

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



FORORD

Jeg vil gjerne takke mine to veiledere Arne Auen Grimenes ved UMB og Øyvind Nordli ved meteorologisk institutt for hjelp i den lange og til tider tårevåte prosessen det har vært å skrive denne oppgaven. Så vil jeg takke Anniken for engelsk korrekturlesing, Tor Einar for korrekturlesing og naboene for hjelp med tolking av ekstremt uleselig håndskrift. Jeg vil også takke Knut L. Vik fra Strinda historielag for hjelp med å finne bilder. I tillegg vil jeg takke mine samboere, Mærris, Audi og Bitteline, for at de har laget middag til meg og heiet meg fram. Jeg vil også takke folka på lesesalen for oppmuntring, gjerne i form av en sjokoladebit. Til slutt vil jeg takke Herdis Motrøen Gjelten som gikk opp homogeniseringsveien for meg.

SAMMENDRAG

Denne oppgavens hovedmål var å homogenisere lufttemperaturen observert i perioden 1855-1884 ved 68156 Trondheim – Bakke. Bakke er lokalisert ved lengdegrad 10,4131 og breddegrad 63,4336, 8 moh.

Ved beregning av månedsmidler ble Føyns formel med Føyns konstant beregnet for Værnes valgt. Testen som ble anvendt for homogenisering var Alexanderssons Standard Normal Homogenitetstest, SNHT. Dataene ble testet på sesong- og årsbasis.

SNHT fant et signifikant brudd i sommersesongen 1872 da serien ble testet mot seg selv. Bruddet ble justert for med $-0,4$ °C. Det ble ikke funnet noen signifikante brudd da temperaturserien ble testet mot referansestasjonen 68150 Trondheim i perioden 1870-1884.

En analyse av temperaturdataene viste en gjennomsnittlig temperaturendring på $-0,2$ °C \pm $0,5$ °C i perioden 1855-1884 på årsbasis. På sesongbasis har temperaturendringen i perioden 1855-1884 vært $-1,4$ °C \pm $1,0$ °C i vintersesongen, $0,0$ °C \pm $0,7$ °C i vårsesongen, $1,1$ °C \pm $0,8$ °C i sommersesongen og $-0,4$ °C \pm $0,6$ °C i høstsesongen.

SUMMARY

The main purpose of this thesis was to homogenize the air temperature observed at the station 68156 Trondheim – Bakke in Sør-Trøndelag County, during the period 1855 – 1884. Bakke is located at longitude 10,4131 and latitude 63,4336, 8 meters above sea level.

Føyn's formula, using Føyn's constant calculated with the dataset from Værnes, was used in the calculations of the monthly mean temperatures. The Standard Normal Homogeneity Test, SNHT, created by Alexandersson, was used for the homogeneity testing. The data were tested on an annual and seasonal basis.

When the series was tested against itself, a significant break was detected in summer 1872. The break was adjusted by $-0,4\text{ °C}$. No significant breaks were found when tested against the reference station 68150 Trondheim during the period 1870-1884.

A trend analysis showed that the annual mean temperature changed by $-0,2\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ during the period 1855-1884. The seasonal mean temperature changed by $-1,4\text{ °C} \pm 1,0\text{ °C}$ in winter, $0,0\text{ °C} \pm 0,7\text{ °C}$ in spring, $1,1\text{ °C} \pm 0,8\text{ °C}$ in summer and $-0,4\text{ °C} \pm 0,6\text{ °C}$ in autumn.

Innhold

FORORD.....	ii
SAMMENDRAG	iv
SUMMARY	vi
1. Innledning.....	1
2. Teori	3
2.1. Temperatur	3
2.2. Varme	4
2.2.1. Konduksjon	5
2.2.2. Konveksjon.....	5
2.2.3. Stråling	6
2.2.3.1. Svart legeme og emissivitet.....	6
2.2.3.2. Plancks strålingslov	6
2.2.3.3. Wiens forskyvningslov	7
2.2.3.4. Stefan Boltzmanns lov.....	8
2.2.4. Strålingsbalanse.....	8
2.2.5. Temperaturskalaer	9
2.2.5.1. Celsius og Kelvin	10
2.2.5.2. Réaumurskalaen	10
2.3. Måling av temperatur	11
2.3.1. Termometer	11
2.3.1.1. Væske-i-glass-termometer.....	11
2.3.2. Faktorer som påvirker temperaturmålingene.....	13
2.4. Lokalklima	14
2.5. Homogenisering	16
2.5.1. Standard normal homogenitetstest, SNHT	17
3. Material og metode.....	19
3.1. Klima.....	19
3.1.1. Klimaet i Norge	19
3.1.2. Klimaet i Trondheim	20
4. Resultater.....	25
4.1. Stasjonshistorie.....	25
4.1.1. Rosenborg gård.....	25

4.1.2.	Rosenvinges observasjoner	27
4.1.2.1.	Plassering av termometer	28
4.1.2.2.	Observasjonstidspunkt.....	30
4.2.	Månedsmidling.....	32
4.2.1.	Utregning av månedsmidler	32
4.2.1.1.	c-formelen	33
4.2.1.2.	Føyns formel.....	33
4.2.2.	Månedsmidling av 68156 Trondheim - Bakke	33
4.2.2.1.	Månedsmidling, resultater	34
4.2.2.2.	Månedsmidling, sammenlikning	35
4.2.3.	Sammenlikning av Værnes, Voll og Bakke	38
4.3.	Standard normal homogenitetstesting av 68156 Trondheim – Bakke.....	42
4.3.1.	Middagsobservasjon testet mot morgen- og kveldsobservasjon	42
4.3.2.	68156 Trondheim – Bakke testet mot 68150 – Trondheim.....	51
4.4.	Homogenisert serie.....	54
5.	Diskusjon.....	54
5.1.	Videre arbeid	62
6.	Kilder.....	63
	Symbolliste.....	67
	Appendiks 1.....	69
	Appendiks 2.....	75
	Appendiks 3.....	79
	Appendiks 4.....	81

1. Innledning

I følge FNs klimapanel, IPCC, har det i perioden 1906-2005 vært en global temperaturendring på $0,76\text{ °C} \pm 0,18\text{ °C}$. [1] Dette innebærer at det i denne 100-årsperioden har blitt varmere her på jorda og at man har hatt en klimaendring. Klimaet er alle de statistiske egenskapene til atmosfæren og består av flere ulike komponenter. Eksempler på ulike klimakomponenter kan være nedbør, trykk, luftfuktighet og temperatur. World Meteorological Organization, heretter forkortet WMO, har anbefalt at klimanormalen skal beregnes over en 30-års periode. [2, 3]

Temperatur er en hovedkomponent i klimaforskning. [4] For å kunne si noe om klimaet og endringen av dette, må man ha lange temperaturserier. De tidligste temperaturobservasjonene i Norge er fra 1770. Disse ble foretatt på Dønnes i Helgeland av oberstløytnant Isach Jørgen Coldevin. I tillegg til temperatur, målte han også trykk og noterte vind. Disse målingene er dessverre ikke vitenskapelig brukbare, fordi måleserien kun varte ett år. Den første norske lengre observasjonsserie som vi kjenner til, ble foretatt av prosten Nils Hertenberg i perioden 1798-1840 i Ullensvang i Hardanger. Han målte lufttrykk og temperatur med instrumenter han hadde lagd selv. [5]

Det norske meteorologiske institutt, DMNI, ble opprettet 1. desember 1866 etter påtrykk av blant annet Henrik Mohn. DMNI begynte umiddelbart å produsere daglige værkart med data overført telegrafisk fra 7 ulike stasjoner. Etter et par år hadde DMNI et stasjonsnettverk som strakte seg ut over hele Norge. I 1882 begynte de å sende ut værvarsel for hele Norge, ikke bare for Oslo og omegn. Disse varslene ble hengt opp på togstasjoner og signalisert med blant annet ulike flagg. Vinteren 1917/1918 kom det første telegrafiske værvarselet for hele Norge [5]

For at temperaturobservasjoner i ulike land og ved ulike stasjoner, skal ha en felles referanseramme, har WMO innført en rekke standarder. Disse standardene sier blant annet noe om hvor høyt over bakken måleutstyret skal plasseres, hvordan omgivelsene rundt måleutstyret skal være og måleutstyrets avstand til hindringer. [6]

For at man skal kunne si noe om hvordan temperaturen har endret seg over en tidsperiode, må temperaturdataene være homogene. En homogen temperaturserie er en temperaturserie der temperaturvariasjonen kun er forårsaket av klimatiske variasjoner.[7]

For å oppdage inhomogenitet i en temperaturserie er man avhengig av metadata. Metadata er data om dataene, altså informasjon om forholdene rundt dataene da de ble samlet inn. Metadata skal inneholde informasjon om alt som kan ha påvirket observasjonene og slik muligens ha ført til inhomogenitet. Metrologiske metadata bør inneholde informasjon om alle endringer i en målestasjons historie som kan ha påvirket observasjonene. Dette inkluderer rutiner for innsamling av data, endringer i omgivelser og flytting av stasjonen. [7]

Testen Standard National Homogeneity Test, som vanligvis blir forkortet SNHT, er et eksempel på en homogenitetstest som kan brukes for å oppdage inhomogenitet i en temperaturserie. SNHT ble utviklet av Alexandersson i 1986 for å homogenisere svenske nedbørsdata [8]

Det finnes ulike programvarer som kan brukes for å detektere brudd. Et eksempel på en slik programvare er AnClim. AnClim er utviklet av tsjekkeren Petr Stepanek.[9]

SNHT har blitt brukt til å homogenisere årlige nedbørserier og månedlige temperaturserier i Norge. Den første studien testet 151 årlige nedbørsserier, alle med en lengde på 75 år, og fant at 52 av stasjonene var homogene. I 1992 ble 165 av de lengste seriene med årlig nedbør testet. Der fant de at 50 stasjoner var homogene, mens 79 stasjoner var homogene etter én justering. De første homogenitetstestene på temperatur testet Dombåsserien, NACD-temperaturserien og en arktisk temperaturserie bestående av 8 stasjoner på Spitsbergen og resten på Jan Mayen, Bjørnøya og Hopen. [10]

Stasjonen som skal homogenitetstestet i denne oppgaven er 6816 Trondheim - Bakke. Denne målestasjonen ble oppført av A. B. Rosenvinge på Rosenborg gård i 1835 og var i drift fram til 1884. Rosenborg gård lå i det som i dag er Innherredsveien 7 i Trondheim. [11, 12]

2. Teori

2.1. Temperatur

Den gjennomsnittlige translatoriske kinetiske energien til et molekyl er proporsjonal med temperaturen. Høy temperatur innebærer at legemet har større gjennomsnittlig translatorisk kinetisk energi enn et legeme med lav temperatur. [13]

Temperatur kan defineres ut fra termodynamikkens nulte lov. Dersom system A og system B er i termisk likevekt med system C, vil alle de tre systemene være i termisk likevekt og ha lik temperatur. Dette vil si at dersom et varmt og et kaldt legeme plasseres inntil hverandre, vil molekylene i de to legemene endre sin gjennomsnittlige translatoriske kinetiske energi. Molekylene med høy gjennomsnittlige translatoriske kinetisk energi vil miste sin gjennomsnittlige translatoriske kinetiske energi ved å redusere hastigheten. Molekylene med lav gjennomsnittlig translatorisk kinetisk energi vil øke sin gjennomsnittlige translatoriske kinetiske energi ved å øke hastigheten. Når molekylene i begge legemer har lik gjennomsnittlig translatorisk kinetisk energi, vil legemene være ved samme temperatur og den termiske energioverføringen vil stoppe. [14, 15]

Når gjennomsnittshastigheten til molekylene er null, det vil si at molekylene står i ro, vil temperaturen, T , være 0 K. Dette er det absolutte nullpunkt. [16]

SI-enheten for temperatur er Kelvin, K.[17]

2.2.Varme

Dersom annet ikke er oppgitt er Sonntag, Zemansky og Utaaker brukt som kilde [18-20].

Varme, Q , blir definert som indre energi som blir overført på grunn av temperaturforskjeller i to ulike systemer eller mellom et system og omgivelsene. Dette innebærer at varme kun er definert når den krysser en systemgrense. Et legeme kan derfor ikke inneholde varme. Varme overføres fra reservoarer med høy temperatur til reservoarer med lav temperatur.

Latent varme er varme som tilføres et system eller avgis av et system ved faseovergang. I en slik prosess vil ikke temperaturen i systemet endres. Eksempler på faseoverganger er smelting, fordampning, størkning, kondensering og sublimasjon.

Følbar varme er varme som er avhengig av molekylbevegelse.

Varmeoverføring er energioverføring mellom ulike systemer grunnet temperaturforskjeller. Varmeoverføringsraten, \dot{Q} , blir definert ved likning (1)

$$\dot{Q} = \frac{\delta Q}{dt} \quad (1)$$

der $\frac{\delta Q}{dt}$ er varmen, Q , partiellderivert med hensyn på tiden, t .

I hovedsak finnes det tre ulike typer varmeoverføring som er grunnlaget for prosessene som danner vær, nemlig konduksjon, konveksjon og adveksjon og stråling. Konduksjon overfører varme ved at molekyler vibrerer. Ved konveksjon/adveksjon blir energi overført ved at fluider forflytter seg fra et sted til et annet. Stråling overfører varme ved hjelp av elektromagnetiske bølger.

2.2.1. Konduksjon

Konduksjon foregår ved at varme overføres mellom molekyler. For at stoffer skal kunne få overført en av de molekylære energiformene, må molekylene enten interagere med hverandre via kollisjoner eller ved at molekyler fra stoff med høy temperatur overføres til stoff med lavere temperatur. Konduksjon er altså varmeoverføring på en atomær skala og skjer på grunn av bevegelser i atomer, molekyler og elektroner.

Fouriers konduksjonslov beskriver konduksjon. Denne loven innebærer at varmeoverføringsraten, \dot{Q} , er proporsjonal med temperaturforskjellen mellom molekylene og varmeoverføringsevnen, konduktiviteten. Fouriers varmeledningslov er uttrykt i likning (2)

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

A er tverrsnittsarealet som står normalt på x -retningen og $\frac{dT}{dx}$ er temperaturgradienten, målt i Kelvin. Konduktiviteten, k , er en materialkonstant og kan spenne fra mindre enn 0,01W/(mK) for enkelte gasser til 100 W/(mK) for metaller.

2.2.2. Konveksjon

Når varme overføres via konveksjon eller adveksjon, vil et fluid absorbere varme for så å forflytte seg til et sted med lavere temperatur. Der vil et oppvarmet fluid og et uoppvarmet fluid blandes. Den oppvarmede andelen av fluidet vil dermed avgi varme til den kjøligere andelen av fluidet. Ved naturlig konveksjon foregår konveksjonen på grunn av tetthetsforskjeller i fluidet. Ved tvungen konveksjon er fluidet satt i bevegelse av ytre krefter.

Varmeoverføring via konveksjon er komplisert å uttrykke matematisk, men en tilnærming kan bli gjort ved hjelp av Newtons avkjølingslov. Newtons avkjølingslov innebærer at stor temperaturforskjell i fluidet fører til økt varmeoverføring. Newtons avkjølingslov er vist i likning (3)

$$\dot{Q} = Ah(T_s - T_\infty) \quad (3)$$

T_s er overflatetemperaturen i Kelvin og T_∞ er temperaturen i Kelvin langt unna overflaten.

h er varmeoverføringskoeffisienten. Denne koeffisienten er avhengig av mange faktorer, inkludert geometri, hvilken fase fluidet er i (gass eller væske), tettheten og konduktiviteten til fluidet, fluidets hastighet og hvorvidt faseovergang finner sted. h kan variere fra 5 W/(m²K) (naturlig konveksjon for en gass) til 100.000 W/(m²K) (ved kondensasjon).

2.2.3. Stråling

Ved stråling blir varme overført via elektromagnetiske bølger. Bølgelengden er avhengig av overflatetemperaturen til legemet. For moderate temperaturer er store deler av spekteret usynlig for det menneskelige øyet. Ved høye temperaturer er de elektromagnetiske bølgene derimot synlige for det menneskelige øyet. Stråling kan foregå i vakuum.

2.2.3.1. Svart legeme og emissivitet

Et svart legeme er et ideelt legeme som absorberer all termisk stråling det blir eksponert for. Emissiviteten til et stoff, ϵ , er andelen termisk stråling et legeme emitterer i forhold til et svart legeme. ϵ har verdi mellom 0 og 1. Absorptansen til et stoff, α , er hvor stor andel av den totale termiske strålingen et stoff absorberer. α har verdi mellom 0 og 1. For et svart legeme, som per definisjon emitterer all energi som termisk stråling og absorberer all termisk stråling, vil $\alpha = \epsilon = 1$. Utstrålingstettheten til et svart legeme er kun avhengig av temperaturen.

