

Masteroppgave, Institutt for geofag

Samvariasjon og høydegradienter for temperatur og nedbør i Norge

*Kan sirkulasjons- eller værtypeklassifiseringer bidra til å
forklare samvariasjoner og gradienter?*

Sølvi Amland



UNIVERSITETET I OSLO

DET MATEMATISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

Samvariasjon og høydegradienter for temperatur og nedbør i Norge

*Kan sirkulasjons- eller værtypeklassifiseringer bidra til å
forklare samvariasjoner og gradienter?*

Sølvi Amland



Masteroppgave i geofag

Studieretning: Hydrologi

Institutt for geofag

Matematisk-naturvitenskaplig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

2. juni 2014

© Sølvi Amland, 2014

Dette eksamensarbeidet er publisert elektronisk i DUO – Digitale Utgivelser ved UiO

<http://www.duo.uio.no>

Det er også katalogisert i BIBSYS (<http://www.bibsys.no/>)

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted, in any form or by any means, without permission.

SAMMENDRAG

Robuste estimater for vannføring avhenger av pålitelige inndata, som temperatur og nedbør. Målstasjoner ligger ofte spredt, dette gjør at lokal temperatur og nedbør må interpoleres fra omkringliggende målestasjoner. Kunnskap om hvordan nedbør og temperatur endres med høyden, samvariasjonen mellom dem og hvordan de påvirkes av atmosfæriske sirkulasjoner er nyttig informasjon for interpolering. Klassifisering av atmosfæriske sirkulasjoner og/eller storskala nedbørsmønstre brukes for å undersøke linken mellom overflateklima og atmosfæriske sirkulasjoner. Sirkulasjonstypeklassifiseringer (CTC) klassifiserer ulike trykksituasjoner inn i typer, værtypeklassifiseringer grupperer ulike værmønstre (WTC), hybride klassifiseringer bruker både atmosfæriske trykksituasjoner og værmønstre for å definere typer. Typeklassifiseringer er en samlebetegnelse på CTC, WTC og hybride klassifiseringer.

Hovedmålet med denne oppgaven er å undersøke sammenhenger mellom temperatur og nedbør, og om typeklassifiseringer gir gode beskrivelser av disse samvariasjonene og beskrivelse av nedbørs- og temperaturgradienter. Det defineres homogene nedbørsregioner i Norge, innenfor hver region beregnes høydegradienter og samvariasjonen mellom temperatur og nedbør undersøkes. Stasjonsnettet er tynnere med høyden, derfor undersøkes vertikale gradienter for områder over og under 200 moh. Resultatene viser at høydegradientene for temperatur og nedbør er brattest for lavereliggende områder, lavereliggende områder viser også størst variasjoner mellom sesonger. Temperatur og nedbør har en negativ korrelasjon om sommeren og positiv korrelasjon om vinteren. Temperaturen er lavere for dager med nedbør om sommeren, og høyere for nedbørsdager om vinteren.

73 CTCer fra COST733s database evalueres, hvor det undersøkes hvor bra hver CTC representerer regionale temperatur- og nedbørsvariasjoner i Norge. Den CTC som representerer nedbøren best i Norge brukes for videre evaluering. En CTC, en WTC basert på nedbørsmønstret i Norge og en hybrid typeklassifisering basert på nedbørs- og atmosfæretrykk i Norge evalueres ved å undersøke hvor bra de representerer regional temperatur- og nedbørvariasjon. Det utforskes om typeklassifiseringene representerer samvariasjonen mellom temperatur og nedbør bra, og vertikale temperatur- og nedbørsgradienter. Resultatene viser at sirkulasjonstypeklassifiseringer representerer lokale temperaturvariasjoner best, og værtypeklassifiseringen representerer nedbøren best. Alle tre typeklassifiseringene viser best en samvariasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren. CTC og den hybride

typeklassifiseringen skiller best mellom temperaturen på våte og tørre dager, og representerer vertikale temperatur- og nedbørsgradienter best. Ingen av de tre typeklassifiseringene viser en signifikant forskjell mellom vertikale temperaturgradienter på våte og tørre dager.

Nøkkelord: Temperatur, nedbør, høydegradient, samvariasjon, sirkulasjonstypeklassifisering, værtypeklassifisering, hybrid klassifisering.

FORORD

Arbeidet med masteroppgaven har vært en spennende og krevende prosess, med en bratt læringskurve. Jeg har gjennom hele arbeidet med masteroppgaven vært sikker på at jeg har fått riktig og god oppfølging, noe jeg setter utrolig pris på. Jeg vil derfor rette en stor takk til mine veiledere:

Spesielt stor takk til hovedveileder Kolbjørn Engeland for god oppfølging og presis veiledning gjennom hele arbeidet med oppgaven. Jeg vil også takke medveiledere Jean-Marie Lepioufle for god hjelp med analyser og Lena M. Tallaksen for verdifulle råd og god oppfølging.

Takk til meteorologisk institutt for å ha bistått med temperatur- og nedbørsserier.

Sølvi Amland

Oslo, Juni 2014

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INTRODUKSJON	1
1.1	BAKGRUNN OG TIDLIGERE ARBEID	1
1.2	MÅL	3
1.3	LØSNING	4
2	TEORI	5
2.1	TEMPERATUR OG NEDBØR	5
2.2	HYDROLOGI OG KLIMA I NØRGE	6
2.3	SELV-ORGANISERENDE KART (SOM)	8
2.4	LINEÆR REGRESJON	10
2.5	VARIANS, STANDARDAVVIK OG STANDARDFEIL	11
2.6	KONFIDENSINTERVALL OG SIGNIFIKANS	12
2.7	T- TEST FOR TO GRUPPER	13
2.8	KORRELASJON	14
2.9	ANOVA	15
2.10	KRUSKAL-WALLIS (K-W)	18
2.11	ENTROPI	19
2.12	TYPEKLASSIFISERINGER	21
2.12.1	<i>Sirkulasjonstypeklassifiseringer (CTC)</i>	22
2.12.2	<i>Hybrid typeklassifiseringer</i>	24
2.12.3	<i>Værtypeklassifiseringer</i>	24
2.13	SPREDNINGSPLOTT (SCATTERPLOT)	24
3	METODE	25
3.1	SELV- ORGANISERENDE KART (SOM)	25
3.1.1	<i>SOM regional</i>	25
3.1.2	<i>SOM temporal</i>	26
3.2	SAMVARIASJON MELLOM TEMPERATUR OG NEDBØR	27
3.2.1	<i>Høydegradienter, temperatur og nedbør</i>	27
3.2.2	<i>Korrelasjon mellom temperatur og nedbør</i>	29
3.2.3	<i>Temperatur og vertikale temperaturgradienter, våte og tørre dager</i>	29
3.3	VALG AV CTC FRA COST733	30
3.3.1	<i>Representerer regional temperatur og nedbør</i>	31
3.3.2	<i>CTCens evne til å skille mellom våte og tørre dager</i>	31
3.3.3	<i>Representerer storskala nedbørsmønster i Norge</i>	32
3.4	EVALUERING AV TYPEKLASSIFISERINGER	32
3.4.1	<i>Representerer regional temperatur, nedbør og høydegradienter</i>	32
3.4.2	<i>Samvariasjon mellom temperatur og nedbør</i>	33
4	DATA	35
4.1	METEOROLOGISKE DATA	35
4.1.1	<i>Feilkilder</i>	38
4.2	PROGRAM	38
4.3	TYPEKLASSIFISERINGER	38
4.3.1	<i>Sirkulasjonstype klassifiseringer (CTC), COST733cat</i>	38
4.3.2	<i>Hybrid klassifisering, WCTC</i>	40
4.3.3	<i>Værtypeklassifisering, SOM temporal</i>	42
5	RESULTAT	43
5.1	REGIONSINDELING	43
5.2	HØYDEGRADIENTER	48
5.2.1	<i>Høydegradienter, sommer og vinter</i>	48

5.2.2	<i>Midlere månedlige høydegradienter for hver region</i>	50
5.2.3	<i>Høydegradienter over og under to hundre meter</i>	52
5.3	SAMVARIASJONEN MELLOM TEMPERATUR OG NEDBØR	57
5.3.1	<i>Månedlig temperatur og nedbør</i>	58
5.3.2	<i>Temperatur for våte og tørre dager</i>	59
5.3.3	<i>Regionale midlere månedlige vertikale temperaturgradienter, tørre og våte dager</i>	61
5.4	VALG AV SIRKULASJONSTYPEKLASSIFISERING (CTC).....	65
5.4.1	<i>CTC for temperatur og nedbør</i>	65
5.4.2	<i>CTC som beskriver storskala nedbørsmønster</i>	66
5.4.3	<i>Nedbørfrekvens</i>	67
5.5	EVALUERING AV SIRKULASJONSTYPE – OG VÆRTYPE KLASSIFISERINGER	68
5.5.1	<i>Typeklassifiseringer for temperatur og nedbør</i>	68
5.5.2	<i>Nedbørfrekvens</i>	69
5.5.3	<i>Regionale høydegradienter</i>	72
5.5.4	<i>Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør</i>	75
5.5.5	<i>Temperatur for dager med og uten nedbør</i>	81
5.5.6	<i>Midlere høydegradienter for temperatur og nedbør</i>	86
5.5.7	<i>Høydegradienter for temperatur, våte og tørre dager</i>	93
6	DISKUSJON	98
6.1	REGIONSINDELING	98
6.2	HØYDEGRADIENTER	99
6.3	SAMVARIASJON MELLOM TEMPERATUR OG NEDBØR	100
6.4	VALG AV SIRKULASJONSTYPEKLASSIFISERING	101
6.5	EVALUERING AV KLASSIFISERINGER	102
7	KONKLUSJON	106
8	REFERANSER	109
VEDLEGG	.....	113
VEDLEGG A	.....	113
VEDLEGG B	.....	115
VEDLEGG C	.....	117
VEDLEGG D	.....	119

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn og tidligere arbeid

Informasjon om lokal vannbalanse og avrenning er av både samfunnsøkonomisk- og privat interesse. I Norge er vannressursene viktige, og en optimal utnyttelse av vannet krever pålitelige hydrologiske prognoser i nåtid og fremtid. Hvordan vannet påvirker et område, fremtidige klimascenarier og dets konsekvenser for området er avgjørende informasjon for store deler av samfunnet. Eksempler på dette er energiproduksjon, vannforsyning til husholdning og industri, jordbruk, design av infrastruktur, akvatiske økosystem og rekreasjon. For å beregne hvordan vannmengder og tilgjengelige vannressurser varierer i tid og rom trenger man en grunnleggende forståelse av hydrologiske prosesser som styres av været og egenskaper ved landoverflaten som vegetasjon, jordsmonn og geologi. Ofte har man begrenset informasjon om vær og klima, samt hydrologiske egenskaper. En hydrologisk modell gir en forenklet beskrivelse av de komplekse hydrologiske prosessene.

Det essensielle med en hydrologisk modell er at den produserer utdata eller en serie av utdata, som respons fra inngangsvariabler eller en serie av inngangsvariabler (Dingman 2002). Dette betyr at den informasjonen vi får fra en hydrologisk modell, avhenger av pålitelige inngangsvariabler. Temperatur og nedbør er sentrale inngangsvariabler til hydrologiske modeller. Disse variablene observeres ved målestasjoner som ofte ligger spredt. Ønsker man lokale verdier eller arealverdier for nedbør og temperatur trenger man en modell for interpolering. Robust beskrivelse av samvariasjon mellom temperatur og nedbør og deres gradienter er god informasjon for interpolering. Parametrisering, nedbørssimulatorer og nedskalering er andre metoder hvor en god beskrivelse av overflatevariablene er verdifull. Et velkjent eksempel på samvariasjonen mellom temperatur og nedbør ser vi i Sør-Norge, hvor den norsk-svenske fjellkjeden strekker seg fra Agder i Sør til Finnmark i nord (Nordryggen) og skiller Øst- og Vest Norge. Fjellkjeden bremser og løfter de fuktige vestavindene som sendes innover kontinentet fra Sør. Når luften løftes opp synker luftpakkens temperatur, noe som gjør at dens evne til å holde på fuktighet avtar. Fuktigheten slippes som nedbør, og gir økt nedbør over Vest-Norge mens Østsiden blir liggende i le og preges av et tørrere klima. Den vertikale temperaturgradienten oppfører seg ulikt for våte og tørre områder. Når det faller nedbør frigis termisk energi i form av varme. Dette gjør at man kan

forvente en brattere vertikal temperaturgradient i Østlandsområdet som medfører et tørrere klima, sammenlignet med områdene Vest for Nordryggen hvor det faller mer nedbør.

I standard oppsett av hydrologiske modeller i Norge brukes høydegradienter som er konstante i tid (Sælthun 1996, Mohr 2008, Mohr 2009). Normalt øker nedbøren med høyden, mens temperaturen avtar med høyden. Trenberth og Shea (2005) undersøkte den globale sammenhengen mellom temperatur og nedbør, og viste at temperaturen alltid bør inkluderes for analyse av nedbør og på samme måte bør nedbør inkluderes ved analyse av temperatur. Tidligere studier har vist at høydegradient for temperatur og nedbør varierer temporalt og lokalt (Førland 1979, Tveito og Førland 1999, Tveito 2002). Førland (1979) undersøker nedbørens høydeavhengighet for Vestlandet, Sørlandet og Oslofjorden. Studiet undersøker hvor mye nedbøren varierer med høyden, og korrelasjonen mellom nedbør, høyde og avstand til kyst.

Norge er et langstrakt land med varierende topografi, dette gir store variasjoner i overflateklima både romlig og temporalt. Nedbøren har spesielt store variasjoner lokalt, og er derfor vanskelig å interpolere. For å undersøke samvariasjoner mellom temperatur og nedbør, deles Norge inn i regioner med homogene nedbørmønstre. Huth (2002) bruker prinsippal komponent analyser (PCA) som et verktøy for regionalisering av tidsserier med daglig temperatur i Sentral-Europa. Hanssen-Bauer og Nordli (1998) brukte en kombinasjon av prinsippalkomponentanalyse og klyngeanalyse til å definere seks homogene temperaturregioner i Norge. Lin og Chen (2006) bruker Selv- Organiserende kart (SOM) til å identifisere homogene regioner for nedbør i Taiwan.

Historiske tidsserier gir informasjon om overflatevariablenes grader, og ved å bruke midlere verdier av temperatur og nedbør finner man gjennomsnittet av overflatevariablene for ulike synoptiske situasjoner¹ over et gitt tidsrom. Trykkfordelingen i atmosfæren er i stadig endring og gir ulikt scenario for lokalt overflateklima, det er derfor nyttig å skille mellom ulike trykksituasjoner når man interpolerer klimavariablene (Bissolli and Müller-Westermeier 2005). Atmosfæretrykket endrer seg kontinuerlig, ved å finne trykkmønstre som gjentar seg over tid er det mulig å finne en forbindelse mellom trykkmønstre og lokalt overflateklima. Klassifisering av atmosfæriske sirkulasjoner har en lang historie innenfor synoptisk meteorologi, hvor det er utviklet en rekke metoder som best mulig kan differensiere og gruppere atmosfæriske trykksituasjoner.

¹ Synoptisk situasjon er værobservasjon for et område.

Huth et al. (2008) presenterer målet med klassifisering innen synoptisk klimatologi, samt dens historie. Han deler sirkulasjonstypeklassifiseringer inn i subjektive, hybride og objektive metoder. De objektive metodene er mest vanlig, typene blir definert ved korrelasjonsbaserte analyser, gruppeanalyse, PCA og nevrale nettverk. Huth et al. (2008) poengterer at det bør være fokus på å redusere antall klassifiseringsmetoder fremfor å produsere nye. Nettopp dette har vært bakgrunn for studiet "Harmonisation and Application of Weather Types Classifications for European Regions" (COST733). Arbeidet har redusert antall klassifiseringsmetoder, samt fokusert på å finne de beste metodene for ulike regioner i Europa. Resultatet er 73 sirkulasjonstypeklassifiseringer, som klassifiserer ulike trykktilstander i atmosfæren. Philipp et al. (2010) presenterer alle 73 CTC fra COST733. Det er gjort en rekke studier av hvilke storskala sirkulasjonstypeklassifiseringer som best kan beskrive lokalt overflateklima. Tveito (2010) evaluerer hvor bra COST733s CTCer beskriver nedbørs mønsteret i Norge, dette er undersøkt for fire målestasjoner plassert i ulike nedbørsregioner i Norge. Han konkluderer at de samme undersøkelsene bør gjøres hvor flere målestasjoner inkluderes. Schiemann og Frei (2010) evaluerer hvor bra COST733s klassifiseringer kan beskrive nedbøren i alpine regioner. Beck og Philipp (2010) evaluerer hvor bra COST733s sirkulasjonstypeklassifiseringer skiller mellom trykksituasjoner og overflateklima i Europa. Huth (2010) evaluerer hvor bra COST733s CTCer representerer daglige maksimums og minimumstemperaturer i Europa. Fleig et al. (2011) finner hvor bra en sirkulasjonstypeklassifisering kan forklare regional tørke i Nord- Vest Europa.

Værtypeklassifisering er en metode som beskriver meteorologiske overflatevariabler (for eksempel temperatur og nedbør) istedenfor atmosfærisk sirkulasjoner. Hybride klassifiseringsmetoder er typeklassifiseringer hvor en kombinasjon av storskala atmosfæriske sirkulasjoner og overflatevariabler nyttes for å definere typer. Lawrence et al. (2014) bruker nedbør og geopotensiell høyde for å definere en hybrid typeklassifisering for Norge.

1.2 Mål

Hovedmålet med denne oppgaven er å undersøke sammenhenger mellom temperatur og nedbør, samt om bruk av typeklassifiseringer gir god beskrivelse av sammenhenger og gode beskrivelse av nedbørs- og temperaturgradienter.

Oppgaven har følgende delmål:

- Etablere homogene nedbørsregioner i Norge.
- Undersøke regionale høydegradienter og samvariasjoner mellom temperatur og nedbør.
- Utforske hvilke værtype- og/eller sirkulasjonstypeklassifisering som forklarer best variasjon i nedbør og temperatur og deres høydegradienter.
- Utforske om klassifiseringene kan bidra til å beskrive sammenhenger mellom nedbør og temperatur.

1.3 Løsning

Homogene nedbørsregioner er etablert, hvor vertikale temeperatur- og nedbørsgradienter beregnes innenfor hver region. Gradientene beregnes for år, sesong og måneder. Innenfor hver region undersøkes samvariasjonen mellom temperatur og nedbør ved å teste om det er en korrelasjon mellom temperatur og nedbør innenfor hver måned, samt undersøke om det er en forskjell i temperatur og vertikal temperaturgradinet for våte og tørre dager.

Det velges ut en sirkulasjonstypeklassifisering (CTC), en værtypeklassifisering (WTC) og en hybrid typeklassifisering. Disse evalueres ved å undersøke hvilke som representerer regionale temperatur- og nedbørsvariasjoner best. Ved å gruppere temperatur og nedbør, undersøkes det om typeklassifiseringene gir en god beskrivelse av samvariasjonen mellom temperatur og nedbør, samt vertikale temperatur- og nedbørsgradienter.

2 Teori

2.1 Temperatur og nedbør

Den grunnleggende globale energibalansen er balansen mellom solstrålingen som kommer inn i atmosfæren og varmetstrålingen fra jorda som sendes tilbake til verdensrommet. Midlet over året vil mer solinnstråling absorberes ved ekvator enn ved polene. Atmosfæren og havet transporterer energi fra ekvator mot polene for å utligne denne forskjellen. Temperaturforskjellen på landoverflaten varierer mellom årstidene på grunn av jordaksens varierende helning (Hartmann 1994). Temperaturforskjellen er størst om vinteren, trykkforskjeller og atmosfæriske sirkulasjoner er derfor sterkest om vinteren. Lokalt varierer temperaturen med høyden, da luften blir mest oppvarmet nær bakken, og avtar gradvis med høyden.

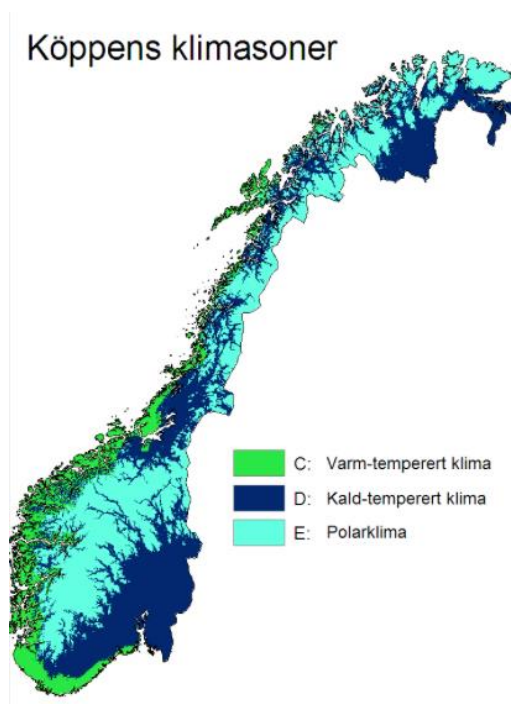
Nedbør oppstår i en fire- stegs prosess: i) Luften avkjøles til duggpunktet², ii) kondensasjon av partikler, iii) partiklene vokser til dråper, iv) tilførsel av vanndamp for å opprettholde prosessen (Dingman 2002). En luftpakke blir oftest overmettet på fukt på grunn av avkjøling, denne avkjølingen oppstår som regel når en luftpakke treffer kaldere landoverflater eller ved orografisk løft. Når nedbøren slippes frigis det energi i form av varme, og luftpakken rundt får tilført denne energien.

Temperaturen avtar med høyden, en tørr luftpakke avkjøles med $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ og fuktig luft avkjøles med $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ på grunn av latent varme som frigis når det slippes nedbør (Dingman 2002). Når temperaturen synker, slippes mer nedbør. Nedbøren har en positiv høydegradient og er gitt som millimeter endring per hundre meter [$\text{mm}/100\text{m}$]. Hvordan temperatur og nedbør påvirker hverandre varierer regionalt og temporalt.

² Duggpunktet til en luftpakke er temperaturen luften må nedkjøles til for at vanndamp skal kondensere til vann.

2.2 Hydrologi og klima i Norge

Norge er et langstrakt land med store topografiske variasjoner, dette gir store variasjoner i overflateklimaet innenlands. Norges geografiske beliggenhet gjør at det mottas varm og fuktig luft fra sørvest, den atmosfæriske sirkulasjonen er sterkest om vinteren da det er størst forskjell i overflatetemperatur ved ekvator og nordligere breddegrader. Köppens klimaklassifisering er en vanlig måte å dele jorda inn i klimasoner, figuren viser de ulike klimasonene i Norge basert på temperatur- og nedbørnormaler.



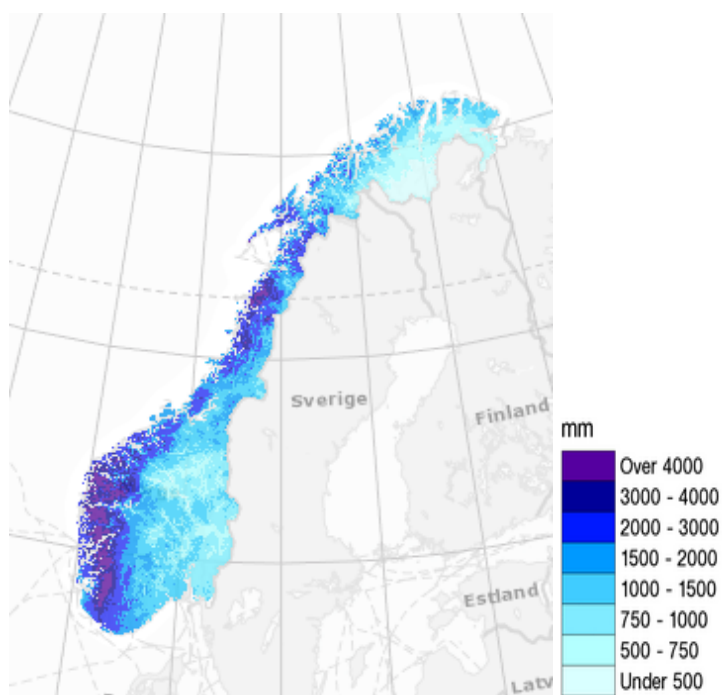
Figur 1 Köppens klimasoner for temperatur i Norge (metlex.met.no 2010).

Köppens klimasoner har fem ulike soner, hvor tre av disse eksisterer i Norge:

- C: Varm temperert klima. Temperaturen i årets kaldeste måned er mellom +18 og -3°C. Nedbørsmengden ligger over grensene for tørt klima.
- D: Kaldtemperert klima. Temperaturen i årets kaldeste måned er under -3°C, i den varmeste måneden over +10°C.
- E: Polarklima. Middeltemperatur under +10°C i årets varmeste måned.

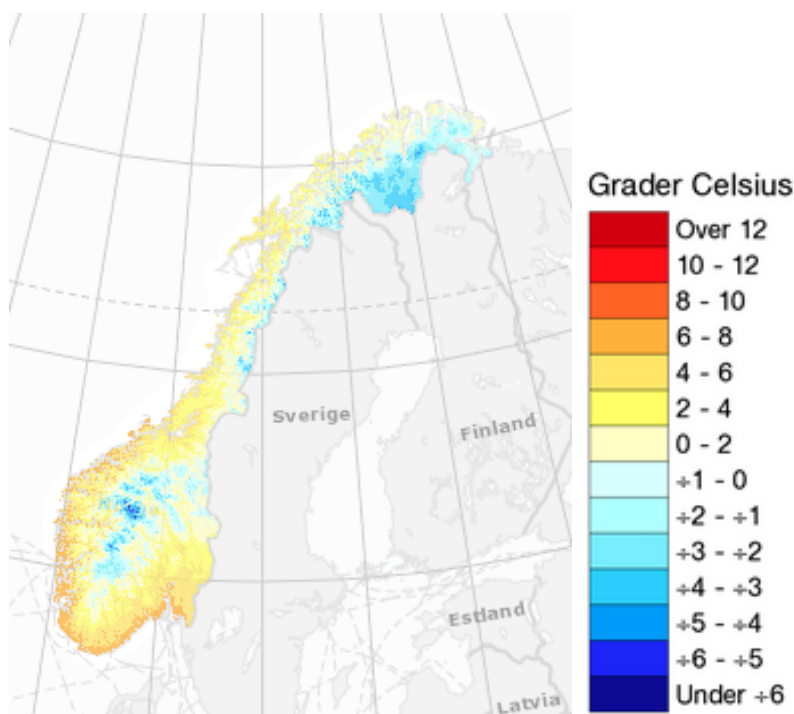
(metlex.met.no 2010).

Vest- og Sørkysten preges av varmt og vått klima (Figur 2 og Figur3). Dette kan ses i sammenheng med luft- og havstrømmene som føres opp langs kysten fra varmere områder i sør. Når de varme, fuktige vestavindene treffer land avkjøles de, og nedbør slippes. Norddryggen gir et løft av luftmassene, og en ytterligere avkjøling og nedbørøkning inntreffer. Områdene lenger bort fra kysten har lavest temperatur og minst nedbør. Beveger man seg fra vest til øst, går man fra et varm-temperert klima, til polarklima og et kald-temperert klima helt øst. Figur 2 og Figur 3 gir en oversikt over normal årstemperatur- og nedbør for Norge.



Figur 2 Normal nedbørsum for året (1971-2000) (senorge.no 2014).

Figuren viser hvordan nedbøren har sitt maksimum langs sørveskysten, og avtar gradvis mot Øst og Nord.



Figur 3 er Normal middeltemperatur for året (1971-2000) (senorge.no 2014).

Fra Figur 3 ser vi at temperaturen viser samme mønster som Köppens klimaklassifisering, hvor de kaldeste områdene er innenlands på Sørlandet og i Finnmark. De varmeste områdene ligger langs Vest- og Sørkysten.

2.3 Selv-Organiserende kart (SOM)

SOM er en måte å representere flerdimensjonale datasett på en enkel, todimensjonal måte (Kohonen 1982). Algoritmen gjør ingen antagelser om fordelingen til datasettet, og kan behandle store datasett (Wehrens og Buydens 2007).

SOM ble introdusert til meteorologi og klimaforskning på slutten av 1990 tallet, hvor den ble brukt til å samle data og gjenkjenne mønster (e.g. nedbørsmønster). SOM har vist seg å være et svært nyttig verktøy innenfor områder som synoptisk klimatologi, analyser av ekstremvær og klimaendringer. Havnivåtrykk, geopotensiell høyde ved forskjellige trykknivå, lufttemperatur, fuktighet, nedbør, fordampning, snø og havis er eksempel på meteorologiske data som blir analysert ved bruk av SOM (Liu og Weisber 2011). Hewitson og Crane (2002) bruker SOM til å

klassifisere havnivåtrykk i Nordøst USA, og relatere dette til daglig lokal nedbør. Cavazos (2000) brukte SOM til å klassifiseres trykkmønster og relaterer dette til temperatur og høye vindhastigheter i Barrow, Alaska.

Måten SOM ordner dataene på sammenlignes med hvordan hjernen vår fungerer. Strukturen til SOM består av et lag med inngangsvariabler og et utdatalag (også kalt kohonen lag).

Inngangsvariabler er vektorer med informasjon, dette kan for eksempel være tidsserier med nedbør. X er her en vektor med inndata, med M elementer.

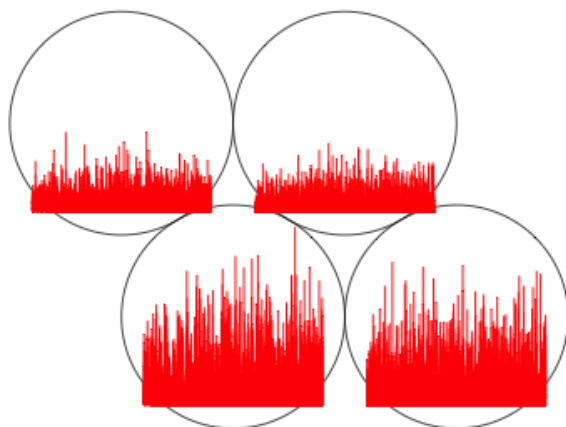
$$X = [x_1, \dots, x_M]$$

Laget med utdata består av N noder som må defineres på forhånd:

$$U_j = [u_1, \dots, u_N]$$

En referansevektor binder hver vektor med inngangsvariabler til hver node:

$$W_{ij} \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N$$



Figur 4 Eksempel på kohonen laget, hvor hver vektor med inndata har blitt plassert innunder en node.

SOM rutinen kan deles inn i to deler:

- Bestem antall noder for kohonen laget, og definerer de vektete parameterne som kobler hver vektor med inngangsvariabler til hver node.
- Treningsprosessen til SOM:

Før treningsprosessen starter, normaliseres hver vektor med inngangsvariabel for å unngå at noen blir tilskrevet større vekt enn andre.

Hver inngangsvariabel vektor blir presentert for hver av nodene, og tilskrives den vektoren som den har minst avstand til. Euclidian avstand blir ofte brukt for å finne avstanden mellom referansevektoren (W_j) og vektor med inngangsvariabel (X):

$$d_j = \|X - W_j\| = \sqrt{\sum_{i=1}^M (x_i - w_{ij})^2} \quad (1)$$

Noder i utdatalaget som er naboer ligner mer på hverandre enn noder som er separert med flere noder. Teori og ligninger er hentet fra Lin og Chen (2006).

2.4 Lineær regresjon

Formålet med en regresjonsanalyse er å bestemme sammenhengen mellom to eller flere variabler, slik at man kan finne informasjonen om en variabel ved å kjenne verdien til en annen.

Enkel lineær regresjonsmodell finner den lineære sammenhengen mellom en avhengig variabel (Y) gjennom en uavhengig variabel (X). Minste kvadraters metode finner den linjen hvor summen av kvadratet av den vertikale avstanden fra linjen til punkter er så liten som mulig (Moore et al. 2012).

Y kan relateres til X ved ligningen (Devore og Berk 2007).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2)$$

- β_0 Skjæringspunktet til regresjonslinjen
- β_1 Stigningstallet til regresjonslinjen
- x Uavhengig variabel,
- ε Feil ledd

I forbindelse med den lineære modellen, antas det at feilleddet er:

- Normalfordelt
- Gjennomsnittsverdi lik null
- Konstant varians σ^2 for hver verdi
- Statistisk avhengige

(Vittinghoff et al. 2005)

2.5 Varians, standardavvik og standardfeil

Formlene er hentet fra Moore et al. (2012).

Variansen er gjennomsnittet til kvadratet av datapunktene spredning rundt gjennomsnittet.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

Standardavviket er roten til variansen, definert som spredningen av verdier i et datasett:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Standardfeilen er et mål på usikkerheten i en estimert parameterverdi.

$$SE_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

2.6 Konfidensintervall og signifikans

Ligninger og teori er hentet fra Moore et al. (2012).

Et konfidensintervall gir et mål på hvor nøyaktig et estimat er, og hvor sikker man er på at dette er riktig. For eksempel sier et 95% konfidensintervall at det er 95% sikkert at et utfall ligger mellom øvre og nedre grense av konfidensintervallet, eller 5% sannsynlighet for at en verdi faller utenfor øvre eller nedre grense. 5% kalles signifikansnivået, dersom et utfall ligger i dette området vil dette resultatet avvike signifikant fra forventningen.

Konfidensintervallet kan skrives:

$$\bar{x} - c \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + c \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

\bar{x}

Gjennomsnitt

c Verdi fra t-fordelingstabellen

s Standardavvik

n populasjonens størrelse

2.7 T- test for to grupper

En hypotese er et utsagn om en parameter, en populasjon eller flere populasjoner. Det settes opp en nullhypotese og en alternativhypotese. En signifikans test er ment som en test hvor man bruker resultatet fra datasettet til å avgjøre om man holder med nullhypotesen (H_0), eller den alternative hypotesen (H_a). Som regel sier H_0 at det ikke finnes en forskjell, mens H_a sier at det er en betydelig forskjell (Moore et al. 2012).

Hypoteser:

H_0 : Gjennomsnittet til de to testgruppene er like

H_a : Gjennomsnittet til de to testgruppene er ulikt

H_0 forkaster for høye verdier for test statistikken:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

(7)

(Moore et al. 2012)

p-verdien er et mål på statistisk signifikans, p-verdien får man fra t-fordelingen. Antall frihetsgrader er den laveste verdien av n_1-1 og n_2-1 .

Høy $|t|$ verdi gir en lav p-verdi. For $p < 0.05$ forkastes null hypotesen, det vil si at gjennomsnittet til de to gruppene er signifikant forskjellige.

2.8 Korrelasjon

Formler i dette kapitlet er hentet fra Devore og Berk (2007).

Korrelasjon måler retningen og styrken på den lineære sammenhengen mellom to kvantitative variabler. Korrelasjonen, r , mellom x og y er gitt som:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}} \sqrt{S_{yy}}} \quad (8)$$

r korrelasjonskoeffisienten

x_i element i for vektor x

y_i element i for vektor y

\bar{x} middelværdien til x variabelen

\bar{y} middelværdien til y variabelen

s_{xx} standardavviket til x variabelen

s_{yy} standardavviket til y variabelen

s_{xy} Kovariansen mellom x og y

Korrelasjonskoeffisienten, r , tar verdier mellom -1 og 1 . Verdier nær null indikerer en svak

Korrelasjon mellom x og y variablene. Verdier nær 1 indikerer at verdiene ligger svært nær en rett linje. r tar en negativ verdi for negativ korrelasjon, og positiv verdi for positiv korrelasjon mellom x og y .

t -testen undersøker om det er en signifikant korrelasjon mellom x og y . Hypoteser som testes:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_A : \rho \neq 0$$

Test statistikken som testes:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (9)$$

En p verdi basert på $n - 2$ frihetsgrader kan hentes ut fra t- fordelingstabellen. Dersom $p < 0.05$ forkastes nullhypotesen og det er en signifikant korrelasjon mellom x og y .

2.9 ANOVA

ANOVA er et alternativ til t- test statistikken, hvor det undersøkes om gjennomsnittet til flere grupper er signifikant forskjellige. Formlene og deres utledning kan finnes i (Devore and Berk 2007).

Antagelser til ANOVA:

- Normalfordelt datasett
- Gruppene er uavhengige
- Variansen til datasettet er lik

Hypoteser som testes:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_N$, N er antall grupper

H_a : ikke alle μ_n er like

ANOVA er en metode som tester om forskjellen i gjennomsnittet til flere populasjoner er signifikant forskjellig fra hverandre, eller om forskjellen er tilfeldig. Analysen er en utvidelse av Z/t testen som testet om gjennomsnittet til to grupper er signifikant forskjellig. Det skilles mellom en- og to faktor ANOVA analyse. Ved enfaktoranalyse er det bare én måte å klassifisere dataene på, ved tofaktors analyse har man flere faktorer som virker inn på dataene.

For å vurdere om flere populasjoner har samme gjennomsnitt, sammenlignes variasjonen av gjennomsnittet mellom gruppene, med variasjoner innad i gruppen (Moore et al. 2012). Ved valg av CTC er det ønskelig å finne den klassifiseringen som har størst mulig variasjon mellom typene, og minst mulig variasjon innad for hver type.

Gjennomsnitt og standardavvik for hver av gruppene gitt som:

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^j X_{ij}}{j} \quad (10)$$

j: gruppe nummer

i: antall observasjoner i gruppe j.

Gjennomsnittet til totalt antall observasjoner:

$$\bar{X}_{..} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^j X_{ij}}{IJ} \quad (11)$$

Variansen til hver gruppe er gitt som:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^j (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{j-1} \quad (12)$$

Ved sammenligning av gruppenes gjennomsnitt, settes det opp en null hypotese og en alternativhypotese:

H_0 : Gruppene har samme gjennomsnittsverdi.

H_a : Gruppene har ulik gjennomsnittsverdi.

For å finne dette må man beregne kvadratavviket mellom gruppens gjennomsnitt og total gjennomsnitt (SST_T)

$$SST_r = J \sum (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2 \quad (13)$$

Kvadratavviket mellom hver måling, X , og gruppe:

$$SSE = \sum \sum (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \quad (14)$$

Gjennomsnittet til SSTr:

$$MST_r = \frac{SST_r}{(I-1)}$$

Gjennomsnittet til SSE:

$$MSE = \frac{SSE}{I(J-1)} \quad (15)$$

Vi har at $E(MSE) = \alpha^2$ og om H_0 er sann har vi at $E(MST_r) = \alpha^2$.

