IP	A	N/A	sum u N/A	
C	223	0	1	0	0	0	2	11	0	0	237	
P	55	112	100	45	0	0	488	232	0	0	1032	
L	9	0	7	0	0	0	1	0	0	0	17	
R	110	661	302	70	0	0	221	261	0	0	1625	
ZL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ZR	0	13	16	0	0	0	2	0	0	0	31	
S	1229	891	1250	113	0	0	14373	4868	105	886	22829	
IP	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	6	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N/A	352605	30554	67130	8907	4	5	156990	64837	1646	33730		
Sum u N/A	1626	1677	1676	228	0	0	15092	5373	105			

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Vaisala21)	Thies ute	Referanse (Vaisala21)	Thies ute			Referanse (Vaisala21)	Thies ute			Referanse (Vaisala21)	Thies ute		Referanse (Vaisala21)	Thies ute	
ja	nei	ja	ja	nei	nei	ja	ja	nei	nei	ja	ja	nei	ja	ja	nei
ja	24137	1403	ja	379	1263	ja	0	31	ja	14373	8456	ja	1	5	
nei	14	223	nei	1525	22610	nei	0	25746	nei	719	2229	nei	5372	20399	
POD	94,5 %		POD	23,1 %		POD	0,0 %		POD	63,0 %		POD	16,7 %		
FAR	0,1 %		FAR	80,1 %		FAR	#DIV/0!		FAR	4,8 %		FAR	100,0 %		
CSI	94,5 %		CSI	12,0 %		CSI	0,0 %		CSI	61,0 %		CSI	0,0 %		
HSS	22,7 %		HSS	15,6 %		HSS	0,0 %		HSS	18,0 %		HSS	0,0 %		
BIAS	0,95		BIAS	1,16		BIAS	0,00		BIAS	0,66		BIAS	895,50		
N	25554		N	3167		N	31		N	23548		N	5378		

Nedbør		Regn (L,R)				Nedbør i frossen form (ZL,ZR)				Snø (S)		Iskorn, Kornsnø, Snøstjerner (IP)			
Referanse (Thies ute)	Vaisala 21	ja	nei	Referanse (Thies ute)	Vaisala 21	ja	nei	Referanse (Thies ute)	Vaisala 21	ja	nei	Referanse (Thies ute)	Vaisala 21	ja	nei
ja	24137	14		ja	379	1525		ja	0	0		ja	14373	719	5372
nei	1403	223		nei	1263	22610		nei	31	25746		nei	8456	2229	20399
POD	99,9 %			POD	19,9 %			POD	#DIV/0!			POD	95,2 %		0,0 %
FAR	5,5 %			FAR	76,9 %			FAR	100,0 %			FAR	37,0 %		83,3 %
CSI	94,5 %			CSI	12,0 %			CSI	0,0 %			CSI	61,0 %		0,0 %
HSS	22,7 %			HSS	15,6 %			HSS	0,0 %			HSS	18,0 %		0,0 %
BIAS	1,06			BIAS	0,86			BIAS	#DIV/0!			BIAS	1,51		0,00
N	25554			N	3167			N	31			N	23548		5378



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no