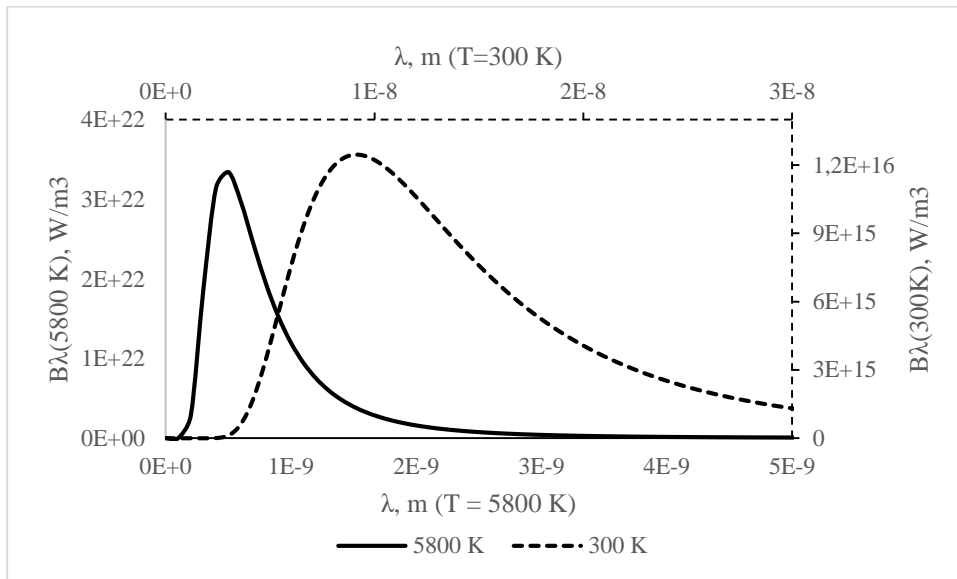
2.2.3.2. Plancks strålingslov

Plancks strålingslov, likning (4), gir en sammenheng mellom strålingsenergi, $B_\lambda(T)$, temperatur og bølgelengde for stråling fra et svart legeme [21]

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc_0^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc_0/(\lambda k_B T)} - 1} \quad (4)$$

Der h er Plancks konstant og har verdi $6,26 \times 10^{-34}$ Js, c_0 er lysfarten, T er temperaturen og λ er bølgelengden. k_B er Boltzmanns konstant og har verdien $1,308 \times 10^{-23}$ J/K. Ut fra Plancks strålingslov kan man konstruere en Planck-kurve der sammenhengen mellom strålingsenergi og bølgelengde for svarte legemer med ulike temperaturer er vist. Planck-kurven for legemer

med temperatur 300 K, slik som jorda, og med temperatur 5800 K, slik som sola, er vist i Figur 1.



Figur 1. Planck-kurve for legemer med temperatur 5800 K og 300 K. Den øverste horisontale aksene viser bølgelengden for legemer ved 300 K. Den nederste horisontale aksene viser bølgelengden for legemer ved 5800 K. Den vertikale aksene til venstre viser utstrålt effekt for legemer ved 5800 K. Vertikal aksene til høyre viser utstrålt effekt for legemer ved 300 K.

2.2.3.3. Wiens forskyvningslov

Wiens forskyvningslov kan utledes fra Plancks strålingslov.[4] Denne loven uttrykker en sammenheng mellom temperaturen til et svart legeme og bølgelengden som legemet avgir maksimal energi ved. Dersom temperaturen øker, vil den maksimale energien bli avgitt ved kortere bølgelengde. Wiens forskyvningslov er uttrykt ved likning (5) [22]

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \quad (5)$$

Der λ_m er bølgelengden som angir maksimalt avgitt effekt ved temperaturen T . $b = 2,897 \times 10^{-3}$ mK og er en konstant. λ_{max} for sola tilsvarer omtrent $0,48 \mu\text{m}$.

2.2.3.4. Stefan Boltzmanns lov

Ut fra Plancks strålingslov kan man utlede Stefan Boltzmanns lov, likning (6). Denne loven sier at overflatemisjonen til et svart legeme er proporsjonal med legemets absolutte temperatur i fjerde potens. [22]

$$\dot{Q} = \sigma T^4 \quad (6)$$

Der \dot{Q} er den totale utstrålte effekten, σ er Stefan-Boltzmanns konstant og har verdien $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$ og T er legemets temperatur målt i K.

Dersom det emitterende legemet ikke er et perfekt svart legeme kan overflatemisjonen bli uttrykt som en andel av emisjon fra et perfekt svart legeme. Økt temperaturforskjell mellom to stoffer, vil føre til økt varmeoverføringsrate ved emisjon. Overflatemisjonen kan dermed uttrykkes ved likning (7)

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (7)$$

Der ε er stoffets emisivitet. T_s er overflatetemperaturen i Kelvin og T_∞ er temperaturen til omgivelsene tilstrekkelig langt unna overflaten, også den målt i Kelvin.

2.2.4. Strålingsbalanse

Strålingsbalansen over en ideell flate er vist i likning (8). En ideell flate er en flate med et stort, horisontalt areal med ensartet dekke. Den totale strålingsbalansen er summen av netto langbølget og kortbølget stråling til og fra flaten.

$$(K \downarrow - K \uparrow) + (L \downarrow - L \uparrow) = K^* + L^* = Q^* \quad (8)$$

Der $K \downarrow$ er innkommende kortbølget stråling på dagtid og består av både diffus og direkte stråling. $K \uparrow$ er reflektert kortbølget stråling på dagtid, $L \downarrow$ er innkommende langbølget stråling på døgnbasis og $L \uparrow$ er reflektert langbølget stråling på døgnbasis. K^* og L^* er hhv netto

kortbølget og netto langbølget stråling. Q^* er den totale strålingsbalansen. Den totale strålingsbalansen kan også uttrykkes uavhengig av inn- og utkommende stråling. Den totale strålingsbalansen blir da summen av annen varmetransport, for eksempel varmeledning til/fra underlag, turbulent transport av følbare varme og turbulent transport av latent varme. I tillegg kan man inkludere horisontal varmetransport, positiv eller negativ varme på grunn av faseoverganger, varme generert av planter og dyr, menneskelige inngrep, nedbør og vindens friksjon i den totale strålingsbalansen.

2.2.5. Temperaturskalaer

Det første kjente forsøket på å skalere graden av varme ble gjort av Galen (130 e.kr - 200 e.kr). Han tenkte seg at graden av varme kunne måles i fire ulike grader hver vei fra et nøytralpunkt. Dette nøytralpunktet skulle være ved temperaturen som finnes i en blanding med like store deler kokende vann og is, det er uvisst om dette gjaldt vekt eller volum.[23, 24]

Det første kjente apparatet med en temperaturskala blir nevnt i et manuskript fra 1611. [23] De første temperaturskalaene varierte fra instrument til instrument og man kunne derfor ikke sammenlikne temperaturen målt med ulike instrumenter [17] Rundt 1700 fant man ut at det kunne være meteorologisk interessant å kunne sammenlikne temperaturobservasjoner foretatt på ulike steder. For å få til dette begynte man enten bruke termometre som var laget og kalibrert av samme termometermaker, eller så kunne man lage en eller flere temperaturskalaer som det var enkelt å kalibrere termometrene etter. Man valgte det siste, men det var vanskelig å bli enige om en skala. [23]

Kun tre temperaturskalaer overlevde fra 1700-tallet fram til 1800-tallet, nemlig Reaumur, Celsius og Fahrenheitskalaen. Disse skalaene hadde hhv. 80° , 100° og 180° mellom fryse- og kokepunktet for vann. [23]

Det var ikke før i 1927 at det ble etablert en internasjonal temperaturskala(ITS). Før dette var det vanskelig å sammenlikne vitenskapelige eksperimenter fra ulike laboratorier, fordi det ikke fantes en standard temperaturskala. [17]

2.2.5.1.Celsius og Kelvin

Celsiuskalaen er oppkalt etter svensken Anders Celsius og er en skala som er definert ut fra to referansepunkt, nemlig koke- og frysepunktet for vann. I celsius-skalaen skal det være 100 °C mellom disse to referansepunktene. Kokepunktet for vann er 100 °C og frysepunktet er 0 °C.[17]

Lord Kelvin ønsket å lage en temperaturskala med nullpunkt i det absolutte nullpunkt, som tilsvarer -273,16 °C, samtidig som skalaen skulle samsvare med Celsiuskalaen. Han brukte fryse- og kokepunktet for vann som referansepunkt og definerte at det var 100 K mellom disse. Deretter ekstrapolerte han en rett linje derfra til det absolutte nullpunkt som tilsvarte null på skalaen . [17]

2.2.5.2.Réaumurkalaen

Réaumurkalaen er en temperaturskala oppkalt etter franskmannen René Antoine Ferchault de Réaumur. Skalaen Réaumur dannet i 1730, var totalt endret både numerisk og prinsipielt innen 1770. I det som anses for å være Réaumurkalaen i dag er frysepunktet for vann ved 0 °R og kokepunktet for vann er ved 80 °R. For å konvertere fra temperaturen oppgitt i Réaumur, $t_{\circ R}$, til Celsius brukes følgende likning, likning (9) [23, 25]

$$t_{\circ C} = 5/4t_{\circ R} \tag{9}$$

2.3.Måling av temperatur

2.3.1. Termometer

Et termometer er et instrument som viser temperaturen via en temperaturskala. Termometeret skal vise en sammenheng mellom den empiriske temperaturen, altså den målte temperaturen, og de termiske egenskapene til termometeret. [19] Sammenhengen mellom den empiriske temperaturen, θ , og de termometriske egenskapene som er temperaturavhengige, kan bli uttrykt ved likning (10) [19]

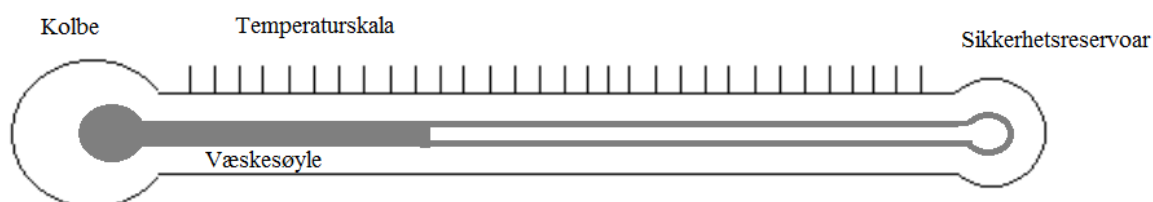
$$\theta(X(T)) = a_{\theta}X(T) \quad (10)$$

Der a_{θ} er en vilkårlig konstant og $X(T)$ er en termometrisk egenskap.

2.3.1.1.Væske-i-glass-termometer

Et væske-glass-termometer er et forseglet termometer der den termometriske egenskapen er væske. Det blir antatt at Ferdinand II, hertug av Toscana oppfant det første væske-i-glass-termometeret i 1654. [17]

Et væske-glass-termometer består som regel av et forseglet kapillarrør laget av glass. I den ene enden av dette røret er en kolbe. Kolben og deler av kapillarrøret er fylt med væske. I den andre enden av kapillarrøret er det også ofte en kolbe som brukes som sikkerhetsreservoar. En prinsippskisse av dette er vist i Figur 2. Når temperaturen øker, vil væsken utvide seg oppover i kapillarrøret. Toppen av væskesøylen vil indikere temperaturen og kan leses av på termometerets temperaturskala.[17]



Figur 2. Prinsippskisse av et væske-i-glass-termometer.

Fordelen med væske-i-glass-termometer er at de er enkle og billige å konstruere og bruke i tillegg til å være enkle å transportere. Ulempen ved slike termometre er at de er skjøre. I tillegg kan de kun brukes når man kan se væskesøylen. Slike termometre kan heller ikke måle temperatur på avstand. En annen ulempe med væsk-i-glass-termometer er at væsken i termometeret kan fryse. Kvikksølv fryser for eksempel ved $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$. [14, 26]

Et eksempel på et væske-i-glass-termometer er kvikksølvtermometeret. Et slikt termometer kan operere i temperaturintervallet $240\text{ K} - 800\text{ K}$. Man har klart å konstruere kvikksølvtermometre med en nøyaktighet på $\pm 0,0001\text{ K}$. Fra 1880-årene til 1920-årene var kvikksølvtermometeret brukt til å standardisere temperaturen.[27]

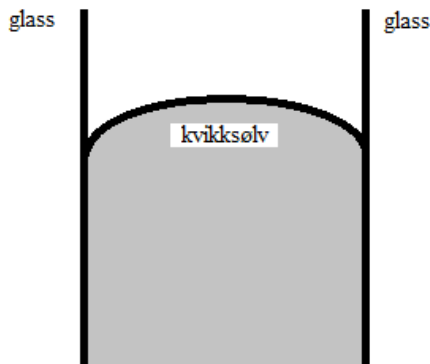
Væske-i-glass-termometre kan by på enkelte utfordringer. En vanlig feil er elastiske feil, altså feil grunnet sammentrekning eller utvidelse av termometeret. Elastiske feil kan deles inn i reversible og irreversible feil. Reversible feil forekommer derom termometeret blir utsatt for store temperaturendringer på kort tid. Slike feil er uviktige i meteorologisk sammenheng, da man sjelden har så store temperaturendringer på kort tid. [28]

Et væske-i-glass-termometer vil trekke seg sammen i et par år etter at det er produsert, med størst sammentrekning i det første året. Selv med meget bra glass, vil sammentrekningen føre til en endring på rundt $0,01\text{ K}$ i løpet av det første året. Man må også være oppmerksom på at termometeret må være fullstendig omsluttet av mediet man skal måle temperaturen på. [28]

Utvidelseskoeffisienten til glass ligger normalt mellom $1,0 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ og $3,0 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$. For kvikksølv er utvidelseskoeffisienten $1,82 \times 10^{-4}\text{ K}^{-1}$. Dette gjør at man må ta hensyn til glassets utvidelse når et kvikksølv-i-glass-termometer skal kalibreres. Man må også ta hensyn til at verken kvikksølv eller glass utvider seg uniform med temperaturen. Dette kan man kompensere for under produksjonsprosessen.[28]

I tillegg bør man i produksjonsprosessen være oppmerksom på kapillæreffekten. [28] Kapillæreffekten innebærer at en væske vil kurve seg oppover eller nedover når den kommer i kontakt med for eksempel glass. Dette skjer fordi adhesjonen mellom væsken og kapillærrøret er ulik kohesjonen i væsken. For kvikksølv er det slik at kohesjonen er større enn adhesjonen, noe som fører til at væsken vil kurve oppover. I et kvikksølv-i-glass-termometer, vil da altså

kvikksølvet være lavere i nærheten av glassveggene i kapillærrøret enn i rørets sentrum.[14]. Dette er vist i Figur 3.



Figur 3. Kapillæreffekten får kvikksølvet til å være lavere i nærheten av glassveggene enn i midten av røret.

Et væske-i-glass-termometer må leses av vinkelrett på temperaturskalaen. Avlesningsfeil kan komme av tykke rør og feil avlesningsvinkel. Et kvikksølv-i-glass-termometer må leses av vannrett ved toppen av kvikksølvsøylen.[28]

WMO anbefaler at væske-i-glass termometre bør kalibreres annet hvert år. [28]

2.3.2. Faktorer som påvirker temperaturmålingene

Eksposeringen av temperaturmåleren har mye å si for den empiriske temperaturen. Dette innebærer at målt temperatur er avhengig av omgivelser og av omstendighetene rundt temperaturmålingen. Solstråling, stråling fra grunnen og stråling fra omgivelsene som ikke fører til endret lufttemperatur, kan likevel påvirke termometeret. Temperaturen på det avleste termometeret kan også bli påvirket av fuktighet og vind på måleren.[28]

WMO har derfor utarbeidet en del standarder for temperaturmålinger. Termometeret skal være plassert mellom 1,2 m og 2,0 m over bakken. Grunnen til at denne høyden er valgt, er at temperaturgradienten kan være meget stor nær bakken. [28]

Temperaturmåleren bør være plassert slik at det ikke er fritt eksponert ovenfor solinnstråling og vind. Den bør heller ikke være påvirket av eventuelle hindringer i nærheten, som for eksempel bygninger og trær. Temperaturen er sensitiv for topografien og bør derfor ikke måles i bratte hellinger eller i søkk. [28]

2.4. Lokalklima

Dersom annet ikke er nevnt er Utaaker, Oke og Mattsson brukt som kilde. [20, 22, 29]

Lokalklimaet er avhengig av topografien. Topografien kan forårsake blant annet lokale luftstrømmer og lokal endring i solinnstråling og vil slik påvirke temperaturen. Eksempler på topografiske egenskaper som kan påvirke temperaturen er høyde over havet, terrenghelning og nærhet til vannlegemer, det vil si for eksempel innsjøer og elver.

Temperaturen endres med høyden. I følge Mattsson endres temperaturen i gjennomsnitt med $-0,65\text{ °C}$ per 100 m.

Topografien kan være årsak til vinddannelse. På en klar dag vil lufta i en dal bli svært ulikt oppvarmet, spesielt i sydvendte skråninger. Lufta i den varme lisida vil være varmere enn lufta ved tilsvarende høyde midt i dalen. Denne temperaturforskjellen gjør at det blir ulikt trykk midt i dalen og i lisida. Trykkforskjellen vil føre til at en luftstrøm går oppover lisida. Dette kalles anabatiske vind. Om natten vil luftlaget nærmest jordoverflaten bli kaldt. Den kalde, tunge luften vil så bevege seg sakte nedover dalen og samle seg i fordypninger. Dette kalles katabatiske vind. Opphopningen av kald luft i fordypninger gjør at temperaturen om natten vil være lav nede i dalbunnen for deretter å øke i den tempererte sonen for deretter å synke igjen grunnet økt høyde. Skråninger har derfor mindre døgntemperaturamplitude enn dalbunner.

Katabatiske og anabatiske vinder fører til vindfenomenene fjellvind og dalvind. Disse står vinkelrett på de katabatiske og anabatiske vindene, noe som innebærer at fjell- og dalvinden beveger seg langs dalen. Fjellvind oppstår om natten. Kald luft vil strømme fra dalen og ned mot lavlandet. På dagen reverseres fenomenet, og dalvind forekommer. Dalvinden går fra lavlandet og opp mot fjellene. [30]

Vann har høy spesifikk varmekapasitet sammenliknet med andre naturlige materialer. Vannets spesifikke varmekapasitet er på $4,18\text{ kJ}/(\text{kgK})$. Til sammenlikning er luftens spesifikke varmekapasitet $1,01\text{ kJ}/(\text{kgK})$. Dette innebærer at oppvarming og avkjøling av vann skjer langsommere enn oppvarming og avkjøling av luft. En konsekvens av dette er at vannet og det nærmeste luftlaget over vannet ofte vil være varmere enn luften over fastlandet på natten og

kjøligere enn luften over fastlandet om dagen. Minimumstemperaturen i nærheten av et vannlegeme vil altså øke og dette fører til redusert døgntemperaturamplitude.