For å teste nullhypotesen brukes en F-test, gitt som forholdet mellom MSTr og MSE. F kan altså ses på som forholdet mellom variansen innad i hver gruppe og variansen mellom gruppene. F-testen er robust for avvikelser fra normalfordelingen (Vittinghoff et al. 2005).

En høy F-verdi gir en lav p-verdi og indikerer at null hypotesen kan forkastes og gjennomsnittet til gruppene er forskjellig fra hverandre. p-verdien til testen gir sannsynligheten for at F blir større enn den som er kalkulert for gruppene. Har F en lav verdi, er p høy og sannsynligheten for at gruppene har samme gjennomsnittsverdi er høy sammenlignet med en høyere F-verdi. F følger F-fordelingen. Dersom nullhypotesen forkastes vet man at minst én av gruppene er signifikant

forskjellig fra de andre. Testen sier ikke noe om hvilken eller hvor mange av gruppene som skiller fra hverandre.

2.10 Kruskal-Wallis (K-W)

Dette er en ikke-parametrisk test, som kan brukes som alternativ for ANOVA, for å teste om gruppenes gjennomsnitt er signifikant forskjellige. Testen sammenligner alle gruppene, hvor den baserer seg på at gruppene kan ha ulikt gjennomsnitt, men at fordelingsfunksjonene for hver type har samme form (Vittinghoff et al. 2005).

Datasettene til hver gruppe rangeres, hvor den minste verdien får rang 1. Verdien til hver rang blir kalkulert for hver gruppe, og teststatistikken, H , kalkuleres.

K-W teststatistikk (Devore og Berk 2007):

$$K = \frac{12}{N(N+1)} \sum J_i \left(\bar{R}_i - \frac{N+1}{2} \right)^2 \quad (16)$$

I totalt antall grupper

N totalt antall observasjoner i datasettet

J_i antall observasjoner i gruppe i

\bar{R}_i middelveidien av rangen for alle observasjonene for gruppe i

K er tilnærmet chi-kvadrat fordelt, med $I-1$ frihetsgrader.

Hypoteser Kruskal-Wallis tester:

H_0 : Alle gruppene har samme gjennomsnitt

H_a : Gruppene har ulikt gjennomsnitt

H_0 forkastes for signifikansnivå, α , dersom K er større enn $\chi^2_{(1-\alpha, I-1)}$.

Dersom nullhypotesen forkastes vet man at minst én av gruppene er signifikant forskjellig fra de andre. Testen sier ikke noe om hvilken eller hvor mange av gruppene som skiller fra hverandre.

2.11 Entropi

Entropi er en del av informasjonsteori i statistikk og gir et mål på usikkerheten tilknyttet et utfall (Shannon 1948). Utledning og formler er hentet fra fra MacKay (2003). Shannons informasjon innhold (heretter referert til som entropi) til et utfall x er gitt som:

$$h(x) = \log_2 \frac{1}{P(x)} \quad (17)$$

- Marginal entropi til en mengde X er $H(X)$. Høy marginal entropi betyr at det er stor usikkerhet rundt hvilken gruppe X vil falle innunder.

$$H(X) = \sum_{x \in X} P(x) \log \frac{1}{P(x)} \quad (18)$$

H er entropien til en mengde sannsynligheter p , dersom x er en mulig variabel er $H(x)$ dens entropi.

X er utfallsrommet

x er et mulig utfall

$P(x)$ er sannsynligheten for at et gitt utfall inntreffer.

- Betinget entropi sier hvor mye informasjon som trengs for å beskrive en variabel Y , gitt at man har verdiene til en annen variabel X .

$$H(X|Y) = \sum_{y \in Y} P(x,y) \log \frac{1}{P(x|y)} \quad (19)$$

- Felles entropi (Joint entropy), $H(X,Y)$, sier noe om hvor mye informasjon man har om både X og Y.

$$H(X,Y) = \sum_{x,y \in XY} P(x,y) \log \frac{1}{P(x,y)} \quad (20)$$

Når man ser på to variabler, er det ønskelig med høyest mulig felles entropi. På den måten kan man få mye informasjon fra en variabel, ut fra informasjon om den andre variabelen.

- Gjensidig informasjon (Mutual Information) er informasjon som sier hvor mye informasjon x og y deler. To hendelsers gjensidige informasjon er gitt som:

$$I(X,Y) = \sum_{x,y} P(x,y) \log \frac{P(x,y)}{P(x)P(y)} \quad (21)$$

For to uavhengige tidsserier, er innbyrdes informasjon lik null.

- Normalisert variasjon av informasjon (D)

Entropiavstanden for to tilfeldige variabler kan bli definert som forskjellen mellom de to variablenes felles informasjon og innbyrdes informasjon. Det er ønskelig at denne skal være så liten som mulig.

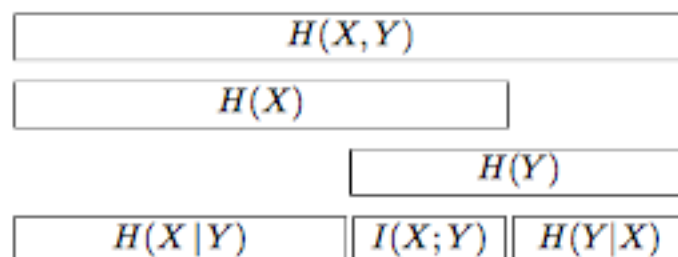
$$d(x,y) = H(x,y) - I(x,y) = H(x) + H(y) - 2I(x,y) \quad (22)$$

For å få en normalisert matrise:

$$D(x,y) = \frac{d(x,y)}{H(x,y)} \quad (23)$$

Jo mindre $D(X,Y)$, jo mer informasjon kan man få fra den ene variabelen ut fra kunnskap om den andre. En liten $D(X,Y)$ betyr at felles informasjonen er høy, og at forskjellen mellom total informasjon og innbyrdes informasjon er liten.

Figur 5 viser hvordan totalentropi $h(x)$ kan brytes ned.



Figur 5 er hentet fra MacKay (2003). Figuren viser sammenhengen mellom total entropi, $H(X,Y)$, utfallsrommet til X og Y ($H(X)$ og $H(Y)$), innbyrdes informasjon ($I(X;Y)$), betinget entropi ($H(X|Y)$, $H(Y|X)$).

Figuren viser sammenhengen mellom marginal entropi, betinget entropi og felles entropi. Sammenhengen mellom disse kan også beskrives ved formelen

$$H(X,Y) = H(X) + H(Y|X) = H(Y) + H(X|Y) \quad (24)$$

Formelen viser til at usikkerheten til X og Y er lik summen av usikkerheten til X og usikkerheten til Y gitt X.

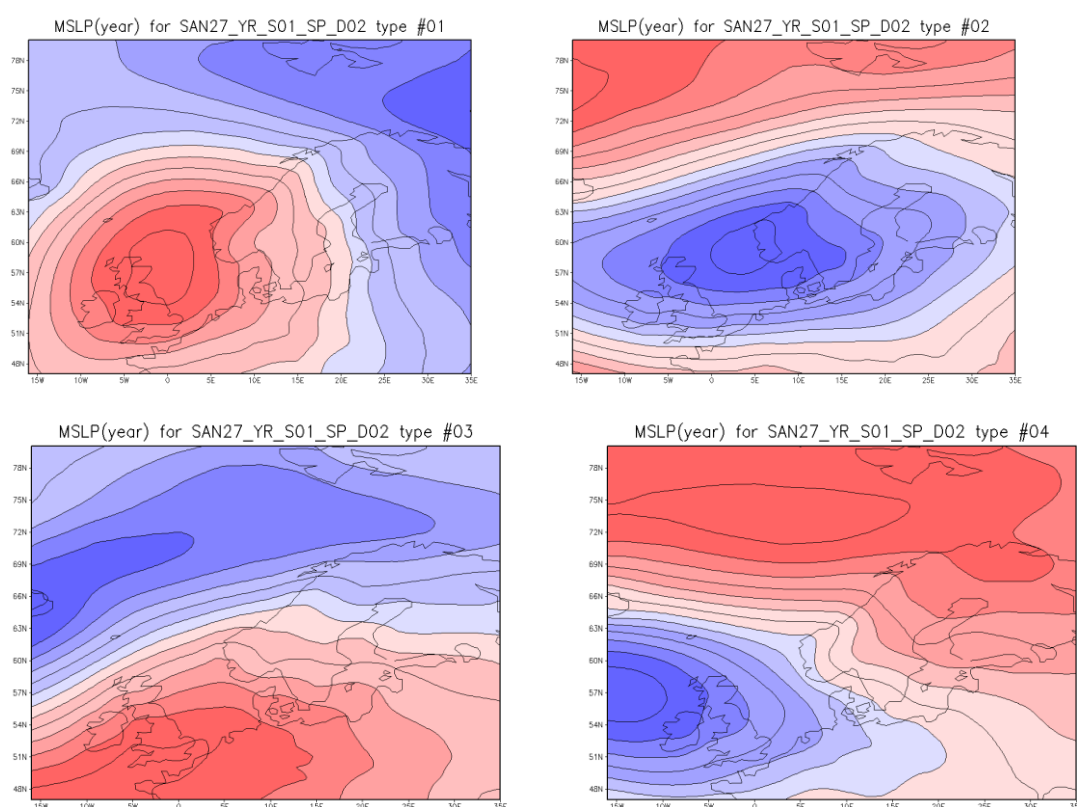
2.12 Typeklassifiseringer

Innen klassifisering skiller man mellom værtype- sirkulasjonstype- og hybride klassifiseringer. Værtypeklassifiseringene klassifiserer overflatevariablene i et område (for eksempel temperatur eller nedbør), sirkulasjonstypeklassifiseringene klassifiserer atmosfæriske trykkmønstre (for eksempel midlere havnivåtrykk) og hybridklassifiseringer bruker en kombinasjon av overflatevariabler og atmosfæretrykk til å definere typene.

2.12.1 Sirkulasjonstypeklassifiseringer (CTC)

Sirkulasjonstypeklassifiseringer bruker ulike parameter til å gruppere atmosfæriske tilstander. De fleste vanlige parameterne er midlere havnivåtrykk, geopotensiell høyde og sonale/meridionale vindkomponenter (Philipp et al. 2010). Majoriteten av sirkulasjonstype klassifiseringer bruker havnivåtrykk og/eller geopotensiell høyde i lavere midlere troposfære (opp til 500 hPa) (Huth et al. 2008).

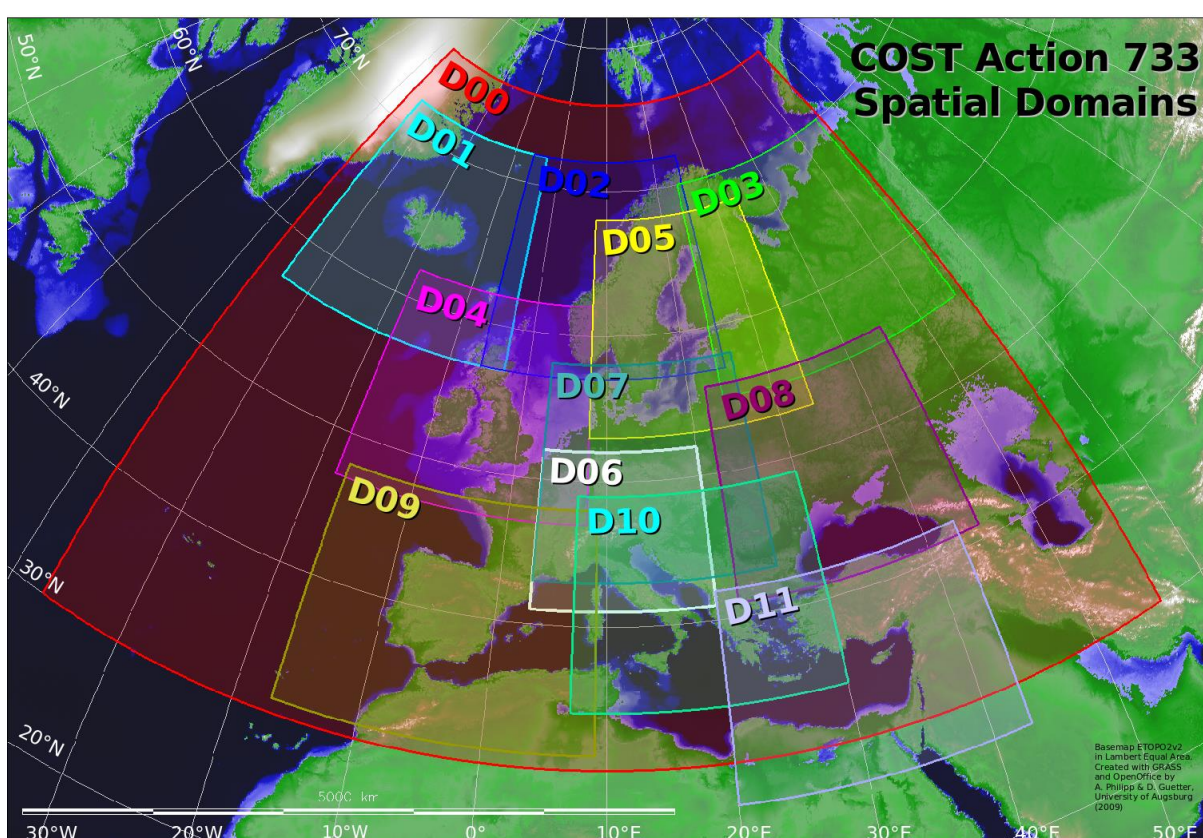
Figur 6 viser et eksempel på fire ulike trykksituasjoner for midlere havnivåtrykk, dette er de fire første sirkulasjonstypene til SANDRASC_27.



Figur 6 Trykksituasjoner for domene 02, for de fire typer til SANDRASC_27. Blå farge er lavtrykk, rød farge er høytrykk. Mørkere farge indikerer sterkere trykk (cost733.geo.uni-augsburg.de 2014).

Sirkulasjonstypeklassifiseringene kan deles inn i subjektive (manuelle) og objektive metoder. De subjektive metodene har typer som er subjektivt definert, og hvert tilfelle blir også subjektivt tilskrevet en gitt type. Objektive typeklassifiseringer nytter numeriske metoder både til å definere

typer og tilskrive tilfeller. Philipp et al. (2010) evaluerer sirkulasjonstypeklassifiseringene fra COST733. Han grupperer dem etter metodene: subjektive, terskelbaserte metoder (THR), Prinsipal Komponenter (PCA), Ledenede algoritmer (LDR) og Optimeringsmetoder (OPT). Kombinasjonen av flere ulike klassifiseringsmetoder, flere ulike parametere for klassifisering og at det er store forskjeller for geografisk lokalisasjon gjør at det i dag er svært mange ulike CTCer. COST733s har gjort et arbeid med å redusere antall CTCer, dette har resultert i 73 ulike CTCer som kan anvendes for ulike domener i Europa. Figur 7 viser romlige domener til COST Action 733.



Figur 7 Domenene som COST733 utarbeidet typeklassifiseringer for (cost733.geo.uni-augsburg.de 2014).

2.12.2 Hybrid typeklassifiseringer

Hybride typeklassifiseringer bruker en kombinasjon av meteorologiske overflatevariabler (for eksempel temperatur og nedbør) i kombinasjon med synoptiske variabler (for eksempel havnivåtrykk) til å definere typer.

2.12.3 Værtypeklassifiseringer

Værtypeklassifiseringer grupperer meteorologiske overflatevariabler, som for eksempel temperatur og nedbør.

2.13 Spredningsplott (scatterplot)

Spredningsplott viser formen, retningen og en idé om sammenhengen mellom to kvantitative variabler (Moore et al. 2012). Verdiene er plassert på horisontal og vertikal akse. Dette gir et bilde på sammenhengen mellom de to variablene, sammenhengen er sterk dersom punktene ligger nærme en rett linje. Det gir også en indikasjon om det er en positiv eller negativ sammenheng.

Korrelasjon er et kvantitativt mål på den lineære sammenhengen mellom to variabler.

3 Metode

3.1 Selv- Organiserende kart (SOM)

Selv Organiserende Kart (SOM) er forklart i kapittel 2.3 og har to funksjoner i denne oppgaven:

- *Definerer homogene nedbørsregioner* ved å gruppere målestasjoner med lignende nedbørsmønster. De samme regionene overføres til temperaturstasjonene (kapittel 3.1.1).
- Definere nedbørstyper i Norge ved å gruppere dager med lignende nedbørsmønster (kapittel 3.1.2).

3.1.1 SOM regional

1. delmål: "Definere homogene nedbørsregioner i Norge"

Norge er et langstrakt land med svært varierende topografi, dette gir store variasjoner i klimaet innenlands. For å gjøre beregninger for temperatur og nedbør, samt finne en samvariasjon mellom overflatevariablene blir det nødvendig å dele Norge inn i mindre, homogene regioner.

Selv-Organiserende kart (SOM) er brukt til å gruppere nedbørsstasjoner med lignende daglig nedbørsvariasjon i Norge (SOM regional).

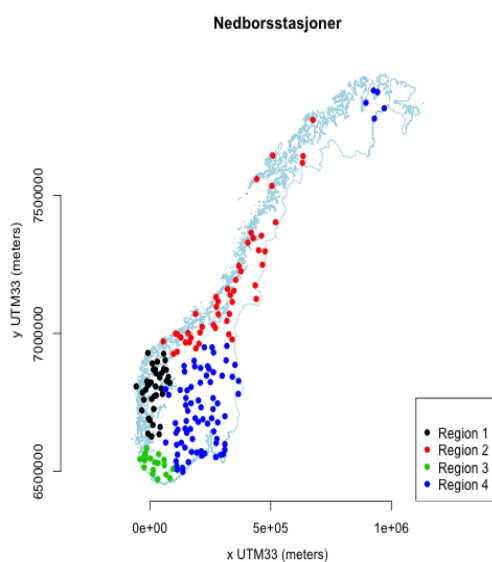
SOM rutinen ser slik ut:

- Definerer et grid med fire noder, hver node er koblet opp til hver målestasjoner med vekter (w_i).
- Hver målestasjon presenteres for hver node fem hundre ganger.
- 178 målestasjoner fordeles på fire grupper, etter lignende nedbørsmønster.

Det er alltid et kvadratisk grid som nyttes, antall noder (regioner) blir derfor 2^2 , 3^2 , 4^2 og så videre.

Det er valgt fire noder, da ni regioner ville resultere i for få målestasjoner innad i hver region (Lepiouflé et al. Under arbeid). Det er anbefalt at antall iterasjoner skal være minst fem hundre ganger antall noder i kohonenlaget (Kohonen 2001). Beregningene ble gjort ved hjelp av script utviklet av Jean-Marie Lepiouflé.

Figur 8 viser regionsinndelingen av nedbørsstasjonene, region Vest og Sør representerer kystklima, region Øst og Midt har både kystnære- og innenlandsstasjoner.



Figur 8 Regionsinndeling av målestasjoner for nedbør ved bruk av SOM regionale (kapittel X)

3.1.2 SOM temporal

Selv-Organiserende kart (SOM) er brukt til å gruppere lignende nedbørsmønstre. Her ble hver dag med målinger for hver målestasjon presentert for hver node 500 ganger.

- Definerer et grid med 16 noder, hver node er koblet opp til hver målestasjon med vektor (w_i).
- Hver målestasjon presenteres for hver node fem hundre ganger.
- 178 målestasjoner fordeles på fire grupper, etter lignende nedbørsmønstre.

Det ble brukt 16 noder, hver node representerer et nedbørsmønster. Det er tilført en gruppe som inneholder de dagene som ikke ble tilskrevet noen av nodene, totalt 17 værtyper er tilskrevet SOM

temporal (Lepioufle et al under arbeid). Beregningene ble gjort ved hjelp av script utviklet av Jean-Marie Lepioufle.

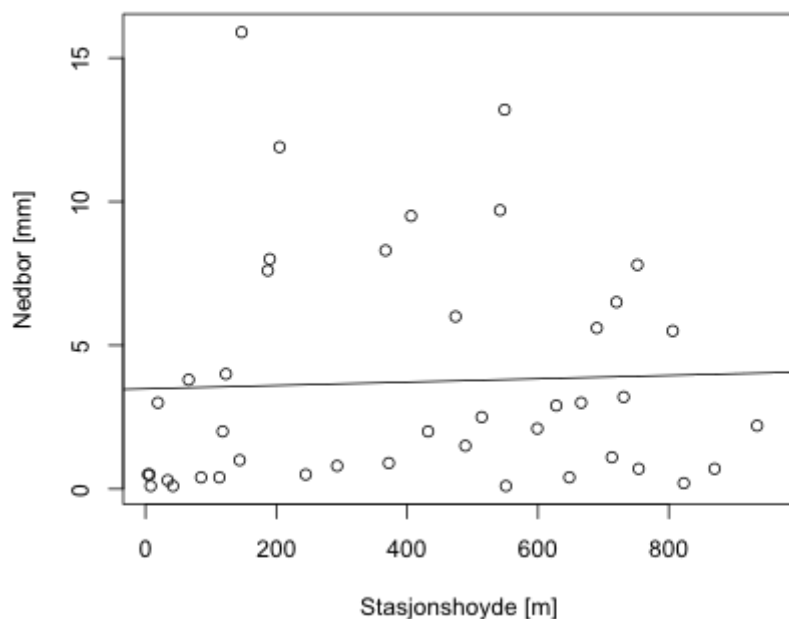
3.2 Samvariasjon mellom temperatur og nedbør

2. delmål: "Undersøke regionale samvariasjoner mellom temperatur og nedbør"

Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør undersøkes ved å beregne midlere årlige, sesongbaserte og månedlige vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for hver region. For hver region undersøkes det om det er en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør innenfor hver måned. I tillegg beregnes midlere månedlig temperatur- og vertikal temperaturgradient for våte og tørre dager, hvor det testes om det er en signifikant forskjell i temperatur/vertikal temperaturgradient for våte og tørre dager.

3.2.1 Høydegradienter, temperatur og nedbør.

Daglige høydegradienter beregnes ved å gjøre en lineær regresjon for temperatur/nedbørsverdier versus stasjonshøyde. For nedbøren vil kun dager hvor minst ti av stasjonene observerer nedbør over null millimeter brukes for lineær regresjon av nedbør versus stasjonshøyde. For temperaturen vil kun dager hvor minst ti av stasjonene har gjort en temperaturmåling brukes for lineær regresjon av temperatur versus stasjonshøyde. Midlere gradientverdier per måned, sommer, vinter og år beregnes ut fra daglige gradientverdier.



Figur 9 Målestasjonenes nedbørmåling versus stasjonshøyde, dag X.

For hver daglige gradientberegning, får man et standardavvik (formel 4). Når det beregnes midlere gradientverdier for måned eller sirkulasjons- eller værtype, ønsker man å finne standardfeilen til gjennomsnittet.

Standardfeilen for midlere månedlig høydegradient er beregnet med følgende formel:

$$S_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{n^2}} \quad (25)$$

i: Dag nummer i av totalt antall dager n

σ_i^2 : Varians for lineær regresjon dag i

n: totalt antall dager hvor det er gjort gradientberegning

Alle plott av midlere gradientverdier inkluderer et konfidensintervall, beregnet ved Formel 6 og Formel 25.

3.2.2 Korrelasjon mellom temperatur og nedbør

For hver måned innenfor hver region er det undersøkt om det er en korrelasjon mellom temperatur og nedbør, og om denne lineære avhengigheten er signifikant. Korrelasjon og t-testen som brukes for å undersøke om det er en signifikant korrelasjon mellom to variabler er forklart i kapittel 2.8.

Hypotesene som testes er:

H_0 : Det er ingen korrelasjon mellom temperatur og nedbør

H_A : Det er en korrelasjon mellom temperatur og nedbør.

Dersom p fra t-testen er mindre enn 0.05 forkastes nullhypotesen, og korrelasjonen mellom temperatur og nedbør er signifikant for et 95% konfidensintervall.

3.2.3 Temperatur og vertikale temperaturgradienter, våte og tørre dager.

Det er undersøkt hvilke måneder som har en signifikant forskjell i temperatur for dager med og uten nedbør. Tørre dager er dager som har nedbør lik eller mindre enn 0.1 mm, dager med nedbør er dager med nedbør over 0.1 mm. For hver måned defineres to vektorer:

- X_T er en vektor med daglig temperatur for tørre dager for en gitt måned.
- X_P er en vektor med daglige temperaturer for dager med nedbør for en gitt måned.

Kapittel 2.7 forklarer hvordan t-testen undersøker om det er en signifikant forskjell mellom to grupper. I dette tilfellet undersøker t-testen om det er en signifikant forskjell mellom temperatur for dager med og uten nedbør. Hypoteser som testes:

$$H_0 : \bar{X}_T = \bar{X}_P$$

$$H_A : \bar{X}_T \neq \bar{X}_P$$

t er beregnet ut fra ligning 7 og p verdien fås fra formelen $p(t)$ i R. Dersom $p < 0.05$ forkastes nullhypotesen og midlere temperatur for dager med nedbør er signifikant forskjellig fra midlere temperatur for tørre dager. Dette blir beregnet for hver måned og hver region. Det oppgis hvor mange måneder som har en signifikant forskjell mellom X_P og X_T .

Det er i tillegg undersøkt om temperaturen er lavere eller høyere for dager med nedbør i forhold til tørre dager. Dette er undersøkt ved å plote midlere månedlige temperatur- og nedbørsverdier, hvert plott viser konfidensintervallet, beregnet ved Formel (4) og Formel (6).

De samme beregningene er gjort for å undersøke om det er en signifikant forskjell mellom midlere vertikale temperaturgradienter for dager med/uten nedbør. Standardfeilen som brukes i t-testen er beregnet ved Formel (25). Konfidensintervallet til månedlige vertikale temperaturgradienter er beregnet ved Formel (6) og Formel (25).

3.3 Valg av CTC fra COST733

”2. delmål: Undersøke hvilke av COST733s CTCer som representerer regional temperatur/nedbør og storskala nedbørsmønster”

73 sirkulasjonstypeklassifiseringer (CTC) fra COST733s databaser blir evaluert. Det undersøkes hvor bra hver CTC stratifiserer regional temperatur- og nedbør. For nedbøren er det to krav for en CTC: (i) skille mellom våte og tørre dager, ii) estimere nedbørsmengden på nedbørsdager (Tveito 2010). Kapittel 3.3.1 forklarer hvordan CTCens evne til å skille mellom våte og tørre dager undersøkes, kapittel 3.3.2 forklarer hvordan CTCens evne til å estimere nedbørsmengden på dager med nedbør undersøkes.

I tillegg blir det undersøkt hvilken CTC som representerer nedbørsmønsteret i Norge best (kapittel 3.3.3).

3.3.1 Representerer regional temperatur og nedbør

Tidsseriene med temperatur- og nedbørsmålinger [01.01.71-31.12.11] sammenlignes med tidsseriene med sirkulasjonstypeklassifiseringer [01.09.57-31.8.02]. De statistiske analysene er derfor gjort for tidsrommet 01.01.71 til 31.08.02. For nedbøren inkluderes bare dager med nedbør forskjellig fra null.

Det er ønskelig at en typeklassifisering skal ha størst mulig variasjon mellom typene, og minst mulig variasjon innad for hver type (Huth et al. 2008). Målet er å finne den CTC fra COST733 som grupperer daglige temperatur/nedbørsmålinger på en slik måte at det er størst mulig variasjon mellom typene og minst mulig variasjon innenfor hver type. K-W (kapittel 2.10) er brukt som statistisk analyse for å velge ut den CTC som representerer regional temperatur/nedbørsmengden best. En- faktors ANOVA (kapittel 2.9) er tatt med som en ekstra statistisk test, dersom de to testene får samme resultat bygger ANOVA opp under resultatet til K-W. Dersom de to testene får ulikt resultat, prefereres resultatet fra K-W.

3.3.2 CTCens evne til å skille mellom våte og tørre dager

Dersom det er stor variasjon mellom typenes nedbørfrekvens er CTCens evne til å skille mellom våte og tørre dager god.

For å undersøke typeklassifiseringenes evne til å skille mellom våte og tørre dager, beregnes nedbørfrekvensen for hver type (typefrekvens) for alle typeklassifiseringene. Typefrekvensen plottes i histogram for å gi et visuelt bilde av variasjonen av nedbørfrekvensen mellom typene.

Det er ønskelig å velge den CTC som har stor variasjon mellom typenes nedbørfrekvens. Standardfeilen til typenes nedbørfrekvens er et mål på hvilken CTC som skiller best mellom våte og tørre dager. Tveito (2010) brukte standardavviket til typenes nedbørfrekvens for samme analyse av CTCer med ni typer.

3.3.3 Representerer storskala nedbørsmønstre i Norge

Gjensidig informasjon, $I(X,Y)$, brukes til å velge ut den CTC fra COST733 gir mest informasjon om nedbørsmønstret (formel 21) (Lepioufle et al. Under arbeid). Kapittel 2.11 forklarer at gjensidig informasjon er informasjon som sier hvor mye informasjon to tidsserier deler. SOM temporal har gruppert nedbørsmønstret i Norge inn i 17 ulike typer. I dette tilfellet blir det å finne hvor mye informasjon tidsserien til hver CTC fra COST733 gir om SOM temporal. Det betyr at den sirkulasjonstypeklassifiseringen som har høyest $I(X,Y)$, er den CTC fra COST733 som gir mest informasjon om nedbørsmønstret i Norge (SOM temporal).

Beregninger ble gjort ved hjelp av script utviklet av Jean-Marie Lepioufle.

3.4 Evaluering av typeklassifiseringer

En sirkulasjonstypeklassifisering, en værtypeklassifisering og en hybrid klassifisering brukes for videre evaluering. Det skal undersøkes *hvilke typeklassifiseringer som forklarer best variasjonen i nedbør og temperatur og deres høydegradienter*. Det skal også *undersøkes om klassifiseringene kan bidra til å beskrive sammenhenger mellom nedbør og temperatur*.

Flere av beregningene er gjort for sommer (april til september) og vinter (oktober til mars).

3.4.1 Representere regional temperatur, nedbør og høydegradienter

I kapittel 3.3.1 ble K-W og ANOVA brukt som mål på hvilke CTCer fra COST733 som representerte regional temperatur og nedbør best. I tillegg ble nedbørfrekvensen til hver type til typeklassifiseringene beregnet (kapittel 3.3.2). De samme statistiske metodene brukes for å evaluere hvor bra hver av de tre typeklassifiseringene representerer regional temperatur og nedbør.

Midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter er beregnet for hver type for hver typeklassifisering. Konfidensintervallet til hver type er beregnet ved Formel (6) og Formel (25).

3.4.2 Samvariasjon mellom temperatur og nedbør

Det er blitt undersøkt om typeklassifiseringene kan fange opp en samvariasjon mellom temperatur og nedbøren for hver region. Dette kan variere mellom sesonger, derfor er alle beregninger gjort for hele året, sommer og vinter. Følgende beregninger er gjort for å *undersøke om typeklassifiseringene beskriver en samvariasjon mellom temperatur og nedbør*:

For hver type til typeklassifiseringen undersøkes det om det er en *signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør*. Fremgangsmåten er den samme som i kapittel 3.2.2, typer for typeklassifiseringene brukes i stedet for måneder.

Følgende hypoteser testes for hver type:

H_0 : Det er ingen korrelasjon mellom temperatur og nedbør

H_a : Det er en korrelasjon mellom temperatur og nedbør

Beregningene er gjort i R, med kommando: `cor.test(x,y)`.

Antall typer hvor det er en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør er oppgitt i egen tabell.

Midlere temperatur og nedbør er beregnet for hver type, disse er plottet i et spredningsplott for å undersøke om det er en korrelasjon mellom midlere typeverdier for temperatur og nedbør. t-testen er brukt for å undersøke om det er en signifikant korrelasjon mellom midlere typeverdier for temperatur og nedbør.

Det er undersøkt om typeklassifiseringen kan vise en *endring i temperatur for våte og tørre dager*. For hver type beregnes midlere temperatur for våte og tørre dager, og plottes i samme vindu for et visuelt bilde av en eventuell forskjell. X er en vektor med temperatur for tørre dager, Y er en vektor med temperatur for våte dager.

p-verdien fra t-testen er et mål på om det er en signifikant forskjell mellom temperatur for dager med og dager uten nedbør. Følgende hypoteser blir satt opp:

$$H_0: \bar{X} = \bar{Y}$$

$$H_a: \bar{X} \neq \bar{Y}$$

Dersom $p < 0.05$ forkastes nullhypotesen og det er en signifikant forskjell mellom X og Y.

De samme beregningene er gjort for vertikale temperaturgradienter: For å beregne korrelasjonen mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter innenfor hver type er standardfeilen er fra formel (25) brukt som standardfeil i Formel (8).

4 DATA

4.1 Meteorologiske data

Det er mottatt temperatur- og nedbørsserier fra meteorologisk institutt, Oslo. Dette er daglige temperatur- og nedbørsmålinger i perioden 1. September 1971 til 31. Desember 2011.

Målestasjoner for nedbør har komplette tidsserier for hver region, hvor det bare inkluderes nedbørsstasjoner med mer enn tretten år med data.

Informasjon om målestasjonene er hentet fra meteorologisk institutt sin hjemmeside (met.no). Målestasjonene til meteorologisk institutt skiller mellom værstasjoner med manuell betjening, hvor det er observatører som gjør observasjoner minst tre ganger i døgnet. Helautomatiske stasjoner registrerer lufttemperatur to meter over bakken hver time, inkludert minimums- og maksimumstemperatur innenfor foregående time, lufttemperatur, middelvindshastighet og retning ti meter over bakken, lufttrykk og nedbørsmengde. Disse stasjonene krever altså ikke at det er en observatør i området, men det kreves tilsyn og vedlikehold.

Antall målinger:

- Nedbørstasjonene måler en gang i døgnet, meldingen blir sendt i sanntid per sms eller ukentlige meldinger i posten.
- Værstasjonene måler to ganger i døgnet, kl 7 og 19.
- Automatstasjoner har timeverdier.
- Lufttemperatur måles 2 meter over bakken på vær- og automatstasjoner.

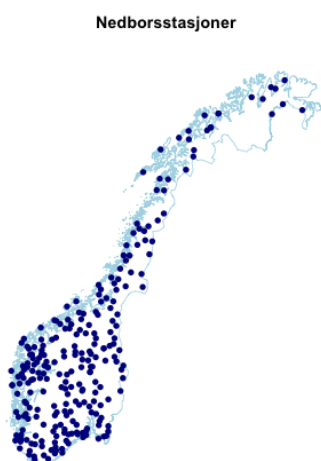
Dataene som benyttes er RR_NSD og RR_NUD, TAM_VM og TAM_VA. Informasjon om hva forkortelsene står for er mottatt fra meteorologisk institutt:

- RR står for nedbør og måles i millimeter. Nedbøren måles en gang i døgnet, klokken 0700. De fleste observatører sender meldinger i sanntid, noen sender ukentlige meldinger i posten.
 - Nedbørstasjon Sanntid Daglig (NSD) - manuelle observasjoner av nedbør og snø en gang per døgn.

- Nedbørstasjon Ukekort Daglig (NUD) - det blir gjort manuelle observasjoner av nedbør og snø en gang per døgn, hvor det gis ukentlig rapport.
- TAM i døgnlister viser til døgnmiddeltemperatur.
 - Automatisk Værstasjon (VA) - automatisk målte data, hvor det mottas 24 måleverdier per døgn.
 - Manuell værstasjon (VM) – Manuelt målt og observert 3-24 ganger per døgn.

De meteorologiske dataseriene som brukes for analyse kan være korrigerte eller ukorrigerte. I denne oppgaven nyttes rådata, det vil si ukorrigerte data.

Målestasjonene for temperatur og nedbør er fordelt over hele Norge.

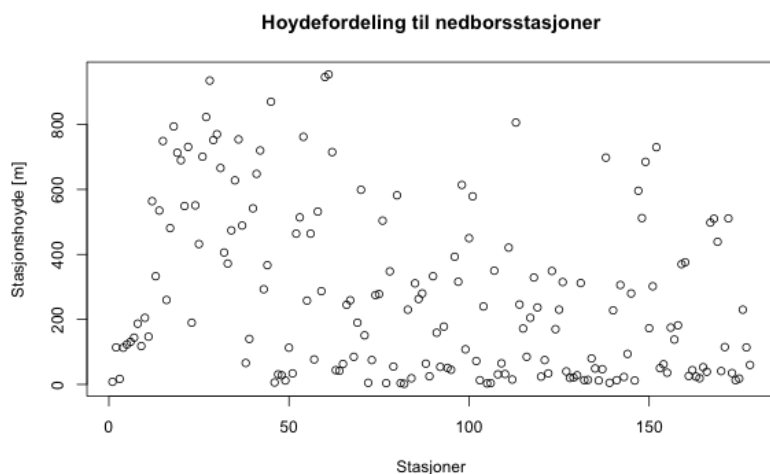


Figur 10 Målestasjoner for nedbør



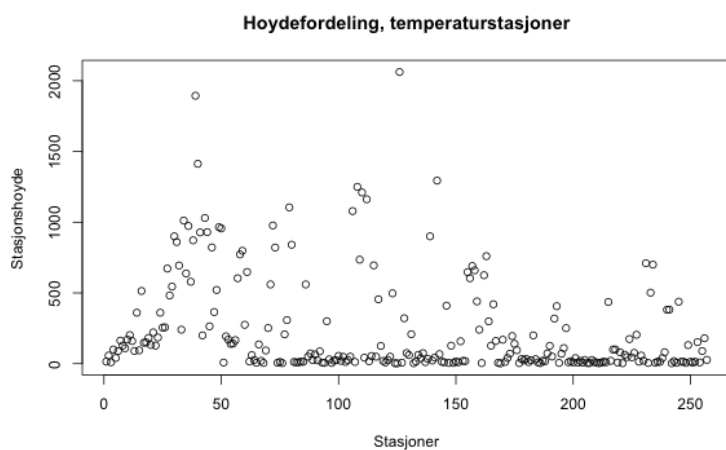
Figur 11 Målestasjoner for temperatur

Det er i alt 246 nedbørsstasjoner hvor maks stasjonshøyde er 954 meter og den lavest liggende stasjonen ligger på 2 meters høyde.



Figur 12 Viser høydefordelingen til alle målestasjoner for nedbør, stasjonshøyde [moh]

Det er i alt 293 målestasjoner for temperatur. Stasjonshøyden er noe mer varierende enn for nedbør, da den høyeste stasjonen ligger på 2062 meter og den laveste på 2 meter.



Figur 13 Høydefordelingen til målestasjonene for temperatur, stasjonshøyde [moh]

4.1.1 Feilkilder

Dingman (2002) nevner flere potensielle feilkilder ved nedbørsmålinger:

- Vind er en forstyrrende faktor for hvor mye nedbør som faller i bøtten, som fører til en underestimering av mengden nedbør.
- Stasjonsfeil.
- Feilavlesning gjort av observatøren.
- Feil bruk av måleutstyr, eller at noe av måleutstyret byttes ut.
- Temperaturvariasjoner kan ha en effekt på nedbørsmåleren
- Målestasjonen skifter lokalisasjon.
- Trær, bygninger eller andre konstruksjoner som står for nære målestasjonen vil ha en effekt på målt nedbør.

4.2 Program

R er en gratis programvare. Dette programmeringsspråket er spesielt egnet for statistiske beregninger av store datasett.

4.3 Typeklassifiseringer

4.3.1 Sirkulasjonstype klassifiseringer (CTC), COST733cat

73 ulike sirkulasjonstype klassifiseringer er hentet fra COST733cats database, disse CTCene er et resultat av COST733s arbeid med å evaluere og redusere antall sirkulasjonstype klassifiseringer. Hver CTC har en tidsserie fra 1.September 1957 til 31.August 2002, og er tilgjengelig for 12 ulike domener (Figur 7). I denne oppgaven CTCer for domene 02. De 73 ulike CTCer som er blitt testet er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Tabellen er hentet fra Philipp et al. (2010). Oversikt over sirkulasjonstypeklassifiseringene til COST733, sortert etter metode. Informasjonen til hver CTC er: Forkortelse (kolonne 2), antall typer (kolonne 3), parameter brukt til klassifisering (kolonne 4) (MSLP: Gjennomsnittlig havnivåtrykk, Z: geopotensiell høyde, U/V: sonal og meridionale vind komponenter), tilgjengelighet for alle 12 domene (se Figur 7) gitt som Y (yes) eller N (nei) (kolonne 5).

#	Abbreviation	Types	Parameters	Standard domains
<i>SUB (subjective methods)</i>				
1	HBCWL	29	not specified	N
2	HBCWT	10	not specified	N
3	OGWL	29	MSLP, Z500	N
4	OGWLSLP	29	MSLP	N
5	PECZELY	13	not specified	N
6	PERRET	40	not specified	N
7	ZAMG	43	not specified	N
<i>THR (threshold based methods)</i>				
8	GWT	18	MSLP	Y
9	GWTC10	10	MSLP	Y
10	GWTC18	18	MSLP	Y
11	GWTC26	26	MSLP	Y
12	LITADVE	9	MSLP	Y
13	LITTC	27	MSLP	Y
14	LITTC18	18	MSLP	Y
15	LWT2	26	MSLP	Y
16	LWT2C10	10	MSLP	Y
17	LWT2C18	18	MSLP	Y
18	WLKC09	9	U/V700	Y
19	WLKC18	18	U/V700, Z925	Y
20	WLKC28	28	U/V700, Z925/500	Y
21	WLKC733	40	U/V700, Z925/500, PW	Y
22	SCHUEPP	40	MSLP, Z500, U/VSFC/500	N
<i>PCA (PCA based methods)</i>				
23	TPCA07	7	MSLP	Y
24	TPCAC09	9	MSLP	Y
25	TPCAC18	18	MSLP	Y
26	TPCAC27	27	MSLP	Y
27	TPCAV	6–12	MSLP	Y
28	P27	27	Z500	Y
29	P27C08	8	MSLP	Y
30	P27C18	18	MSLP	Y
31	P27C27	27	MSLP	Y
32	PCAXTR	11–17	MSLP	Y
33	PCAXTRC09	9–10	MSLP	Y
34	PCAXTRC18	15–18	MSLP	Y
<i>LDR (methods based on leader algorithm)</i>				
35	LUND	10	MSLP	Y
36	LUNDC09	9	MSLP	Y
37	LUNDC18	18	MSLP	Y
38	LUNDC27	27	MSLP	Y
39	ESLPC09	9	MSLP	Y
40	ESLPC18	18	MSLP	Y
41	ESLPC27	27	MSLP	Y
42	EZ850C10	10	Z850	Y
43	EZ850C20	20	Z850	Y
44	EZ850C30	30	Z850	Y
45	KHC09	9	MSLP	Y
46	KHC18	18	MSLP	Y
47	KHC27	27	MSLP	Y

OPT (optimization methods)				
48	CKMEANSC09	9	MSLP	Y
49	CKMEANSC18	18	MSLP	Y
50	CKMEANSC27	27	MSLP	Y
51	PCACA	4-5	MSLP	Y
52	PCACAC09	9	MSLP	Y
53	PCACAC18	18	MSLP	Y
54	PCACAC27	27	MSLP	Y
55	PETISCO	25-38	MSLP, Z500	Y
56	PETISCO09	9	MSLP	Y
57	PETISCO18	18	MSLP	Y
58	PETISCO27	27	MSLP	Y
59	PCAXTRKM	11-17	MSLP	Y
60	PCAXTRKMC09	9-10	MSLP	Y
61	PCAXTRKMC18	15-18	MSLP	Y
62	SANDRA	18-23	MSLP	Y
63	SANDRAC09	9	MSLP	Y
64	SANDRAC18	18	MSLP	Y
65	SANDRAC27	27	MSLP	Y
66	SANDRAS	30	Z925, Z500	Y
67	SANDRASC09	9	MSLP	Y
68	SANDRASC18	18	MSLP	Y
69	SANDRASC27	27	MSLP	Y
70	NNW	9-30	Z500	Y
71	NNWC09	9	MSLP	Y
72	NNWC18	18	MSLP	Y
73	NNWC27	27	MSLP	Y

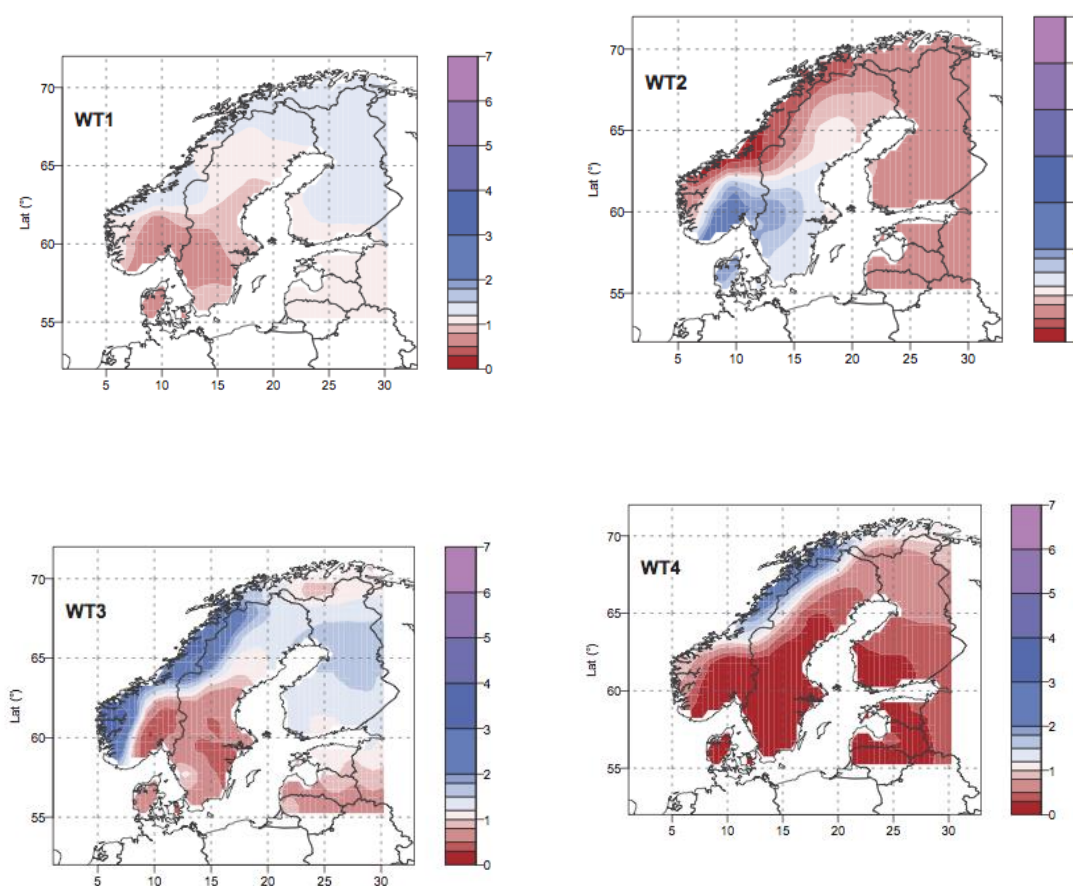
4.3.2 Hybrid klassifisering, WCTC

WCTC er en hybrid typeklassifisering, tidsserien dekker perioden 01. Januar 1948 til 30. Desember 2009.

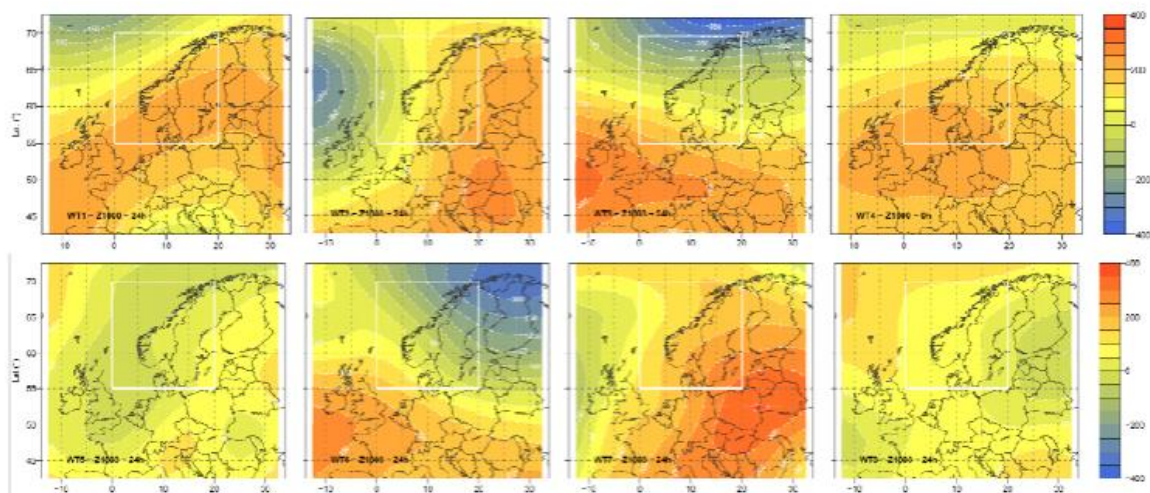
Forkortelsen WCTC står for ”Weather Circulation Type Classification”, som sier at klassifiseringen bruker en kombinasjon av lufttrykk (geopotensiell høyde) og nedbør som inngangsvariabler. WCTC ble utviklet som en del av arbeidet hvor man tester om flom estimeringsmetoden utviklet for Frankrike (SCHADEX) kan brukes for Norske nedbørsfelt. Målet var å finne en værtype klassifisering som representerer det regionale nedbørsmønstret i Norge, og er kompatibel med SCHADEX. Arbeidet var et samarbeidet mellom Lawrence, D. og Fleig, A. Ved Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), og Emmanuel Paquet ved Électricité de France.

WCTC er blitt utviklet ved å gruppere dagene etter romlig fordeling av nedbør. Av alle dagene ble det plukket ut de 20% som hadde høyest midlere nedbør. Nedbørsverdiene for hver dag ble normalisert med gjennomsnittlig nedbør for hele Norge denne dagen, dette var for å beholde den

romlige variasjonen og ikke nedbørmengden. Det ble brukt klyngeanalyse (cluster analysis) for å dele daglige nedbørsverdier inn i grupper med lignende nedbørmønster, hvor det ble valgt å bruke 7 klasser. En 8. Klasse ble tilført for å inkludere 10% av dagene med dagene med lavest gjennomsnittlig nedbør over Norge for å representere tørre dager. Den synoptiske situasjonen (geopotensiell høyde) ble deretter tilskrevet hver type. (Fleig et al. 2012). De to neste figurene viser nedbørmønsteret og trykkmønsteret for henholdsvis fire og åtte typer til WCTC.



Figur 14 Presenterer nedbørmønsteret for de fire første typene til WCTC (Fleig og Paquet 2012).



Figur 15 Midlere Z1000 felt klokken 2400 (meter over havet) for de åtte værtypene til WCTC (Fleig og Paquet 2012).

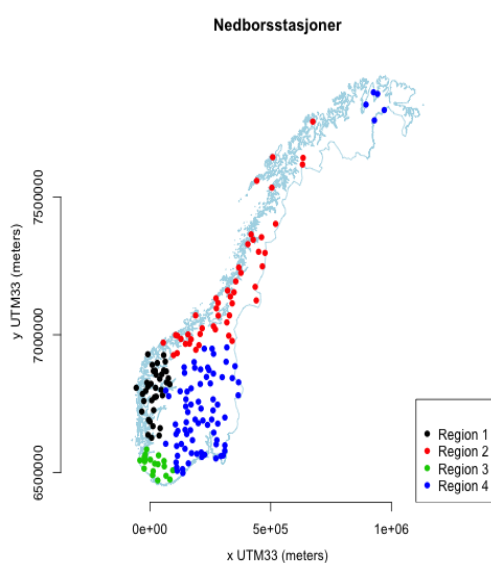
4.3.3 Værtpekklassifisering, SOM temporal

SOM temporal er en værtpekklassifisering, som har gruppert nedbørsmønsteret i Norge ved bruk av Selv- Organiserende Kart (kapittel 3.1.2) (Lepioufle, J.M. Under arbeid). SOM temporal har gruppert daglige målinger fra nedbørsseriene, tidsserien dekker derfor perioden 01. September 1971 til 31. Desember 2011.

5 RESULTAT

5.1 Regionsinndeling

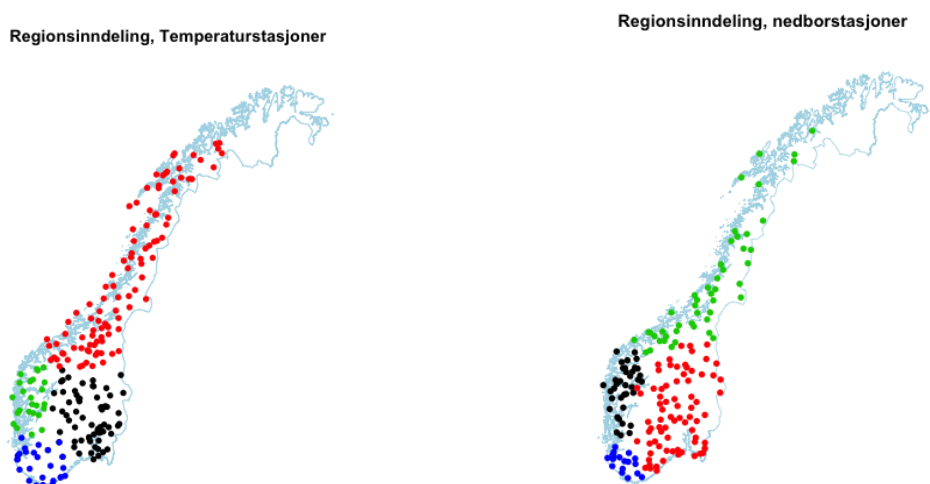
Figuren under viser resultatet for gruppering av nedbørsstasjonene ved bruk av SOM regional.



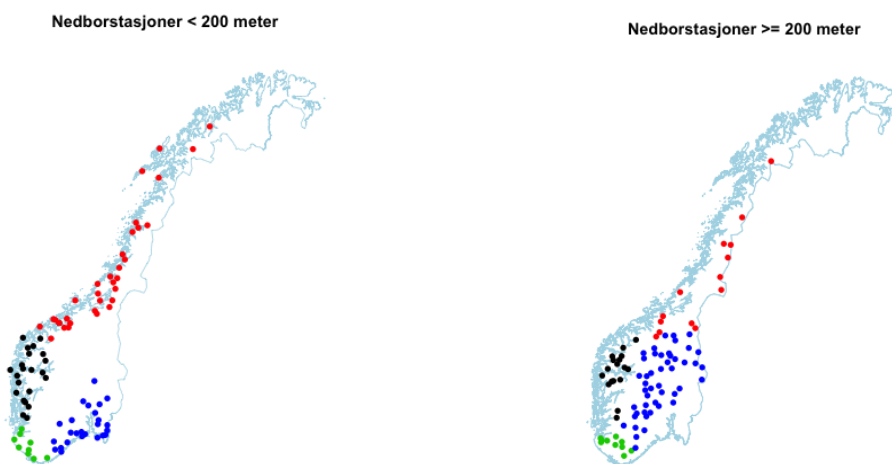
Figur 16 Gruppering av nedbørsstasjoner ved bruk av SOM regional (kapittel X). Region 1 (Vest), Region 2 (Midt), region 3 (Sør) og region 4 (Øst).

Figur 16 viser det første resultatet av regionsinndelingen med bruk av SOM regional.

Sammenlignes dette med Köppens klimasoner i Norge (Figur 1) ser vi at det er en region Øst blir en stor region som inneholder kaldtempererte regioner og polarklima regioner. Den har også fått med området i Finnmark med et kald temperert klima. Stasjonene i Finnmark har blitt lagt under samme gruppe som Øst Norge. Det er svært ulikt klima i Finnmark og Øst-Norge, de fem nordligste stasjonene er derfor blitt fjernet. Figur 17 viser derfor den endelige regionsinndelingen av målestasjonene for nedbør og temperatur. Geografisk plassering av temperaturstasjoner/nedbørstasjoner under (lavereliggende) og over (høyereliggende) to hundre meter er vist i Figur 18 og Figur 19.



Figur 17 Regionsinndeling for temperatur- og nedbørsstasjoner, etter at stasjonene i Finnmark er tatt bort.



Figur 18 Fordelingen av nedbørstasjoner som ligger over 200 moh (figur til høyre) og under 200 moh (figur til venstre). Den samme fordelingen gjelder for temperaturstasjoner under/over 200 moh.

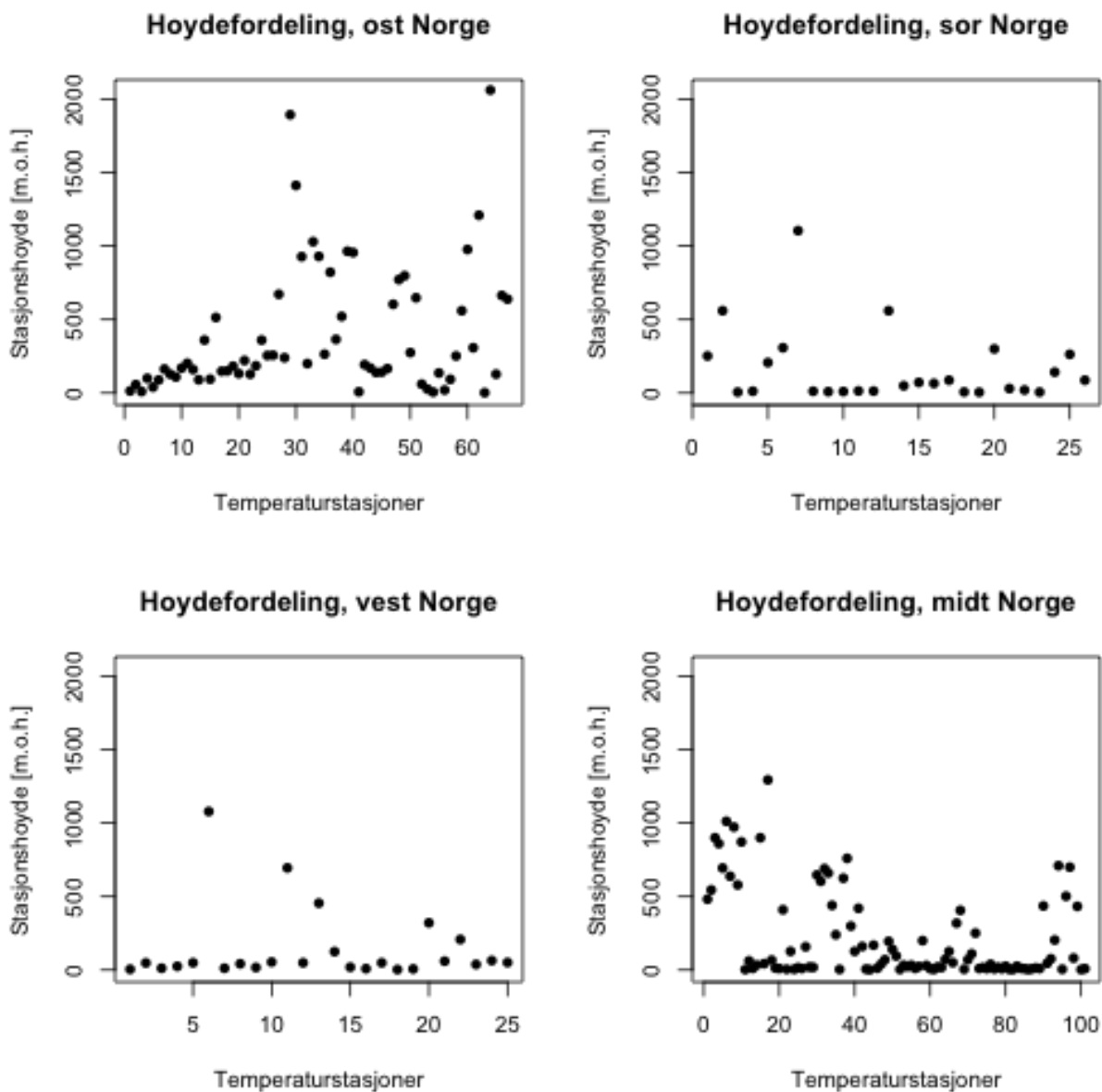
Lavereliggende målestasjoner ligger langs kysten hvor atmosfæriske sirkulasjoner har en stor innvirkning, mens høyere målestasjoner ligger innenlands med et mer alpint klima.

Etter å trukket bort de stasjonene som ligger i Nord Norge, samt at noen stasjoner faller bort når man deler inn i regioner står man igjen med 198 målestasjoner.

Regionene blir referert til som Sør, Øst, Vest og Midt i resten av oppgaven. Det er totalt 219 målestasjoner for temperatur, fordelt på Øst, Sør, Vest og Midt Norge. Henholdsvis 67, 26, 25 og 101 målestasjoner innenfor hver region, flere av målestasjonene for Sør- og Vest Norge inneholder korte tidsserier. Få temperaturstasjonen for temperatur har tidsserier som strekker seg fra 1971 til 2011. Spesielt målestasjonene i Sør har få målinger, hvor bare 13 av de 26 målestasjonene har komplette tidsserier. Resten av stasjonene har få målinger, helt ned i 85 dager. Disse stasjonene er allikevel beholdt, da det beregnes daglige høydegradienter midlet for hver måned. Vest-Norge har 25 målestasjoner for temperatur, hvor syv av disse har tidsserier som strekker seg fra 1971 til 2011. Antall målinger for de resterende stasjonene er alt fra 22 år til 7 år med daglige målinger. Få målestasjoner og lite data gir utslag når det beregnes høydegradienter for temperatur i disse områdene.

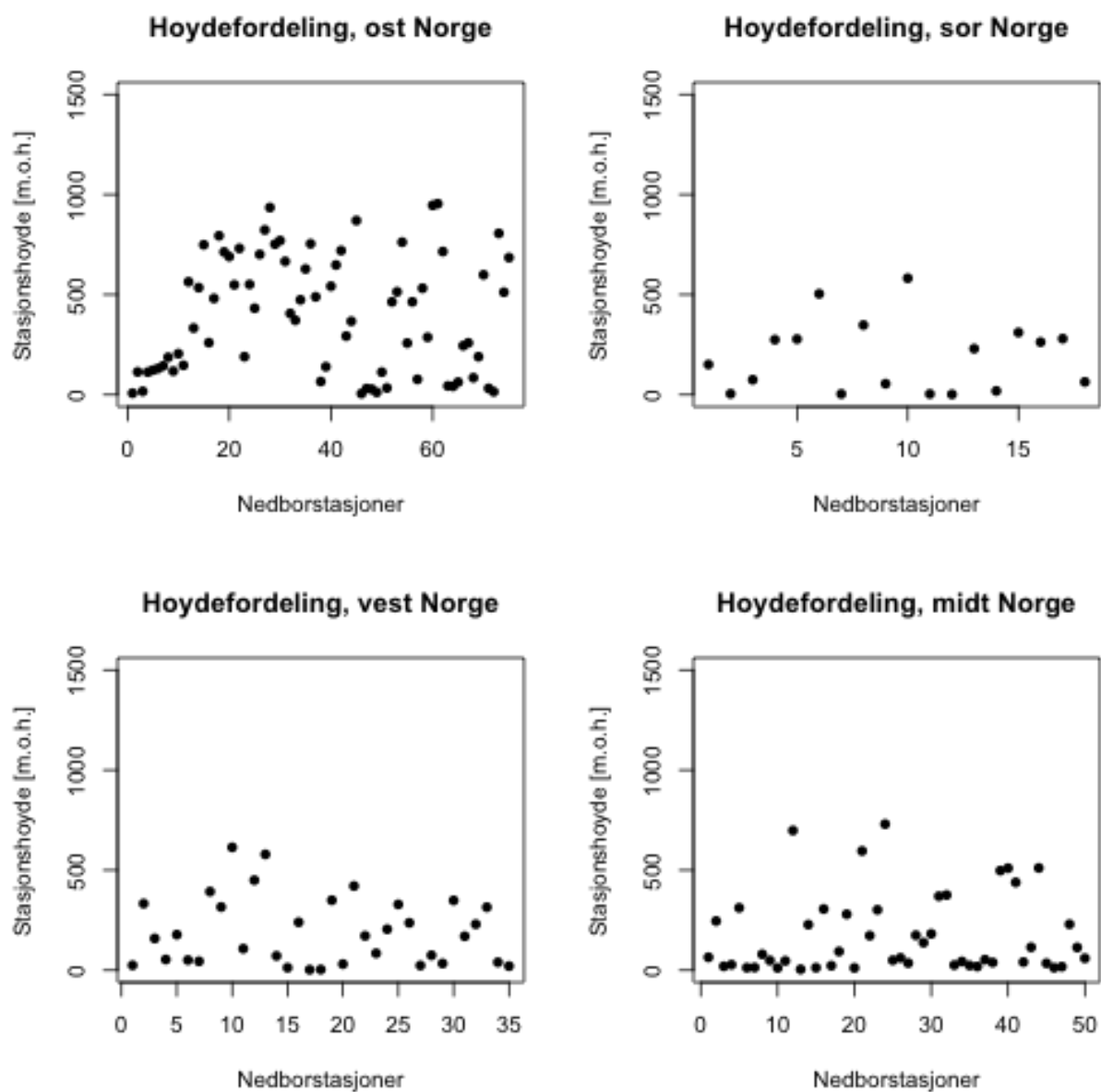
Det er totalt 178 nedbørstasjoner, fordelt på Øst, Sør, Vest og Midt Norge. Henholdsvis 74, 19, 35 og 50 målestasjoner. For nedbørsstasjonene er det bare inkludert målestasjoner som har mer enn tretten år med data. Målestasjonene for nedbør har lange tidsserier, hvor de aller fleste har komplette tidsserier fra 1971 til 2011.

Figur 19 og Figur 20 viser høydefordelingen til henholdsvis temperatur- og nedbørsstasjonene for hver region



Figur 19 Høydefordelingen til temperaturstasjonene for hver region: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

Flertallet av temperaturstasjonene ligger under fem hundre meter over havet, spesielt Sør- og Vest Norge har få målestasjoner over tre hundre meter over havet. Øst- og Midt Norge har regioner som strekker seg lenger innover landet, disse regionene har derfor flere høyereliggende målestasjoner.



Figur 20 Høydefordelingen til nedbørstasjonene for hver region: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

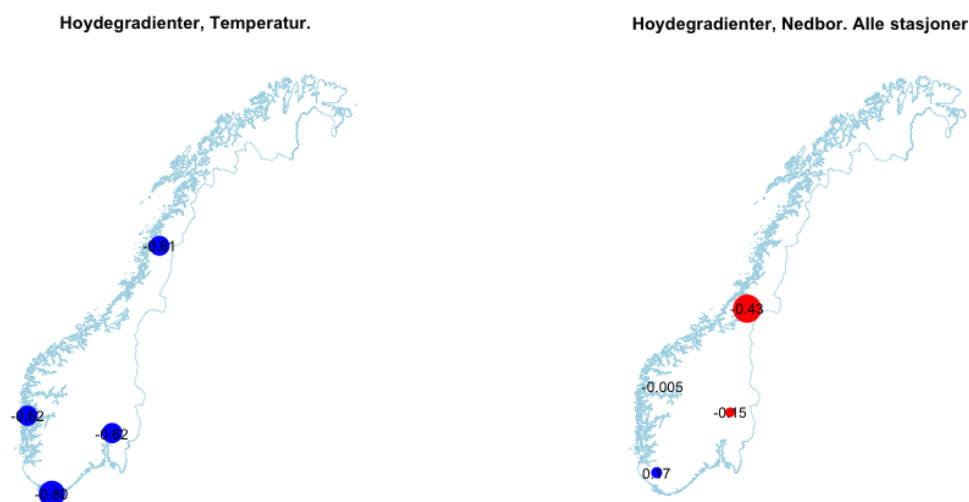
Nedbørstasjonene har bare stasjoner som ligger under 1000 meter over havet for Midt og Øst, men for regionene Sør og Vest ligger samtlige nedbørstasjoner under 600 meter over havet.

5.2 Høydegradienter

Beregning av høydegradienter er forklart i kapittel 3.2.1. Basert på målestasjonenes høydefordeling (Figur 19 og Figur 20) blir det beregnet høydegradienter for områder over og under 200 moh. Dette er diskutert ytterligere i kapittel 6.1.

5.2.1 Høydegradienter, sommer og vinter

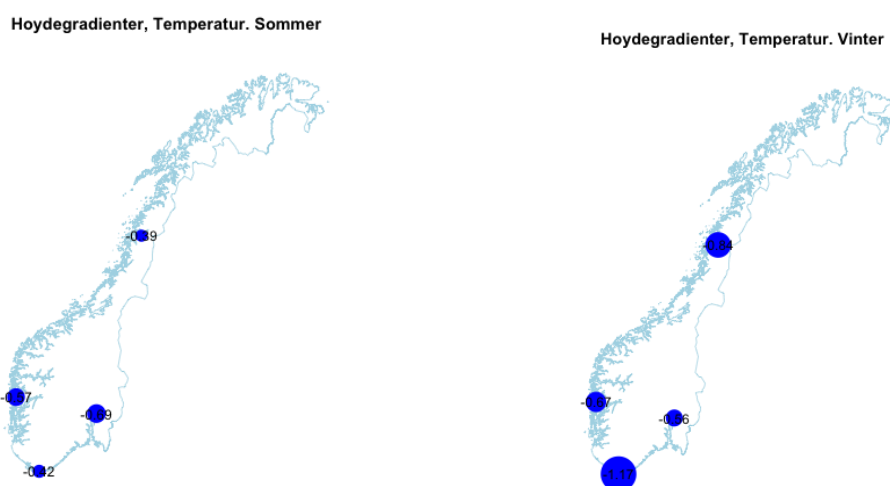
Figuren under viser årlig midlere årlige høydegradienter for temperatur og nedbør for hver region.



Figur 21 Midlere regionale høydegradienter for temperatur [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$] (til venstre) og nedbør [$\text{mm}/100\text{m}$] (til høyre). Blå farge illustrerer negativ høydegradient for temperatur og positiv høydegradient for nedbør. Rød farge illustrerer positiv høydegradient for temperatur, og negativ høydegradient for nedbør. Størrelsen på sirkelen symboliserer høydegradientens absoluttverdi.

Midlere årlig vertikale nedbørsgradient er negative for alle regioner, utenom i Sør hvor nedbøren øker med 0.07 mm per hundre meter. Temperaturgradienten er negativ for alle regioner, alle vertikale temperaturgradienter ligger mellom -0.6°C og $-0.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Midlere årlige høydegradienter har lignende verdi i Vest- og Øst Norge for temperatur og nedbør.

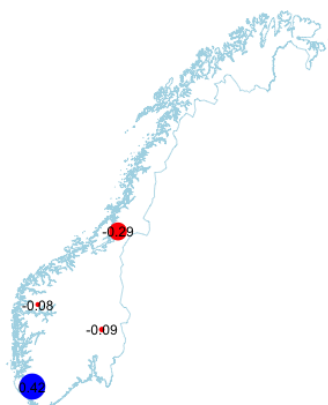
Figur 22 og Figur 23 viser midlere høydegradienter for sommer og vinter, henholdsvis for temperatur og nedbør.



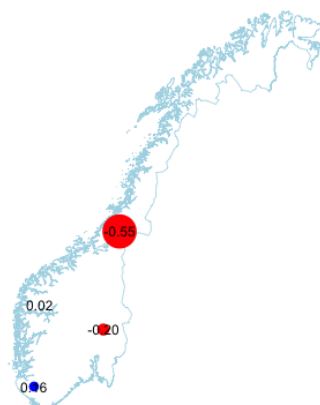
Figur 22 Midlere regionale høydegradienter for temperatur [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$], sommer (til venstre) og vinter (til høyre). Negative høydegradienter kjennetegnes med blå farge, positive høydegradienter kjennetegnes med rød farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til høydegradienten.

For alle regioner for hver sesong synker temperaturen med høyden. Midlere vertikale temperaturgradienter er lavest i Vest- og Øst Norge om sommeren, Sør- og Midt Norge har de laveste vertikale temperaturgradientene om vinteren. Vertikale temperaturgradienter har størst sesongforskjell i Midt- og Sør Norge.

Høydegradienter, Nedbor. Sommer. Alle stasjoner



Høydegradienter, Nedbor. Vinter. Alle stasjoner

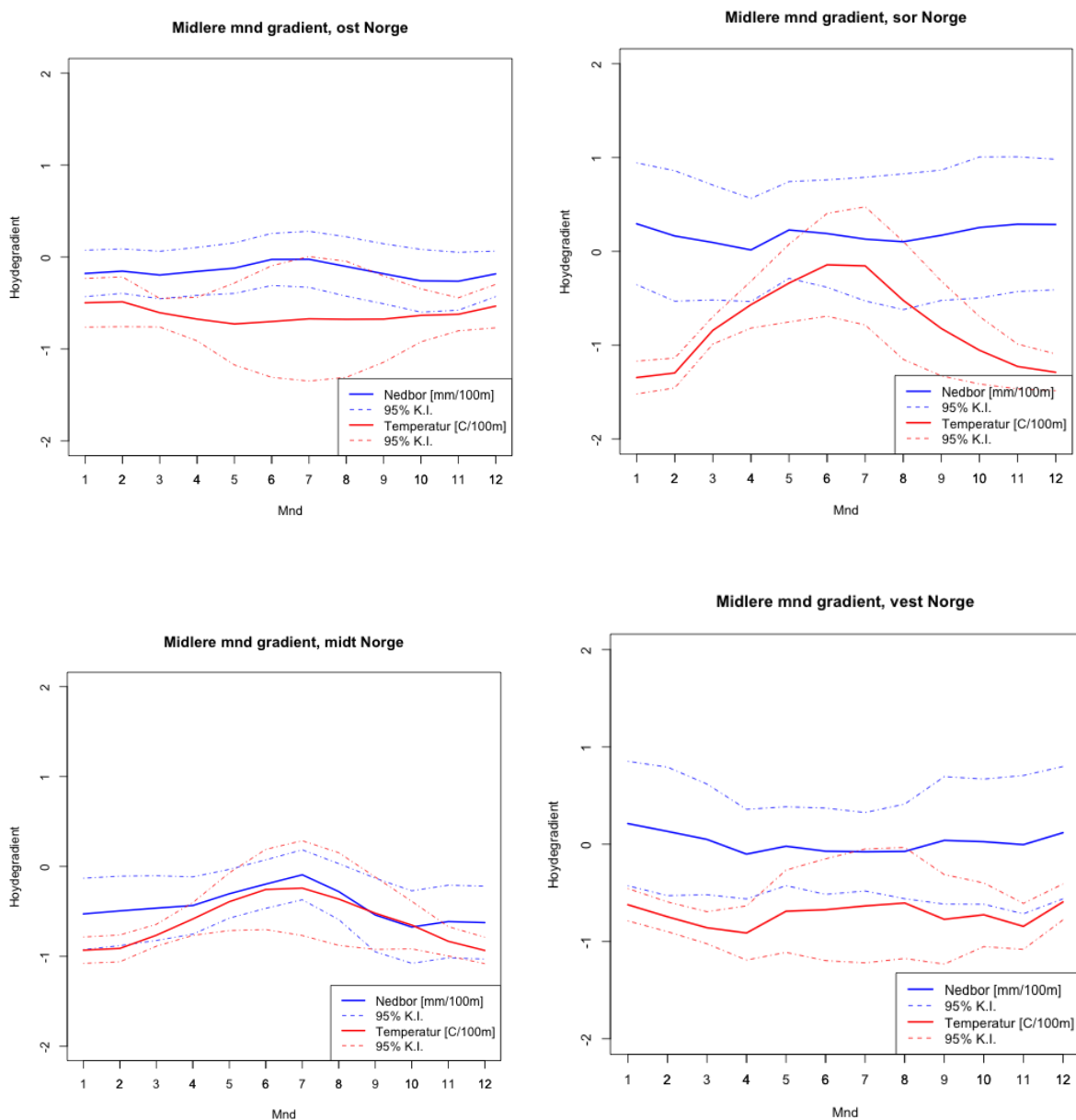


Figur 23 Midlere høydegradienter for nedbør [mm / 100 m], sommer (fig. til venstre) og vinter (fig. til høyre). Negative høydegradienter kjennetegnes med rød farge, positive høydegradienter kjennetegnes med blå farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til høydegradienten.

Vertikale nedbørsgradienter minker med høyden for alle regioner utenom Sør Norge om sommeren, Vest og Øst viser liten nedbørsendring med høyden om sommeren. Vintersesongen har negativ vertikal nedbørsgradient i Øst- og Midt Norge og positiv vertikale nedbørsgradient i Sør- og Vest Norge om vinteren. Høydegradienten for nedbøren har størst sesongforskjell i Midt- og Sør Norge.