Temperaturforskjellen i luften over vann og land fører til en trykkforskjell. Denne trykkforskjellen fører til lokale vindstrømmer. Om natten vil den kjølige luften fra fastlandet strømme mot vannlegemet. Dette kalles landbris. Om dagen, da vannet har høyere varmekapasitet enn luft, vil lufttemperaturen nær vannoverflaten være lavere enn temperaturen over land om dagen. Trykkforskjellen som oppstår vil gjøre at kjølig luft vil strømme inn over land. Dette fenomenet kalles sjøbris. Sjøbrisen kan strekke seg å langt som 30 km innover land. Temperaturforskjellen mellom luften over vann og luften over land om natten er mindre enn temperaturforskjellen om dagen, noe som fører til at landbrisen er svakere enn sjøbrisen.

Et islagt vannlegeme vil ha lavere varmekapasitet enn et åpent vannlegeme. Lufttemperaturen i det nærmeste luftlaget over et islagt vannlegeme vil derfor som regel ikke vil være varmere enn luften over fastlandet på natten og kjøligere enn luften over fastlandet om dagen. Minimumstemperaturen vil altså ikke øke i nærheten av et islagt vannlegeme. Dette gjør at årstemperaturamplituden for områder i nærheten av vannlegemer som fryser om vinteren vil være større enn årstemperaturamplituden til områder i nærheten av vannlegemer som er åpne hele året. [31]

Eksposeringen har også mye å si for temperaturen. Dersom solstrålingen treffer med liten innfallsvinkel, vil oppvarmingen skje raskere. Innfallsvinkelen er vinkelen mellom strålingsretningen og normalen til flaten. I følge Oke vil solinnstrålingen i skråninger være størst i sydvendte skråninger, deretter i skråninger vendt mot øst eller vest. Nordvendte skråninger vil ha minst solinnstråling. En horisontalflate vil ha en solinnstråling som ligger mellom solinnstrålingen for sør- og nordvendte skråninger.

2.5.Homogenisering

I klimaforskning er det viktig å ha homogene serier. Kun slik kan man si noe om variasjoner i klima og klimaendringer. For å få homogene data er det viktig at omgivelsene rundt måleutstyret ikke har påvirket observasjonene. Inhomogenitet i en temperaturserie kan komme av gradvise endringer i omgivelsene rundt målestasjonen, for eksempel ved en gradvis urbanisering. En gradvis inhomogenitet forårsaket av ulike gradvise endringer, er vanskelige å oppdage dersom man ikke har en eller flere referanseserie(r) å sammenlikne temperaturserien med. Inhomogenitet kan også forekomme som brudd i temperaturserien. Slike brudd kan komme av flytting av målestasjon, utskifting av instrumenter og endring av rutiner. Brudd er enklere å oppdage enn gradvise endringer. [7, 32]

Det finnes flere ulike homogenitetstester. Standard National Homogeneity Test, heretter forkortet SNHT, er en av dem. SNHT ble utviklet av Alexandersson i 1986 for å homogenisere svenske nedbørsdata. SNHT er en test som sammenlikner hvor godt temperaturdataene fra målestasjonen som skal homogeniseres, heretter kalt kandidatstasjonen, sammenfaller med en eller flere temperaturserier fra en eller flere homogeniserte referansestasjoner. Dette foregår ved at man først kalkulerer temperaturdifferansen mellom kandidatstasjonen og referansestasjonen. Deretter konstruerer man en referanseserie som hypotesetestes for å finne brudd. Ved å sammenlikne temperaturserien til kandidatstasjonen med temperaturserien til referansestasjonen, er det mulig å oppdage gradvis inhomogenitet. Denne testen gjør at det er mulig å oppdage brudd. En variasjon av testen kan detektere gradvis inhomogenitet. [7, 8]

2.5.1. Standard normal homogenitetstest, SNHT

Dersom annet ikke er oppgitt, er Alexandersson brukt som kilde. [8]

I SNHT skal man ved hjelp av differansen mellom en referansestasjon og en kandidatstasjon oppdage eventuelle brudd i en temperaturserie. Differansene blir uttrykt i likning (11)

$$Q_i = Y_i - \sum_{j=1}^k \frac{\rho_j^2 [X_{ji} - \bar{X}_j + \bar{Y}]}{\sum_{j=1}^k \rho_j^2} \quad (11)$$

Y_i er temperaturen til kandidatstasjonen ved en gitt tid i (år, måneder eller en annen tidsenhet). X_j er temperaturen til referansestasjon j av k ved tid i . ρ_j er en korrelasjonskoeffisient mellom kandidatstasjonen og referansestasjonene. ρ_j er alltid større enn null. For å få normaliserte data er det enkelte steder brukt midlere verdi. Dette er markert med en strek. Normaliseringen gjør det enklere å beregne referansestasjonene. Dette fører til at Q vil variere rundt 0. De midlere verdiene for X og Y må beregnes for samme tidsperiode. Vi bruker den suksessive differanser i stedet for å bruke selve verdiene. Da reduseres sjansen for å gjøre dårlige estimater på korrelasjonskoeffisienten dersom det er inhomogenitet i serien ved referansestasjonen og/eller kandidatstasjonen. Standardserien Z_i beregnes som i likning (12)

$$Z_i = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma_Q} \quad (12)$$

Z_i er standardserien, Q_i er differanseserien og σ_Q er standardavviket til Q .

Dersom man identifiserer et temperaturskift, kan man bruke en hypotesetest. Null-hypotesen sier at serien er normalfordelt med snittverdi 0 og standardavvik 1. Alternativhypotesen, H_1 , er da at Z_i er normalfordelt, men består av to serier med ulik snittverdi. Dette er vist i (13)

$$H_0: Z_i \in N(0,1) \text{ der } i = 1, 2, \dots, n \quad H_1: \left\{ \begin{array}{l} Z_i \in N(\mu_1, 1) \quad \text{der } i = 1, 2, \dots, a \\ Z_i \in N(\mu_2, 1) \quad \text{der } i = a + 1, 2, \dots, a \end{array} \right\} \quad (13)$$

μ_1 er forventningsverdi til serien før bruddet og μ_2 er forventningsverdi til serien etter bruddet. a er det siste året av Z_1 -serien, eller året med bruddet.

I virkeligheten er standardavviket i H1 litt mindre enn 1 i årene før og etter bruddet. Den statistiske testen blir ikke påvirket av denne forenklingen. Man kan lage en sannsynlighetsrate som sier hvor sannsynlig det er at H1 er korrekt. Denne serien er vist i likning (14)

$$T_{max}^S = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{T_a^S\} = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{a\bar{z}_1^2 + (n-a)\bar{z}_2^2\} \quad (14)$$

z_1 og z_2 er snittet av $\{z_i\}$ -serien hhv før og etter bruddet. T_a^S er en testverdi ved tiden a . T_{max}^S er den høyeste verdien av T_a^S .

De ulike forskjellene kan uttrykkes ved hjelp av likning (15) og likning (16)

$$\bar{q}_1 = \sigma_Q \bar{z}_1 + \bar{Q} \quad (15)$$

$$\bar{q}_2 = \sigma_Q \bar{z}_2 + \bar{Q} \quad (16)$$

\bar{q}_1 er beregnet verdi før et brudd, σ_Q er standardavviket til Q .

Dersom man skal korrigere dataene i tiden $i=1,2,\dots,a$, må man justere verdiene med en faktor $(\bar{q}_2 - \bar{q}_1)$. Dersom man vil finne den høyeste verdien til T_{max}^S , må man finne ut når er når serien Q inneholder to deler med konstant nivå Q_1 og Q_2 . Dette tilsvarer $(n-1)$. Dette kan brukes til å oppdage programmeringsfeil. [8]

Dersom man vet at serien har ett brudd og bare ett brudd, kan man utføre en t-test. Denne testen er vist i likning (17)

$$t = \frac{(\bar{q}_2 - \bar{q}_1)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{A} + \frac{\sigma_2^2}{n-A}}} \quad (17)$$

Der A er bruddåret og n er antall verdier i tidsserien.

3. Material og metode

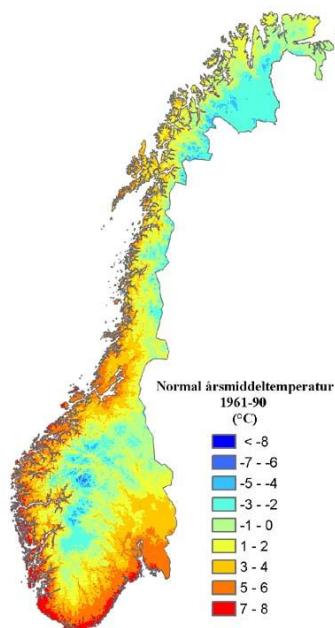
3.1.Klima

Klima er ifølge IPCC de statistiske egenskapene til været over en viss tidsperiode, for eksempel variasjon og gjennomsnittsverdier av nedbør, temperatur og vind. [1]

Når man skal beskrive klimaet og eventuelle klimaendringer, kan man bruke klimanormaler. En klimanormal er en gjennomsnittsverdi av en klimakomponent over en viss tidsperiode, en såkalt normalperiode. Normalperioden som brukes i dag er perioden 1961-1990.[33]

3.1.1. Klimaet i Norge

Norge har et årlige strålingsunderskudd på mellom 530 kWh/m² og 820 kWh/m². Grunnen til at klimaet i Norge likevel er forholdsvis varmt, er forbundet med geografien rundt. Norge ligger øst for et stort havområde i vestavindsbeltet. Dette gjør at luftstrømmene som kommer inn over Norge ofte består av mild og fuktig luft. De kalde, tørre luftstrømmene fra polare strøk blir varmet opp når de beveger seg over Golfstrømmen før de kommer inn over Norge. Disse luftstrømmene vil i tillegg ta opp fuktighet. De varme luftstrømmene inneholder så mye energi at det veier opp for den negative strålingsbalansen. [20] Figur 4 er et kart over Norge hentet fra Meteorologisk institutts internettsider, [34], med årsmiddeltemperatur for normalperioden 1961-1990.



Figur 4. Kart over Norge med årsmiddeltemperatur i normalperioden 1961-1990. Hentet fra [34]

Temperaturrendringen per 100 år samt standardavvik for et utvalg av ulike stasjoner med lange temperaturserier er vist i Tabell 1. Her er Færder fyr, Oksøy fyr, Torungen fyr og Dombås valgt. Disse dataene er hentet fra Gjelten [35]. Her ser man at trenden ved disse stasjonene er en temperaturøkning.

Tabell 1. Temperaturendring per 100 år og standardavvik for utvalgte stasjoner med lange temperaturserier. Hentet fra Gjelten, [35].

Stasjon	Temperaturendring per 100 år /°C	Standardavvik /°C
Færder fyr (1887-2011)	0,82	0,21
Oksøy fyr(1874-2011)	0,70	0,17
Torungen fyr(1874-2011)	0,70	0,18
Dombås(1874-2011)	0,91	0,18

3.1.2. Klimaet i Trondheim

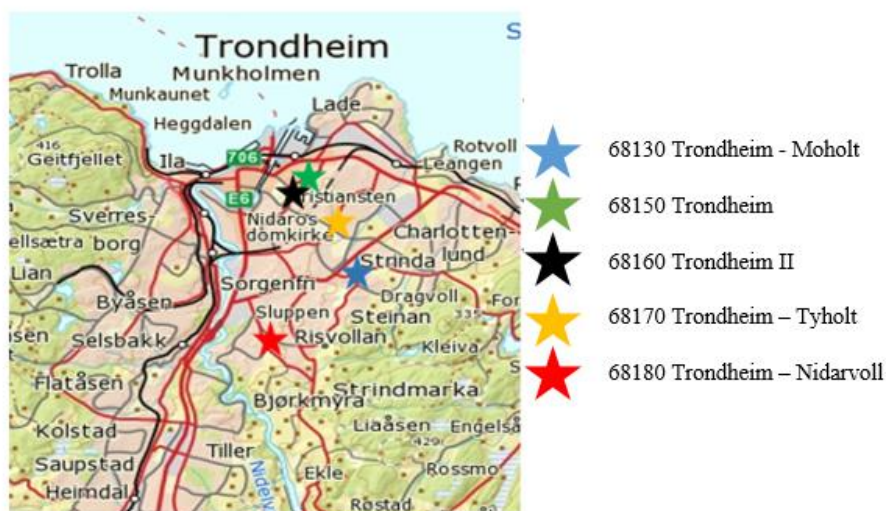
Trondheim ligger i den tempererte klimasonen i vestavindsbeltet, men ligger forholdsvis nærme sonen med polart klima. Trondheim ligger altså i grenseområdet mellom de kalde polare luftmassene og varmere luftmasser lenger sør, noe som innebærer at Trondheim ofte ligger i polarfronten. Dette fører til at klimaet i Trondheim blir ustabil. [12]

Klimaet i Trondheim er mildt og nedbørsrikt på grunn av Golfstrømmen og geografien rundt. Trøndelag er omkranset av fjell men er åpent mot kysten. I gjennomsnitt er det litt over 200 dager med regn i året i Trondheim.[12]

Tabell 2 er en oversikt over fem ulike stasjoner i Trondheim, 68130 Trondheim – Moholt, 68150 Trondheim, 68160 Trondheim II, 68170 Trondheim – Tyholt og 68180 Trondheim – Nidarvoll, og deres plassering, hentet fra eklima [36]. Deres plassering er også vist i kartet i Figur 5, hentet fra Norges kartverks tjeneste Norgeskart.no [37], der de ulike stasjonene er markert med stjerner. Trondheim – Nidarvoll er markert med en rød stjerne. Trondheim – Tyholt er markert med en gul stjerne. Den blå stjernen markerer Trondheim – Moholt. Trondheim og Trondheim II er markert med hhv grønn og svart stjerne.

Tabell 2. Oversikt over lokaliseringen til ulike stasjoner i Trondheimsområdet. Hentet fra eklima[36].

Stasjonsnummer	Navn	Lengdegrad /DD	Breddegrad /DD	Høyde over havet /m
68130	Trondheim – Moholt	10.448	63.4125	118
68150	Trondheim	10.4146	63.4319	58
68160	Trondheim II	10.4177	63.4246	58
68170	Trondheim – Tyholt	10.4303	63.4225	113
68180	Trondheim – Nidarvoll	10.4027	63.3963	40

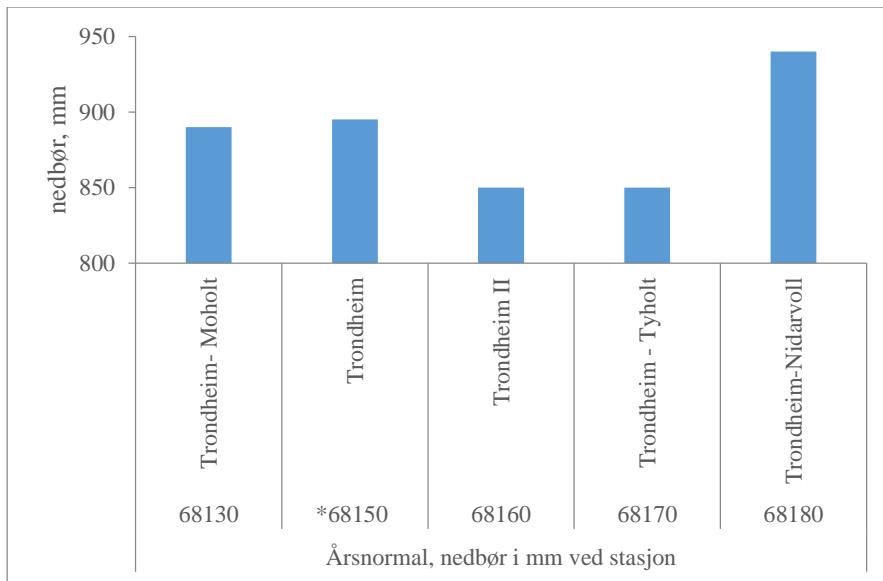


Figur 5. Kart over Trondheim, der ulike målestasjoner er markert med en stjerne. Hentet fra Norgeskart.no [37]

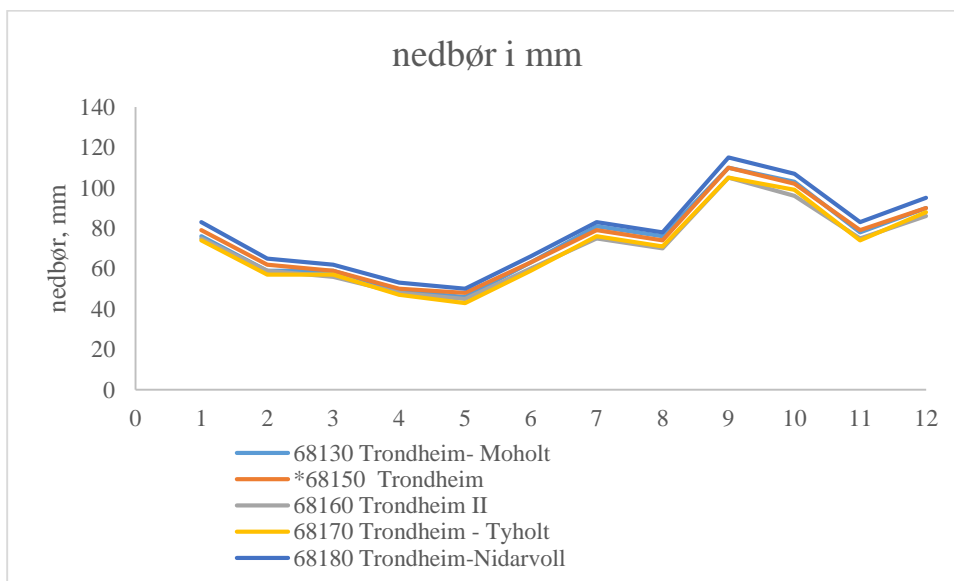
I perioden 1961-1990 var gjennomsnittlig årsnedbør i Trondheim 892 mm.[12] Tabell 3 viser månedsnormalen og årnormalen for nedbør, i mm, ved ulike stasjoner i Trondheim i perioden 1961-1990. Årsnormalen for nedbør i normalperioden 1961-1990 i Trondheim ved fem ulike stasjoner er vist i Figur 6. Figur 7 viser den gjennomsnittlige månedsnormalen for nedbør for alle årets måneder i normalperioden 1961-1990 for de samme stasjonene. Disse dataene er hentet fra eklime.[36]

*Tabell 3. Månedsnormal (1961-1990) for nedbør, målt i mm, ved ulike stasjoner i Trondheim. * betyr at normalen er interpolert. Stasjonen har ikke data for perioden. Hentet fra eklime, [36].*

MÅNED	NEDBØR/mm VED STASJON				
	68130 Trondheim- Moholt	*68150 Trondheim	68160 Trondheim II	68170 Trondheim- Tyholt	68180 Trondheim- Nidarvoll
Januar	76	79	75	74	83
Februar	59	62	59	57	65
Mars	59	59	56	57	62
April	49	50	48	47	53
Mai	46	48	45	43	50
Juni	63	63	60	59	66
Juli	81	79	75	76	83
August	76	74	70	71	78
September	110	110	105	105	115
Oktober	103	102	96	99	107
November	78	79	75	74	83
Desember	90	90	86	88	95
Årsnormal	890	895	850	850	940



Figur 6. Normal årsnedbør i mm for ulike stasjoner i Trondheimsområdet i normalperioden 1961-1990. * betyr at dataene er interpolert, da det ikke finnes data for stasjonen. Hentet fra eklime, [36].



Figur 7. Normal månedsnedbør i mm ved fem ulike stasjoner i Trondheimsområdet. Vannrettakse er månedsnummer. * betyr at dataene er interpolert. Hentet fra eklime, [36].

Den årlige middeltemperaturen for Trondheim i normalperioden 1961-1990 er 5,3 °C.[12]
 Tabell 4 viser månedsnormalen samt årsnormalen for temperatur, målt i °C, ved ulike stasjoner i Trondheim i årene 1961-1990. Dataene er hentet fra e-klime.[36]

Tabell 4. Månedsnormal for temperatur, målt i °C, ved ulike stasjoner i Trondheim i perioden 1961-1990. Tallene i den øverste raden er de ulike stasjonenes stasjonsnummer. * indikerer at dataene er interpolert, da stasjonen ikke har malinger for denne perioden. Hentet fra klima, [36].

MÅNED	Temperatur/°C ved stasjon			
	68130 Trondheim- Moholt	*68150 Trondheim	68160 Trondheim II	68170 Trondheim- Tyholt
Januar	-3,3	-2,5	-2,9	-3,1
Februar	-2,7	-1,8	-2,3	-2,5
Mars	-0,1	0,8	0,5	0,1
April	3,0	4,0	3,9	3,2
Mai	8,7	9,6	9,4	8,7
Juni	12,0	12,8	12,6	12,0
Juli	13,2	14,0	13,8	13,2
August	12,7	13,6	13,3	13,0
September	9,0	9,8	9,4	9,3
Oktober	5,6	6,2	6,0	5,8
November	0,3	1,3	1,0	0,8
Desember	-2,0	-1,0	-1,3	-1,5
Årsnormal	4,7	5,6	5,3	4,9

4. Resultater

4.1. Stasjonshistorie

Abraham Bredahl Rosenvinge (1810-1884) var en meget ivrig værobservatør. Han har etterlatt seg kalendre fra 1834-1884, fulle av daglige temperaturobservasjoner, målt i Réaumur. På det meste har han notert temperaturen fire ganger daglig, men han har i hovedsak nøyd seg med tre daglige observasjoner.

I heftet «Old Meteorological Observations at Trondheim – atmospheric pressure and temperature during 185 years» som omhandler værobservasjoner i Trondheim, har B.J. Birkeland nevnt Rosenvinges observasjoner. Birkeland har tydeligvis gått gjennom Rosenvinges observasjoner og funnet dem tilfredsstillende nok til å bli omtalt i heftet.

A. Rosenvinge flyttet fra Tomb til Trondheim i mars 1835, da han overtok hans mors halvdel av Bakke gård. Bakke hadde fram til 1832 blitt eid av enken til Johannes Finne og da hun døde, ble gården delt mellom hennes to døtre, deriblant A. Rosenvinges mor, Mette Margrethe Rosenvinge. Hun arvet den nordlige delen av gården samt halve hovedhuset på Bakke. Selve delingen av Bakke fant ikke sted før i 1835 og Mette Margrethe Rosenvinge og hennes mann, Jørgen Coldevin Rosenvinge, overdro da umiddelbart sin andel til A. Rosenvinge.[12, 38]

4.1.1. Rosenborg gård

Da Rosenvinge overtok sin halvdel av Bakke gård, som han valgte å kalle Rosenborg gård, bygget han et nytt hovedhus rett nord for det gamle gårdstunet på Bakke. Dette huset hadde en etasje og to fløyer. Han valgte å bruke sin andel av hovedhuset på Bakke som tjenerbolig. Rosenborg lå i det som i dag er Innherredsveien 7 i Trondheim, på Bakklandet, nær Nidelven. [12, 38]

Figur 8, hentet fra prospektsamlingen ved UBiT [39], er et fotografi tatt i 1893 og viser Rosenborg gård. Huset til venstre i bildet er det eldre huset på gården som ble revet i 1946. Til høyre er huset som ble bygget der hovedhuset på Bakke hadde stått. Dette huset eksisterer i dag. I forgrunnen kan man se restene etter en reperbane som fikk langs Innherredsveien nedenfor Bakke.



Figur 8. Fotografi av Rosenborg gård, tatt i 1893. Til venstre er det eldre huset på gården. Til høyre er huset bygget der hovedhuset på Bakke lå. Hentet fra prospektsamlingen ved UBiT [39]

Figur 9 viser Bakke gård og kirke en gang i 1850-årene, hentet fra UBiT [40]. Her kan man se at Bakke var omgitt av jorder og lå ned mot sjøen. I og med at Rosenborg gård var utskilt fra Bakke og lå nærme Bakke, kan det antas at omgivelsene rundt Rosenborg var tilsvarende omgivelsene rundt Bakke. Et maleri av J. F. Rosenvinge fra Bakke i 1821 viser Bakke gård langs Innherredsveien ved Nidelven. Dette er maleriet er vist i Figur 10, hentet fra prospektsamlingen ved UBiT [41]. Dette maleriet antyder også at Rosenborg gård var omgitt av jorder.



Figur 9. Fotografi av Bakke gård og Bakke kirke tatt i 1850-årene. Hentet fra UBiT, [40].



Figur 10. Maleri av Bakke gård og kirke, malt av J. F. Rosenvinge i 1821. Hentet fra prospektsamlingen ved UBiT, [41].

4.1.2. Rosenvinges observasjoner

I dagboken til Rosenvinge for 1835 kan man finne temperaturobservasjoner, men det uklart om disse observasjonene er for Christiania eller Trondheim. Det er nedskrevet observasjoner i perioden 1835- 1839 både for Christiania og Trondheim med unntak av 1837 da det kun er nedskrevet ett sett med temperaturobservasjoner. Det er usikkert hvilket sted temperaturmålingene fra 1837 er fra. [11]

Fra januar 1845 til oktober 1852 viser en sammenlikning mellom Adresseavisens meteorologiske observationer for Trondhjem og temperaturobservasjonene i Rosenvinges kalendre at disse er identiske. Dette kan tyde på at Rosenvinge i denne perioden kan ha skrevet av temperaturobservasjonene i Adresseavisen. Rosenvinge skriver i 1853 at «Observasjonene er udregnede efter Apoteker Balsløws Manuskript»[11]

I Rosenvinges kalendre er det enkelte steder i påført med blyant at det er avskrift fra Adresseavisen. Det er sannsynlig at det er Birkeland som har notert dette, da han i 1949 skriver at Rosenvinge skrev av Adresseavisen fra 1840 –1854.[42] Rosenvinge har i januar 1849 selv skrevet at observasjonen er avskrift fra Adresseavisen. I 1846 kan man finne et utklipp fra Adresseavisen limt inn i dagboken. I desember 1854 er det to sett med temperaturobservasjoner. Over det ene settet med temperaturobservasjoner har Rosenvinge skrevet «Rosenvinges observasjoner». Over det andre settet med temperaturobservasjoner er det påført «Balslöws

observasjoner?» med blyant. I april 1855 begynner Rosenvinges egne temperaturobservasjoner. Disse fortsetter fram til juli 1884.

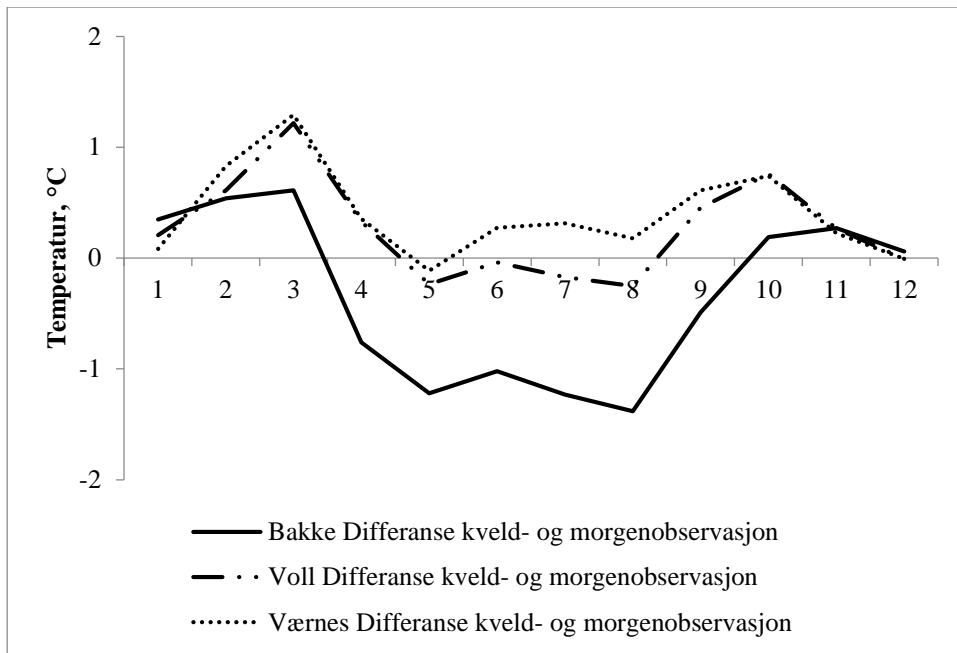
I og med at Rosenvinges observasjoner fram til april 1855 dels er mangelfulle og dels er avskrift fra Adresseavisen, blir kun observasjonene fra april 1855 til juli 1884 brukt i videre analyse.

På Meteorologisk Institutt er Rosenvinges observasjoner blitt kalt 68156 Trondheim – Bakke og stasjonen regnes som operativ i perioden 1. april 1855 – 7. juli 1884. [43] Notat av Nordli angående Rosenvinges observasjoner er vist i Appendiks 4.

4.1.2.1. Plassering av termometer

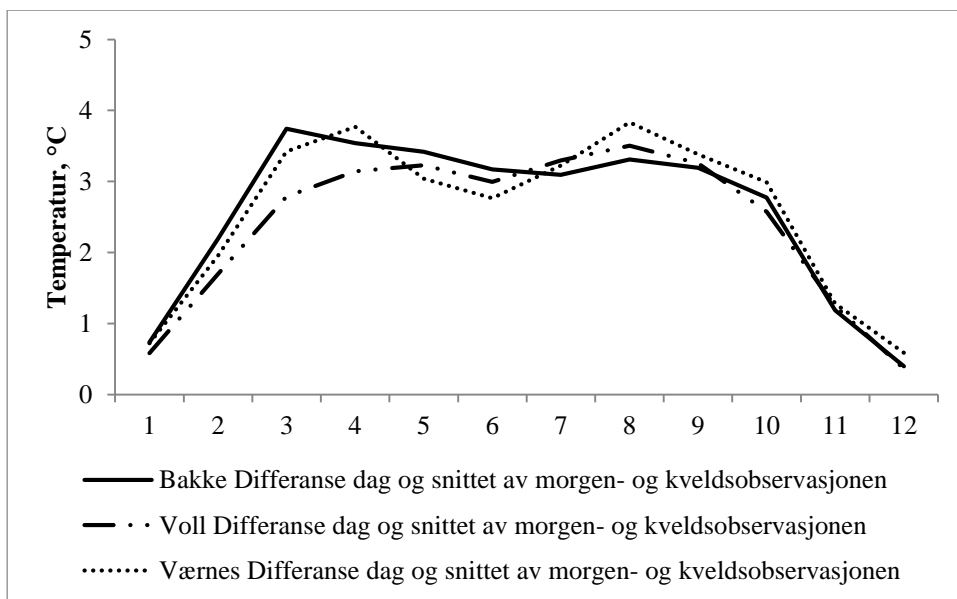
I følge korrespondanse mellom Birkeland og Rosenvinges barnebarn hadde Rosenvinge termometeret sitt plassert ved kjøkkenvinduet på nordveggen, såpass langt vekk at han måtte dra det til seg med en snor. [42]

Det er foretatt en sammenlikning av differansen mellom den gjennomsnittlige temperaturen i morgen-, kvelds og middagsobservasjonene ved Bakke, 68860 Trondheim – Voll og 69100 – Værnes for alle årets måneder. Værnes og Voll er to målestasjoner i Trondheimsområdet med timevise observasjoner. Denne sammenlikningen, vist i Figur 11, viser at differansen mellom morgen- og kveldsobservasjonene er mindre for observasjonene for Bakke enn observasjonene fra Voll og Værnes. Dette innebærer at morgenobservasjonene for Bakke relativt sett er varmere enn morgenobservasjonene for Voll og Værnes og/eller at kveldsobservasjonene er kjøligere ved Bakke enn ved Voll og Værnes. Varme morgenobservasjoner og/eller kjølige kveldsobservasjoner tyder på at veggen som Rosenvinge plasserte termometeret sitt på kan ha hatt en svak orientering mot øst.



Figur 11. Temperaturdifferanse mellom kvelds- og morgenobservasjon ved Bakke, Værnes og Voll

I Figur 12 er differansen mellom dagobservasjonen og gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene for Værnes, Voll og Bakke vist. Her ser man at differansen er forholdsvis lik for alle tre stasjoner for alle årets måneder. Dette tyder på at kveldstemperaturene fra Bakke relativt sett er litt kjøligere enn kveldstemperaturene på Voll og Værnes, noe som gjør at gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene for Bakke jevner seg ut.



Figur 12. Differansen mellom dagobservasjonene og gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene for Bakke, Værnes og Voll

4.1.2.2. Observasjonstidspunkt

Rosenvinge observerte ved tidene 8:00, 14:00 og 22:00 i Christianiatid i perioden 1855-1884. [11] Christianiatid ligger 17 minutter bak norsk normaltid. Norsk normaltid, CET, er definert som UTC+1. Norsk normaltid ble ikke innført før 1. januar 1895. Sommertid ble ikke innført før i 1916. [44, 45] I og med at normaltid ikke ble innført før 1895, har ikke denne tidsforskjellen på 17 minutter noe å si for homogeniteten til Bakkeserien.

Det er foretatt en sammenlikning mellom observasjonene foretatt ved Værnes, Voll og Bakke der observasjonene ved Bakke er angitt både for hele timer, det vil si klokken 07:00, 13:00 og 21:00 UTC og for Christianiatid, det vil si klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC. Denne sammenlikningen viser at en forskyvning av tidspunktet for Bakkeserien med 17 minutter gjør at den gjennomsnittlige døgnvariasjonen hver måned for Bakkeserien sammenfaller bedre med temperaturseriene for Værnes og Voll. Disse grafene er vist i Appendiks 1.

En sammenlikning av observasjonene fra Værnes i perioden 2004-2011 for klokkeslettene 12:00, 13:00 og 14:00 UTC viser at den absolutte temperaturdifferansen er mindre enn 0,50 °C dersom observasjonstidspunktet endres med en time. En sammenlikning av temperaturdifferansen mellom morgenobservasjonene og observasjonene én time før og én time senere, viser at differansen er størst på sommeren. Da er temperaturdifferansen ved å forskyve tidspunktet én time tidligere - 0,97°C. Dersom kveldsobservasjonen utføres én time tidligere, vil temperaturen endres med 0,88 °C. Dette innebærer at gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonen vil jevne seg ut dersom observasjonstidspunktet endres med én time. Dette stemmer godt over ens med den utregnede differansen mellom dagobservasjonen og gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene for Værnes, Voll og Bakke som er vist i Figur 12.

Temperaturdifferansen mellom temperaturobservasjonen kl. 07:00 UTC og temperaturobservasjonen kl. 06:00 og 08:00 UTC, temperaturdifferansen mellom temperaturobservasjonen kl. 13:00 UTC og temperaturobservasjonen kl. 12:00 og 14:00 UTC samt Temperaturdifferansen mellom temperaturobservasjonen kl. 21:00 UTC og temperaturobservasjonen kl. 20:00 og 22:00 UTC, er vist i Tabell 5. I tabellen er temperaturdifferansen vist for ulike sesonger. Vintersesongen består av månedene desember,

januar og februar. Vårsesongen består av mars, april og mai. Sommersesongen består av juni, juli og august. September, oktober og november utgjør høstsesongen.