5.2.2 Midlere månedlige høydegradienter for hver region

Kapittel 3.2.1 beskriver beregning av høydegradineter midlet over år, sesong, måneder og deres standardfeil. Figuren under viser midlere månedlige høydegradienter for temperatur og nedbør for øst, sør, vest og midt Norge.



Figur 24 Midlere månedlige høydegradienter for temperatur [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$] og nedbør [$\text{mm}/100\text{ m}$], presentert for hver region: Øst (øverst til venstre), sør (øverst til høyre), vest (nederst til venstre) og midt (nederst til høyre). Rød, hel linje viser midlere månedlig høydegradient for temperatur, stiplet rød linje viser konfidensintervallet til temperaturens høydegradient. Blå, hel linje viser midlere månedlig nedbør, stiplet blå linje viser konfidensintervallet til nedbørens høydegradient.

Midlere månedlig høydegradient for nedbør er negativ hele året i Øst og Midt, det er nesten ingen nedbørsendring med høyden om sommeren. Vest og Sør har en positiv vertikal nedbørsgradient

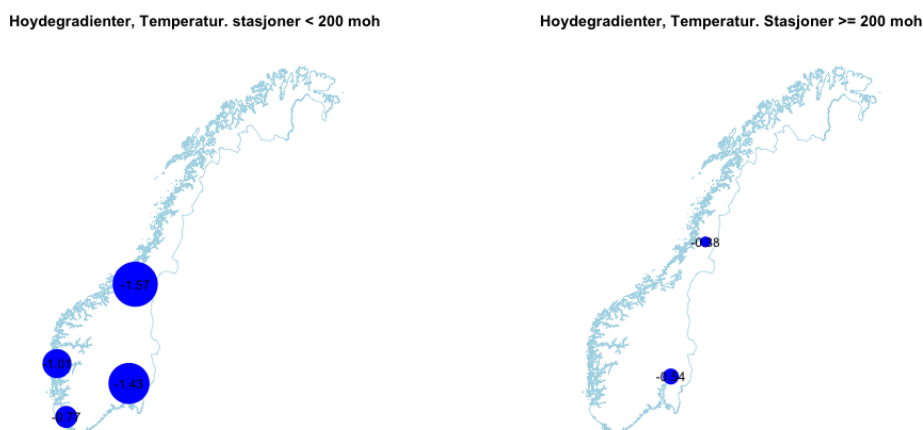
om vinteren, om sommeren endrer nedbøren seg lite med høyden. Nedbørsgradienten i Vest og Sør skiller seg ut i april fra resten av månedene.

Midlere månedlige vertikale temperaturgradienter har størst sesongvariasjon i midt og sør. Øst har en lavere vertikal temperaturgradient om sommeren, resten av regionene har en lavere vertikal temperaturgradient om vinteren.

Midt varierer vertikale temperatur- og nedbørsgradienter tilnærmet homogent, hvor det er liten endring med høyden om sommeren sammenlignet med vinteren. Sør-, Midt og Vest viser at temperaturen og nedbøren endrer seg mer med høyden om vinteren sammenlignet med sommeren.

5.2.3 Høydegradienter over og under to hundre meter

Figuren under viser regionale, vertikale temperaturgradienter for målestasjoner over og under to hundre meter over havet.



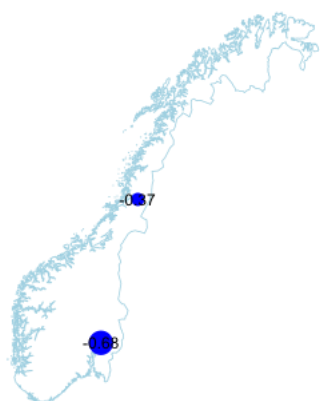
Figur 25 Regionale, årlig midlere høydegradienter for temperatur [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$].

Temperaturstasjoner under 200 moh (figur til venstre) og temperaturstasjoner over 200 moh (figur til høyre). Negative og positive vertikale temperaturgradienter kjennetegnes med henholdsvis blå farge og rød farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til temperaturens høydegradient.

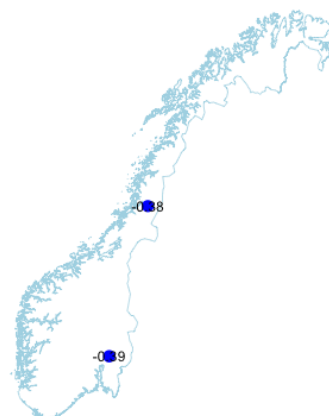
Midlere årlige høydegradienter for temperatur er lave for stasjoner under 200 moh, spesielt i Øst- og Midt Norge er det en lav årlig, midlere temperaturgradient. Temperaturstasjoner over 200 moh har negative vertikale temperaturgradienter i Øst- og Midt Norge, Sør- og Vest Norge har for få målestasjoner over 200 moh til å oppfylle kriteriet om minimum ti målestasjoner for lineær regresjon, det blir derfor ikke beregnet vertikale gradienter for Øst- og Vest Norge. Øst- og Midt Norge viser at temperaturen endres mindre med høyden når man kommer over en grense på to hundre moh.

Figur 26 og Figur 27 viser regionale, vertikale midlere temperaturgradienter for målestasjoner henholdsvis over 200 moh og under 200 moh, høydegradientene er midlet over sommer og vinter.

Hoydegradienter, Temperatur. Sommer, stasjoner >= 200 moh



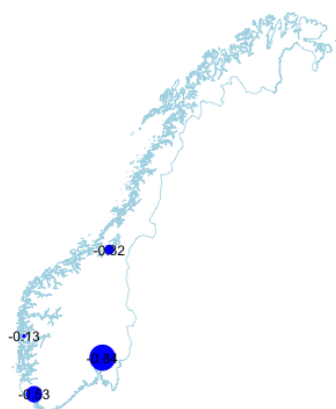
Hoydegradienter, Temperatur. Vinter, stasjoner >= 200 moh



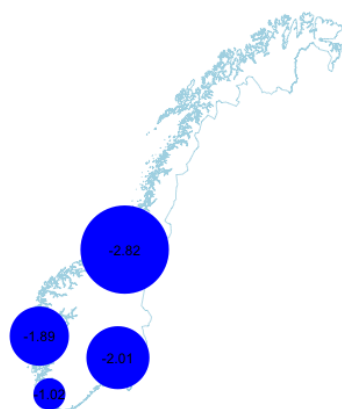
Figur 26 Vertikale temperaturgradienter [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$] midlet for sesong, for områder over 200 moh. Sommer (figur til venstre) og vinter (figur til høyre). Negative og positive vertikale temperaturgradienter kjennetegnes med henholdsvis blå farge og rød farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til temperaturens høydegradient.

Midt Norge har liten sesongforskjell i den vertikale temperaturgradienten, Øst Norge har en lavere vertikal temperaturgradient om sommeren sammenlignet med vinteren.

Hoydegradienter, Temperatur. Sommer, stasjoner < 200 moh



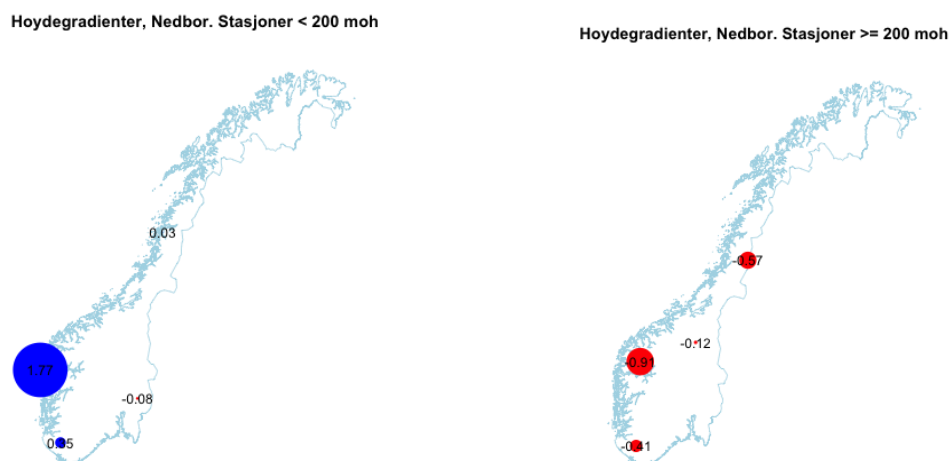
Hoydegradienter, Temperatur. Vinter, stasjoner < 200 moh



Figur 27 Vertikale temperaturgradienter [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$] midlet for sesong, for områder under 200 moh. Sommer (figur til venstre) og vinter (figur til høyre). Negative og positive vertikale temperaturgradienter kjennetegnes med henholdsvis blå farge og rød farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til temperaturens høydegradient.

Temperaturen synker raskere med høyden for de lavereliggende stasjonene om vinteren enn om sommeren. Vertikale temperaturgradienter er lavest i Midt- og Øst Norge, sommer og vinter. Vertikale temperaturgradienter endrer seg mer med sesong for lavereliggende temperaturstasjoner, sammenlignet med vertikale temperaturgradienter beregnet over hele høydeintervallet (Figur 22). Spesielt sesongbaserte vertikale temperaturgradienter for Midt- og Vest Norge viser en større forskjell for lavereliggende temperaturstasjoner, sammenlignet med vertikale temperaturgradienter for hele høydeintervallet.

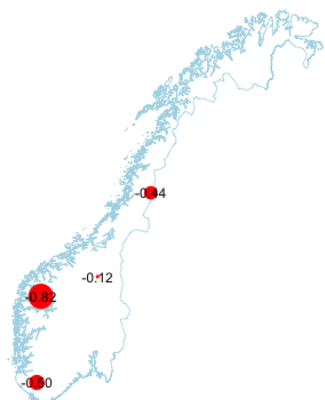
Figuren under viser årlig midlere høydegradienter for nedbør for målestasjoner over og under 200 moh, midlere høydegradienter for sommer og vinter er beregnet for høyereliggende nedbørstasjoner (Figur 29) og lavereliggende nedbørstasjoner (Figur 30).



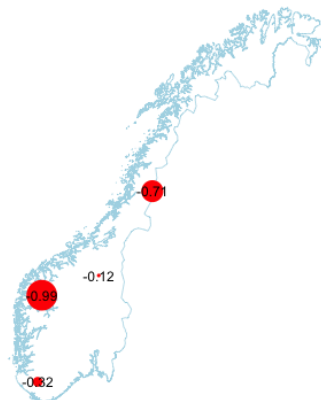
Figur 28 Regionale, midlere vertikale nedbørsgradienter [mm/100m] for nedbørstasjoner under 200 moh (figur til venstre) og over 200 moh (figur til høyre). Negative og positive vertikale nedbørsgradienter kjennetegnes med henholdsvis rød farge og blå farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til nedbørens høydegradient.

Figur 21 viser at nedbøren får en negativ høydegradient for alle regioner når den beregnes for hele høydeintervallet. Årlig midlere høydegradienter for nedbørsstasjoner under 200 moh er positiv for alle regioner, med unntak av Øst. Nedbørsstasjonene over 200 moh har en negativ høydegradient for nedbøren for hver region. Høyeste absoluttverdien for vertikale nedbørsgradienter er størst i Vest, dette gjelder både for lavere- og høyereliggende nedbørsstasjoner.

Hoydegradienter, Nedbor. Sommer. Stasjoner >= 200 moh



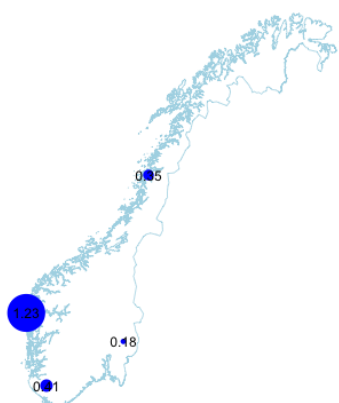
Hoydegradienter, Nedbor. Vinter. Stasjoner >= 200 moh



Figur 29 Regionale midlere vertikale nedbørsgradienter [mm/100m] midlet over sesong for nedbørstasjoner over 200 moh. Midlere vertikale nedbørsgradienter for sommer (figur til venstre), midlere vertikale nedbørsgradienter for vinter (figur til høyre). Negative og positive vertikale nedbørsgradienter kjennetegnes med henholdsvis rød farge og blå farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til høydegradienten for nedbør.

Nedbøren minker med høyden for alle nedbørstasjoner over to hundre meter. Nedbøren minker mer med høyden om vinteren sammenlignet med sommeren, i Vest- og Midt Norge. Øst Norge er den eneste regionen hvor nedbøren minker like mye med høyden om vinteren og sommeren.

Høydegradienter, Nedbor. Sommer. Stasjoner < 200 moh



Høydegradienter, Nedbor. Vinter. Stasjoner < 200 moh



Figur 30 Regionale høydegradienter for temperatur [$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$] og nedbør [$\text{mm}/100\text{m}$] midlet over sesong for nedbørstasjoner under 200 moh. Midlere vertikale nedbørsgradienter for sommer (figur til venstre), midlere vertikale nedbørsgradienter for vinter (figur til høyre). Negative og positive vertikale nedbørsgradienter kjennetegnes med henholdsvis rød farge og blå farge. Størrelsen på sirkelen beskriver absoluttverdien til høydegradienten for nedbør.

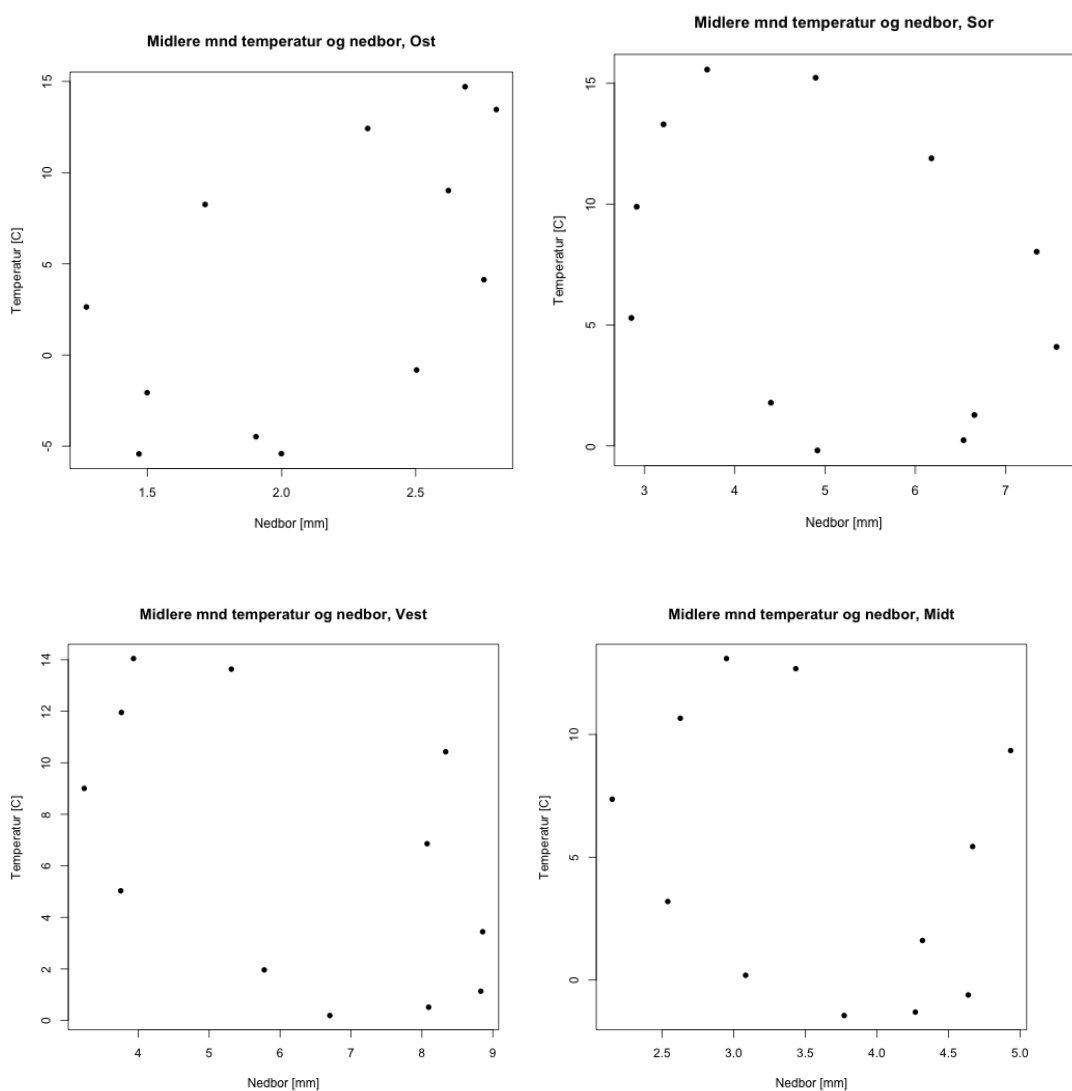
For lavereliggende nedbørstasjoner øker nedbøren med høyden for alle områder om sommeren, hvor nedbøren øker mest med høyden i Vest Norge. Nedbøren øker med høyden i Vest- og Sør Norge om vinteren, Øst- og Midt Norge har en negativ vertikale nedbørsgradient om vinteren. Vest Norge har en høyere positiv høydegradient for nedbør om vinteren sammenlignet med sommeren.

5.3 Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør

Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør er undersøkt ved å beregne midlere månedlig temperatur og nedbør, dette presenteres i et Spredningsplott (scatterplot). I tillegg undersøkes det hvor mange måneder som har en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør. Det er også undersøkt om det er en signifikant forskjell i temperatur og vertikal temperaturgradient for våte og tørre dager. Alle metodene brukt i dette delkapittelet er forklart i kapittel 3.2.

5.3.1 Månedlig temperatur og nedbør

Figuren under viser Spredningsplott (scatterplot), disse presenterer midlere månedlige temperaturverdier versus midlere månedlige nedbørsverdier.



Figur 31 Midlere daglige temperatur- og nedbørsverdier for Norge. Hver måned er presentert fra januar (øverst til venstre) til desember (nederst til høyre). Hvert punkt er midlere daglig verdi fra 1971 til 2011.

Plottene inneholder beregninger for hver måned. Når midlere månedlig temperatur er relativt lav, vises det en negativ korrelasjon mellom temperatur og nedbør. For høyere midlere temperaturverdier vises det en positiv korrelasjon mellom temperatur og nedbør.

Neste tabell viser korrelasjonen mellom temperatur og nedbør hver måned.

Tabell 2 Viser korrelasjonen mellom temperatur og nedbør innenfor hver måned. I parantes er det oppgitt p-verdien fra t-testen for korrelasjon.

Måned	Øst	Sør	Vest	Midt
1	0.34 (0)	0.52 (0)	0.48 (0)	0.33 (0)
2	0.43 (0)	0.51 (0)	0.50 (0)	0.33 (0)
3	0.18 (9e-11)	0.32 (0.99)	0.28 (0)	0.13 (2e-6)
4	-0.08 (0.006)	-0.17 (6e-9)	-0.08 (0.006)	-0.17 (6e-9)
5	-0.14 (3e-7)	-0.21 (4e-14)	-0.31 (8e-29)	-0.3 (4e-28)
6	-0.27(1e-22)	-0.21 (4e-14)	-0.34 (7e-35)	-0.35 (6e-36)
7	-0.27 (2e-22)	-0.21(4e-14)	-0.37 (1e-41)	-0.37 (3e-43)
8	-0,13 (1e-6)	-0.15 (3e-8)	-0.29 (4-e26)	-0.37 (1e-43)
9	0.080 (0.003)	0.04 (0.14)	-0.14 (1e-6)	-0.29 (1e-24)
10	0.21 (1e-13)	0.26 (0)	0.15 (6e-8)	-0.03 (0.21)
11	0.32(0)	0.43 (0)	0.34 (0)	0.14 (1e-6)
12	0.35 (0)	0.47 (9)	0.48 (0)	0.27 (1e-6)

Innenfor hver region viser alle måneder en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør. Temperatur og nedbør har en negativ korrelasjon i månedene april til august for Øst og Sør, Midt viser en negativ korrelasjon mellom temperatur og nedbør fra april til oktober og Vest er det en negativ korrelasjon i månedene april til september. Resten av månedene har en positiv korrelasjon. Kort oppsummert viser temperatur og nedbør en positiv korrelasjon om vinteren og en negativ korrelasjon om sommeren.

5.3.2 Temperatur for våte og tørre dager

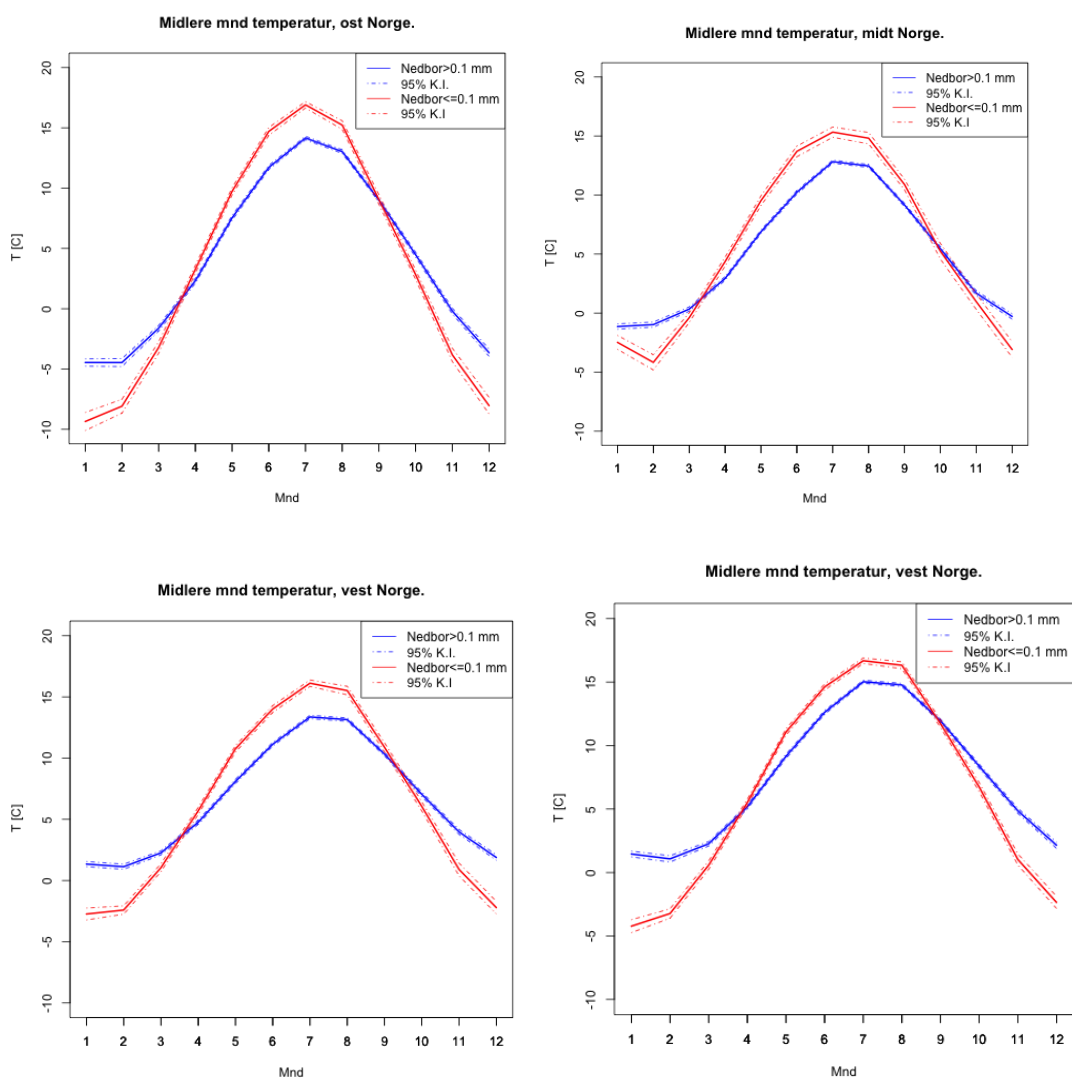
Tabellen under viser antall måneder med signifikant forskjell mellom tempertur for dager med og uten nedbør.

Tabell 3 Antall måneder med en signifikant forskjell i temperaturen for dager med og dager uten nedbør

Øst	Sør	Vest	Midt
11	11	12	11

Tabell 3 viser at alle måneder har en signifikant forskjell i temperatur og nedbør for dager med og uten nedbør i Vest, resten av regionene viser en signifikant forskjell i 11 av 12 måneder.

Figuren under viser midlere månedlig temperatur for dager med og uten nedbør.



Figur 32 Midlere månedlige temperatur for dager med nedbør (nedbør > 0.1 mm) og dager uten nedbør (nedbør ≤ 0.1 mm). Hel linje viser midlere månedlig temperatur, stiplet linje viser konfidensintervallet til midlere månedlig temperatur. Regionene er presentert på følgende måte: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

Hver region viser at tørre dager om vinteren har en lavere temperatur enn de dagene da nedbør inntreffer. Om sommeren er temperaturen lavere for dager med nedbør.

5.3.3 Regionale midlere månedlige vertikale temperaturgradienter, tørre og våte dager

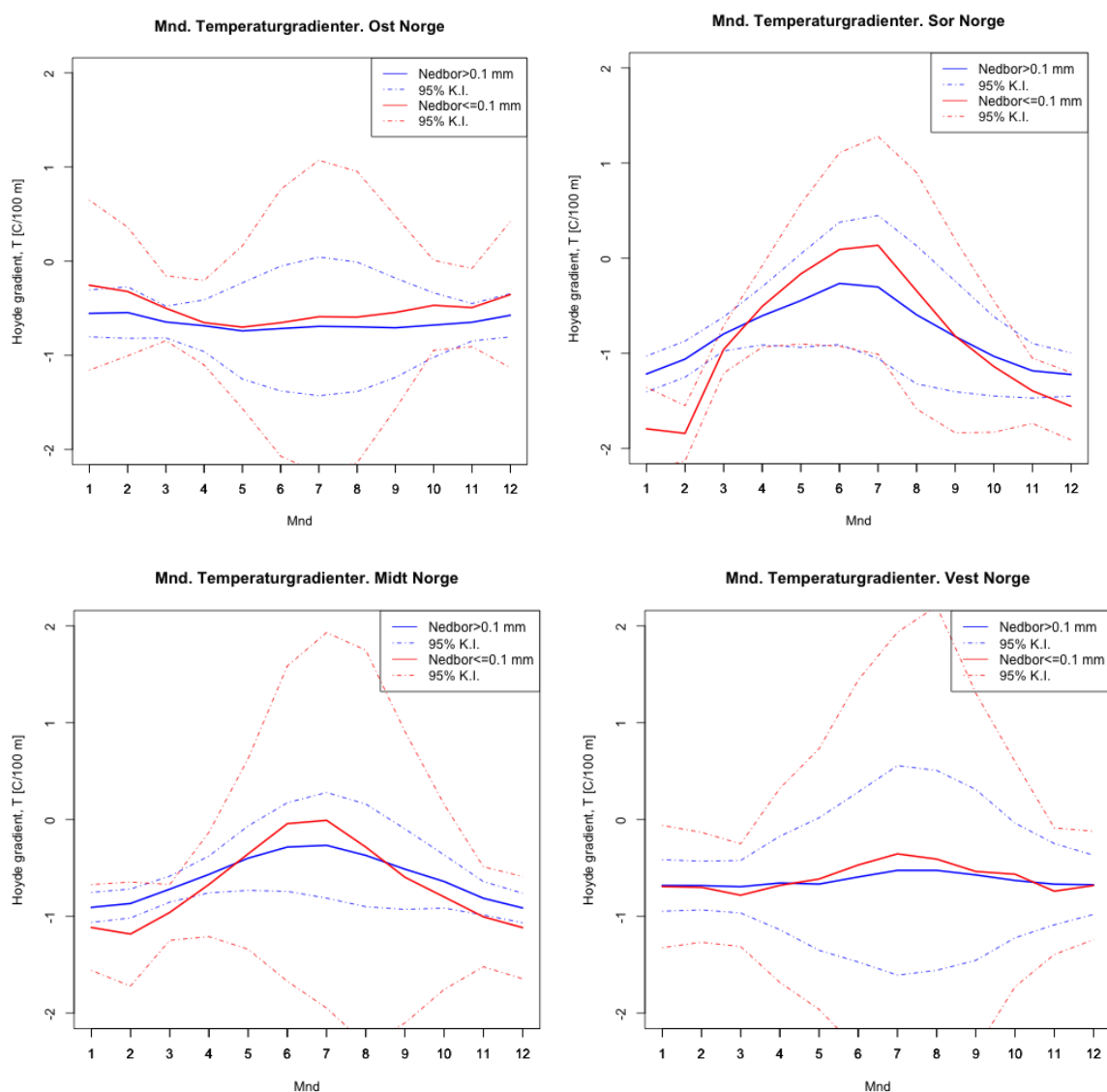
Tabellen under viser hvor mange måneder innenfor hver region som har en signifikant forskjell i vertikale temperaturgradienter for våte og tørre dager.

Tabell 4 Antall måneder med en signifikant forskjell i vertikal temperaturgradient for dager med og uten nedbør.

	Øst	Sør	Vest	Midt
Hele området	0	2	0	0
≥ 200 moh	0	-	-	0
< 200 moh	0	1	1	1

Nesten ingen måneder viser en signifikant forskjell i temperatur for våte og tørre dager. Sør har to måneder som viser en signifikant forskjell når det beregnes høydegradienter over hele høydeintervallet. Lavereliggende områder viser en måned med signifikant forskjell i Sør, Vest og Midt.

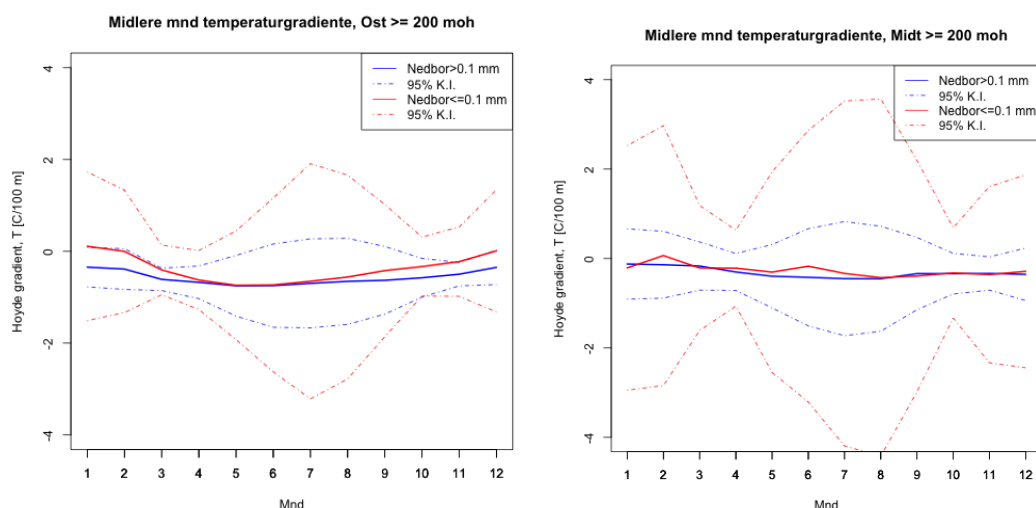
Figuren under viser midlere månedlige temperaturgradienter for hver region, med konfidensintervall for hver måned.



Figur 33 Midlere månedlige vertikale temperaturgradienter for dager med nedbør (nedbør > 0.1 mm) og dager uten nedbør (nedbør <= 0.1 mm). Hel linje viser midlere månedlig vertikal temperaturgradient, stiplet linje viser konfidensintervallet til midlere månedlig vertikal temperaturgradient. Regionene er presentert på følgende måte: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

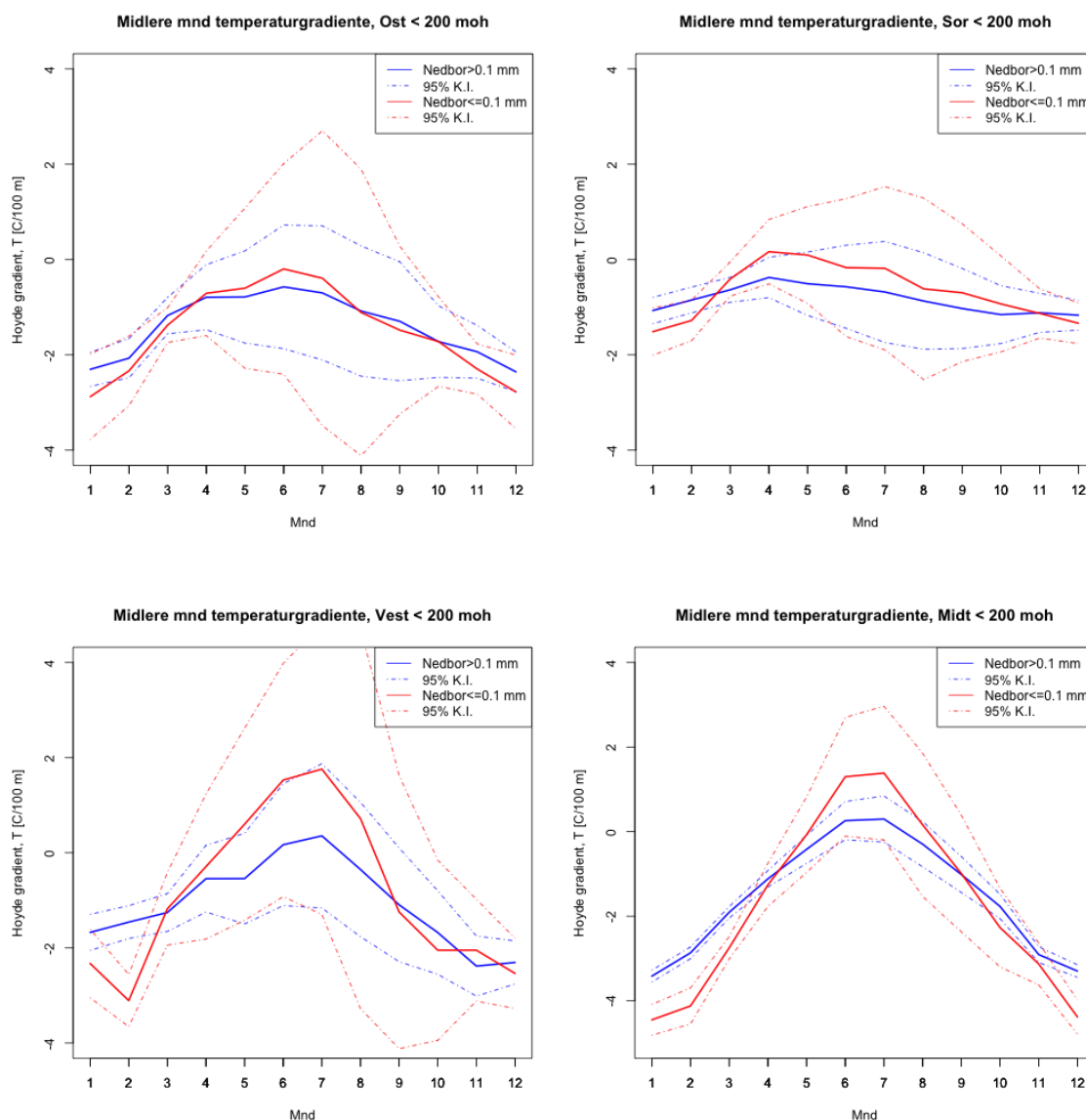
Daglige vertikale temperaturgradienter varierer mest om sommeren, dette gjelder både for dager med og uten nedbør. Hver region viser at temperaturen synker raskere med høyden på

nedbørsdager sammenlignet med tørre dager om sommeren, dette gjelder for hele året i Øst. Sør, Vest og Midt har en lavere vertikal temperaturgradient for tørre dager om vinteren sammenlignet med dager med nedbør. De samme beregningene er gjort for målestasjoner over og under 200 moh, henholdsvis Figur 34 og Figur 35.



Figur 34 For temperaturstasjoner over 200 moh: Midlere månedlige vertikale temperaturgradienter for dager med nedbør (nedbør > 0.1 mm) og dager uten nedbør (nedbør <= 0.1 mm). Hel linje viser midlere månedlig vertikal temperaturgradient, stiplet linje viser konfidensintervallet til midlere månedlig vertikal temperaturgradient. Regionene er presentert på følgende måte: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

Sør og Vest har for få målestasjoner over 200 moh for å beregne høydegradienter i dette området. Færre stasjoner i høyden fører til en større usikkerhet, med svært brede konfidensintervall for tørre dager og om sommeren.



Figur 35 For temperaturstasjoner under 200 moh: Midlere månedlige vertikale temperaturgradienter for dager med nedbør (nedbør > 0.1 mm) og dager uten nedbør (nedbør <= 0.1 mm). Hel linje viser midlere månedlig vertikal temperaturgradient, stiplet linje viser konfidensintervallet til midlere månedlig vertikal temperaturgradient. Regionene er presentert på følgende måte: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

Lavereliggende områder indikerer at vertikal temperaturgradient er lavere om vinteren for tørre dager, om sommeren er vertikale temperaturgradienter lavere for dager med nedbør. Brede konfidensintervall viser at det ikke er en signifikant forskjell i midlere månedlige vertikale temperaturgradienter.

5.4 Valg av sirkulasjonstypeklassifisering (CTC)

Kapittel 3.3 forklarer hvordan de 73 sirkulasjonstypeklassifiseringene fra COST733 er evaluert. Det er undersøkt hvor da de representerer regional temperatur- og nedbørsvariasjoner, CTCens evne til å skille mellom våte og tørre dager innenfor hver region og CTCens event til å representere storskala nedbørsmønster.

5.4.1 CTC for temperatur og nedbør

Kruskal-Wallis og ANOVA er brukt for å undersøke hvilken CTC fra COST733 som skiller best mellom temperatur og nedbør. En oppsummering av de tre beste CTC fra COST733 for nedbør og temperatur er gitt i Tabell 5 (nedbør) og Tabell 6 (temperatur). En høy verdi fra K-W viser at CTCen viser høy variasjon mellom typene og liten variasjon innad for hver type. Komplette tabell med resultat for de statistiske analyser av alle CTC fra COST733 er gitt i *vedlegg A*.

Tabell 5 De tre beste sirkulasjonstype klassifiseringene fra COST733 for nedbør.

Resultatene presenteres for hver region, fra venstre: Øst, Sør, Vest, Midt. Resultatet fra K-W er gitt i parentes.