Tabell 5. Temperaturdifferanse mellom morgenobservasjonen kl. 07:00 UTC og temperaturobservasjonene kl. 06:00 og 08:00 UTC samt temperaturdifferansen mellommiddagsobservasjonen kl. 13:00 UTC og temperaturobservasjonene kl. 12:00 og 14:00 UTC og temperaturdifferansen mellommiddagsobservasjonen kl. 21:00UTC og temperaturobservasjonene kl. 20:00 og 22:00 UTC for Værnes i perioden 2004-2011

Sesong	Temperaturdifferanse, morgenobservasjon /°C		Temperaturdifferanse, middagsobservasjon /°C		Temperaturdifferanse, kveldsobservasjon /°C	
	- 1 time	+ 1 time	- 1 time	+ 1 time	- 1 time	+ 1 time
Vinter	-0,01	0,03	-0,15	-0,02	0,07	-0,06
Vår	-0,80	0,82	-0,36	0,17	0,64	-0,57
Sommer	-0,97	0,84	-0,41	0,19	0,88	-0,78
Høst	-0,25	0,48	-0,19	-0,01	0,22	-0,18

4.2.Månedsmidling

4.2.1. Utregning av månedsmidler

For å kunne anvende SNHT, må man ha månedlige gjennomsnittstemperaturer. Gjennomsnittstemperaturen, der temperaturen er en funksjon av tiden t regnes ut som vist i likning (18) [46]

$$T_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} T dt \quad (18)$$

Der T_m er månedsmiddel. Enkelte klimatologer har definert gjennomsnittstemperaturen til å være gjennomsnittet av timesobservasjonene i perioden, likning (19)[46]

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{24} \quad (19)$$

t_i er temperaturen ved tiden i . Dersom man ikke har timevise observasjoner er det mer komplisert å beregne gjennomsnittstemperaturen. Da må man bruke vektete gjennomsnitt av temperaturen målt ved faste klokkeslett. Dette er vist i likning (20) [46]

$$T_m = a_1 T_1 + a_2 T_2 + \dots + a_n T_n + k' \quad (20)$$

Der T_1, \dots, T_n er gjennomsnittsverdien ved faste klokkeslett. $a_1 \dots, a_n$ og k' er konstanter som er beregnet for gjeldende måned og gjeldene sted.

To formler som kan brukes for å bestemme månedsmiddel der man ikke har timevise observasjoner er Føyns formel og c-formelen. For å kunne beregne konstantene i disse formlene, er man avhengig av å bruke data der månedsmidlene allerede er kjent. [47]

4.2.1.1. c-formelen

c-formelen antar at det finnes en sammenheng mellom den månedlige gjennomsnittstemperaturen og gjennomsnittet av temperaturen ved morgen- og kveldsobservasjonen. c-formelen er vist i likning (21)

$$T_m = c + T_g \quad (21)$$

c er en konstant. T_m er månedsmidlene og T_g er gjennomsnittet av temperatur morgen og kveld. Konstanten c i c-formelen kan bli funnet på følgende måte, likning (22) [47]

$$c = T_m - T_g \quad (22)$$

4.2.1.2. Føyns formel

Føyns formel antar derimot at den månedlige gjennomsnittstemperaturen også er avhengig av temperaturen målt ved middagsobservasjonen. Føyns formel er gitt i likning (23), der k_g er Føyns konstant.

$$T_m = k_g(T_2 - T_g) + T_g \quad (23)$$

der T_2 er temperatur ved middagsmåling. Føyns konstant, k_g , kan bli funnet ved følgende formel, likning (24) [47]

$$k_g = \frac{T_m - T_g}{T_2 - T_g} \quad (24)$$

4.2.2. Månedsmidling av 68156 Trondheim - Bakke

For å kunne beregne månedsmidlene ved Bakke, er man avhengig av å benytte seg av konstanter beregnet for andre målestasjoner.

I Trondheimområdet er det to aktuelle værstasjoner som har timeviseobservasjoner, nemlig 69100 Værnes og 68860 Trondheim– Voll. Værnes har timevise observasjoner i perioden

januar 2004 – desember 2011. Voll har timevise observasjoner for september 1996 – oktober 2013.

I datasettet for Værnes og i datasettet for Voll, manglet det data for enkelte timer. Der data manglet, ble hele døgnet slettet for å unngå en skjevfordeling ved beregning av konstanten i c-formelen og Føyens konstant. I Appendiks 2 er det listet opp antall manglende døgn for Værnes og Voll samt metadata for stasjonene. Metadataene er hentet fra eklime [36]

4.2.2.1. Månedsmidling, resultater

Datasettet fra Værnes og Voll ble så anvendt for å beregne konstanten i c-formelen og Føyens konstant beregnet for årets måneder ved hjelp av likning (22) og likning (24). Resultatene er vist i Tabell 6.

Tabell 6. Konstanten i c-formelen og Føyens konstant beregnet for hver måned ved hjelp av observasjonene for Værnes i perioden 2004-2011 og konstanten i c-formelen og Føyens konstant, beregnet ut fra temperaturdataene fra Voll i perioden 1996-2013

Måned	Værnes		Voll	
	Konstanten i c-formelen /°C	Føyens konstant	Konstanten i c-formelen /°C	Føyens konstant
Januar	0,17	0,34	0,23	0,13
Februar	0,49	0,25	0,27	0,46
Mars	0,53	0,18	0,29	0,80
April	0,42	0,13	0,23	0,72
Mai	0,51	0,16	0,20	0,66
Juni	0,56	0,17	0,20	0,59
Juli	0,65	0,18	0,22	0,74
August	0,49	0,14	0,24	0,85
September	0,34	0,12	0,26	0,84
Oktober	0,33	0,16	0,29	0,74
November	0,28	0,36	0,26	0,32
Desember	0,10	0,48	0,23	0,09

4.2.2.2.Månedsmidling, sammenlikning

Datasettet for Værnes ble delt i to, der den ene halvdel, årene 2004-2007, ble brukt til å beregne konstanten i c-formelen og Føyens formel. Disse konstantene ble så brukt for å beregne middeltemperaturen i den andre halvdel av datasettet, årene 2008-2011. Den beregnede og den faktiske middeltemperaturen ble deretter sammenliknet og standardavviket og den gjennomsnittlige differansen ble utregnet for alle årets måneder. Dette resultatet er vist i Tabell 7.

For å kryssjekke verdiene i c-formelen og i Føyens konstant ble også datasettet for Trondheim – Voll delt i to. Perioden september 1996 – desember 2004 ble brukt for å beregne konstantene. Ved hjelp av disse konstantene ble gjennomsnittstemperaturen beregnet for perioden januar 2005-september 2013. Den gjennomsnittlige differansen mellom middeltemperatur beregnet ved konstantene og middeltemperaturen beregnet ved likning (19), er vist i Tabell 8. Her er også standardavviket beregnet.

Tabell 7 og Tabell 8 viser at middeltemperaturen utregnet ved hjelp av Føyens konstant har lavere standardavvik og mindre slagside enn middeltemperaturen utregnet ved c-formelen. Dette gjør at Føyens konstant ble brukt i videre analyse.

Tabell 7. Beregnet standardavvik og gjennomsnittlig differanse mellom beregnet og faktisk middeltemperatur ved kryssjekking av datasettet for Værnes i perioden 2004-2011.

Værnes	Standardavvik /°C		Gjennomsnittlig differanse/°C	
	c-formelen	Føyens formel	c-formelen	Føyens formel
Januar	0,07	0,06	0,00	-0,01
Februar	0,21	0,07	0,02	-0,02
Mars	0,49	0,11	0,39	0,06
April	0,38	0,35	-0,02	0,07
Mai	0,09	0,09	0,04	0,04
Juni	0,23	0,21	0,10	0,06
Juli	0,11	0,03	0,00	0,03
August	0,15	0,11	-0,05	-0,08
September	0,40	0,17	-0,25	-0,13
Oktober	0,11	0,08	0,06	-0,05
November	1,09	1,24	0,31	0,49
Desember	0,21	0,12	0,09	0,05

Tabell 8. Beregnet standardavvik og gjennomsnittlig differanse mellom beregnet og faktisk månedlig middeltemperatur ved deling av datasettet for Trondheim - Voll i årene 1996-2013.

Trondheim – Voll	Standardavvik /°C		Gjennomsnittlig differanse /°C	
	c-formelen	Føyens formel	c-formelen	Føyens formel
Januar	0,04	0,01	-0,03	-0,01
Februar	0,03	0,02	-0,08	-0,01
Mars	0,11	0,03	-0,08	0,00
April	0,06	0,03	0,06	0,02
Mai	0,04	0,03	-0,02	0,00
Juni	0,04	0,02	-0,04	-0,01
Juli	0,04	0,01	0,00	0,01
August	0,05	0,02	-0,09	-0,03
September	0,07	0,04	0,07	-0,05
Oktober	0,05	0,02	0,08	0,01
November	0,05	0,02	0,03	0,01
Desember	0,07	0,06	-0,11	-0,09

Føyens konstant beregnet for perioden september 1996- desember 2004 for Voll og for Værnes i perioden januar 2004- desember 2007 ble så brukt for å beregne en gjennomsnittlig Føyens konstant. Denne konstanten ble deretter brukt for å beregne middeltemperatur i perioden januar 2008-desember 2011 for Værnes og middeltemperaturen for Voll i perioden januar 2005-oktober 2013. Standardavviket og den gjennomsnittlige differansen mellom middeltemperatur beregnet ved Føyens konstant og middeltemperatur beregnet ved likning (19) er vist i Tabell 9. Her er det tydelig at den kombinerte Føyens konstant ved kryssvalidering gir større standardavvik og gjennomsnittlig differanse enn den ukombinerte Føyens konstant brukt ved kryssvalidering, jamfør Tabell 7 og Tabell 8. Dette er logisk i og med at den gjennomsnittlige konstanten også inkluderer data fra en annen stasjon enn den stasjonen som skal sjekkes.

Tabell 9. Standardavvik og gjennomsnittlig differanse mellom gjennomsnittlig temperatur utregnet ved Føyens formel og middeltemperaturen utregnet ved likning (19). Føyens konstant er beregnet ved å dele opp datasettene for Værnes og Voll i to og deretter tatt gjennomsnittet av disse konstantene.

Måned	Værnes		Voll	
	Standard-avvik /°C	Gjennomsnittlig differanse /°C	Standard-avvik /°C	Gjennomsnittlig differanse /°C
Januar	0,06	-0,01	0,01	-0,01
Februar	0,07	-0,02	0,03	0,01
Mars	0,09	0,02	0,03	0,00
April	0,35	0,05	0,03	-0,01
Mai	0,16	0,12	0,04	-0,08
Juni	0,28	0,16	0,05	-0,11
Juli	0,12	0,10	0,03	-0,07
August	0,08	-0,04	0,02	-0,02
September	0,20	-0,16	0,03	0,01
Oktober	0,07	-0,03	0,02	0,01
November	1,25	0,50	0,04	0,00
Desember	0,12	0,05	0,04	-0,04

Tabell 10 viser temperaturdifferansen mellom månedsmidlene for Bakke utregnet ved hjelp av Føyens konstant beregnet ut fra data for Voll og Værnes. Tabellen viser også den gjennomsnittlige differansen på årsbasis. Den gjennomsnittlige differansen i månedsmidlene er størst i månedene med mye solinnstråling. Den største temperaturdifferansen er i mai og juni og er på 0,12 °C. I vintersesongen er differansen minst.

Tabell 10. Temperaturdifferanse mellom månedsmiddel for Bakke utregnet ved Føyens konstant for Voll og Værnes

Måned	Gjennomsnittlig temperaturdifferanse / °C
Januar	0,01
Februar	0,04
Mars	0,08
April	0,11
Mai	0,12
Juni	0,12
Juli	0,10
August	0,09
September	0,07
Oktober	0,04
November	0,01
Desember	0,00
Snitt totalt	0,07

4.2.3. Sammenlikning av Værnes, Voll og Bakke

Da Bakke, Værnes og Voll er lokalisert på ulike steder har de ulikt lokalklima. Tabell 11 sammenlikner plasseringen til de ulike stasjonene. Dataene for Værnes og Voll er hentet fra eklima [36]. Lengde- og breddegrad for Bakke er hentet fra Norgeskart.no [37]. Høydedataene for Bakke er målt med GPS-en eTrex H fra Garmin. Denne GPS-en har en nøyaktighet på 1-5 m med DGPS korreksjoner.[48] Fra tabellen ser man at Voll ligger i overkant av 100 m høyere enn Værnes og Bakke. Fra tabellen kan også se at Bakke er lokalisert nærmere Voll enn Værnes.

Tabell 11. Lokalisering av stasjonene Bakke, Værnes og Voll. Hentet fra eklima og Norgeskart.no [36, 37].

Stasjon	Høyde over havet /m	Lengdegrad /DD	Breddegrad /DD
Bakke	8	10,4131	63,4336
Værnes	12	10,9352	63,4592
Voll	127	10,4359	63,4106

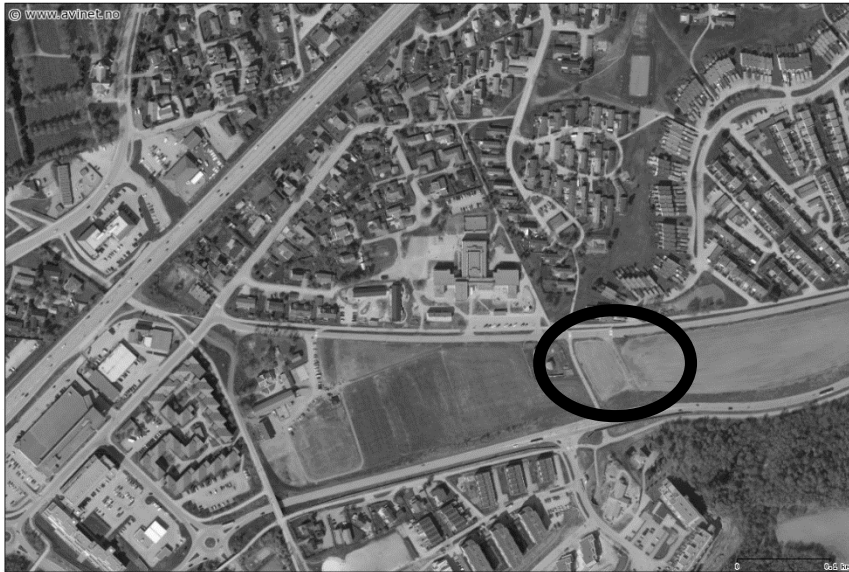
Figur 13 viser et flyfoto, som er nord-sørorientert, der målestasjonen på Værnes er markert med en sirkel. Dette flyfotoet er hentet fra Norgeskart.no, en karttjeneste på internett drevet av Norges Kartverk.[37] Rundt målestasjonen på Værnes er det flatt. Det er i underkant av 1 km til Stjørdalselva og i overkant av 1 km til Stjørdalsfjorden. [37] Stjørdalselva fryser om vinteren, men ikke ved kraftverkene. Stjørdalsfjorden er isfri bortsett fra akkurat i utløpet.[49, 50]



Figur 13. Flyfoto over Værnes, der 69100 - Værnes er markert med en sirkel. Hentet fra Norgeskart.no [37]

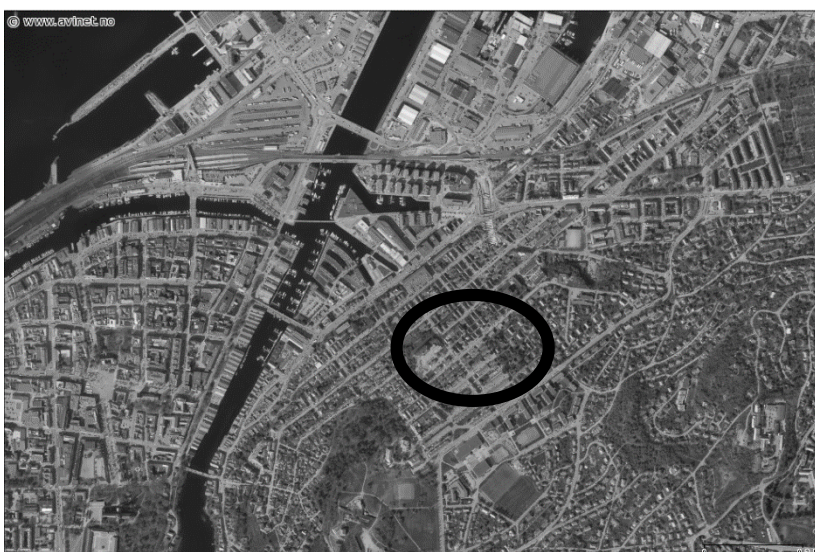
Figur 14 viser et nord-sørorientert flyfoto av Trondheim, hentet fra Norgeskart.no [37], der Voll er avmerket med en sirkel. I luftlinje er det i overkant av 3 km til nærmeste vannlegeme fra

Voll. Voll er lokalisert i en nordvestvendtskråning som er vendt mot Trondheimsfjorden. Stigningen er i skråningen er på omtrent 5 meter per km.[37]



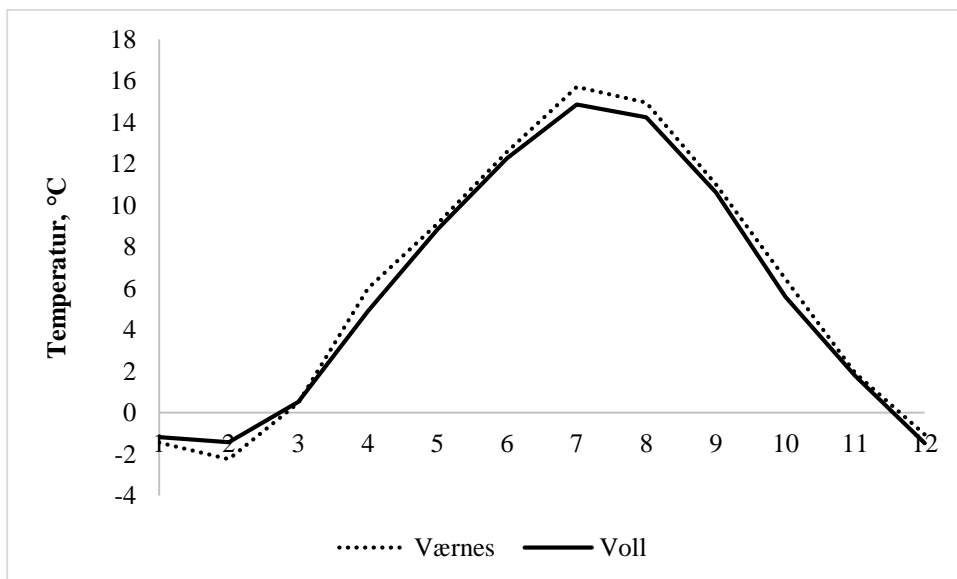
Figur 14. Flyfoto over Trondheim, der 68860 Trondheim - Voll er markert med en sirkel. Hentet fra Norgeskart.no [37]

Bakke er markert med en sirkel i det nord-sørorienterte flyfotoet vist i Figur 15. Flyfotoet er hentet fra Norgeskart.no [37]. Det er ca. 250 m mellom Bakke og Nidelva og rundt 100 m fra Bakke til Dokken. Før Nidelva ble regulert i 1901 og 1910 pleide den å fryse om vinteren. Høydeprofilen rundt Bakke viser at det er forholdsvis flatt akkurat rundt gården, men at det er en bratt nordvestvendtskråning omtrent 200 m bak Bakke. [37, 49]



Figur 15. Flyfoto over Trondheim, der Bakke er markert med en sirkel. Hentet fra Norgeskart.no [37].

Topografien rundt Værnes og Voll skulle tilsvare at Værnes har større årstemperaturamplitude enn Voll. I nærheten av Værnes er det vannlegemer som fryser om vinteren. Voll er lokalisert i en skråning, noe som reduserer årstemperaturamplituden. Figur 16 viser gjennomsnittstemperaturen for alle årets måneder. Her er det tydelig at Værnes har en større årstemperaturamplitude enn Voll. Forskjellen mellom laveste og høyeste månedlige gjennomsnittstemperatur er 17,9 °C for Værnes. For Voll er denne forskjellen 16,3 °C. I og med at temperaturene for Værnes og Voll er observert i ulike tidsrom, kan man ikke sammenlikne amplituden direkte, men den gir en indikasjon på at antagelsene stemmer.



Figur 16. Gjennomsnittstemperatur for Voll og Værnes for årets måneder

Både Bakke og Værnes ligger nære et vannlegeme og derfor antas det at begge disse stasjonene vil påvirkes av sjøbris. I og med at Bakke ligger nederst i en skråning, vil temperaturen om natten falle grunnet katabatisk vind. Værnes ligger i enden av en dal, noe som gjør at kald luft vil strøme fra dalen om natten. Voll ligger i en skråning langt fra et vannlegeme og vil derfor ikke påvirkes av katabatisk vind på samme måte som Værnes og Bakke. Voll vil heller ikke påvirkes av sjøbris. Det antas derfor at døgntemperaturamplituden på Bakke har større likhet med døgntemperaturamplituden på Værnes enn på Voll.

Lokalklimaet til Bakke, Værnes og Voll indikerer at døgn- og årstemperaturamplituden for Bakke likner mer på døgn- og årstemperaturamplituden ved Værnes enn Voll. Derfor er Føyns konstant for Værnes brukt for å beregne månedsmidler for Bakke.

For å kunne gi et estimat på den største feilen ved bruk av Føyens konstant utregnet for Værnes for beregning av månedsmiddelen ved Bakke, er Føyens konstant for Værnes brukt for å beregne månedsmiddelen til Voll. I Tabell 12 er den gjennomsnittlige differansen mellom månedsmiddelen utregnet ved hjelp av likning (19) og månedsmiddel utregnet ved hjelp av Føyens formel presentert. I tabellen ser man også standardavviket til månedsmiddelen utregnet ved Føyens formel. Tabellen viser at det er skjevfordeling av temperaturen. Månedsmiddelen beregnet med Føyens formel gir lavere temperatur en månedsmidelen beregnet med likning (19), med unntak av månedene januar, november og desember. I og med at Værnes og Bakke har likere lokalklima enn Værnes og Voll, kan man gå ut fra at feilen for Bakke er mindre enn feilen for Voll.

Tabell 12. Standardavvik og gjennomsnittlig differanse ved bruk av Føyens konstant utregnet for Værnes i perioden 2004-2011 brukt på datasettet for Voll i perioden 1996-2013.

Måned	Standard-avvik	Gjennomsnittlig differanse
Januar	0,03	0,07
Februar	0,03	-0,05
Mars	0,14	-0,32
April	0,12	-0,29
Mai	0,06	-0,14
Juni	0,04	-0,08
Juli	0,06	-0,14
August	0,16	-0,38
September	0,18	-0,46
Oktober	0,12	-0,30
November	0,06	0,13
Desember	0,04	0,08

4.3. Standard normal homogenitetstesting av 68156 Trondheim – Bakke

Ved SNHT ble programvaren AnClim brukt.[9] For å bestemme signifikansnivå er tabell 1 i Khaliq og Ouardas «On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)» brukt. [51]

I oppgaven er SNHT anvendt på gjennomsnittlig temperatur for de fire sesongene og for gjennomsnittlig årstemperatur.

I perioden 1855-1884 er middagsobservasjonene til Rosenvinge sammenliknet med morgen- og kveldsobservasjonene hans. I perioden 1870-1884 er Rosenvinges månedlige middeltemperatur sammenlignet med temperaturdata for stasjonen 68150 – Trondheim. Disse dataene er fra meteorologisk institutt, [31]. 68150 – Trondheim mangler en del data. En oversikt over manglende data finnes i Appendiks 3. I Appendiks 3 finnes også en oversikt over metadata for stasjonen 68150 – Trondheim i perioden 1870-1884. Disse dataene er hentet fra eklima [36]

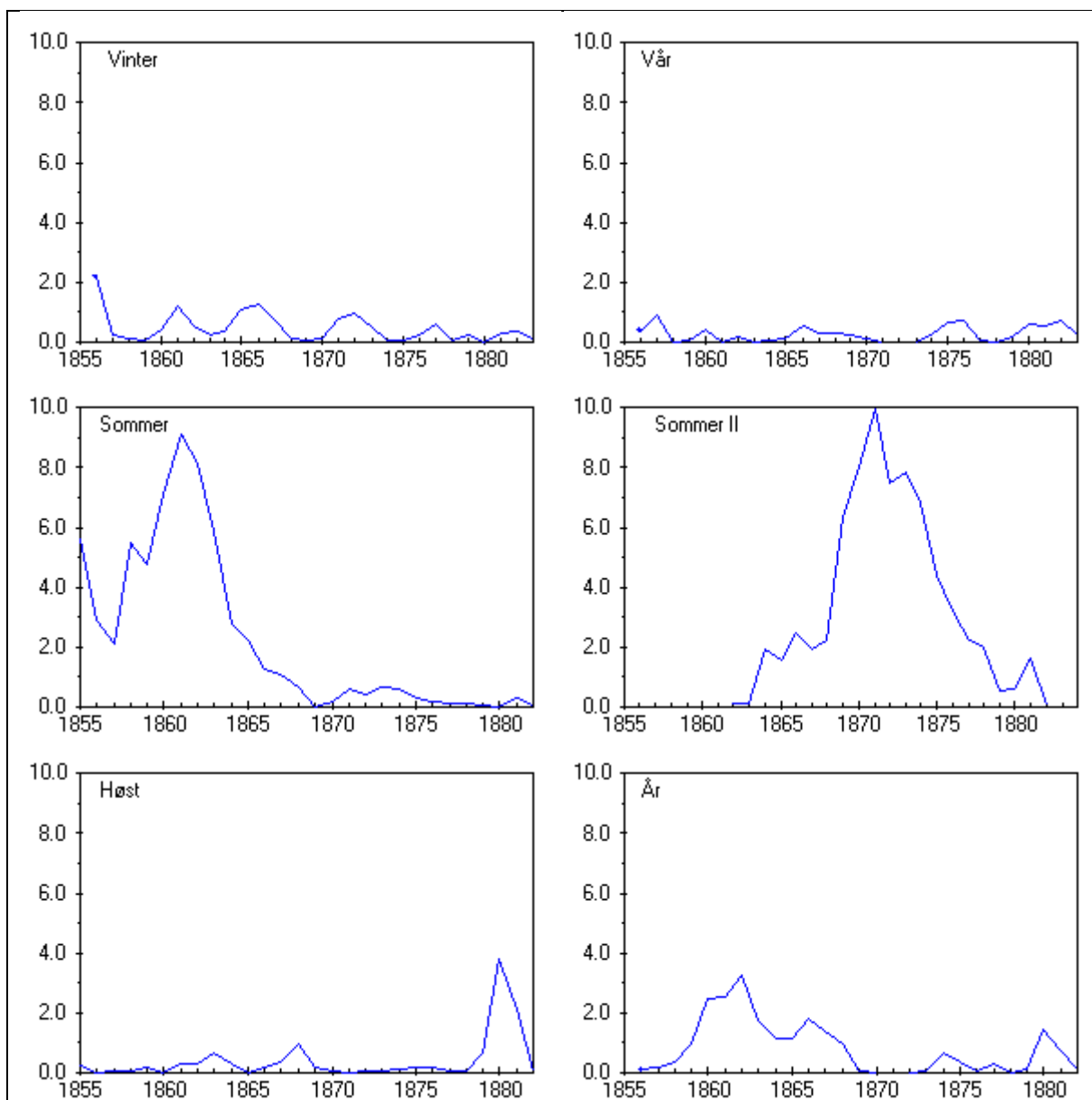
4.3.1. Middagsobservasjon testet mot morgen- og kveldsobservasjon

Det finnes ingen passende stasjoner å sammenlikne dataene med frem til 1870, derfor blir serien testet mot seg selv.

Tabell 13 viser testresultatene av sammenlikningen mellom middagsobservasjonene og morgen- og kveldsobservasjonene. Her ser man at det sommeren 1862 er et signifikant brudd. Det er ingen notater i Rosenvinges kalendre som skulle tilsi at det skulle være et brudd her. Det er heller ikke noe brudd i 1862 på årsbasis. I sommersesongen finner man også et brudd i år 1872. I Rosenvinges kalender fra 1872 står det at «ny hovedbygning malet indvendig i Januar 1872». [11] Dette kan tyde på at et nytt hovedhus ble ferdigstilt rundt 1871, noe som kan ha påvirket temperaturobservasjonene. Fordelingen av testverdiene er vist i Figur 17. Her ser man at testverdiene varierer og har tydelig ulik fordeling i de ulike sesongene.

Tabell 13. Middagsobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av morgen- og kveldsobservasjonene ved Bakke i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1857	2,17	-	-0,4	30
Vår	1858	0,91	-	-0,3	30
Sommer	1862	9,14	97,5 %	-0,4	30
Sommer II	1872	9,97	99 %	0,3	23
Høst	1881	3,75	-	0,3	30
År	1863	3,27	-	-0,1	30



Figur 17. Testverdier for middagsobservasjonene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene.

For å sjekke bruddene i 1862 og 1872 nærmere, er referanseserien delt opp i to. Det vil si at middagsobservasjonene er blitt testet mot to nye referanseserier, der den ene består av morgenobservasjonene og den andre består av kveldsobservasjonene. Tabell 14 viser testresultatene der referanseserien er morgenobservasjonene. Disse testverdiene er også vist i Figur 18. Tabell 15 viser testresultatene der kveldsobservasjonene er brukt som referanseserie. Figur 19 viser disse testverdiene grafisk. Tabell 14 viser at det er et signifikant brudd sommeren 1863. Tabell 15 viser at det er et signifikant brudd sommeren 1872.

Det er foretatt SNHT av morgenobservasjonene testet mot kveldsobservasjonene. Testresultatene er vist i Tabell 16. Her ser man at det er et signifikant brudd sommeren 1857. I Figur 20 er testresultatene fremstilt grafisk.

Kveldsobservasjonene er testet mot en referanseserie bestående av gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene. Det ble funnet et signifikant brudd i sommersesongen i 1872. Dette er vist i Tabell 17 og testverdiene er fremstilt grafisk i Figur 21.

Morgenobservasjonen ble testet mot gjennomsnittet av middag- og kveldsobservasjonen. Her forekommer det ingen signifikante brudd. Dette er vist i Tabell 18. Testverdiene er fremstilt grafisk i Figur 22.

Det er valgt å ikke justere for bruddet som ble funnet sommeren 1862. Det er også valgt å ikke justere for bruddene funnet sommeren 1863 og sommeren 1857. Dette er fordi signifikansnivået for bruddene kun er 97,5 %. I og med at SNHT krever at referanseseriene er homogene, vil ikke kriteriene for testen være optimale. Derfor er et høyere signifikansnivå ønskelig. De signifikante bruddene i 1857, 1862 og 1863 forekom kun én gang hver og i ulike tester.

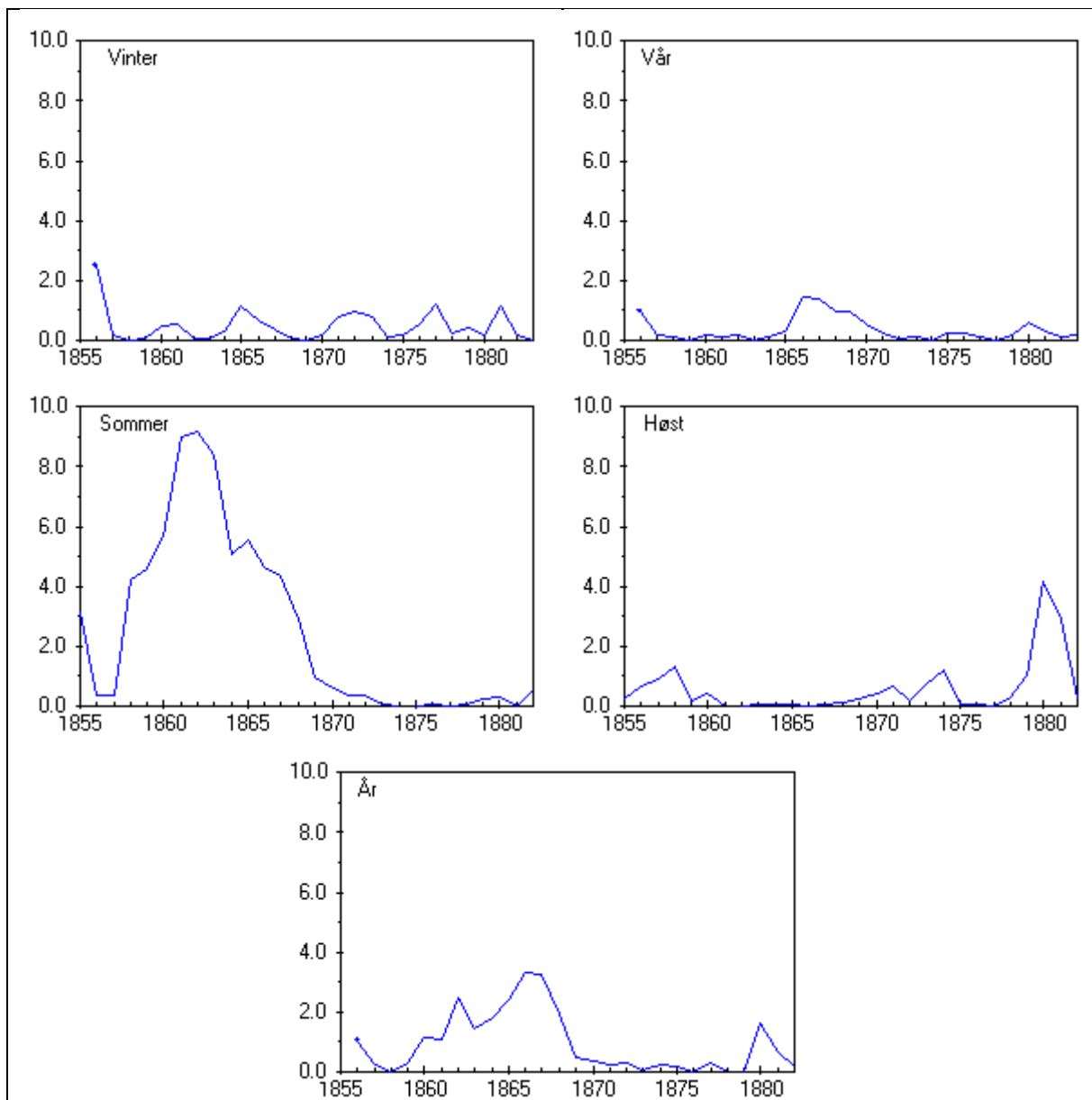
Det er signifikante brudd sommeren 1872 både der middagsobservasjonene blir testet mot kveldsobservasjonene og der middagsobservasjonene blir testet mot gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene. Det er også signifikante brudd sommeren 1872 både der kveldsobservasjonene blir testet mot gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene og der kveldsobservasjonene blir testet mot gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene. Det forekommer også et brudd sommeren 1872 da morgenobservasjonene testes mot kveldsobservasjonene, men dette er ikke signifikant. Alle

testene som inkluderer kveldsobservasjonen indikerer et brudd sommeren 1872 og derfor antas det at bruddet sommeren 1872 er i kveldsobservasjonene.

Da det er oppdaget signifikante brudd sommeren 1872 ved flere tester i tillegg til at metadata tyder på at temperaturserien kan være inhomogen rundt 1872, er det valgt å justere for bruddet som ble funnet sommeren 1872 ved SNHT av kveldsobservasjonen testet mot gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene til tross for at signifikansnivået kun er 97,5 %. Kveldsobservasjonene justeres med $-0,4$ °C i perioden fram til 1872.