Øst	Sør	Vest	Midt
OGWL (42.15)	SANDRASC27 (327.13)	SANDRAS (323.33)	PCAC27 (71.57)
NNW (39.24)	CKMEANSC27 (311.46)	SANDRASC_27 (315.35)	SANDRASC_27 (67.88)
SCHUEPP (37.87)	SANDRAC27 (310.95)	EZ850C30 (310.53)	GWTC26 (67.42)

SANDRASC_27 er den eneste CTC som får gode resultater for nedbøren i tre regioner: Sør, Vest og Midt. Øst får jevnt over svakere resultat for hvor bra CTCer representerer nedbøren i denne regionen.

Tabell 6 De tre beste sirkulasjonstype klassifiseringene fra COST733 for temperatur. Resultatene presenteres for hver region, fra venstre: Øst, Sør, Vest, Midt. Resultatet fra K-W er gitt i parentes.

Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRAS (7354)	SANDRAS (7271)	SANDRAS (7706)	SANDRAS (8414)
NNW (6759)	NNW (6325)	NNW (6809)	NNW (7997)
ESLPC27 (2775)	ESLPC27 (2542)	EZ850C30 (2761)	EZ850C30 (2898)

CTC'er som representerer temperaturen bra kommer bra ut for alle regionene, hvor SANDRAS representerer temperaturen best i alle regionene. SANDRAS får de beste resultatene i Midt, den kommer dårligst ut i Øst av de fire regionene. NNW representerer også overflatetemperaturen bra for hver region. SANDRAS har 30 sirkulasjonstyper, NNW har 20 sirkulasjonstyper, OGWL har 27 CT, SCHUEPP har 40 CT.

5.4.2 CTC som beskriver storskala nedbørsmønstre

Tabellen under viser hvilke CTC som best representerer storskala nedbørsmønstre i Norge.

Tabell 7 De fem beste CTC fra COST733 som representerer nedbørsfordelingen best. Innbyrdes informasjon (I(X,Y)) sier hvor mye informasjon CTC'en gir om nedbørstypetypet klassifiseringen (SOM temporal).

CTC	I(X,Y)
SANDRASC27	0.361
SANDRAS	0.357
CKMEANSC27	0.329
SANDRAC27	0.323
LITTC	0.320

SANDRASC_27 og SANDRAS er de CTC som gir mest informasjon om nedbørsmønsteret i Norge.

5.4.3 Nedbørfrekvens

Kapittel 3.3.2 forklar hvordan standardfeilen til typenes nedbørfrekvens er et mål på hvor bra en CTC skiller mellom våte og tørre dager. Høy standardfeil viser at CTCen skiller bra mellom våte og tørre dager, tabellen under viser de tre CTCer som skiller best mellom våte og tørre dager innenfor hver region.

Tabell 8 CTCer fra COST733 som skille best mellom våte og tørre dager for hver region. Regionene er presentert fra venstre: Øst, Sør, Vest og Midt. Standardfeilen mellom typefrekvensen er gitt i parantes.

Øst	Sør	Vest	Midt
PCACA (0.066)	SANDRASC09 (0.087)	SANDRASC09 (0.086)	PCACA (0.078)
SANDRASC09 (0.062)	SANDRAC09 og CKMEANSC09 (0.083)	ESLPC09 (0.084)	P27C09 (0.068)
CKMEANSC09 (0.050)	ESLPC09 (0.075)	SANDRAC09, CKMEANSC09 (0.083)	PCACAC09 (0.065)

Generelt er det Sør- og Vest Norge som har størst variasjon for nedbørfrekvensen mellom klassene. Klassifiseringene skiller dårligst mellom våte og tørre dager for Østlandet.

SANDRASC_09 skiller bra mellom våte og tørre dager i Sør, Vest og Øst.

5.5 Evaluering av sirkulasjonstype – og værtype klassifiseringer

Kapittel 3.4 forklarer hvilke metoder som brukes for å evaluere hvor bra typeklassifiseringene viser en samvariasjon mellom temperatur og nedbør, og deres høydegradienter.

Resultatene for K-W, ANOVA og entropi gjør at SANDRASC_27 nyttes for videre evaluering av hvor bra hver CTC kan representere temperatur og nedbør. I tillegg evalueres det hvor bra den hybride typeklassifiseringen, WCTC, og værtypeklassifiseringen, SOM temporal, kan representere temperatur og nedbør.

5.5.1 Typeklassifiseringer for temperatur og nedbør

Først presenteres K-W for hver av typeklassifiseringene for nedbør og temperatur, for å vise hvor bra hver typeklassifisering representerer temperaturen og nedbøren i hvert område. Tabell 9 og Tabell 10 viser resultatet fra K-W av hvor bra typeklassifiseringene representerer regional temperatur og nedbør. Høy verdi for K-W oppgir at typeklassifiseringene har en høy variasjon mellom typene og liten variasjon innad for hver type.

Tabell 9 K-W for de tre typeklassifiseringene, fra øverst: SANDRASC_27, SOM temporal og WCTC. De med høyest verdi er de typeklassifiseringene som representerer regional nedbørvariasjon best.

Regioner	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	27	327	315	68
WCTC	27	98	299	56
SOM temporal	53	1659	1457	268

Av de tre typeklassifiseringene er det værtypeklassifiseringen (SOM temporal) som representerer lokale nedbørvariasjoner best for alle regionene i Norge. Vest- og Sør Norge får de beste resultatene.

Tabell 10 K-W for de tre typeklassifiseringene, fra øverst: SANDRASC_27, SOM temporal og WCTC. Verdien fra K-W er gitt i parantes, de med høyest verdi er de typeklassifiseringene som representerer regional temperaturvariasjon best.

Regioner	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	1859 (1140)	1703 (985)	2054 (1297)	1773 (1103)
WCTC	306 (37)	241 (47)	353 (15)	507 (32)
SOM temporal	219 (1.95)	224 (0.27)	335 (46)	426 (15)

SANDRASC_27 representerer lokale temperaturvariasjoner best, Vest Norge får det beste resultatet.

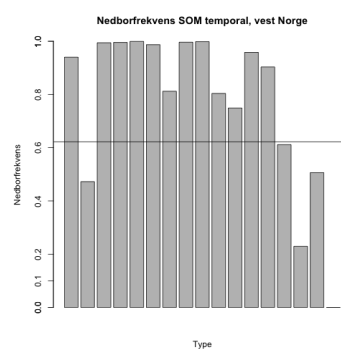
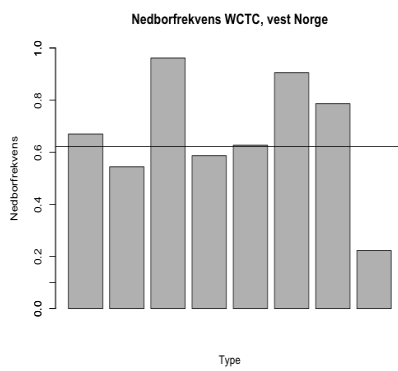
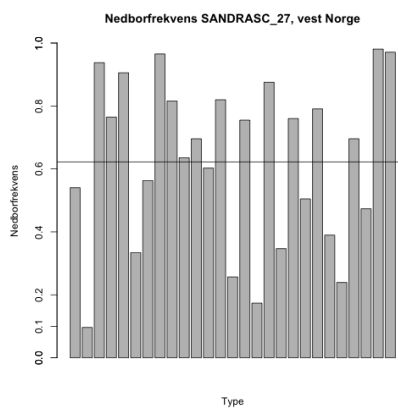
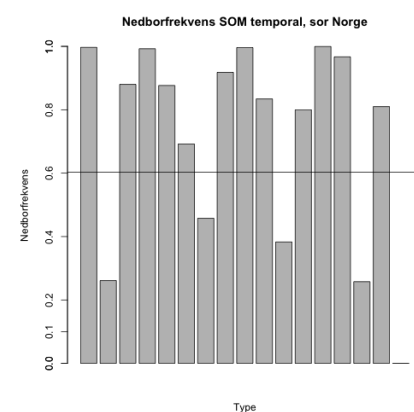
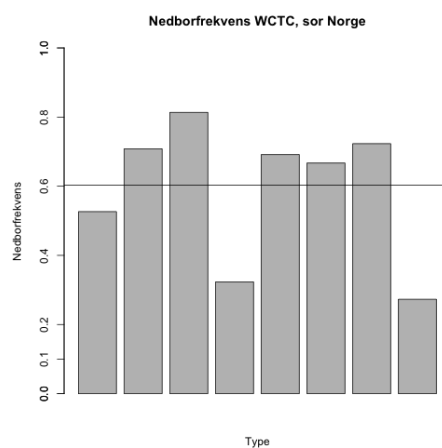
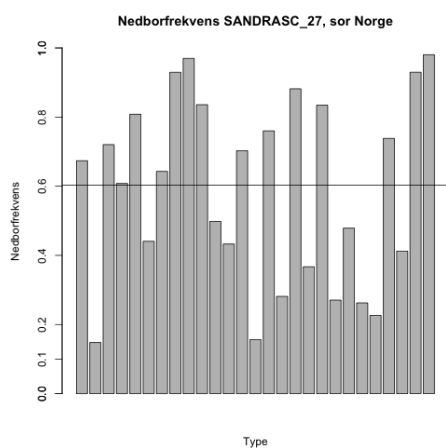
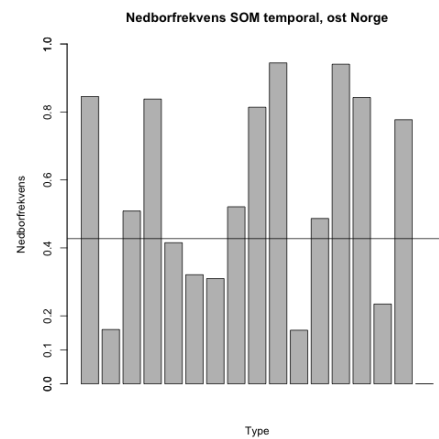
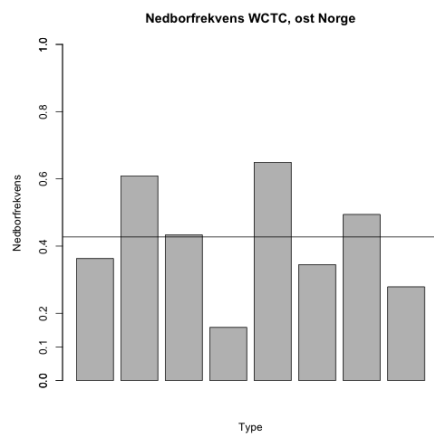
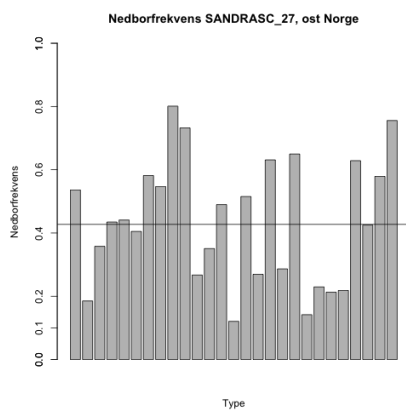
5.5.2 Nedbørfrekvens

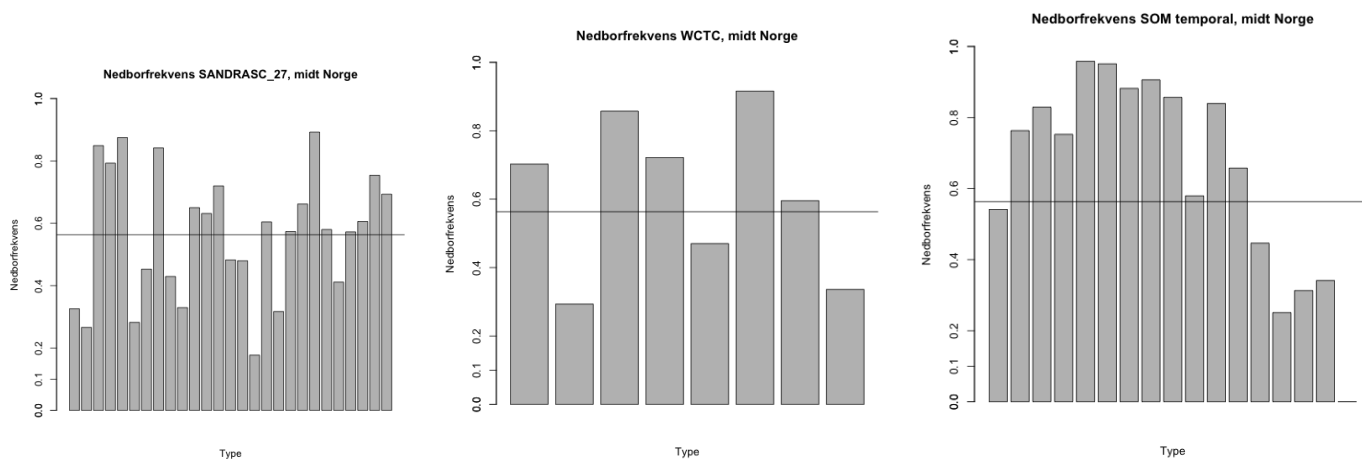
Undersøker hvilke av de tre typeklassifiseringene som skiller best mellom våte og tørre dager, og beregner standardfeilen mellom nedbørfrekvensen til typene. Tabellen under viser standardfeilen mellom typenes nedbørfrekvens for hver typeklassifisering. Typenes nedbørfrekvens er plottet i histogram, for å undersøke om det er stor variasjon mellom typene. Histogram som viser nedbørfrekvensen for hver type er plottet i Figur 36.

Tabell 11 Standardfeilen mellom typefrekvensen til typeklassifiseringene, fra øverst: SANDRASC_27, WCTC og SOM temporal.

CTC	Øst Norge	Sør Norge	Vest Norge	Midt Norge
SANDRASC_27	0.039	0.053	0.051	0.041
WCTC	0.058	0.070	0.082	0.081
SOM temporal	0.075	0.077	0.073	0.069

SOM skiller best mellom våte og tørre dager i Sør- og Øst Norge, WCTC skiller best mellom våte og tørre dager i Vest- og Midt Norge.



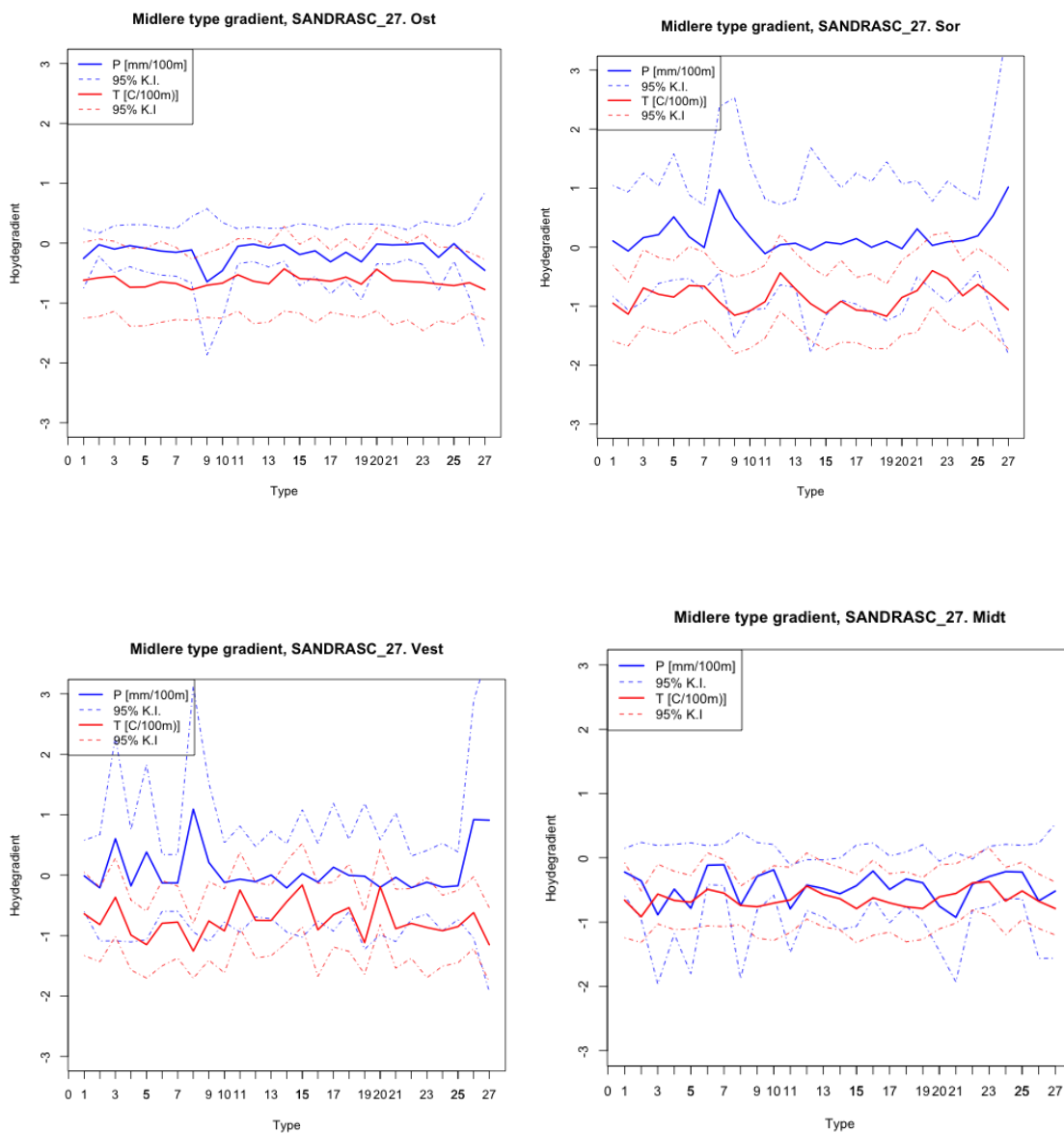


Figur 36 Typeklassifiseringenes nedbørfrekvens. Hver kolonne representerer en type, høyden til kolonnen viser nedbørfrekvensen for hver type. Linjen viser midlere nedbørfrekvens over hele tidsrommet (1971-2011). Hver typeklassifisering er presenter fra øverst: SANDRASC_27, WCTC og SOM temporal. Vest og Midt. Hver typeklassifisering har fire regioner: Øst (øverst til venstre), Sør (øverst til høyre), Vest (nederst til venstre) og Midt (nederst til høyre).

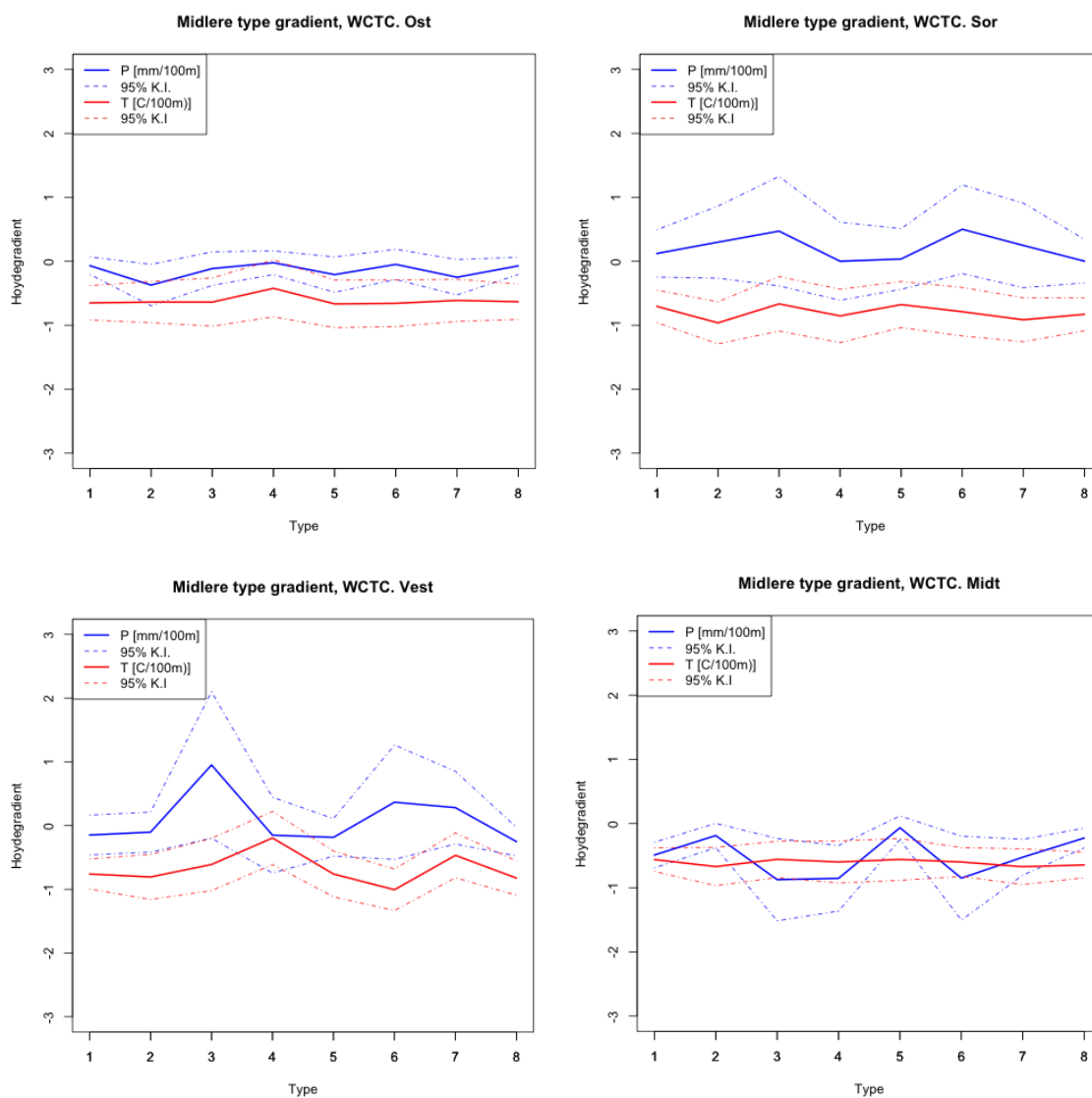
Histogrammene viser at både WCTC, SOM værtyper og SANDRASC_27 skiller bra mellom våte og tørre dager. Tabell 11 viser at SOM temporal er den som best kan skille mellom våte og tørre dager i Øst og Sør Norge, WCTC skille best mellom våte og tørre dager i Vest og Midt Norge.

5.5.3 Regionale høydegradienter

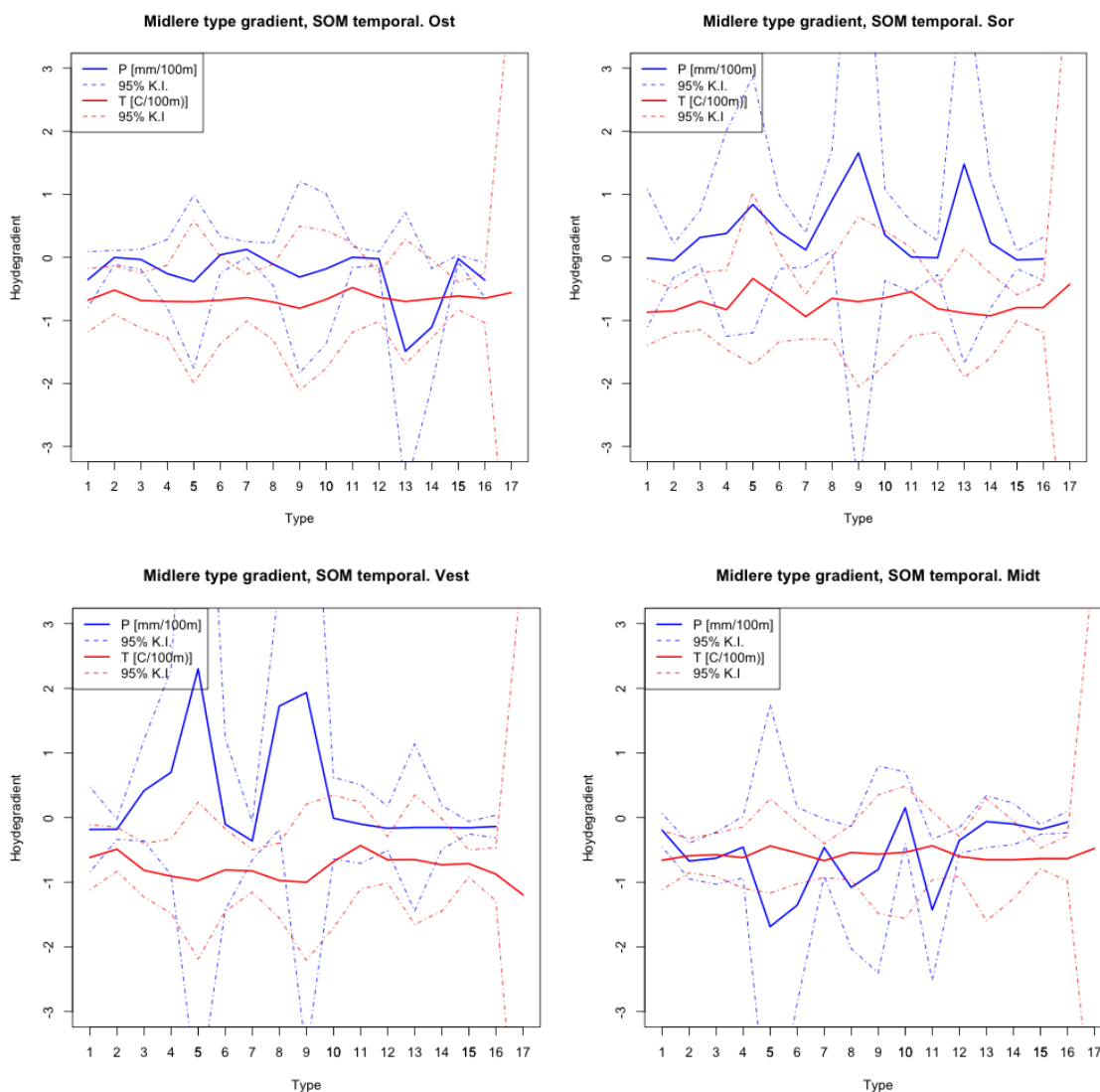
Figurene under viser plott av midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for hver type.



Figur 37 Midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for hver type til SANDRASC_27. Øverst fra venstre: Øst, Sor. Nederst fra venstre: Vest, Midt. Hel linje vise middelverdien til gradienten, stiplet linje viser konfidensintervallet til den vertikale gradienten.



Figur 38 Midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for hver type til WCTC. Øverst fra venstre: Øst, Sør. Nederst fra venstre: Vest, Midt. Hel linje viser middelverdien til gradienten, stiplede linje viser konfidensintervallet til den vertikale gradienten.



Figur 39 Midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for hver type. Øverst fra venstre: Øst, Sør. Nederst fra venstre: Vest, Midt. Hel linje viser middelerdien til gradienten, stiplet linje viser konfidensintervallet til den vertikale gradienten.

Plottene viser at det er større variasjon mellom typene for midlere nedbørsgradient, temperaturgradienten har relativt liten variasjon mellom typene. Sør og Vest har bredere konfidensintervall enn Midt og Øst. SANDRASC_27 har størst variasjon mellom typene, SOM temporal har bredest konfidensintervall for hver type.

5.5.4 Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør

Sammenhengen mellom temperatur og nedbør er undersøkt ved å beregne om det er en signifikant korrelasjon mellom midlere typenedbør og midlere typetemperatur. Tabellen under viser hvor mange typer av totalt antall typer som viser en signifikant samvarisjon mellom temperatur og nedbør.

Tabell 12 Viser hvor mange typer for hver typeklassifisering som viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør. Totalt antall typer for hver typeklassifisering er gitt i parantes.

CTC	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	18 (27)	17 (27)	18 (27)	12 (27)
sommer	10 (27)	10 (27)	10 (27)	6 (27)
vinter	22 (27)	26 (27)	26 (27)	22 (27)
WCTC	4 (8)	2 (8)	3 (8)	6 (8)
Sommer	1 (8)	1 (8)	4 (8)	3 (8)
Vinter	8 (8)	8 (8)	8 (8)	5 (8)
SOM temporal	10 (17)	6 (17)	8 (17)	8 (17)
Sommer	7 (17)	4 (17)	6 (17)	6 (17)
Vinter	11 (17)	9 (17)	9 (17)	5 (17)

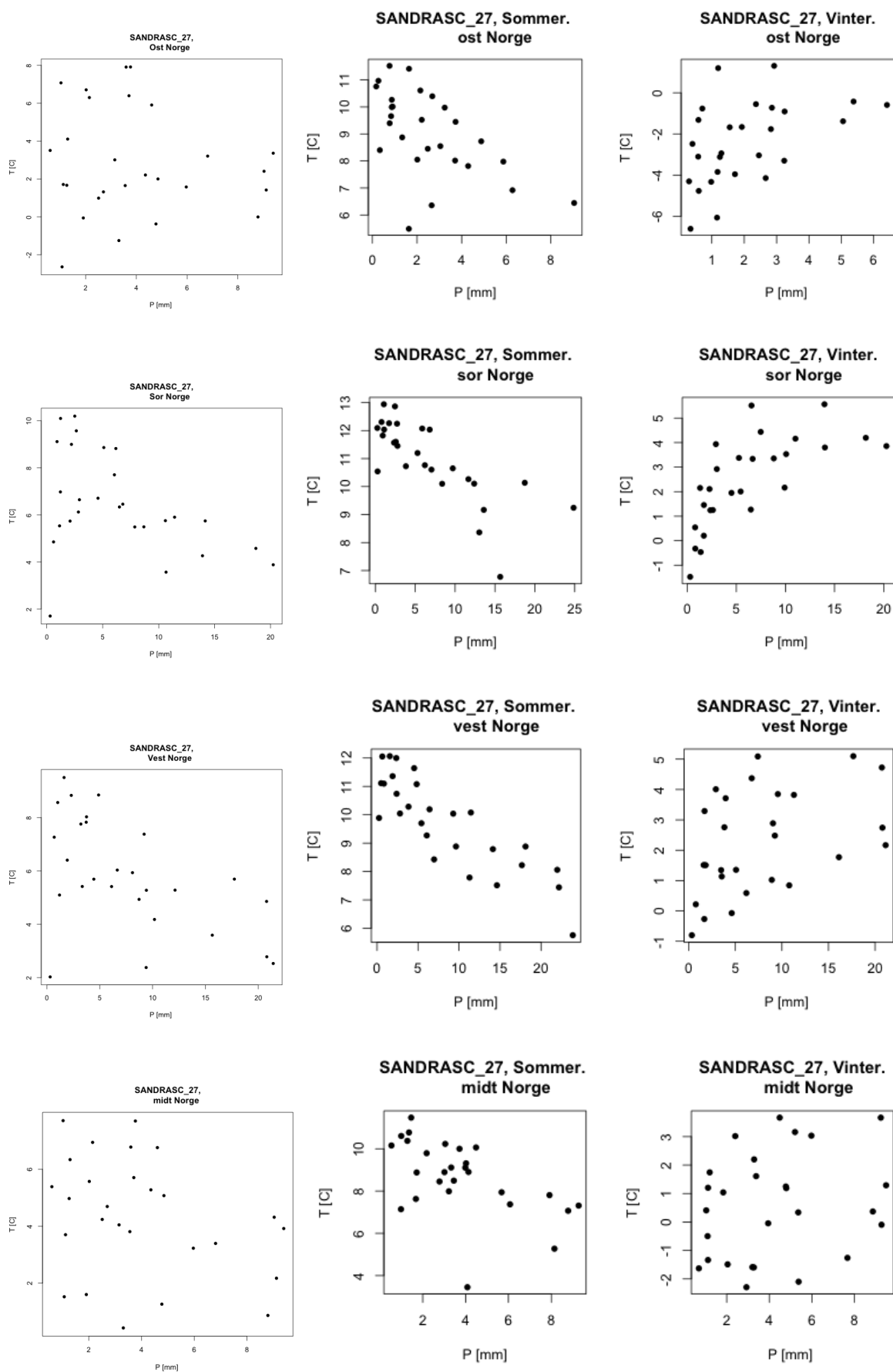
Tabellen under viser hvilke regioner for hver typeklassifisering hvor det er en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør. Negativ verdi viser til negativ korrelasjon, $p < 0.05$ viser en signifikant korrelasjon mellom midlere temperatur og midlere nedbør for typene til typeklassifiseringene.

Tabell 13 Tabellen viser hvilke regioner som viser en signifikant korrelasjon mellom typenes midlere temperatur- og nedbørsverdier. Kolonner fra venstre: Øst, Sør, Vest, Midt. Rader fra øverst: SANDRASC_27 (hele året, sommer vinter), WCTC (hele året, sommer, vinter, SOM temporal (hele året, sommer, vinter).

	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	-0.27 (0.17)	-0.43 (0.024)	-0.55 (0.003)	-0.33 (0.09)
sommer	-0.56 (0.003)	-0.77 (3.24e-16)	-0.85 (1.76e-8)	-0.55 (0.0032)
vinter	0.46 (0.017)	0.68 (8.2e-5)	0.43 (0.02)	0.23 (0.24)
WCTC	0.78 (0.023)	0.38 (0.35)	-0.46 (0.25)	-0.74 (0.037)
Sommer	-0.03 (0.94)	-0.47 (0.24)	-0.72 (0.042)	-0.86 (0.006)
Vinter	0.197 (0.64)	0.80 (0.017)	0.63 (0.092)	0.44 (0.27)
SOM temporal	0.39 (0.12)	0.11 (0.68)	-0.30 (0.24)	-0.51 (0.04)
Sommer	0.35 (0.17)	0.39 (0.12)	-0.47 (0.06)	-0.71 (0.001)
Vinter	0.47 (0.059)	0.68 (0.003)	0.66 (0.004)	0.34 (0.18)

SANDRASC_27 viser en samvariasjon mellom typenes midlere temperatur- og nedbørsverdier, spesielt i Sør- og Vest Norge. Midt får en signifikant samvariasjon om sommeren for SANDRASC_27. WCTC viser en signifikant samvariasjon mellom typenes midlere temperatur- og nedbørsverdier for hele året i Øst og Midt Norge, om sommeren i Vest- og Midt, sommeren i Vest og Midt og vinteren i Sør. SOM temporal viser en signifikant samvariasjon mellom typeverdiene for temperatur og nedbøren om vinteren i Øst og Sør. Jevnt over er det SANDRASC_27 som representerer regional samvariasjon mellom temperatur og nedbør best.

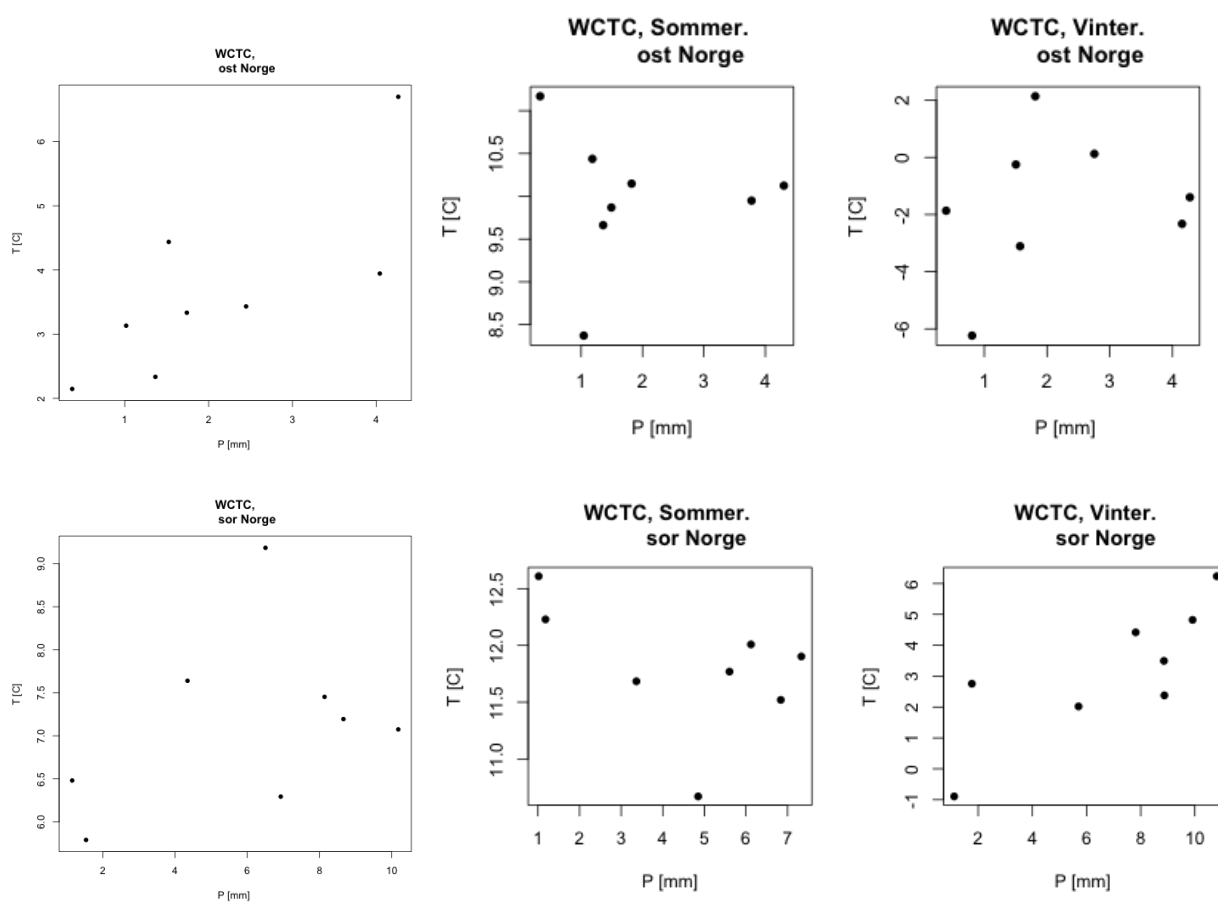
Figur 40, Figur 41 og Figur 42 viser midlere temperatur versus nedbør for hver type for hver typesklassifisering, henholdsvis: SANDRASC_27, WCTC og SOM temporal. Den lineære sammenhengen mellom midlere temperatur og nedbør er sterkere dersom punktene ligger nærmere en rett linje, og svak dersom punktene avviker fra en rett linje.