Tabell 14. Middagsobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av morgenobservasjonene til Rosenvinge i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

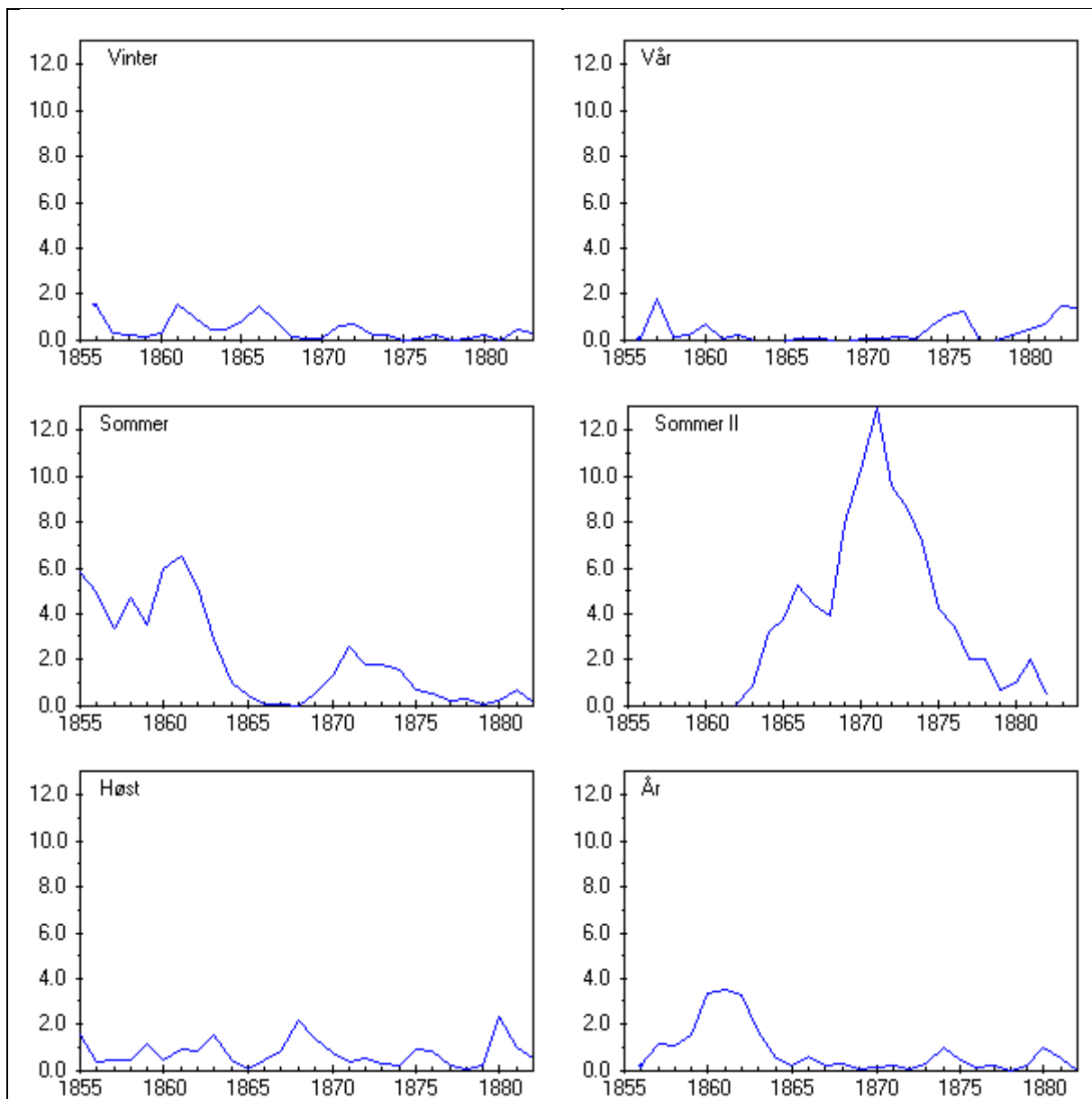
Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1857	2,49	-	-0,4	30
Vår	1867	1,44	-	-0,2	30
Sommer	1863	9,19	97,5 %	-0,3	30
Høst	1881	4,19	-	0,3	30
År	1867	3,30	-	-0,1	30



Figur 18. Testverdier for middagsobservasjonene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot morgenobservasjonene.

Tabell 15. Middagsobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av kveldsobservasjonene til Rosenvinge i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

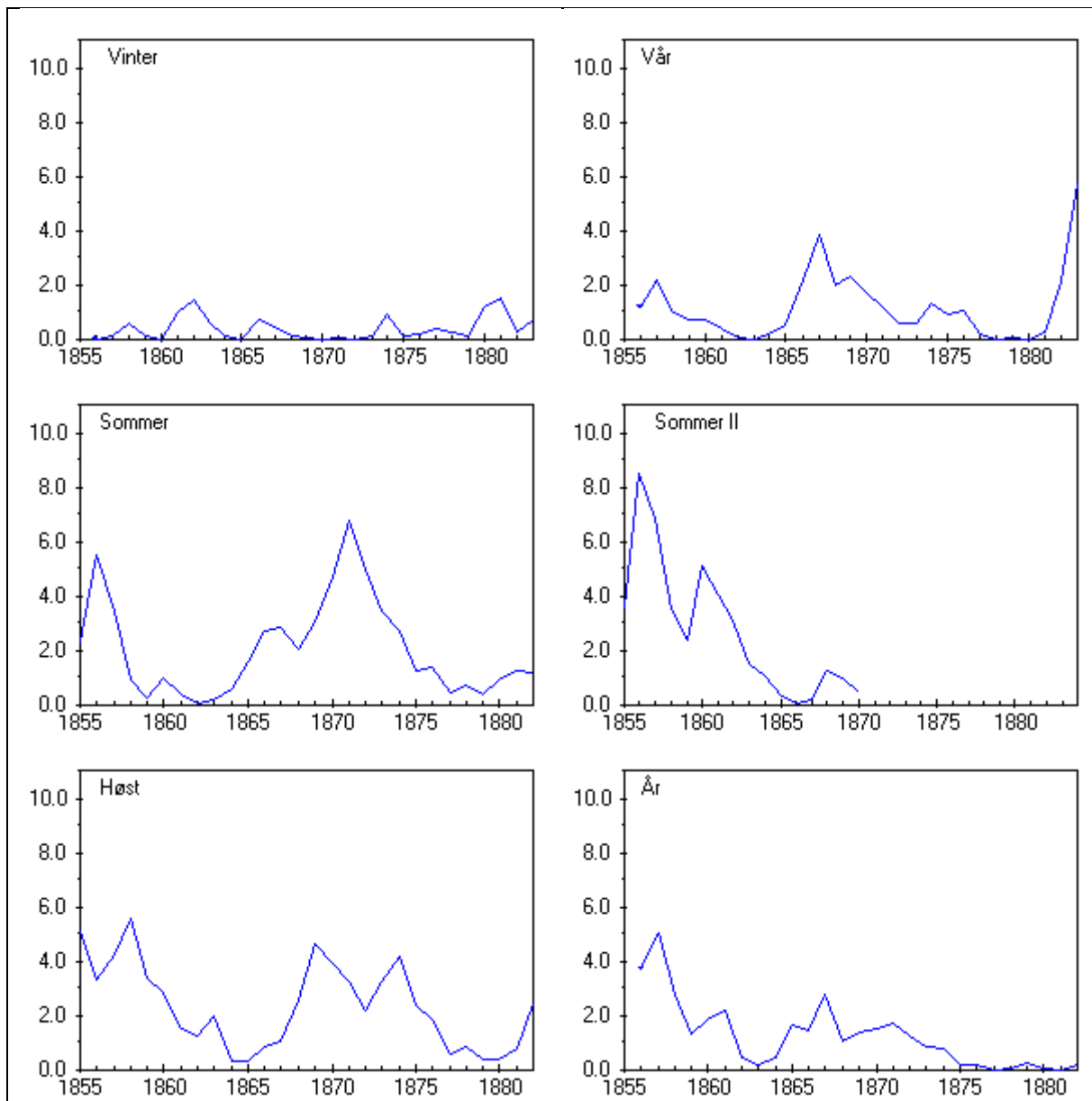
Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1862	1,53	-	-0,2	30
Vår	1858	1,77	-	-0,5	30
Sommer	1862	6,52	-	-0,5	30
Sommer II	1872	12,97	> 99 %	0,6	23
Høst	1881	2,36	-	0,3	30
År	1862	3,52	-	-0,2	30



Figur 19 Testverdier for middagsobservasjonene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot og kveldsobservasjonene.

Tabell 16. Morgenobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av kveldsobservasjonene til Rosenvinge i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

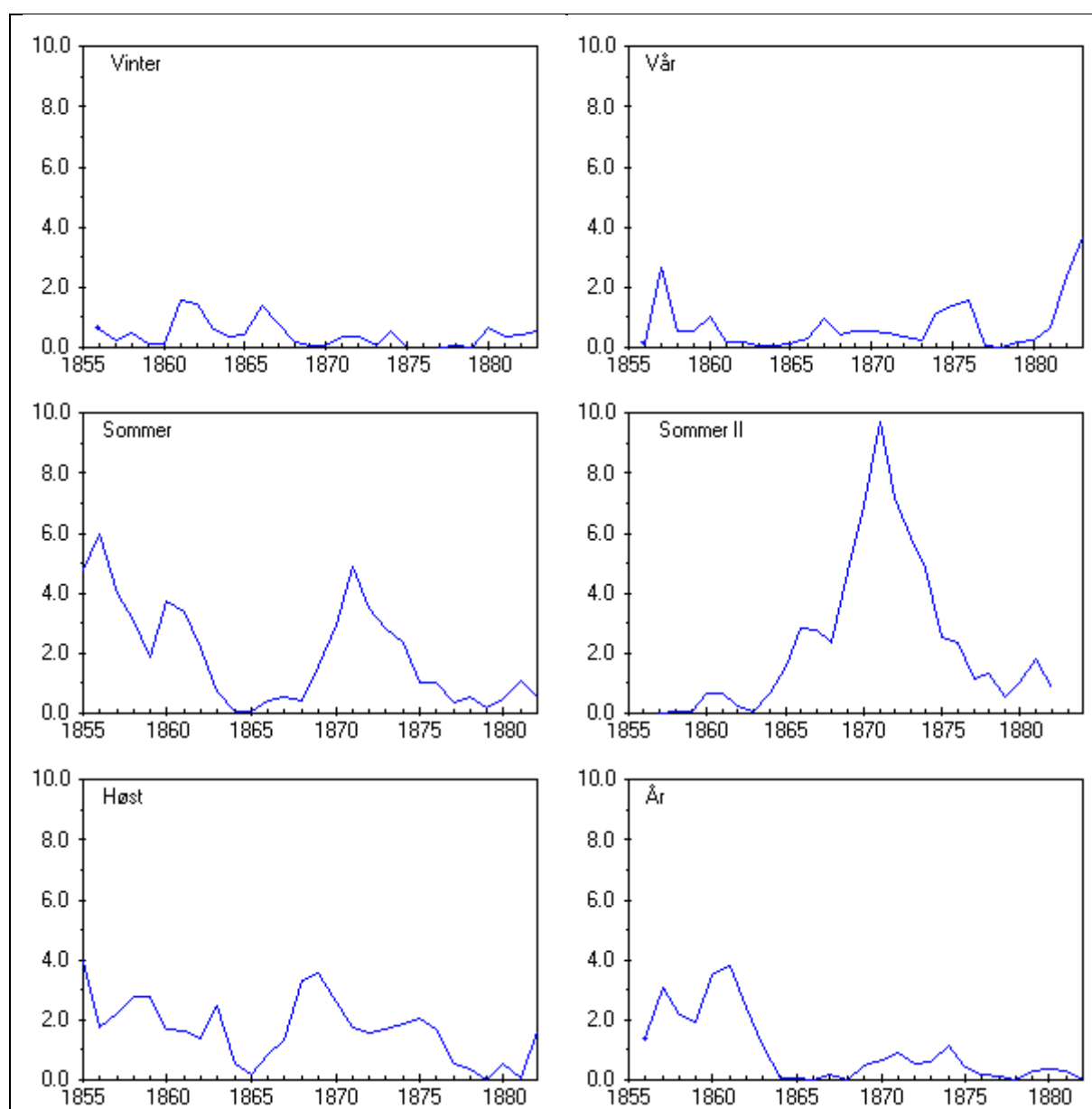
Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1882	1,54	-	-0,2	30
Vår	1884	5,76	-	-0,8	30
Sommer	1872	6,76	-	-0,3	30
Sommer II	1857	8,50	97,5 %	0,7	17
Høst	1859	5,59	-	0,3	30
År	1858	4,99	-	0,3	30



Figur 20. Testverdier for morgenobservasjonene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot kveldsobservasjonen.

Tabell 17. Kveldsobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene til Rosenvinge i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

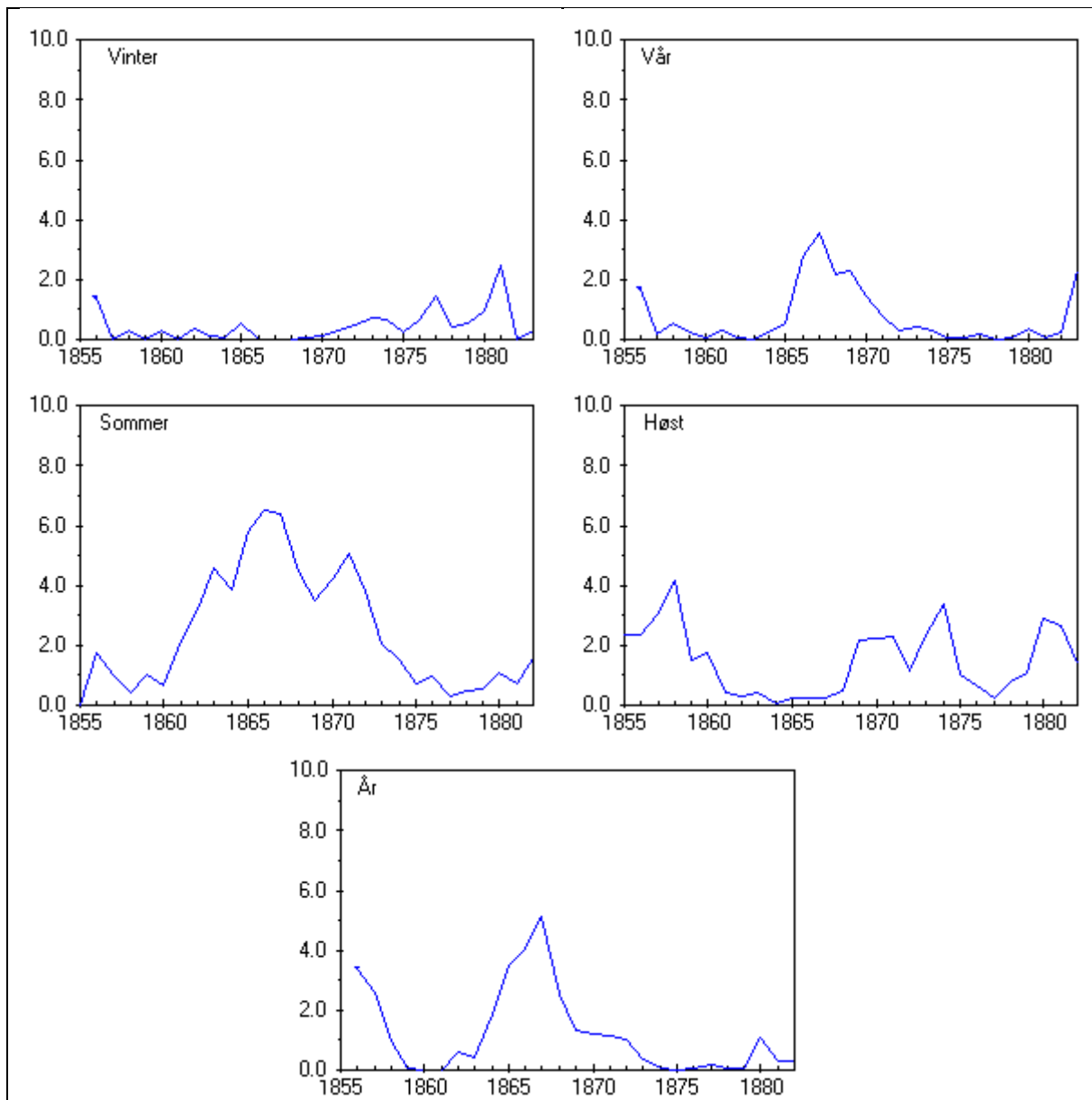
Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1862	1,56	-	0,2	30
Vår	1884	3,68	-	-0,7	30
Sommer	1857	5,99	-	0,7	30
Sommer II	1872	9,72	97,5 %	-0,4	28
Høst	1856	3,99	-	0,4	30
År	1862	3,81	-	0,1	30



Figur 21. Testverdier for kveldsobservasjonen ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot gjennomsnittet av middag- og morgenobservasjonene.

Tabell 18. Morgenobservasjonene testet mot en referanseserie bestående av gjennomsnittet av middag- og kveldsobservasjonene til Rosenvinge i perioden 1855-1884. Der signifikansnivået er mindre enn 95 % er dette markert med -.

Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1882	2,48	-	0,2	30
Vår	1868	3,58	-	0,2	30
Sommer	1867	6,50	-	0,2	30
Høst	1859	4,17	-	-0,2	30
År	1868	5,106	-	0,1	30



Figur 22. Testverdier for morgenobservasjonen ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot gjennomsnittet av middag- og kveldsobservasjonene.