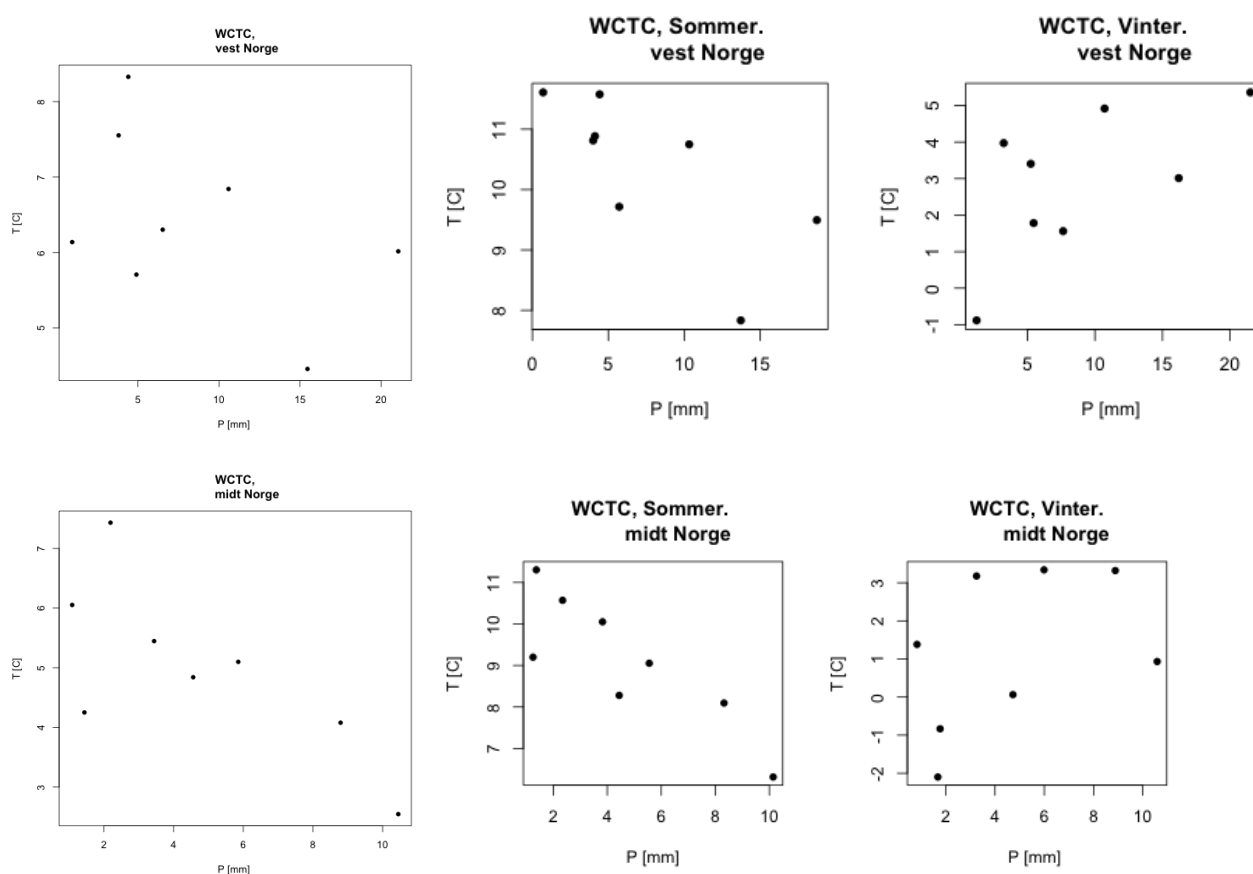


Figur 40 Viser midlere typenedbør versus midlere typetemperatur for SANDRASC_27. Kolonner

fra venstre til høyre: Temperatur og nedbør midlet over hele året, sommer, vinter. Rader fra første til fjerde: Regionene Øst, Sør, Vest, Midt.

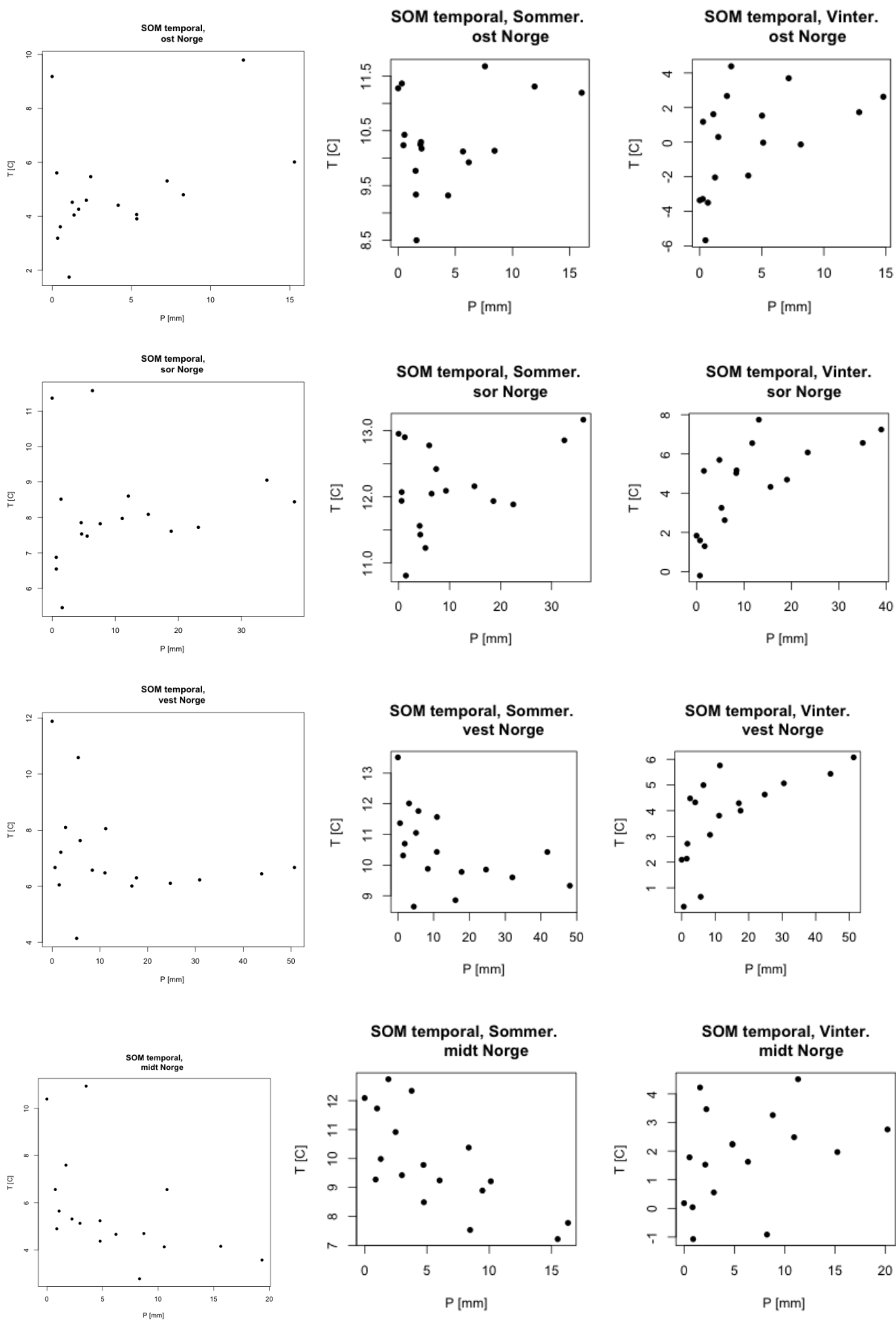
SANDRASC_27s sirkulasjonstyper fanger opp gode samvariasjoner mellom temperatur og nedbør for hver region, bare Midt viser en dårlig korrelasjon mellom temperatur og nedbør.





Figur 41 Viser midlere typenedbør versus midlere typetemperatur for den hybride typeklassifiseringen WCTC. Kolonner fra venstre til høyre: Temperatur og nedbør midlet over hele året, sommer, vinter. Rader fra første til fjerde: Regionene Øst, Sør, Vest, Midt.

WCTC viser til negativ korrelasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren og motsatt tilfelle om sommeren for Vest og Midt. Sør viser en positiv korrelasjon om vinteren, vinteren viser ingen korrelasjon mellom temperatur og nedbør i Sør. Øst viser ingen klar sammenheng mellom temperatur- og nedbørsverdier.



Figur 42 Viser midlere typenedbør versus midlere typetemperatur for værtypeklassifiseringen SOM temporal. Kolonner fra venstre til høyre: Temperatur og nedbør midlet over hele året, sommer, vinter. Rader fra første til fjerde: Regionene Øst, Sør, Vest, Midt.

SOM nedbørstyper viser en positiv korrelasjon for temperatur- og nedbørsverdier om vinteren, men en negativ korrelasjon om sommeren for Midt- og Vest Norge. Sør- og Øst Norge viser en positiv korrelasjon mellom temperatur og nedbør både for sommer og vinter.

5.5.5 Temperatur for dager med og uten nedbør

Kapittel 5.3.2 viser tydelig at det er en forskjell i temperatur forskjell for våte og tørre dager, om sommeren er temperaturen lavere på nedbørsdager og om vinteren er temperaturen høyere på nedbørsdager. Her undersøkes det om forskjellige sirkulasjonstyper kan vise en forskjell i temperatur for våte og tørre dager.

Tabell 14 viser hvor mange typer som viser en signifikant forskjell mellom vertikal temperatur på våte og tørre dager, hvilke regioner som viser en signifikant korrelasjon mellom typenes midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter.

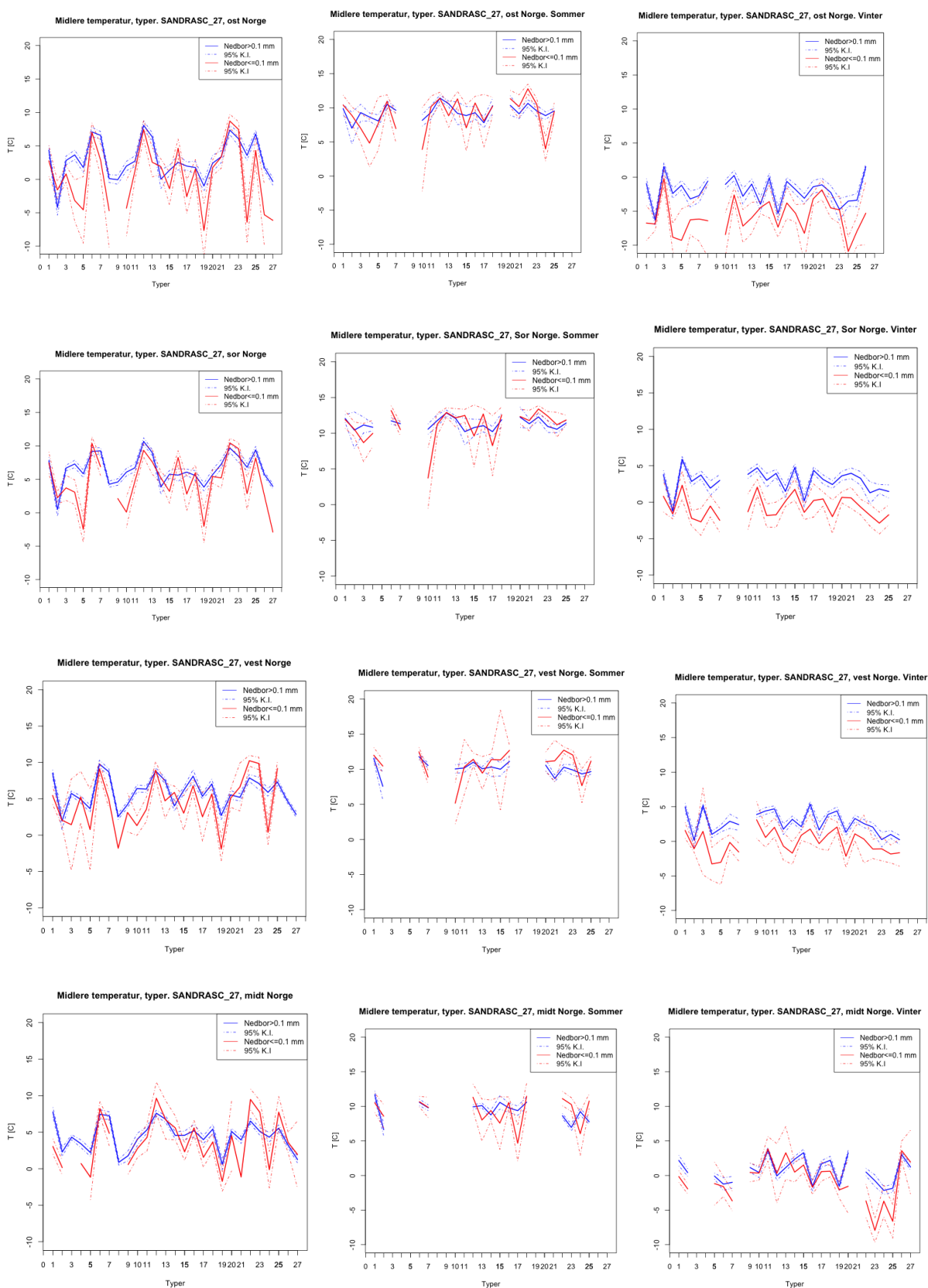
Tabell 14 viser hvor mange av typeklassifiserings typer som viser en signifikant forskjell mellom temperatur på våte og tørre dager. I parantes er det oppført totalt antall typer for typeklassifiseringen.

	Ost	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	17 (27)	20 (27)	17 (27)	14 (27)
sommer	5 (27)	6 (27)	8 (27)	4 (28)
vinter	19 (27)	22 (27)	17 (27)	13 (28)
WCTC	1 (8)	3 (8)	4 (8)	3 (8)
sommer	3 (8)	4 (8)	5 (8)	1 (8)
vinter	7 (8)	7 (8)	6 (8)	4 (8)
SOM temporal	5 (17)	5 (17)	2 (17)	2 (17)
sommer	2 (17)	5 (17)	4 (17)	1 (17)
vinter	3 (17)	6 (17)	4 (17)	2 (17)

SANDRASC_27 har typer som viser en signifikant forskjell i temperatur for våte og tørre dager i Sør og Øst om vinteren. WCTC har flest typer om vinteren i Øst og Sør, SOM skiller best mellom temperatur for våte og tørre dager i Sør.

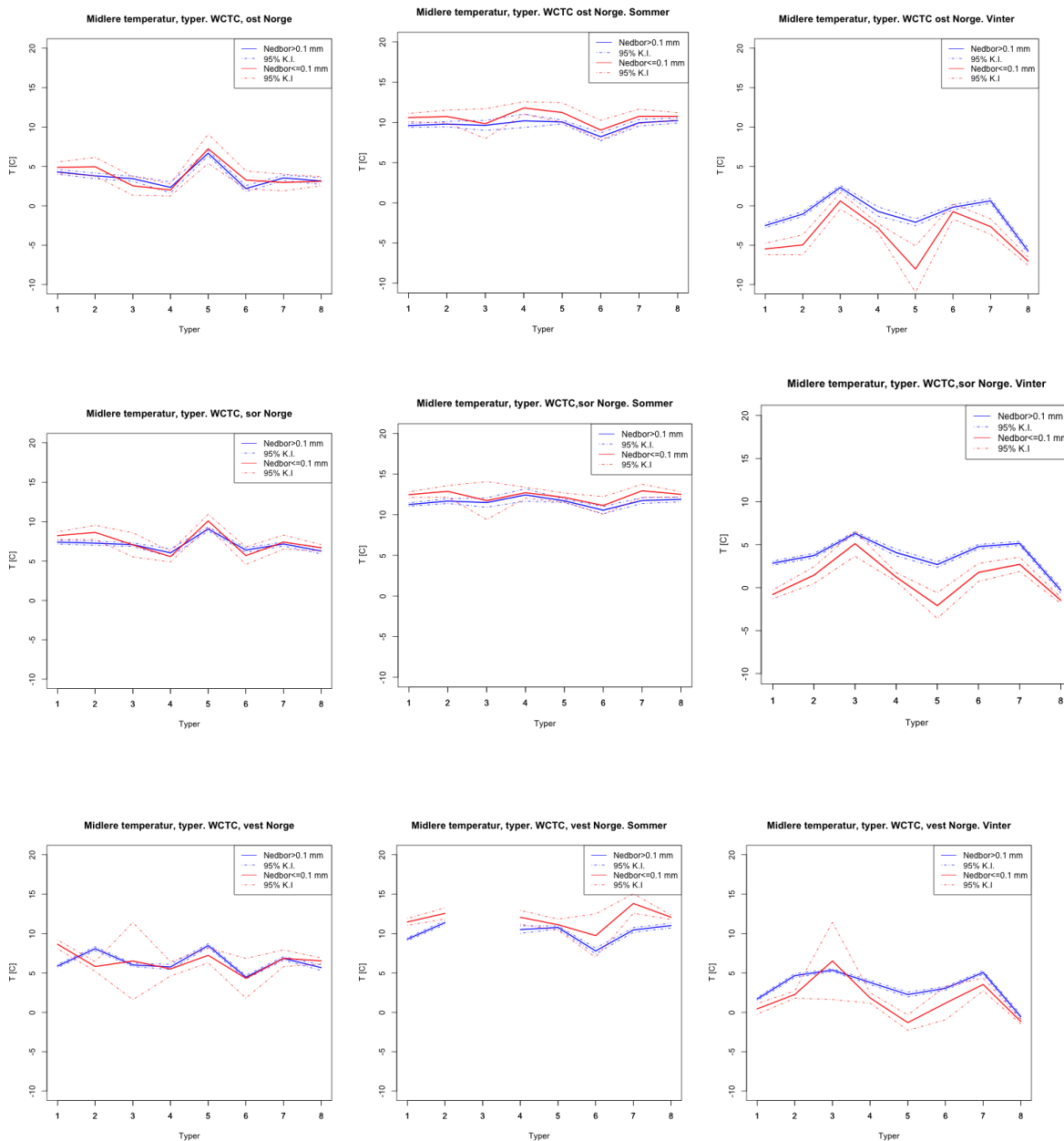
Det er en tydelig forskjell mellom sesong, hvor både SANDRASC_27 og WCTC har mange typer av totalt antall typer med en signifikant forskjell i temperaturen for våte og tørre dager. SOM har få typer som viser en signifikant forskjell mellom temeperatur på våte og tørre dager.

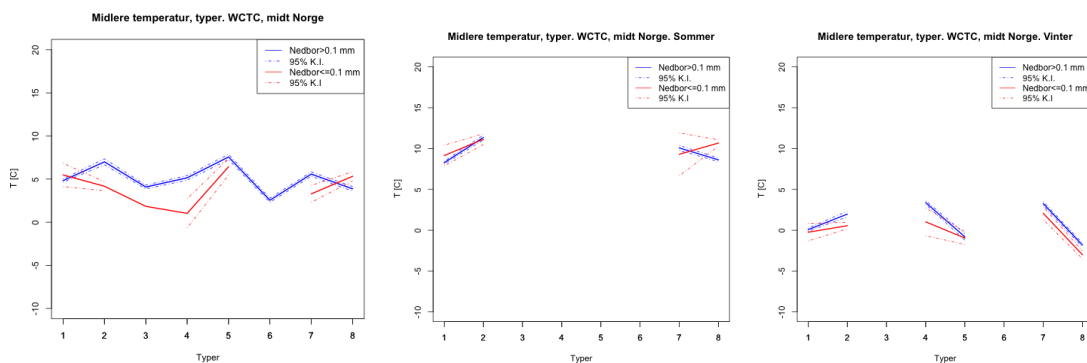
De neste figurene viser plott av månedlige vertikale temperaturgradienter for dager med og uten nedbør.



Figur 43 Midlere temperatur for dager med og uten nedbør for hver type til SANDRASC_27. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

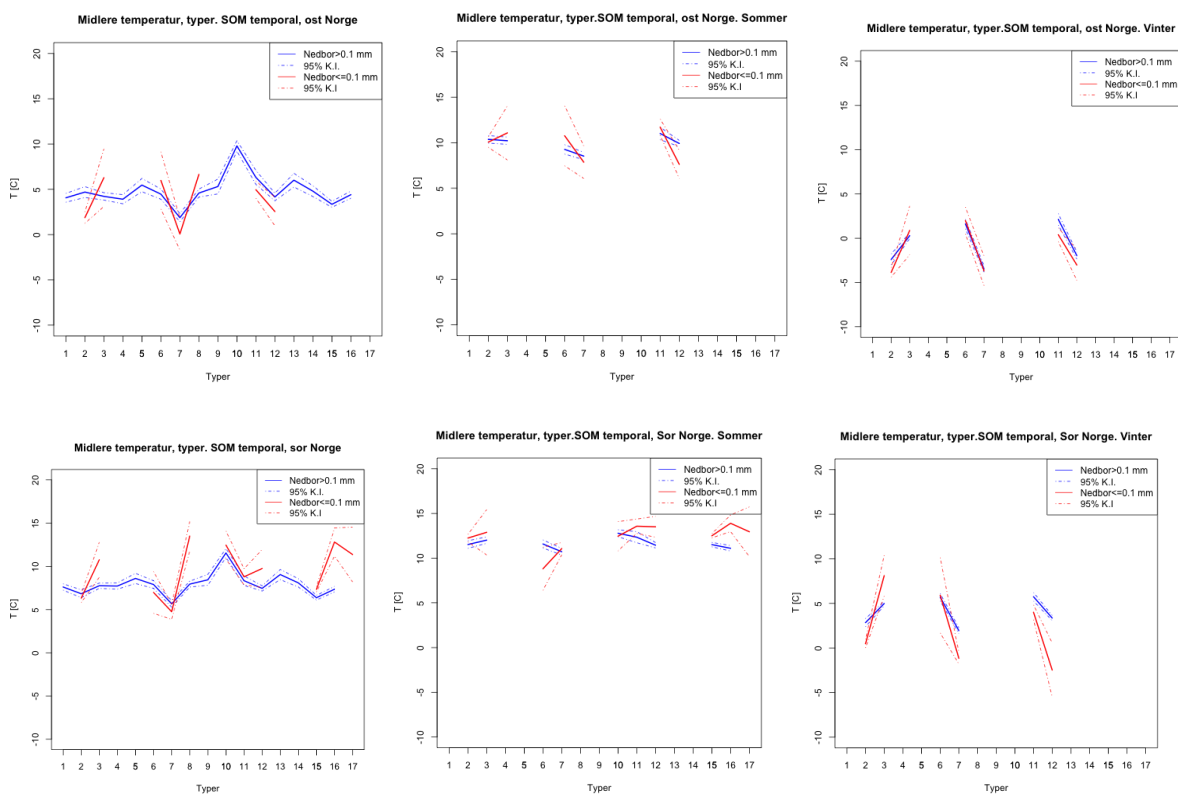
SANDRASC_27 viser at midlere temperatur for typene er høyere for nedbørsdager om vinteren, Midt viser minst forskjell i temperaturverdier. Blanke områder viser at typene ikke har noen målinger.

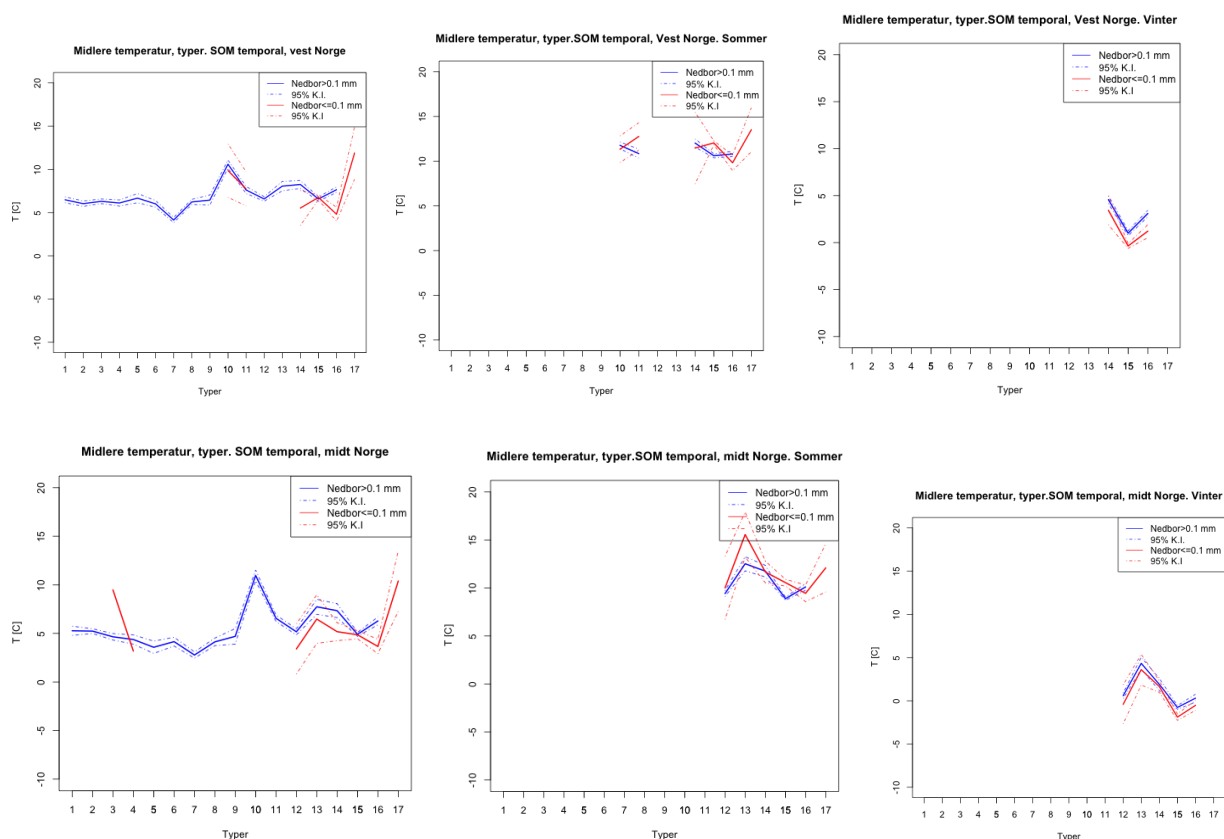




Figur 44 Midlere temperatur for dager med og uten nedbør for hver type til WCTC. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

WCTC viser at temperaturen er høyere på nedbørsdager om vinteren, sommeren viser liten forskjell i temperatur for nedbørsdager og tørre dager.





Figur 45 Midlere temperatur for dager med og uten nedbør for hver type til SOM temporal. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

SOM temporal viser ingen klare mønster ut fra disse plottene, det er svært mange typer som ikke har noen målinger og derfor ikke plottes.

5.5.6 Midlere høydegradienter for temperatur og nedbør

Midlere høydegradienter for temperatur og nedbør er beregnet for hver type til hver klassifisering. Disse plottes i et Spredningsplott (scatterplot), for å undersøke om type klassifiseringen viser en sammenheng mellom endringer for temperatur og nedbør med høyden. Tabellen under viser hvor bra hver typeklassifisering viser en samvariasjon mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter.

Tabell 15 viser hvor mange typer (av totalt antall typer gitt i parentes) hvor det er en signifikant korrelasjon mellom høydegradienter for temperatur og nedbør.

	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	4 (27)	4 (27)	6 (27)	11 (27)
sommer	5 (27)	3 (27)	4 (27)	10 (27)
vinter	9 (27)	7 (27)	4 (27)	6 (27)
WCTC	5 (8)	3 (8)	4 (8)	6 (8)
Sommer	3 (8)	0 (8)	2 (8)	3 (8)
Vinter	7 (8)	4 (8)	4 (8)	4 (8)
SOM temporal	3 (17)	8 (17)	5 (17)	12 (17)
Sommer	4 (17)	2 (17)	3 (17)	7 (17)
Vinter	5 (17)	4 (17)	4 (17)	7 (17)

De beste resultatene er når det er flest typer som viser en signifikant linær sammenheng mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter.

Alle typeklassifiseringene får best resultat i Midt, og har flere typer som viser en signifikant korrelasjon mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter om vinteren sammenlignet med sommeren.

Tabell 16 Tabellen viser hvilke regioner som har en signifikant korrelasjon mellom typenes midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter. Kolonner f.v.: Øst, Sør, Vest, Nord. Rader fra toppen: SANDRASC_27 (hele året, sommer, vinter), WCTC (hele året, sommer, vinter), SOM temporal (Hele året, sommer, vinter).

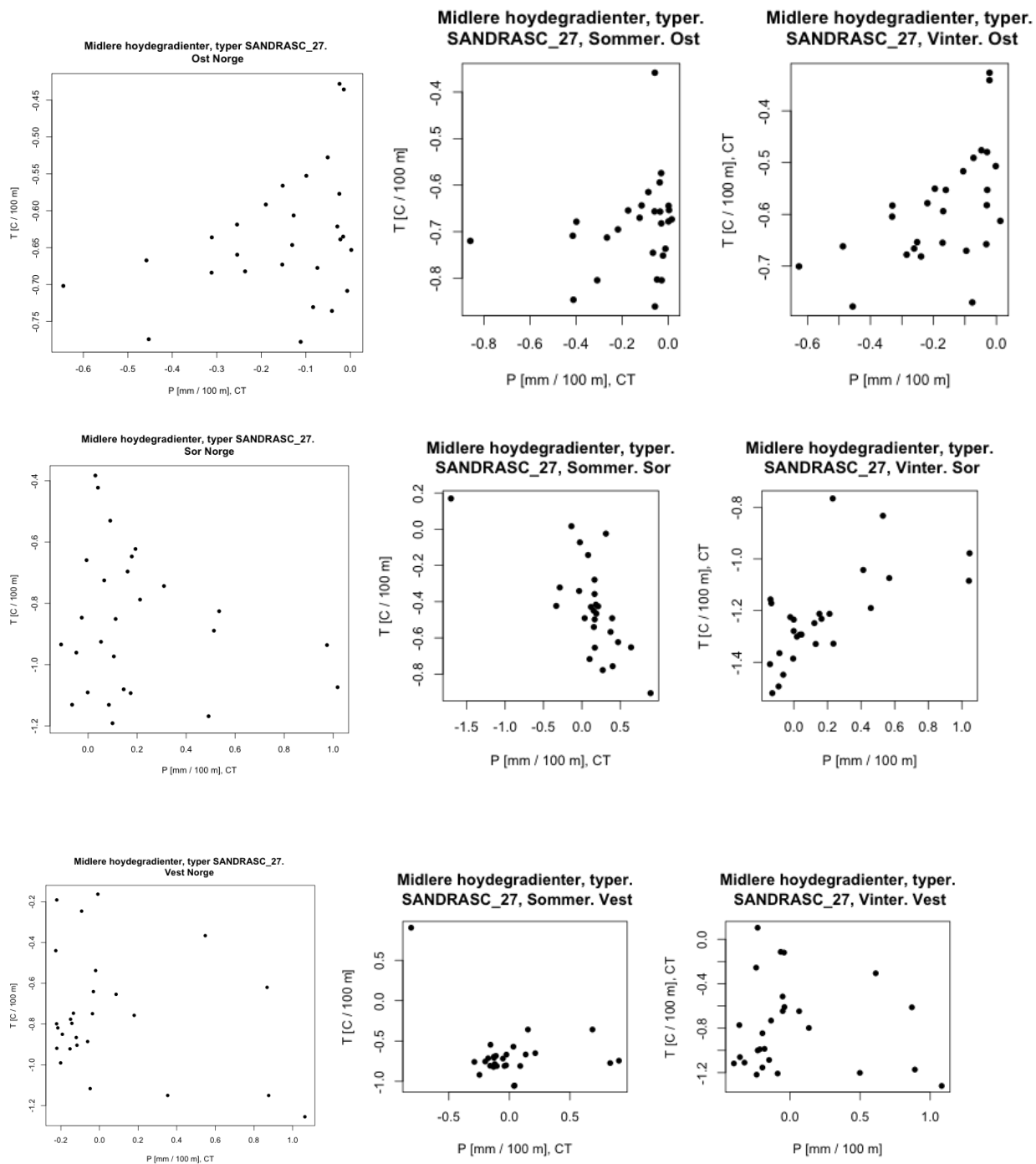
	Øst	Sør	Vest	Midt
SANDRASC_27	0.37 (0.060)	-0.18 (0.37)	-0.26 (0.182)	0.074 (0.71)
		-0.68		
sommer	0.23 (0.265)	(0.0001)	-0.32 (0.101)	-0.05 (0.79)
Vinter	0.56 (0.003)	0.63 (0.0004)	-0.09 (0.64)	-0.57 (0.002)
WCTC	0.34 (0.42)	0.05 (0.91)	-0.0007 (0.998)	-0.29 (0.49)
sommer	-0.25 (0.56)	-0.86 (0.007)	-0.39 (0.34)	-0.27 (0.53)
Vinter	0.55 (0.15)	0.82 (0.013)	0.15 (0.72)	-0.74 (0.035)
SOM temporal	0.31 (0.25)	0.27 (0.31)	-0.72 (0.002)	-0.79 (0.0003)
sommer	-0.24 (0.36)	-0.34 (0.20)	-0.69 (0.003)	-0.39 (0.13)
Vinter	0.50 (0.05)	0.58 (0.02)	-0.57 (0.02)	-0.71 (0.002)

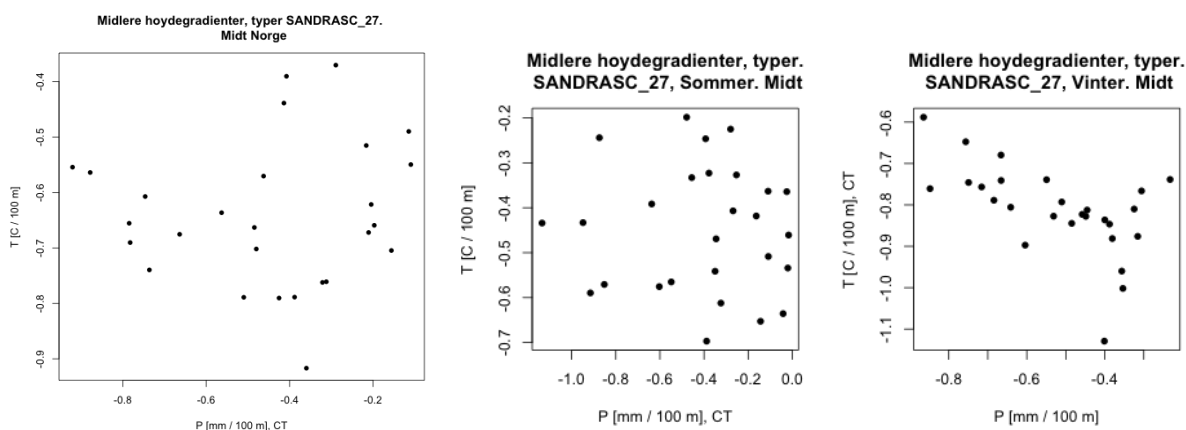
De regionene som viser typeklassifisering viser en signifikant korrelasjon mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter:

SANDRASC_27 viser en sammenheng om vinteren i Øst, Sør og Midt, og sommeren i Sør.

WCTC viser en sammenheng om vinteren i Sør og Midt, og sommeren i Sør. SOM temporal viser en sammenheng om vinteren i alle regioner utenom Øst. SOM temporal viser i tillegg en sammenheng hele året i Vest og Midt, og om sommeren i Vest.

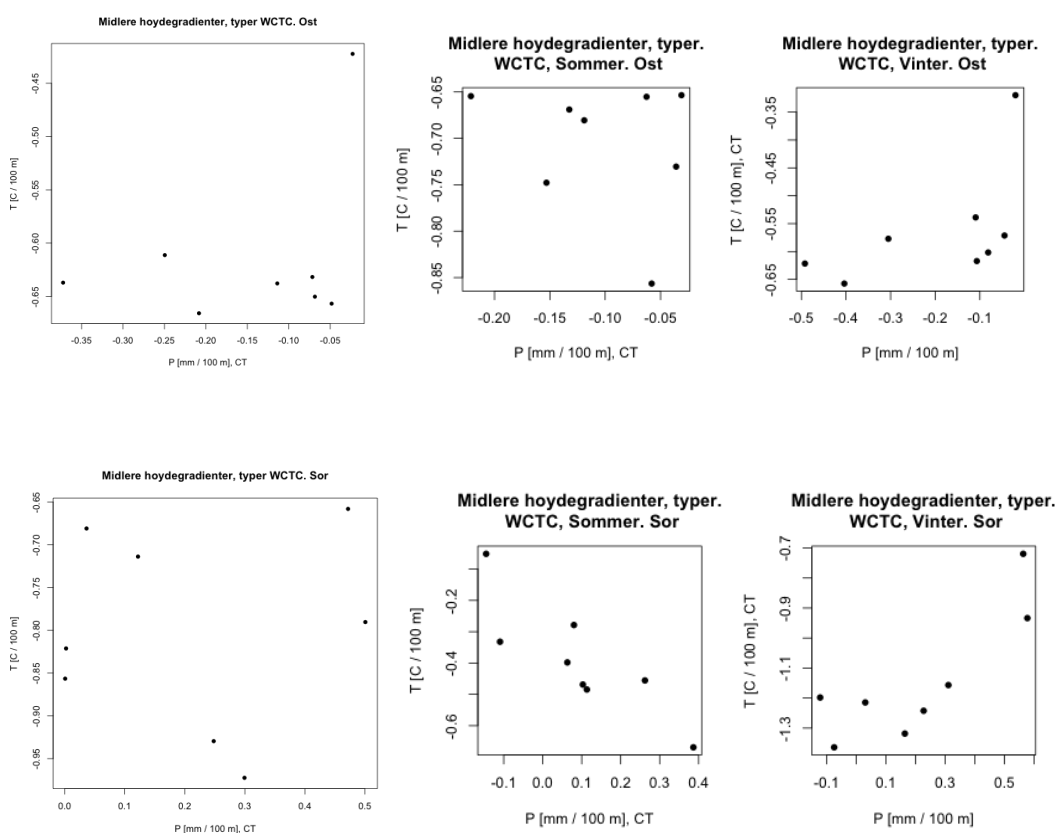
Figur 46 viser spredningsplott av midlere temperatur og nedbør for hver type til SANDRASC_27, temperatur og nedbøren er midlet over år, sommer og vinter. Figur 47 viser det samme for WCTC og Figur 48 viser resultatene for SOM temporal.

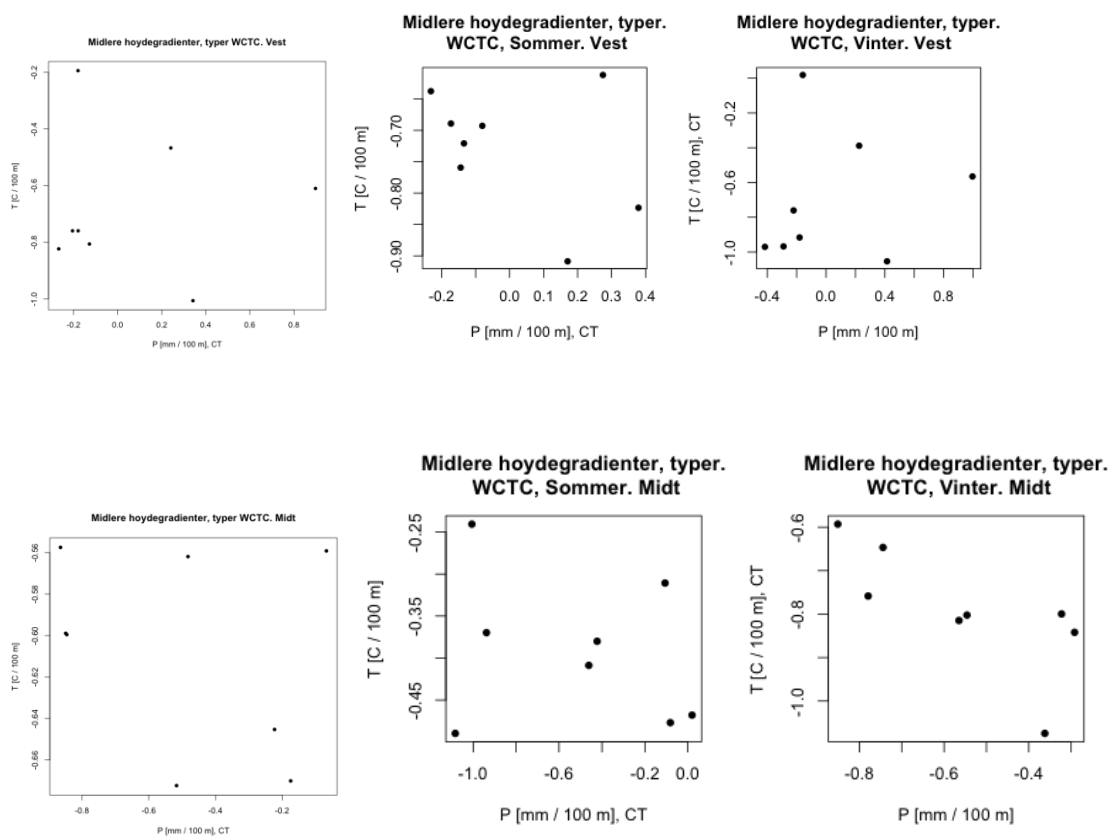




Figur 46 Midlere vertikal temperaturgradient for hver type versus midlere vertikal nedbørgradient for hver type, beregnet for SANDRASC_27. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

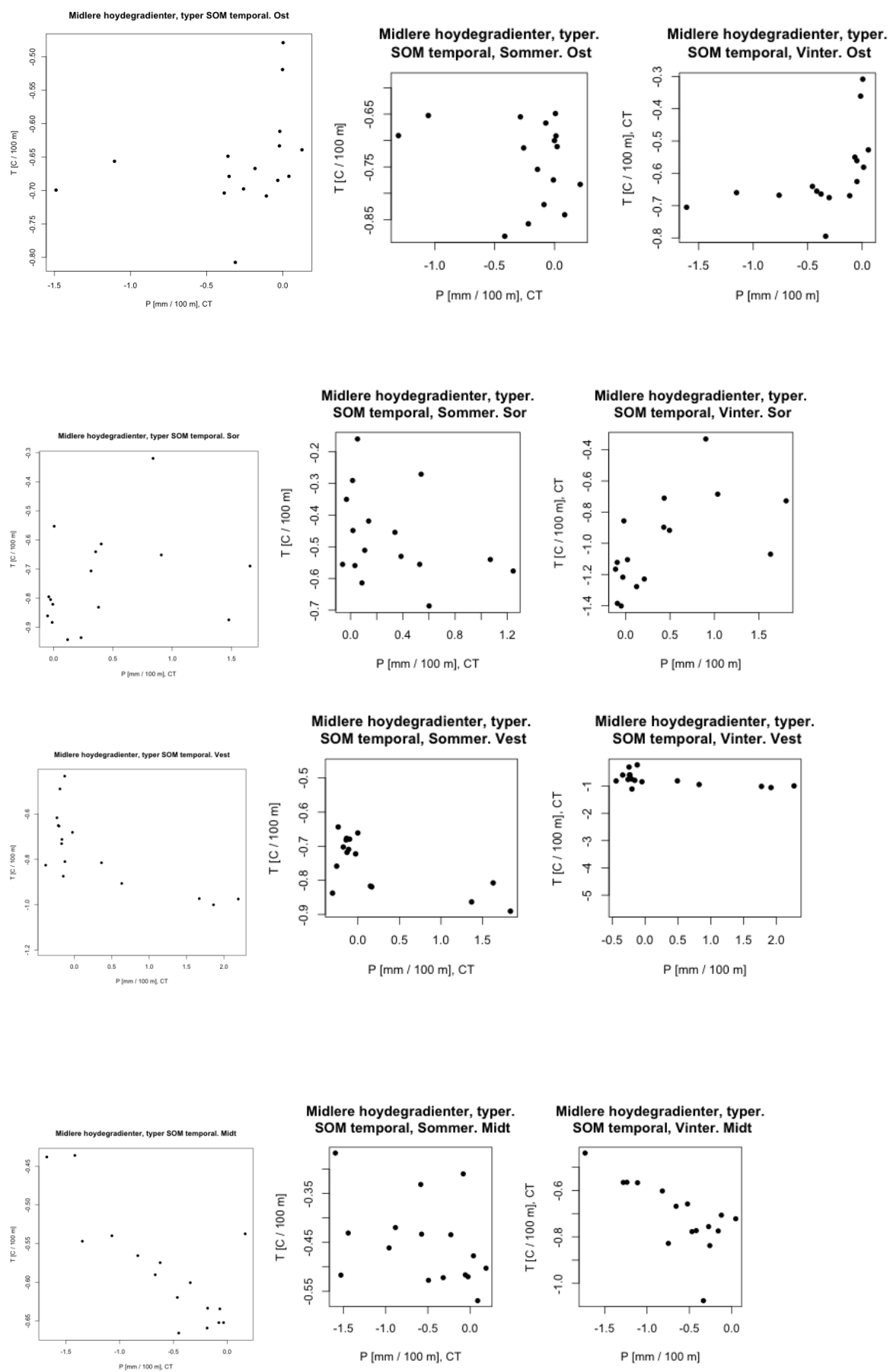
Det viser en god korrelasjon mellom typenes midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter i Sør.





Figur 47 Midlere vertikal temperaturgradient for hver type versus midlere vertikal nedbørgradient for hver type, beregnet for WCTC. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

WCTC viser en korrelasjon mellom typenes midlere høydegradienter i Sør.



Figur 48 Midlere vertikal temperaturgradient for hver type versus midlere vertikal nedbørgradient for hver type, beregnet for SOM temporal. Rader fra øverst: Øst, Sør, Vest, Midt. Kolonner fra venstre: Hele året, sommer, vinter.

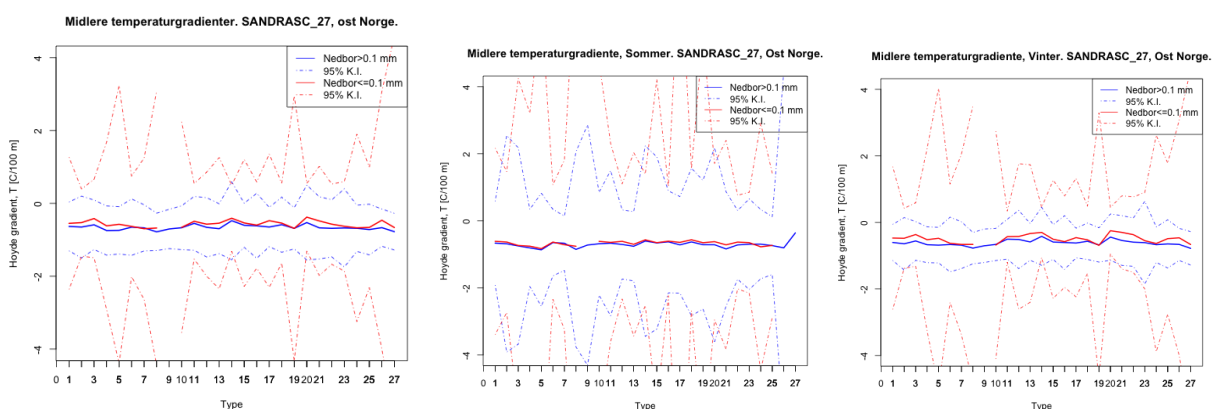
SOM temporal viser en lineær sammenheng mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter om vinteren i Sør.

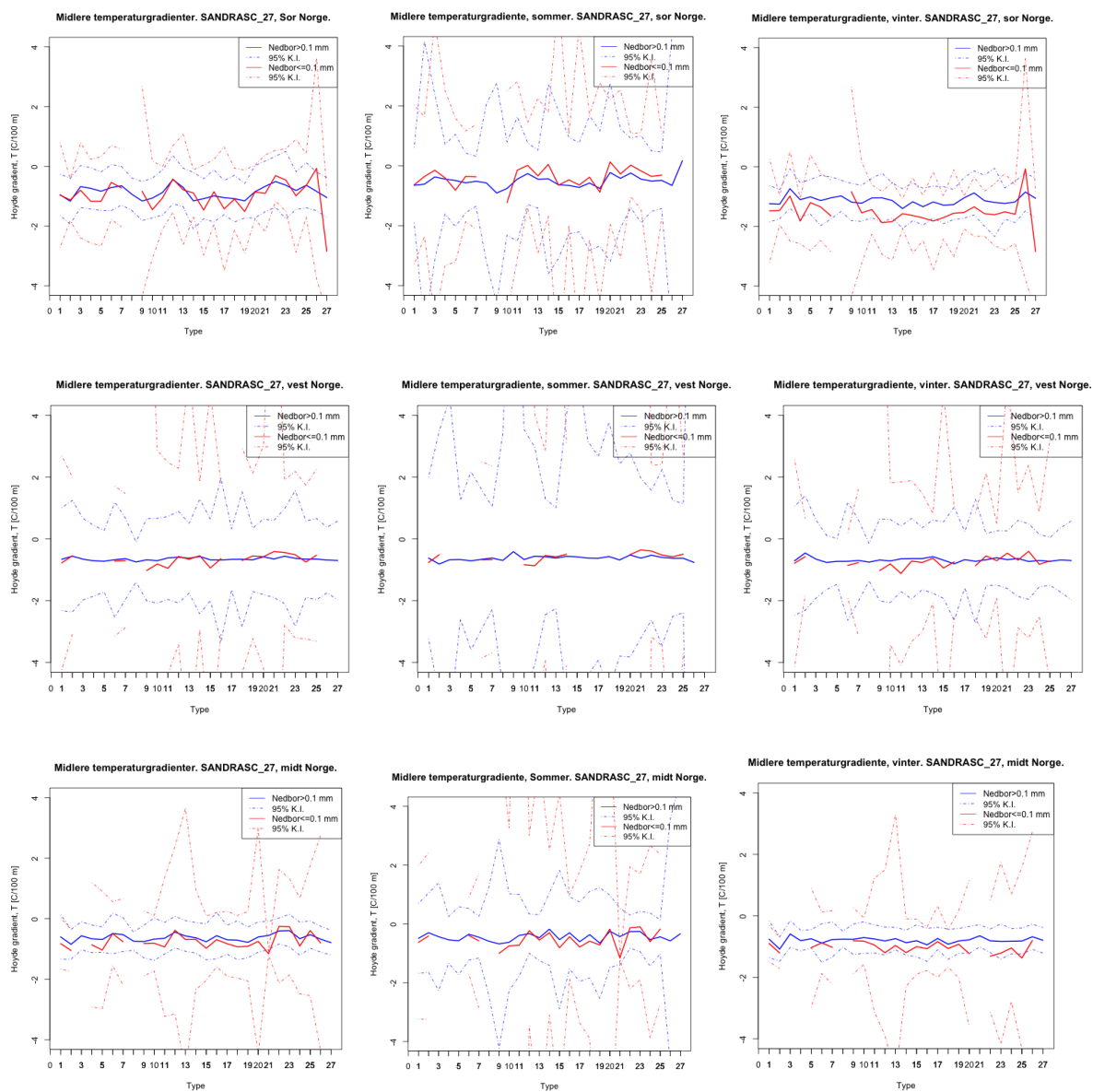
5.5.7 Høydegradienter for temperatur, våte og tørre dager

Kapittel 3.2.1 forklarer hvordan midlere høydegradient for hver måned og dens standardfeil er beregnet, samme fremgangsmåte er brukt for å beregne midlere høydegradienter for typeklassifiseringenes typer.

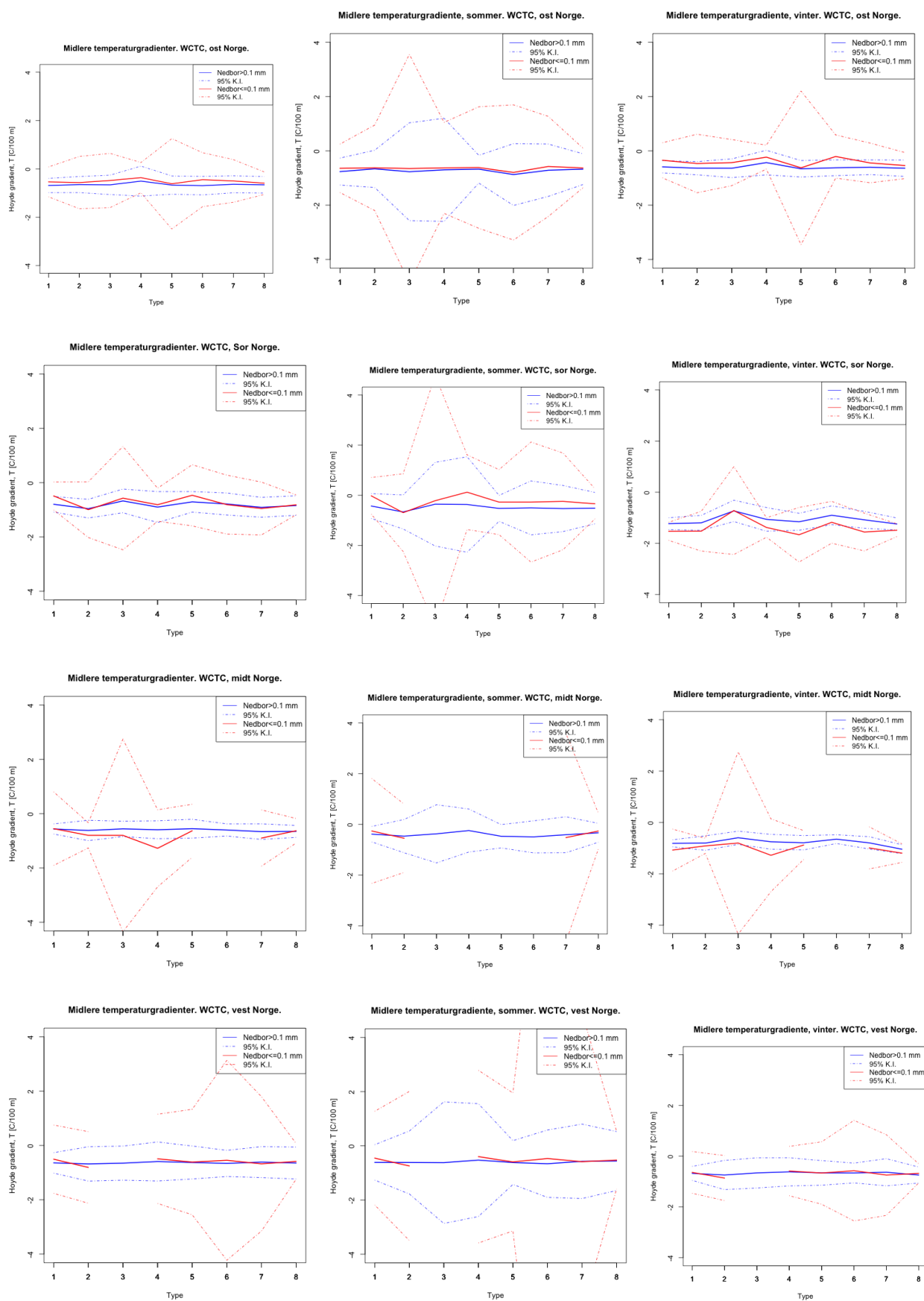
For å undersøke om det er en signifikant forskjell i vertikal temperaturgradient for dager med nedbør og dager uten nedbør, er det blitt brukt en t-test (kapittel 3.2.3). Resultatet ble at ingen av typene til typeklassifiseringene viste en signifikant forskjell mellom vertikale temperaturgradient for våte og tørre dager. Tabellen er derfor ikke inkludert.

Figurene under viser midlere verdier for vertikale temperaturgradienter for hver type.

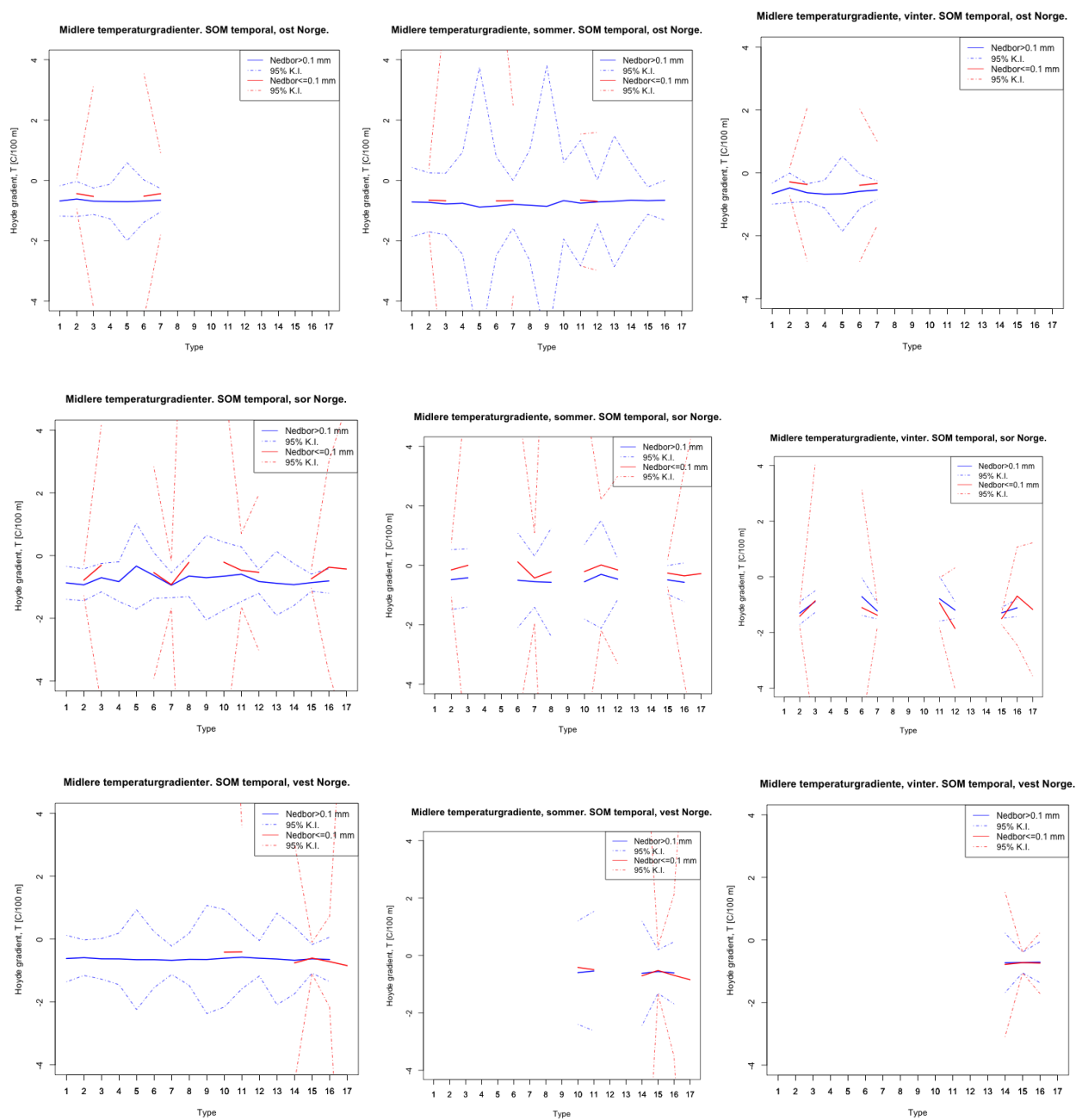


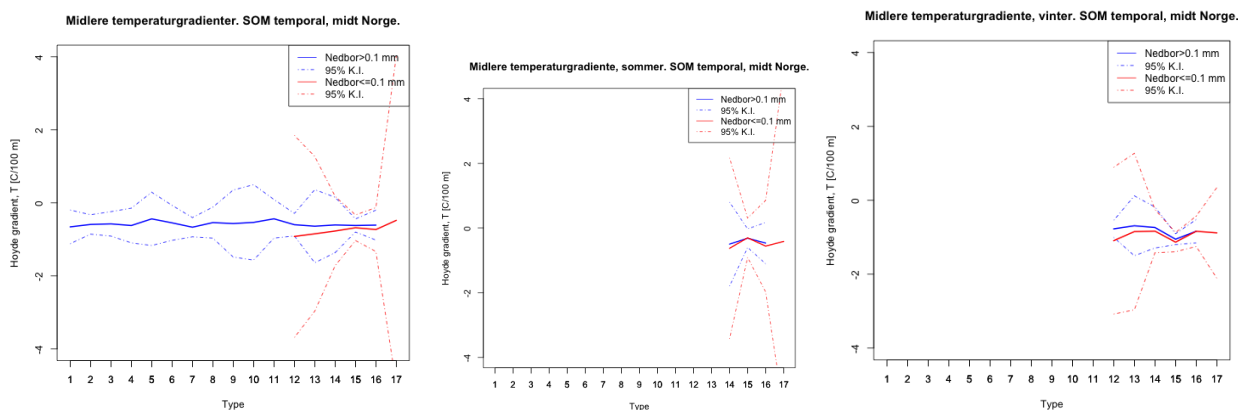


Figur 49 Vertikale temperaturgradienter for våte og tørre dager, SANDRASC_27.



Figur 50 Vertikale temperaturgradienter for våte og tørre dager WCTC





Figur 51 Vertikale temperaturgradienter for våte og tørre dager, SOM temporal

Der hvor det mangler verdier for typene betyr at det ikke er noen nedbørsdager innad for disse typene. SANDRASC_27 og WCTC viser en klar endring i den vertikale temperaturgradienten for våte og tørre dager. SANDRAS_27 viser at gradienten er brattere om vinteren i Sør og Midt Norge, og for våte dager i Midt Norge. WCTC viser at temperaturen endres raskere med høyden om vinteren i Sør og Midt Norge, mens det motsatte er tilfellet for sommeren og vinter i Sør.

6 DISKUSJON

6.1 Regionsinndeling

I denne oppgaven er det brukt Selv- Organiserende kart til å *etablere homogene nedbørsregioner i Norge* (kapittel 3.1.1). Resultatet er fire homogene nedbørsregioner: Øst, Sør, Vest og Midt (Figur 17). Sammenlignet med Köppens klimasoner som primært er basert på temperatur (kapittel 2.2) ser vi at hver av nedbørsregionene dekker ulike klimasoner: Vest (kystklima), Sør (kyst- og innenlandsklima), Øst (innenlands- og alpint klima), Midt (kyst- og alpint klima). En viktig grunn til at det ble valgt å dele inn i fire regioner er at det i SOM-rutinen kan velges mellom 2,4,9,..., n^2 regioner. Dette fordi antall noder, i dette tilfellet antall regioner, defineres som et kvadratisk grid. De samme regionene skal benyttes for å beregne høydegradienter for temperatur og nedbør, det er derfor viktig at det er nok målestasjoner til å gjøre en lineær regresjon av temperatur/nedbør versus stasjonshøyde. For å sikre nok målestasjoner innen hver region bruker SOM regional et 2×2 grid (Lepioufle et al. Under arbeid). Tidligere studier har vist at SOM er en god metode for regionalisering: Lin og Chen (2006) sammenlignet regionalisering av nedbørsregioner i Taiwan ved bruk av SOM, de konkluderer med at SOM er en mer robust metode enn tradisjonelle grupperingsmetoder.

Hanssen-Bauer og Førland (2000) brukte temperatur- og nedbørsregioner definert i tidligere arbeid. I arbeidet deres brukte de 6 regioner for temperatur i Norge (Vest, Øst, Trøndelag, Nordland og Troms, Finnmark utgjør to regioner), mens det ble brukt 13 homogene regioner for nedbør (tre regioner i Sørvest, tre regioner i Sørøst, tre regioner i Trøndelag, Nordland, Troms og to regioner i Finnmark). I denne oppgaven dekker regionene fra SOM regional større områder. Førland (1979) undersøkte nedbørens høydeavhengighet, hvor han gjorde analyser for områdene i Sør Norge (Vestlandet, Østlandet og oslofjorden). Tveito (2010) undersøkte hvilke av COST733s CTCer som forklarer nedbørsfordelingen i Norge, han brukte fire stasjoner for fire ulike klimaregioner i Sør-Norge: Vest, Øst, Midt og Sørlandet. Studiene til Førland (1979) og Tveito (2010) bygger opp under at regionene fra SOM regional presenterer ulike klimaregioner.

Figur 19 og Figur 20 viser at majoriteten av målestasjonene ligger under 500 moh, den skjeve høydefordelingen fører til at de lavereliggende stasjonene får stor vekt når høydegradienter skal beregnes. For å få høydegradienter som er pålitelige også for høyereliggende områder, har hver

region blitt delt i to basert på høyde over havet i denne oppgaven. Ut fra høydefordelingene til temperatur- og nedbørsstasjonene ble det besluttet å gjøre en høydeinndeling av målestasjonene ved 200 moh i denne oppgaven. Ulempen med denne tilnærmingen er at det blir målestasjoner data for estimering av høydegradienter, noe som kan føre til større estimeringsusikkerhet. Sør og Vest har henholdsvis fem og åtte målestasjoner over 200 moh, dette er under kriteriet for lineær regresjon og det blir ikke beregnet høydegradienter for temperatur i disse områdene.

6.2 Høydegradienter

Vertikale temperatur- og nedbørsgradienter er beregnet for hver region, det beregnes høydegradienter over året, sommer, vinter og måned. I tillegg undersøkes det om høydegradientene er ulikt for områder under 200 moh, og over 200 moh.

Midlere årlige høydegradienter for nedbør er negativ for alle områdene, utenom Sør (Figur 21). Nedbøren øker med høyden frem til to hundre meter, for målestasjoner over 200 moh avtar nedbøren med høyden (Figur 23). Bare Øst får en negativ vertikal nedbørsgradient for både lavere- og høyereliggende områder. Når det skilles mellom sommer og vinter er endringen i vertikal nedbørsgradient ulik for hver region når det beregnes for hele høydeintervallet. Stasjoner over 200 moh viser liten forskjell mellom sesongene. For lavereliggende stasjoner i Sør og Vest øker nedbøren mer med høyden om vinteren. Øst og Midt har en positiv vertikal nedbørsgradient om sommeren og en negativ vertikal nedbørsgradient om vinteren for lavereliggende områder. Det er få målestasjoner over 200 moh, dette fører til en større usikkerhet ved estimering av høydegradienter i dette området. Kapittel 4.1.1 nevner flere potensielle feilkilder ved nedbørsmålinger, blant annet at vind kan føre til en underestimert nedbør. Vind kan føre til at nedbøren blir underestimert med opp til 50% (Førland 1979). Vindhastigheten øker med høyden, og feilestimering grunnet vind vil derfor også øke med høyden.

Midlere årlige høydegradienter for temperatur får en negativ vertikal temperaturgradient som ligger mellom -0.60°C til $-0.8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ for hver region. Når det skilles mellom sesonger er den vertikale temperaturgradienten lavere om vinteren sammenlignet med sommeren i regionene Sør, Vest og Øst. Denne sesongforskjellen forsterkes for lavereliggende temperaturstasjoner. Lavereliggende målestasjoner ligger nærmere kysten og er sterkere influert av atmosfærisk

sirkulasjon, dette kan forklare at høydegradientene har en større forskjell mellom sesongene for lavereliggende målestasjoner.

Felles for begge overflatevariablene er at de endrer seg raskere med høyden for lavereliggende stasjoner om vinteren. Høyereliggende målestasjoner er ofte lokalisert lenger fra kysten (Figur 18), hvor luften er tørrere og mindre påvirket av luft- og havstrømmenes varmebidrag. Lavereliggende stasjoner er lokalisert nært kysten, og er mer påvirket av atmosfæriske sirkulasjoner. Dette kan også forklare at man ser en større sesongforskjell for lavereliggende områder, atmosfæriske sirkulasjoner er kraftigere om vinteren sammenlignet med sommeren. Flere studier viser de samme resultatene for vertikale temperatur- og nedbørsgradienter. Førland (1979) viste at nedbøren øker med høyden for stasjoner som er lokalisert 150 til 300 moh på Sørlandet, Vestlandet, Nordland og Troms/Finmark. Han viste også at nedbøren avtar med høyden for stasjoner over 300 moh og at nedbøren jevnt over øker med høyden på Østlandet. Tveito og Førland (1999) fant at korrelasjonen mellom normal temperatur, høyde og avstand til kysten viser en sesongvariasjon. Avstanden til kysten har en høy korrelasjon om vinteren og en lav korrelasjon om sommeren. I denne oppgaven kan dette tyde på at sesongvariasjonen styres mer av målestasjonenes avstand til kysten enn av målestasjonenes høydeforskjeller. Førland (1979) undersøkte den romlige endringen av nedbøren, ved å se på parameterne ”høyde” og ”avstand til kyst”. Han fant at høyden kan forklarte 30% av den vertikale nedbørsgradienten, mens en kombinasjon av høyde over havet og avstand til kystlinjen forklarte 88% av variansen av målt nedbørshøyde for de kystnære stasjonene og 62% for innenlands målestasjoner.

6.3 Samvariasjon mellom temperatur og nedbør

Det undersøkes om det er en signifikant korrelasjon mellom daglig temperatur og nedbør innenfor hver måned, og om det er en signifikant forskjell i temperatur og vertikal temperaturgradient for dager med og uten nedbør (kapittel 5.3). Dette skal gi kunnskap om *regionale samvariasjoner mellom temperatur og nedbør i Norge*.

Tabell 2 viser at hver region viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør hver måned, korrelasjonen er positiv om vinteren og negativ om sommeren. Trenberth og Shea (2005) viste en negativ korrelasjon mellom temperatur og nedbør om sommeren, og positiv om vinteren for nordlige breddegrader. Trenberth og Shea (2005) forklarer det med at tørre sommerdager har

mer solskinn og mindre nedkjøling av vanddamp, mens våte sommere er kaldere. Vinteren preges av en positiv korrelasjon, da varme og fuktige vestavinder fører til nedbør over kontinentet.

Om sommeren er midlere månedlig temperatur lavere for dager med nedbør, om vinteren er midlere månedlig temperatur høyere på dager med nedbør (Figur 32).

Få måneder og regioner viser en signifikant forskjell mellom vertikale temperaturgradienter for våte og tørre dager, de fleste tilfellene er for lavereliggende områder (Tabell 4). For hver gradientberegning er det en for stor standardfeil til at det kan gi en signifikant forskjell.

Konfidensintervallene blir bredere når målestasjonene deles inn for de som ligger over og under 200 moh, en inndeling av regionene gir færre målestasjoner for lineær regresjon og gir derfor en større usikkerhet.

6.4 Valg av sirkulasjonstypeklassifisering

CTC'er som representerer nedbøren best bruker midlere havnivåtrykk for å definere typer, de som representerer temperaturen best bruker geopotensiell høyde som parameter.

De statistiske metodene K-W (kapittel 2.10), ANOVA (kapittel 2.9), gjensidig informasjon (kapittel 2.11) og sirkulasjonstypenes nedbørfrekvens (kapittel 3.3.2) er brukt for å *utforske hvilke værtype- og/eller sirkulasjonstypeklassifiseringer som best representerer nedbør og temperatur i Norge.*

ANOVA og K-W sammenlignes, de to testene gir samme utfall for temperatur og ulikt resultat for nedbør. Dette er fordi temperatur er nærmere en normalfordeling enn nedbøren, K-W er en ikke-parametrisk test mens ANOVA forutsetter at datasettet er normalfordelt. ANOVA er likevel nyttig å bruke som en tilleggsanalyse. Dersom resultatene stemmer overens bygger ANOVA opp under resultatet fra K-W, dersom K-W og ANOVA får ulikt resultat favoriseres resultatene fra K-W.

Gjensidig informasjon plukker ut den CTC som gir mest informasjon om værtypeklassifiseringen SOM temporal. SOM temporal har gruppert nedbørsmønsteret i Norge, og den CTC som gir mest informasjon om SOM temporal representerer derfor storskala nedbørsmønster best. En svakhet ved K-W og ANOVA er at de ikke gir informasjon om hvorvidt det er stor variasjon mellom alle typene, eller om det bare er en én type som skiller seg ut.

Hvilke CTC som representerer nedbøren best varierer mellom regionene, og vi ser at nedbør har store variasjoner mellom regionene. Köppens klimasoner (Figur 1) viser at nedbørsmønsteret er ulikt for de ulike regionene, samtidig varierer topografien innad i hver region. Hver CTC får et bedre resultat i Sør og Vest for nedbøren og svakest resultat i Øst. CTCer som nytter Optimaliserings algoritmer (OPT) kommer jevnt over best ut, Øst skiller seg ut ved at det ikke er en klar metode som kommer bedre ut enn andre. Dette kan tyde på at områder som er mer influert av atmosfæriske sirkulasjoner blir best representert av CTCer som er basert på OPT algoritmer. Alle regioner får best resultat for CTCer med mer enn 26 typer. Det samme resultatet ser man ikke for nedbørfrekvensen, hvor standardfeilen blir størst for de CTCene med få typer.

Temperaturen varierer mindre mellom regionene og lokalt sammenlignet med nedbøren. CTCene representerer temperaturen jevnt over like bra for alle regioner, mens vi ser at CTCene representerer temperaturen i Midt- Norge noe bedre enn for resten av regionene. SANDRAS representerer temperaturen best i alle regionene, NNW får også gode resultat. CTCer basert på OPT oppnår best resultat, også CTCer basert på ledende algoritmer (LDR) representerer temperaturen bra i alle regionene. De CTCer som kommer best ut for temperatur er de med 27 til 30 sirkulasjonstyper.

Huth (2010) evaluerer hvor bra COST733s CTCer kan skille mellom daglige maksimum- og minimumstemperaturer i Europa. SANDRAS og LAMB kommer bra ut både for sommer og vinter i Europa. Tveito (2010) undersøker hvilke CTCer fra COST733 som representerer nedbør best i Norge. Han konkluderer med at CTCer gir best resultat for målestasjonen i Vest- Norge, og at CTCer med 27 til 30 typer får best resultat. Schiemann og Frei (2010) viser at CTCers evne til å skille mellom nedbøren avhenger av sesong, antall sirkulasjonstyper og lokalisering.

Basert på resultatene er det SANDRASC_27 som jevnt over får best resultat for nedbør, og SANDRAS for temperatur. Etersom nedbør varierer mer enn temperatur, er det valgt å bruke den CTCen som representerer nedbør best. SANDRASC_27 er brukt for videre evalueringer.

6.5 Evaluering av klassifiseringer

Tre ulike typeklassifiseringer har blitt evaluert. Sirkulasjonstypeklassifiseringen (SANDRASC_27), en hybrid klassifisering (WCTC) og en værtypeklassifisering (SOM temporal). SANDRASC_27 har 27 sirkulasjonstyper, WCTC har 8 hybride typer og SOM

temporal har 17 nedbørstyper. Målet er å finne hvilke værtype og/eller sirkulasjonstypeklassifisering som forklarer best variasjoner i nedbør og temperatur og deres høydegradienter innenfor flere klimaregioner i Norge.

Temperatur og nedbør

Alle typeklassifiseringene representerer nedbøren best i områdene Sør og Vest, SOM temporal representerer nedbøren best av de tre typeklassifiseringene i alle regionene. Hver typeklassifisering representerer nedbør best i de regionene hvor den skiller best mellom våte og tørre dager.

Målestasjonene til Sør og Vest ligger langs kysten, mens Midt og Øst i tillegg har flere målestasjoner innenlands. Hver typeklassifisering får svake resultater for nedbøren i Øst, dette kan forklares med at overflateklimaet i Øst er mindre influert av storskala sirkulasjoner sammenlignet med regionene langs Vestkysten. SOM temporal representerer også nedbøren best i Sør og Vest, og svakest i Øst. Dette viser at nedbørmønsteret langs vestkysten illustrerer et typisk nedbørmønster i resten av Norge, mens Øst har et mer nedbørmønster som skiller seg fra resten av landet.

Tabell 10 viser at SANDRASC_27 representerer regional temperatur best av de tre typeklassifiseringene i alle regionene, med best resultat i Vest. WCTC gir noe bedre resultat for temperaturen, sammenlignet med SOM temporal. Både SANDRASC_27 og WCTC har brukt henholdsvis midlere havnivåtrykk og geopotensiell høyde som parameter ved gruppering av typer. Temperaturen er jevnt over best representert ved typeklassifiseringer basert på atmosfæriske sirkulasjoner. WCTC og SOM temporal får best resultat for temperaturen i Midt, og dette kan tyde på at temperaturen i Midt er mer influert av lokale prosesser enn atmosfæriske sirkulasjoner. Figur 24 viser at vertikale temperatur- og nedbørgradienter har en nesten homogen variasjon i Midt. Dette indikerer at temperaturen og nedbøren er mer styrt av konvekative prosesser, enn av atmosfæriske sirkulasjoner i region Midt.

Jevnt over gir alle tre typeklassifiseringene best resultat for nedbør i områdene Sør og Vest, mens Midt og Øst får et svakere resultat. Sirkulasjonstypeklassifiseringer oppnår best resultat for temperaturen i de regionene som er influert av atmosfæriske sirkulasjoner, mens værtype- og hybride typeklassifiseringer får best resultat for temperaturen i de regionene hvor temperatur og nedbør varierer homogent. Figur 37 viser at SANDRASC_27 har størst variasjon mellom typene for vertikale temperatur- og nedbørsgradienter. SOM temporal har noen typer som skiller seg mye ut sammenlignet med resten.

Schiemann og Frei (2010) viste at CTCene får bedre resultat for nedbøren om vinteren da nedbøren er drevet av storskala sirkulasjoner, enn ved resten av året da nedbøren stort sett styres av konvektive prosesser som ikke fanges opp av CTCer. I dette tilfellet forklarer dette at SANDRASC_27 og WCTC får best resultat i Sør og Vest hvor storskala sirkulasjoner har en sterkere innflytelse på lokalt klima enn for områdene Midt og Øst hvor store deler av målestasjonene er plassert innenlands. Lawrence et al. (2013) fant at WCTC representerer ekstremnedbør bedre langs Vestkysten av Norge sammenlignet med innenlands lokalisasjoner. Dette stemmer også overens med resultatet i denne oppgaven.

Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør

Typeklassifiseringenes evne til å beskrive en samvariasjon mellom temperatur og nedbør i Norge, er undersøkt på tre måter: i) Korrelasjon mellom typenes midlere temperatur og typenes midlere nedbør, ii) for hver type er det undersøkt om det er en korrelasjon mellom daglige temperatur- og nedbørsverdier, iii) det er undersøkt om typene til hver typeklassifisering viser en signifikant forskjell i temperaturen for dager med og uten nedbør. i), ii) og iii) er også beregnet for vertikale temperatur- og nedbørsgradienter.

Alle typeklassifiseringer har flere typer som viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren, sammenlignet med sommeren (Tabell 12). SANDRASC_27 og WCTC har størst andel typer som viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør, det er også disse typeklassifiseringene som viser en størst forskjell mellom årstider i alle regionene.

Korrelasjonen mellom typenes midlere temperatur og nedbør for hele året er tydeligst i de samme regionene hvor typeklassifiseringene representerer temperaturen best. Korrelasjonen mellom typenes midlere temperatur og nedbør for sesonger får gode resultater i regioner hvor temperaturen og nedbøren er bra representert. Korrelasjon mellom temperatur og nedbør er tydeligst mellom temperatur og nedbør om sommeren i den regionen som representerer temperaturen best, og vinteren for de regionene hvor nedbør er best representert.

Typeklassifiseringene viser en tydeligst signifikant forskjell mellom typenes midlere temperatur for våte og tørre dager i de regionene hvor de skiller best mellom våte og tørre dager. Dette gjelder også for høydegradienter. SANDRASC_27 og WCTC har flest typer som viser en signifikant forskjell mellom temperatur på våte og tørre dager, med best resultat i Sør. SOM temporal viser

det svakeste resultatet, dette er et resultat av at SOM temporal representerer regionale temperaturvariasjoner dårligere. Typeklassifiseringene basert på atmosfærisk sirkulasjon har flere typer med signifikant samvariasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren, sammenlignet med sommeren. Sesongforskjellen er ikke like tydelig for SOM temporal. Figur 43,44 og 45 viser at SOM temporal har flere typer hvor det ikke er beregnet en verdi for temperatur, dette betyr at det ikke ligger noen dager innunder disse typene. Trenberth og Shea (2005) forklarer at det er en positiv korrelasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren på grunn av fuktige vestavinder som sendes inn over kontinentet på denne årstiden. Dette forklarer at SANDRASC_27 og WCTC som er basert på atmosfæriske trykkforskjeller, skiller best mellom temperatur for dager med og uten nedbør sammenlignet med SOM temporal. Det forklarer også at hver typeklassifisering skiller best mellom temperatur på våte og tørre dager om vinteren.

Alle typeklassifiseringene har flere typer som viser en signifikant forskjell mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter om vinteren sammenlignet med sommeren (Tabell 14). Forskjellen mellom regionene er liten. Midlere temperatur- og nedbørsgradienter for hver type viser en signifikant korrelasjon i Sør for SANDRASC_27 og WCTC, og Vest og Midt for SOM temporal. SOM temporal viser en signifikant korrelasjon mellom midlere vertikale temperatur- og nedbørsgradienter for typene om vinteren i alle regioner.

Ingen av typene til typeklassifiseringene viser en signifikant forskjell i temperaturgradienten for dager med og uten nedbør. Ved å studere plottene ser man at det er minst variasjon for temperaturgradienten om vinteren, og man kan også se at temperaturgradienten for tørre dager er lavere enn for våte dager om vinteren for SANDRASC_27. Det er viktig å merke seg at denne forskjellen ikke er signifikant.

7 Konklusjon

I denne oppgaven har jeg analysert høydegradienter og samvariasjonen mellom temperatur og nedbør i Norge, samt sett på hvorvidt typeklassifiseringer kan beskrive denne sammenhengen. Høydegradientene er undersøkt for ulike regioner og høydesoner i Norge. SOM regional har brukt Selv- Organiserende Kart (SOM) til å gruppere daglige nedbørsmønstre i Norge, resultatet er fire homogene nedbørsregioner. Disse regionene brukes for videre analyser av temperatur og nedbør. Høydesonene er valgt basert på høydefordelingen til målestasjonene innenfor hver region. Det ble undersøkt hvilken sirkulasjonstypeklassifisering (CTC) fra Cost-databasen som representerer temperatur- og nedbørsvariasjoner best innenfor hver region, SANDRASC_27 fikk best resultat for nedbøren. Denne ble sammen med en hybrid klassifisering (WCTC) og en værtypeklassifisering (SOM temporal) brukt for videre evalueringer. SOM temporal har brukt SOM til å gruppere daglige nedbørsmønstre i Norge, resultatet er 17 ulike nedbørstyper. De tre typeklassifiseringene ble evaluert ved å undersøke hvor bra typeklassifiseringene skiller på nedbør, temperatur og deres høydegradienter. Det er i tillegg undersøkt hvor bra typeklassifiseringene beskriver samvariasjoner mellom nedbør og temperatur og deres høydegradienter.

Oppsummering av hovedfunn:

- Homogene regioner etablert av SOM regional gir regioner som representerer ulike klimaregioner i Norge.
- Temperaturen minker mer med høyden for lavereliggende områder sammenlignet med høyereliggende områder. Sesongforskjeller er i tillegg mest tydelig for områder under 200 moh for vertikale temperaturgradienter. Nedbøren øker med høyden frem til 200 moh, nedbøren avtar for områder over 200 moh. Sesongforskjeller for vertikale nedbørsgradienter er tydeligst i lavereliggende områder, Vest har størst sesongforskjell hvor nedbøren øker mer med høyden om vinteren sammenlignet med sommeren.
- Samvariasjonen mellom temperatur og nedbør er negativ om sommeren og positiv om vinteren. Alle måneder viser en signifikant samvariasjon mellom daglig temperatur og nedbør. Temperaturen er høyere på nedbørsdager sammenlignet med tørre dager om

vinteren, og lavere på nedbørsdager sammenlignet med tørre dager om sommeren. Alle regioner har 11 eller 12 måneder med en signifikant forskjell i temperatur på dager med nedbør sammenlignet med temperatur på tørre dager. Daglige vertikale temperatur- og nedbørsgradienter har et standardavvik tilknyttet hver gradientberegning. Få målestasjoner, spesielt for områder over 200 moh, gir store usikkerheter for midlere månedlige høydegradienter. Dette gjør at få måneder viser en signifikant forskjell mellom vertikale temperaturgradienter på nedbørsdager og vertikale temperaturgradienter for tørre dager.

- CTCer med 27 til 30 typer representerer regionale temperatur- og nedbørsvariasjoner best. Hvor bra CTCer representerer nedbøren har større variasjon mellom regionene sammenlignet med temperaturen. Nedbøren blir best representert i regioner med kystklima (Sør og Vest), temperaturen blir best representert i Midt.
- Evaluering av SANDRASC_27, WCTC og SOM temporal. Typeklassifiseringene er valgt på grunnlag av at man ønsker å undersøke en sirkulasjons,- hybrid,- og værtypeklassifisering. SANDRASC_27 er plukket ut som den CTC fra COST733 som representerer nedbøren i Norge best, WCTC har brukt nedbørsmønsteret i Norge og trykksituasjoner til å definere typene og SOM temporal definert typene ut fra nedbørsmønsteret i Norge.
 - Av de tre typeklassifiseringene som er evaluert representerer SOM temporal nedbørsvariasjonen i Norge best, SANDRASC_27 representerer temperaturvariasjoner i Norge best.
 - SANDRASC_27, WCTC og SOM temporal representerer nedbør best i regioner med kystklima (Sør og Vest). SANDRASC_27 forklarer temperaturvariasjonene best i Vest, WCTC og SOM temporal forklarer temperaturvariasjoner best i Midt.
 - Alle typeklassifiseringene har flest typer som viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør om vinteren, dette gjelder også for korrelasjonen mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter. SANDRASC_27 og WCTC viser en signifikant forskjell i temperatur på våte og tørre dager om vinteren, SOM temporal skiller dårlig mellom temperatur på våte og tørre dager.

- SANDRASC_27 og WCTC har flest typer som viser en signifikant korrelasjon mellom vertikale temperatur- og nedbørsgradienter, med best resultat om vinteren. SOM temporal har få typer som viser en signifikant korrelasjon mellom temperatur og nedbør. Ingen av typene til de tre typeklassifiseringene viser en signifikant forskjell mellom vertikale temperaturgradienter på våte og tørre dager.

Videre arbeid blir å inkludere resultater fra analysen i en interpolasjonsmodell og teste om de gir bedre prediksjoner i umålte felt. Videre arbeid knyttet til analyser av temperatur- og nedbørsgradienter bør være å inkludere avstand til kyst som en kovariat for beregning av høydegradienter.

Denne oppgaven vil bidra med økt kunnskap om vertikale gradienter for temperatur og nedbør, regionale samvariasjoner mellom temperatur og nedbør og økt innsikt og forståelse om i hvilken grad typeklassifiseringer kan beskrive samvariasjonen mellom temperatur og nedbør i Norge.

8 REFERANSER

Beck, C. og Philipp, A. 2010. Evaluation and comparison of circulation type classifications for the European domain. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 374-387.

Bissolli, P. og Müller-Westermeier, G. 2005. The spatial distribution of precipitation in Germany for different weather types. *Proceedings from the 5th annual meeting of the European Meteorological Society, Session AW8, Utrecht*. 27-37.

Cavazos, T. 2000. Using self-organizing maps to investigate extreme climate events: An application to wintertime precipitation in the Balkans. *Journal of Climate*, 13(10).

cost733.geo.uni-augsburg.de. 2014. *COST Action 733 Spatial Domains*, cost733. Tilgjengelig fra: <http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733wiki/Cost733Domains>. (01.06.2014)

cost733.geo.uni-augsburg.de. 2014. *Cost733cat-2.0 centroid plots*. Tilgjengelig fra: <http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cgi/cost733plot.cgi> (01.06.2014)

Devore, J. L., og Berk, K. N. 2007. *Modern mathematical statistics with applications*. Belmont, California: Thomson Brooks/Cole. 828 pp.

Dingman, S. L. 2002. *Physical hydrology* (2 ed.): Waveland Press, Inc. 646 pp.

Fleig, A. K., Tallaksen, L. M., Hisdal, H., og Hannah, D. M. 2011. Regional hydrological drought in north-western Europe: linking a new Regional Drought Area Index with weather types. *Hydrological Processes*, 25(7), 1163-1179.

Fleig, A. 2012. Scientific Report of the Short Term Scientific Mission. Anne Fleig visiting Électricité de France, FloodFreq COST action – STSM report.

Førland, E. J. 1979. Nedbørens høydeavhengighet. *Klima*, 2, 3-24.

Hanssen-Bauer, I., og Nordli, P. Ø. 1998. Annual and seasonal temperature variations in Norway 1876-1997. *DNMI report*, 25, 98.

Hanssen-Bauer, I., og Førland, E. 2000. Temperature and precipitation variation in Norway 1900-1994 and their links to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 20(14), 1693-1708.

Hartmann, D. L. 1994. *Global Physical Climatology* (Vol. 56). USA: Academic press. 411 s.

Hewitson, B. C. og Crane, R.G. 2002. Self-organizing maps: applications to synoptic climatology. *Climate Research*, 22(1), 13-26.

Huth, R. 2002. Statistical downscaling of daily temperature in central Europe. *Journal of Climate*, 15(13), 1731-1742.

Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Cahynová, M., Kysely, J. og Tveito, O. E. 2008. Classifications of atmospheric circulation patterns. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), 105-152.

Huth, R. 2010. Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: first results. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 388-394.

Kohonen, T. 1982. Analysis of simple self-organizing process. *Biological cybernetics*, 44(2), 135-140.

Kohonen, T. 2001. *Self-Organizing maps* (Vol. 30). Springer.

Lawrence, D., Paquet, E., Gailhard, J., og Fleig, A. K. 2014. Stochastic semi-continuous simulation for extreme flood estimation in catchments with combined rainfall–snowmelt flood regimes. *Natural Hazards and Earth System Science*, 14(5), 1283-1298.

Lepioufle, J.M, Engeland, K., Amland, S., Lussana, C., Tveito, O. E. Under arbeid. Connection between circulation classifications and daily precipitation types. Respecting the different scales with a hierarchical precipitation classification method.

Lin, G. F. og Chen, L. H. 2006. Identification of homogeneous regions of regional frequency analysis using the self-organizing map. *Journal of Hydrology*, 324 (1), 1-9.

Liu, Yonggang og Weisberg, R. H. 2011. A review of self-organizing map applications in meteorology and oceanography. *Self-Organizing Maps: Applications and Novel Algorithm Design*, edited by JI Mwasagi, 253-272.

MacKay, D. J. 2003. *Information theory, inference and learning algorithms*. Cambridge: Cambridge university press.

met.no. *Værstasjoner*. Tilgjengelig fra:

http://met.no/Meteorologi/A_male_varet/Observasjoner_fra_land/Varstasjoner/ (01.06.2014).

Metlex.met.no. 2010. *Köppens klimasoner*. Tilgjengelig fra

https://metlex.met.no/wiki/Köppens_klimaklassifikasjon (01.06.2014).

Mohr, M. 2008. New routines for Gridding of Temperature and Precipitation Observations for “seNorge.no”. *Met.no Report*, 8.

Mohr, M. 2009. Comparison of versions 1.1 and 1.0 of gridded temperature and precipitation data for Norway. *Norwegian Meteorological Institute, met.no note*, 19.

Moore, D. D., McCabe, G. P. og Craig, B. A. 2012. *Introduction to the Practice of Statistics*, 7. Edt., New York: W.H. Freeman and company. 657 s.

Philipp, A., Bartholy, J., Beck, C., Erpicum, M., Esteban, P., Fettweis, X., Huth, R., James, P., Jourdain, S., Kreienkamp, F., Krennert, T., Lykoudis, S., Michalides, S. C., Pianko-Kluczynska, K., Post, P., Álvares, D. R., Schiemann, R., Spekat, A. og Tymvios, F. S. 2010. Cost733cat—A database of weather and circulation type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 360-373.

Schiemann, R. og Frei, C. 2010. How to quantify the resolution of surface climate by circulation types: An example for Alpine precipitation. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 403-410.

senorge.no. 2014. *Normal middeltemperatur for året (1971-2000)*. Tilgjengelig fra: <http://www.senorge.no/?p=klima> (01.06.2014).

senorge.no. 2014. *Normal nedbørsum for året (1971-2000)*. Tilgjengelig fra: <http://www.senorge.no/?p=klima> (01.06.2014).

Shannon, Claude E. 1948. A mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.

Sælthun, N. R. 1996. The “Nordic” HBV Model. NVE publikasjon 7. 26 s.

Trenberth, K. E. og Shea, D. J. 2005. Relationships between precipitation and surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 32(14).

Tveito, O. E. og Førland, E. J. 1999. Mapping temperatures in Norway applying terrain information, geostatistics and GIS. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 53(4), 202-212.

Tveito, O. E. 2002. Spatial distribution of winter temperatures in Norway related to topography and large-scale atmospheric circulation. AHS Workshop.

Tveito, O. E. 2010. An assessment of circulation type classifications for precipitation distribution in Norway. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 395-402.

Vittinghoff, E., Glidden, D. V., Shiboski, S. C., McCulloch, C. E. 2005. *Regression Methods in Biostatistics – Linear, Logistic, Survival and Repeated Measures Models*. New York: Springer-Verlag, 33-35.

Wehrens, R. og Buydens, L. M. 2007. Self- and super-organizing maps in R: the Kohonen package. *Journal of Statistical software*, 21(5), 1-19.

VEDLEGG

VEDLEGG A

Tabell V. 1 Kruskal-Wallis og ANOVAs F- test for COST733s CTCer, WCTC og SOM temporal for nedbør. De tre beste resultatene for hver region og statistiske analyser er uthevet.

CTC	K-W øst	F øst	K-W Sør	F sør	K-W vest	F vest	K-W Midt	F midt
WCTC	27.22	0.03	98.21	0.78	298.66	9.39	56.16	6.8
SOM temporal	53.3	18.97	1659.31	103	1456.9	67.41	267.59	5.48
CKMEANSC09	5.5	0.43	283.85	149.13	229.67	170.75	27.2	2.05
CKMEANSC18	8.2	0.31	302.03	166.13	280.66	174.76	48.7	1.38
CKMEANSC27	23.63	0.02	311.46	167.36	302.86	171.82	62.03	9.58
ESLPC09	7.54	2.17	233.48	118.48	196.06	122.44	27.97	10.14
ESLPC18	11.08	1.18	266.91	145.24	252.93	113.59	46.47	14.4
ESLPC27	17.15	1.54	308.43	121.96	276.15	133.61	61.22	18.12
EZ850C10	19.87	0.07	224.52	181.47	254.86	117.93	36.92	18.98
EZ850C20	17.03	0.4	243.12	165.7	245.03	114.24	59.11	18.17
EZ850C30	15.59	1.69	274.4	156.85	310.53	78.7	47.37	11.53
GWTC10	13.92	3.28	56.5	0.01	86.6	66.31	43.49	0.03
GWTC18	17.86	3.27	156.67	0	156.22	76.97	49.87	0
GWTC26	20.43	3.35	189.15	0	176.01	78.22	67.42	0.01
GWT	17.86	3.27	156.67	0	156.22	76.97	49.87	0
HBGWL	30.12	7.58	117.43	18.91	104.79	29.2	44.74	1.04
HBGWT	25.4	6.91	86.36	23.32	52.55	23.83	20.84	1.24
KHC09	9.52	2.27	67.99	0.52	59.04	7.22	31.51	5.08
KHC18	11.39	0.02	75.59	0.9	100.88	3.93	44.9	6.12
KHC27	15.58	0	85.38	0.03	112.83	0.18	52.83	12.59
LITADVE	11.47	0.5	34.31	5.68	100.3	23.56	53.88	4.92
LITC18	21.78	0.57	177.19	2.39	192.96	18.4	57.89	4.2
LITTC	22.3	0.51	252.43	1.78	246.81	16.61	61.72	4.18
LUNDC09	12.68	0.93	41.44	5.01	102.38	0.22	40.12	1.94
LUNDC18	22.44	1.95	71.48	0.29	127.53	0.06	46.18	0.18
LUNDC27	22.48	1.95	119.63	0.87	145.33	0.56	51.88	1.71
LUND	14.76	1.76	44.54	5.3	101.9	0.17	43.25	2.11
LWT2C10	12.89	0.66	185.22	28.43	116.83	27.97	41.19	9.89
LWT2C18	15.88	0.22	180.57	38.73	146.42	36.69	59.59	11.89
LWT2	23.05	0.64	168.4	62.45	176.71	59.44	62.27	7.54
NNWC09	10.9	8.59	57.2	18.14	124.35	99.71	43.44	26.45
NNWC18	20.15	13.72	69.4	0.22	137.34	57.96	52.23	32.38
NNWC27	32.91	10.02	79.2	0	169.6	46.2	64.39	26.47
NNW	39.24	26.64	21.8	0.04	122.01	37.63	27.77	2.98
OGWLSLP	30.77	6.22	164.1	15.78	163.51	54.59	49.66	7.64

OGWL	42.15	6.64	171.96	7.34	159.78	41.97	41.38	0.99
P27C08	13.57	0.55	73.09	11.08	156.81	8.38	29.76	1.84
P27C16	22.27	1.08	92.46	12.35	199.01	4.39	51.46	3.28
P27C27	19.69	0.11	108.83	26.9	224.11	25.43	60.19	5.18
P27	37.61	1.49	111.28	0.21	149.93	26.25	22.53	0.85
PCACAC09	7.14	1.41	172.7	0.12	178.07	0.08	47.6	16.67
PCACAC18	11.17	0.03	227.46	3.33	214.22	6.03	65.29	9.86
PCACAC27	13.82	0.01	247.78	0.76	240.96	1.15	71.57	1.32
PCACA	3.28	1.14	49.34	4.36	99.88	78.33	34.81	3.59
PCAXTRC09	9.78	0.67	132.65	0	108.86	7.61	22.73	1.5
PCAXTRC18	19.64	0.5	123.98	0.94	111.16	0.15	54.87	14.65
PCAXTRKMC09	15.09	0.14	101.81	1.01	91.91	5.8	62.83	0.12
PCAXTRKMC18	10.41	0.36	145.52	0.52	111.57	6.41	38.71	1.36
PCAXTRKM	14.32	0.11	135.05	52.64	142.94	9.29	41.44	1.64
PCAXTR	8.64	0.01	92.14	4.54	102.33	13.42	55.11	4.51
PECZELY	19.6	2.99	67.61	0.19	90.83	43.89	34.88	0
PERRET	33.12	6.88	134.1	10.28	169.33	19.31	45.5	0
PETISCOC09	11.53	3.72	75.17	21.18	99.92	0.91	18.83	1.78
PETISCOC18	17.22	0.32	133.02	9.01	134.33	9.28	46.24	3.32
PETISCOC27	19.04	0.32	165.65	0.82	165.08	42.84	50.26	5.89
PETISCO	22.65	0.09	144.55	4.28	148.52	1.71	47.86	10.36
SANDRAC09	3.91	0.73	283.9	1.04	229.89	18.94	25.99	9.9
SANDRAC18	12.86	0.17	287.34	5.52	289.91	12.3	52.32	14.77
SANDRAC27	25.42	2.5	310.95	6.09	299.34	3.22	61.49	5.6
SANDRASC09	8.79	1.43	243.17	110.22	252.5	189.43	35.72	13.19
SANDRASC18	20.8	0.6	265.82	120.3	291.12	206.85	40.73	4.11
SANDRASC27	27.8	0.01	327.13	129.84	315.35	187.61	67.88	9.45
SANDRAS	37.72	9.55	294.86	38.53	323.33	131.81	48.56	6.33
SANDRA	17.32	0.26	300.41	160.57	291.46	203.39	49.71	9.19
SCHUEEPP	37.87	0.1	81.8	0.28	130.37	26.9	55.32	3.29
TPCA07	23.05	1.81	139.66	98.77	61.94	0.07	14.83	6.33
TPCAC09	12.81	0	53.96	0.46	76.38	44.51	24.63	1.01
TPCAC18	22.51	0.05	104.5	4.83	122.2	21.21	43.83	10.03
TPCAC27	20.64	0.04	108.66	7.97	102.48	16.06	38.09	0.55
TPCAV	12.37	0.01	109.25	2.91	86.96	0.36	22.15	0.05
WLKC09	20.78	1.81	26.72	0.56	76.21	21.77	27.2	11.09
WLKC18	23.83	2.16	88.24	31.05	107.69	28.32	33.19	7.32
WLKC28	30.32	0.17	146.39	56.58	161.35	36.82	34.83	3.1
WLKC733	33.02	0.19	184.88	82.18	156.44	29.22	23.62	2.39
ZAMG	9.34	0.41	74.22	11.47	80.32	1.22	49.86	5.06

VEDLEGG B

Tabell V. 2 Kruskal-Wallis og ANOVAs F-test for COST733s CTCer, WCTC og SOM temporal for temperatur. De tre beste resultataene for hver region og hver statistiske analyse er uthevet.

CTC	K-W Øst	F Øst	K-W Sør	F Sør	K-W Vest	F Vest	K-W Midt	F Midt
WCTC	305.77	37.32	241.2	47.31	352.98	15.11	506.89	32.03
SOM temporal	219.18	1.95	224.59	0.27	334.55	45.72	426.2	15.36
CKMEANSC09	1082.92	891.51	986.59	785.01	1198.79	932.78	959.31	653.62
CKMEANSC18	1265.52	851.99	1125.8	719.59	1420.91	807.46	1188.35	633.7
CKMEANSC27	1668.78	1164.52	1496.79	976	1703.13	1015.92	1434.86	876.9
ESLPC09	2165.26	2076.09	1967.47	1887.94	1932.5	1837.43	1907.79	1908.36
ESLPC18	2577.28	2320.63	2367.47	2099.79	2472.57	2126.85	2380.94	2327.29
ESLPC27	2775.49	2525.64	2541.91	2277.09	2667.72	2394.58	2595.13	2577.36
EZ850C10	2023.42	1175.67	1811.71	1031.37	2163.68	1048.87	2095.4	1091.02
EZ850C20	2267.27	1510.75	2048.85	1353.93	2574.83	1434.37	2668.96	1468.96
EZ850C30	2482.67	1399.97	2260.6	1271.26	2761.64	1351.85	2898.65	1421.05
GWTC10	122.15	0.01	84.05	0.76	168.02	36.15	175.11	0.13
GWTC18	213.39	0.3	176.9	0.08	250.53	36.43	233.59	0.05
GWTC26	240.6	0.65	201.4	0	287.33	36.02	258	0.04
GWT	213.39	0.3	176.9	0.08	250.53	36.43	233.59	0.05
HBGWL	929.3	36.04	904.48	9.82	962.44	69.56	867.15	79.82
HBGWT	433.87	43.12	362.02	13.7	506.95	78.12	447.29	85.28
KHC09	84.74	15.22	80.54	11.36	165.38	0.45	179.04	0
KHC18	191.59	4.88	166.43	4.29	208.74	8.49	225.35	1.21
KHC27	343.3	10.74	298.85	9.45	319.87	0.71	338.54	0
LITADVE	148.64	115.81	147.99	112.44	325.25	111.5	519.12	220.27
LITC18	176.05	112.72	173.39	107.14	378.55	119.05	552.27	219.57
LITTC	203.4	108.74	200.01	103.67	412.44	117.72	586.5	215.46
LUNDC09	146.99	51.47	115.19	32.36	157.06	4.07	166.79	5.82
LUNDC18	314.61	17.47	274.93	11.38	305.16	1.13	311.75	0.55
LUNDC27	345.47	22.96	302.08	18.37	348.07	1.99	332.78	0.02
LUND	177.48	79.17	141.99	52.38	198.68	10.64	186.15	4.22
LWT2C10	368.1	11.36	297.94	13.16	272.49	96.63	125.77	27.92
LWT2C18	522.98	44.63	440.01	44.97	477.7	174.52	266.37	57.08
LWT2	533.45	19.21	452.19	19.56	496.62	131.26	268.65	27.12
NNWC09	2074.11	742.12	1993.14	622.5	2117.2	1185.98	2019.61	1333.6
NNWC18	2309.53	17.13	2226.15	3.26	2388.74	149.31	2287.91	316.54
NNWC27	2519.19	0.35	2452.56	6.49	2653.57	61.22	2538.36	190.78
NNW	6759.47	12313.9	6325.56	10936.43	6809.63	13586.03	7997.17	21095.59

OGWLSLP	306.96	2.6	282.96	17.49	331.19	2.76	451.15	4.91
OGWL	304.54	2.98	322.13	1.66	488.05	23.47	633.37	29.72
P27C08	361.38	0.26	305.59	0.45	366.19	28.64	246.07	54.81
P27C16	829.42	0.09	727.72	0.02	727.49	19.7	599.47	49.15
P27C27	903.82	1.31	816	0.78	828.39	24.83	697.58	44.58
P27	672.99	0.05	618.53	0.8	984.98	42.25	1541.92	2.56
PCACAC09	580.48	17.54	508.64	18.13	565.7	27.2	360.2	2.55
PCACAC18	1276.24	3.06	1133.1	3.52	1082.54	4.51	981.41	0.01
PCACAC27	1487.18	89.45	1313.7	71.03	1264.21	44.73	1165.52	40.72
PCACA	178.57	3.21	140.36	1.83	72.36	11.81	48.42	0
PCAXTRC09	284.25	13.78	270.14	5.22	269.05	23.09	184.62	36.83
PCAXTRC18	1584.07	8.99	1437.86	21.6	1438.01	13.01	1403.16	11.28
PCAXTRKMC09	436.34	7.45	392.21	13.76	381.16	39.24	276.71	67.65
PCAXTRKMC18	1463.34	181.1	1427.29	172.56	1400.21	133.06	1271.02	51.68
PCAXTRKM	1709.71	11.61	1618.12	16.85	1666.3	3.49	1434.91	0.1
PCAXTR	1618.97	0.64	1495.12	0.02	1458.48	2.55	1376.09	17.15
PECZELY	640.99	61.85	704.5	94.93	636.59	117.08	641.53	109.94
PERRET	846.36	8.34	929.21	0.15	983.95	8.23	886.31	14.26
PETISCOC09	279.52	65	267.46	60.29	481.4	78.71	735.13	184.19
PETISCOC18	360.69	2.96	333.7	0.17	535.67	6.58	799.11	17.54
PETISCOC27	556.11	0.02	504.58	0.12	652.86	9.82	954.34	2.41
PETISCO	578.79	9.43	538.07	16.33	714.62	22.33	975.18	1.08
SANDRAC09	1079.82	75.53	983.58	64.79	1201.5	17.98	958.96	10.23
SANDRAC18	1239.49	22.85	1113.18	28.09	1357.04	12.15	1110.78	10.62
SANDRAC27	1574.44	29.21	1408.81	21.22	1568.34	8.69	1324.98	0.26
SANDRASC09	1262.45	804.63	1144.05	699.05	1547.17	930.2	1385.89	800.49
SANDRASC18	1548.82	1052.48	1412.19	897.06	1783.95	1172.89	1569.86	975.24
SANDRASC27	1858.7	1140.2	1703.17	985.43	2053.52	1297.6	1773.2	1103
SANDRAS	7353.77	4428.48	7271.64	4138.79	7706.98	5002.22	8418.44	5791.31
SANDRA	1627.82	1224.52	1456.16	1005.06	1641.73	1060.72	1369.24	880.74
SCHUEEPP	1177.24	458.13	1178.46	515.68	1237.84	457.17	1172.92	385.14
TPCA07	466.4	114.5	458.44	108.14	796.03	108.17	1120.06	380.78
TPCAC09	954.95	368.93	923.19	359.12	962.51	343.73	904.67	327.8
TPCAC18	1207.67	109.1	1086.89	89.75	1059.63	14.7	1103.47	33.97
TPCAC27	1285.96	0.65	1156.81	0.19	1060.34	0.42	998.81	3.78
TPCAV	535.97	0.54	512.55	0.51	819.55	2.59	1124.12	0.37
WLKC09	379.47	29.46	372.15	30.88	617.44	13.48	1034.32	18.28
WLKC18	544.48	5.3	510.81	1.05	809.65	7.87	1275.18	6.37
WLKC28	587.02	16.47	559.55	4.59	863.99	38.95	1358.73	35.63
WLKC733	1022.7	3.71	966.49	0.13	1386.98	9.94	1919.37	6.62
ZAMG	1193.14	223.88	1165.09	182.74	1146.5	190.48	996.28	201.96

VEDLEGG C

Tabell V. 3 Resultat for standardfeilen for nedbørfrekvensen mellom typene for hver CTC.
De tre beste resultatene for hver region er uthevet.

CTC	Øst	Sør	Vest	Midt
CKMEANSC	0.059	0.083	0.083	0.05
CKMEANSC18	0.045	0.06	0.061	0.043
CKMEANSC27	0.036	0.048	0.05	0.039
ESLPC09	0.05	0.069	0.084	0.062
ESLPC18	0.042	0.054	0.055	0.04
ESLPC27	0.034	0.046	0.048	0.036
EZ850C10	0.052	0.069	0.067	0.048
EZ850C20	0.04	0.053	0.053	0.042
EZ850C30	0.034	0.041	0.042	0.034
GWTC10	0.044	0.048	0.055	0.061
GWTC18	0.036	0.045	0.053	0.048
GWTC26	0.03	0.037	0.045	0.041
GWT	0.036	0.045	0.053	0.048
HBGWL	0.032	0.04	0.042	0.032
HBGWT	0.05	0.068	0.074	0.05
KHC09	0.036	0.037	0.043	0.057
KHC18	0.027	0.031	0.035	0.043
KHC27	0.023	0.025	0.029	0.034
LITADVE	0.033	0.014	0.029	0.063
LITC18	0.039	0.049	0.052	0.047
LITTC	0.033	0.041	0.045	0.039
LUNDC09	0.044	0.052	0.059	0.063
LUNDC18	0.032	0.04	0.047	0.044
LUNDC27	0.03	0.034	0.039	0.033
LUND	0.041	0.052	0.057	0.058
LWT2C10	0.055	0.062	0.065	0.057

LWT2C18	0.04	0.043	0.046	0.046
LWT2	0.035	0.038	0.04	0.039
NNWC09	0.016	0.037	0.05	0.053
NNWC18	0.017	0.028	0.038	0.041
NNWC27	0.016	0.024	0.032	0.034
NNW	0.01	0.015	0.021	0.024
OGWLSLP	0.032	0.041	0.043	0.035
OGWL	0.034	0.043	0.044	0.035
P27C08	0.043	0.055	0.063	0.068
P27C16	0.029	0.036	0.043	0.048
P27C27	0.024	0.031	0.037	0.04
P27	0.026	0.025	0.031	0.033
PCACAC09	0.052	0.055	0.058	0.063
PCACAC18	0.039	0.04	0.043	0.048
PCACAC27	0.032	0.034	0.036	0.04
PCACA	0.066	0.07	0.072	0.078
PCAXTRC09	0.046	0.05	0.056	0.056
PCAXTRC18	0.034	0.034	0.042	0.042
PCAXTRKMC09	0.046	0.054	0.06	0.052
PCAXTRKMC18	0.036	0.035	0.042	0.042
PCAXTRKM	0.042	0.045	0.052	0.05
PCAXTR	0.044	0.047	0.052	0.051
PECZELY	0.036	0.047	0.047	0.036
PERRET	0.029	0.035	0.035	0.029
PETISCO09	0.053	0.06	0.064	0.066
PETISCO18	0.036	0.042	0.045	0.047
PETISCO27	0.032	0.035	0.037	0.039
PETISCO	0.033	0.038	0.042	0.039
SANDRAC09	0.059	0.083	0.083	0.05
SANDRAC18	0.044	0.059	0.06	0.043
SANDRAC27	0.037	0.048	0.049	0.038
SANDRASC09	0.062	0.087	0.086	0.054
SANDRASC18	0.045	0.061	0.06	0.044

SANDRASC27	0.038	0.05	0.049	0.04
SANDRAS	0.036	0.045	0.045	0.037
SANDRA	0.04	0.054	0.055	0.041
SCHUEEPP	0.02	0.022	0.023	0.018
TPCA07	0.059	0.06	0.061	0.057
TPCAC09	0.047	0.044	0.037	0.048
TPCAC18	0.031	0.033	0.038	0.04
TPCAC27	0.027	0.029	0.033	0.034
TPCAV	0.039	0.038	0.041	0.04
WLKC09	0.048	0.035	0.045	0.071
WLKC18	0.035	0.034	0.044	0.051
WLKC28	0.027	0.028	0.037	0.039
WLKC733	0.024	0.025	0.031	0.028
ZAMG	0.025	0.031	0.029	0.024
WCTC	0.057	0.066	0.078	0.078
SOM temporal	0.073	0.073	0.071	0.068

VEDLEGG D

Tabellen under viser resultatene for gjensidig informasjon mellom SOM temporal de 73 CTCer fra COST733.

Tabell V. 4 Viser resultatene for gjensidig informasjon I(X,Y) mellom SOM temporal og hver av de 73 CTCer fra COST733. De fem beste CTCer er uthevet.

CTC	I(X,Y)
NNW_D02	0.095
TPCAC09_D02	0.104
NNWC09_D02	0.126
PCACA_D02	0.126
PECZELY_D02	0.135
KHC09_D02	0.137
WLKC09_D02	0.145
ZAMG_D02	0.146
SCHUEEPP_D02	0.151
"TPCAV_D02	0.152
"LITADVE_D02	0.154

NNWC18_D02	0.155
PETISCOC09_D0.	0.164
TPCA07_D02	0.171
KHC18_D02	0.172
NNWC27_D02	0.173
HBGWT_D02	0.174
LUNDC09_D02	0.185
ESLPC09_D02	0.191
TPCAC18_D02	0.192
GWTC10_D02	0.192
KHC27_D02	0.193
PCAXTR_D02	0.193
LUND_D02	0.194
P27C08_D02	0.196
PCAXTRKMC18_D02	0.196
PCAXTRC18_D02	0.197
PCAXTRKMC09_D02	0.197
PCAXTRC09_D02	0.199
WLKC18_D02	0.199
TPCAC27_D02	0.201
PETISCOC18	0.218
PCACAC09_D02	0.218
PCAXTRKM_D02	0.222
LUNDC18_D02	0.222
EZ850C10_D02	0.223
PERRET_D02	0.228
SANDRAC09_D02	0.232
CKMEANSC09_D02	0.234
LWT2C10_D02	0.238
P27_D02	0.241
P27C16_D02	0.246
LUNDC27_D02	0.247
WLKC733_D02	0.249
PETISCOC27_D02	0.250
PETISCO_D02	0.250
WLKC28_D02	0.254
HBGWL_D02	0.257
PCACAC18_D02	0.257
SANDRASC09_D02	0.262
EZ850C20_D02	0.266
ESLPC18_D02	0.268
P27C27_D02	0.269
LWT2C18_D02	0.272
GWTC18_D02	0.272
GWT_D02	0.272
PCACAC27	0.276
LITC18_D02	0.284
LWT2_D02	0.292

CKMEANSC18	0.293
OGWLSLP	0.294
SANDRAC18	0.297
GWTC26_D02	0.298
ESLPC27_D02	0.300
EZ850C30	0.306
OGWL_D02	0.308
SANDRA_D02	0.311
SANDRASC18	0.317
LITTC_D02	0.320
SANDRAC27_D02	0.323
CKMEANSC27_D02.	0.329
SANDRAS_D02.txt	0.357
SANDRASC27_D02	0.361