4.3.2. 68156 Trondheim – Bakke testet mot 68150 – Trondheim

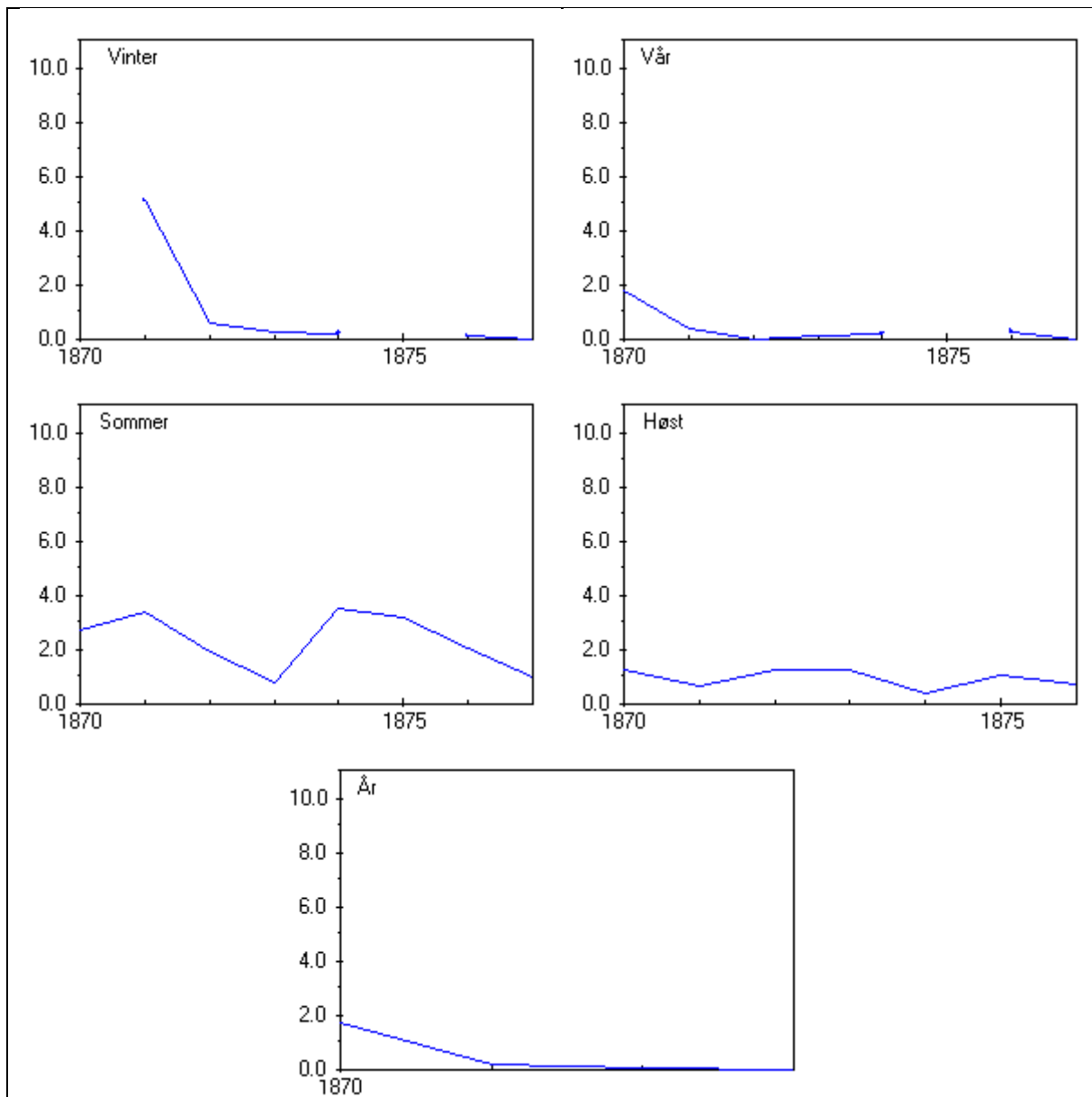
Månedsmidlene utregnet for Bakke ved hjelp av Føyens konstant fra Værnes ble testet mot månedsmidlene fra 68150 – Trondheim. 68150 – Trondheim har kun sammenfallende observasjoner med Rosenvinge i perioden 1870-1884. Tabell 20 viser testresultatene. Her ser man at det ikke er noen signifikante brudd. Testverdiene er vist i grafisk i Figur 24.

Månedsmidlene for Bakke der kveldsobservasjonen er justert for i sommersesongen, utregnet ved Føyens konstant for Værnes testet mot 68150 – Trondheim i perioden 1870-1884 er vist i Tabell 19. Dette er fremstilt grafisk i Figur 23.

Det er ingen signifikante brudd, hverken i serien der det er justert for bruddet sommeren 1872 eller i serien der bruddet i 1872 ikke er justert for.

Tabell 19. Testverdier for månedsmidler for den justerte Bakkeserien i perioden 1870-1884. Referansestasjon er 68150 - Trondheim.

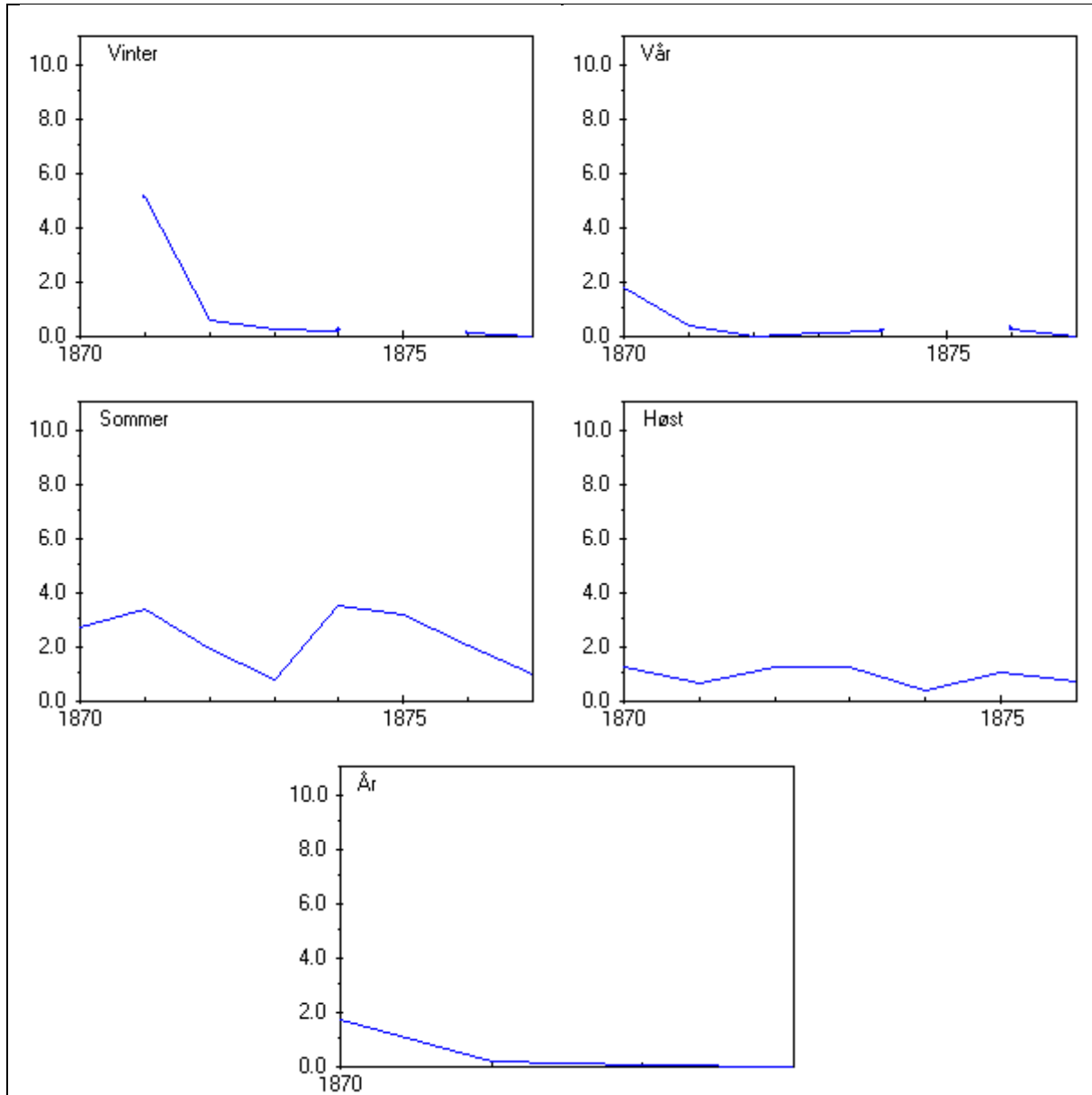
Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering /°C	n
Vinter	1872	5,10	-	-1,6	7
Vår	1871	1,80	-	0,3	8
Sommer	1875	3,54	-	0,3	9
Høst	1871	1,28	-	0,3	8
År	1871	1,70	-	0,3	5



Figur 23. Testverdier for de justerte månedsmidlene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot 68150 – Trondheim i perioden 1870-1884.

Tabell 20. Testverdier for månedsmidler for den ujusterte Bakkserien i perioden 1870-1884. Referansestasjon er 68150 - Trondheim.

Sesong	År	T-verdi	Signifikansnivå	Justering	n
Vinter	1872	5,10	-	-1,6	7
Vår	1871	1,80	-	0,3	8
Sommer	1875	3,21	-	0,3	9
Høst	1871	1,28	-	0,3	8
År	1871	1,38	-	0,3	5



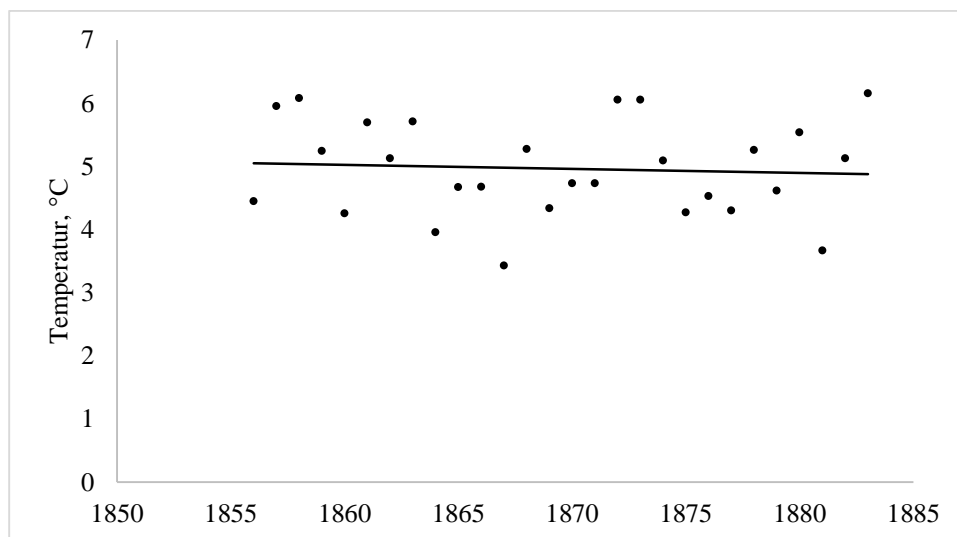
Figur 24. Testverdier for de ujusterte månedsmidlene ved Bakke i perioden 1855-1884 testet mot 68150 – Trondheim i perioden 1870-1884.

1.1.Homogenisert serie

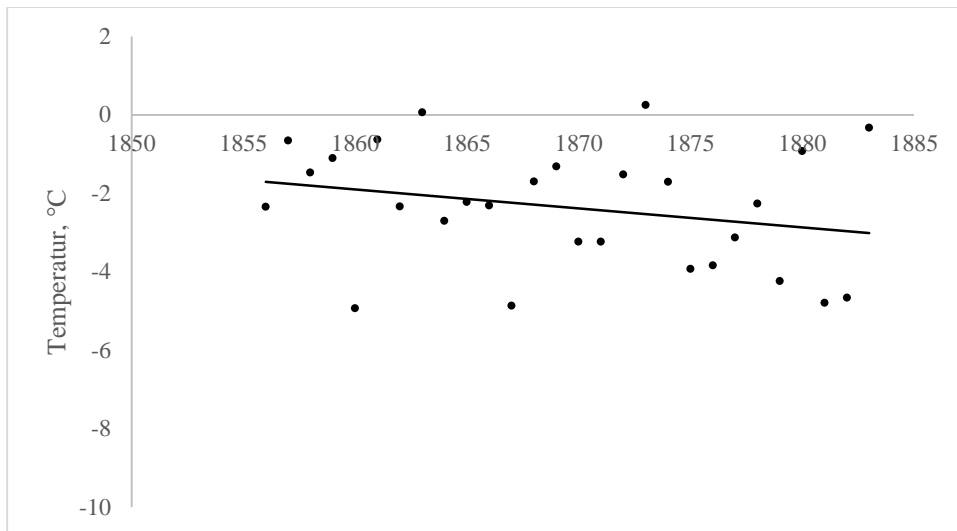
Figur 25 er et spredningsdiagram der årsmiddelen for den homogeniserte serien er presentert. Det er også foretatt en regresjonsanalyse. I figuren er også regresjonslinjen tegnet inn. Stigningstallet til regresjonslinjen er $-0,64^{\circ}\text{C}$ per 100 år. Dette innebærer at den gjennomsnittlige årstemperaturen vil endres med $-0,18^{\circ}\text{C}$ i perioden 1855-1844. Figur 26, Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser spredningsdiagram og regresjonslinje for den homogeniserte Bakke-serien for hhv vinter, vår, sommer og høst. I Tabell 21 temperaturendring i $^{\circ}\text{C}$ og standardavviket i $^{\circ}\text{C}$ for de ulike sesongene i perioden 1855-1884 presentert.

Tabell 21. Temperaturendring i $^{\circ}\text{C}$ og standardavvik i perioden 1855-1884 for den homogeniserte Bakke-serien.

Sesong	Temperaturendring $/^{\circ}\text{C}$	Standardavvik $/^{\circ}\text{C}$
År	-0,18	0,50
Vinter	-1,35	1,00
Vår	-0,01	0,67
Sommer	1,09	0,75
Høst	-0,40	0,58



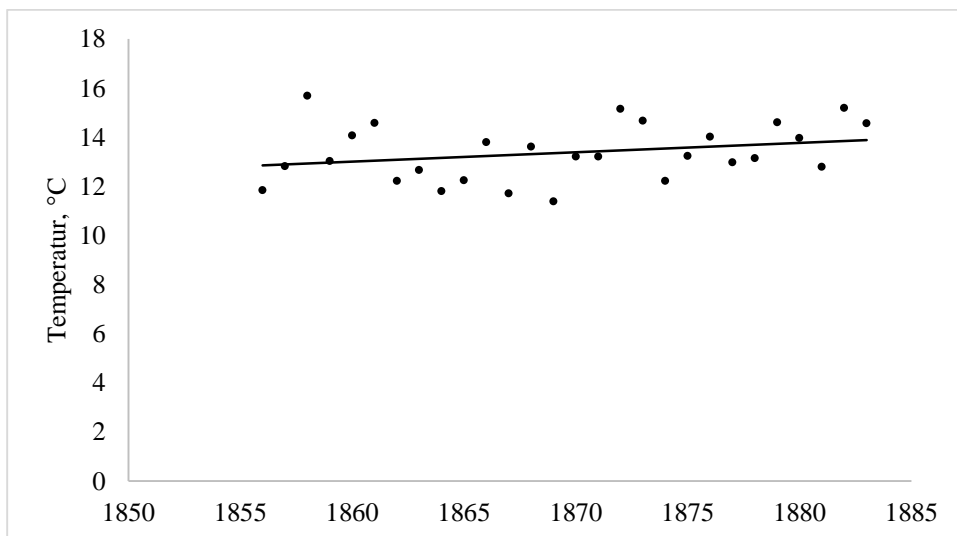
Figur 25. Gjennomsnittlig årstemperatur for den homogeniserte Bakke-serien



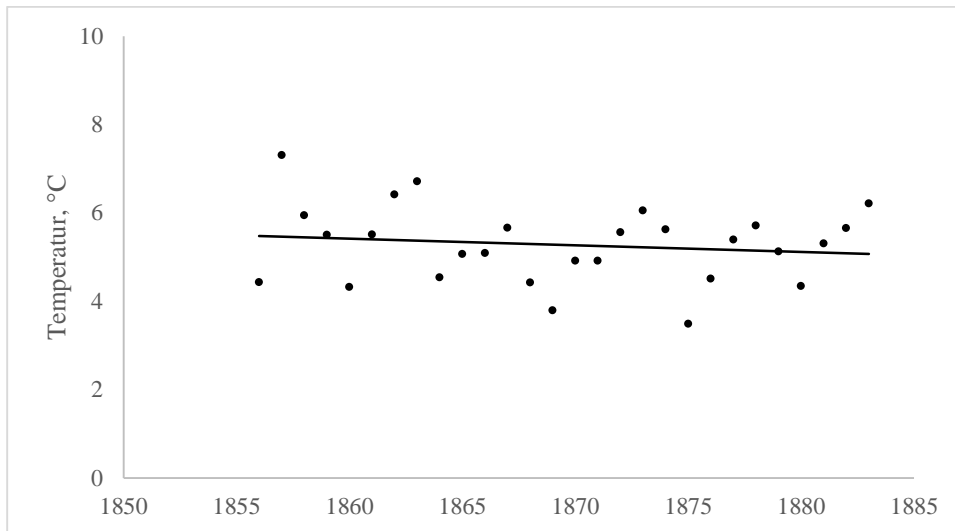
Figur 26. Gjennomsnittlig temperatur for vintersesongen for den homogeniserte Bakke-serien



Figur 27. Gjennomsnittlig temperatur for vårsesongen for den homogeniserte Bakke-serien



Figur 28. Gjennomsnittlig temperatur for sommersesongen for den homogeniserte Bakke-serien



Figur 29. Gjennomsnittlig temperatur for høstsesongen for den homogeniserte Bakke-serien

Dersom ingen brudd hadde blitt korrigert for, ville temperaturendringen på årsbasis i perioden 1855-1884 fortsatt vært negativ. Standardavviket ville fortsatt vært så stort at man ikke kunne si sikkert at temperaturtrenden faktisk var negativ. Temperaturendring og standardavvik for den ujusterte Bakkserien er vist i Tabell 22.

Tabell 22. Temperaturendring og standardavvik i °C for den ujusterte Bakke-serien i perioden 1855-1884.

Sesong	Temperaturendring /°C	Standardavvik /°C
År	-0,23	0,50
Vinter	-1,35	1,00
Vår	-0,01	0,67
Sommer	0,86	0,74
Høst	-0,42	0,58

I Tabell 23 er temperaturendring samt standardavvik for Osloerien i perioden 1855-1884 presentert. Temperaturdataene er fra Meteorologisk institutt, [31]. Grunnet en kort tidsperiode er standardavviket stort i denne serien, slik det er i Bakkserien. Trenden i Osloerien er at temperaturen minker på årsbasis. I vinter-, vår-sesongen og høstsesongen er det også tegn på en negativtemperaturendring i perioden. Sommersesongen har en positiv temperaturendring.

I Tabell 24 er temperaturendring og standardavvik i °C for Stockholmserien i perioden 1855-1884 presentert. Temperaturdataene er hentet fra Moberg et al, [52]. Her ser man at trenden er negativ på årsbasis og i alle sesonger. Også her er standardavviket så stort at man ikke kan være sikker på at temperaturendringen er positiv eller negativ.

Tabell 25 viser temperaturendring og standardavvik i °C for Central England-serien i perioden 1855-1884. Temperaturdataene er hentet fra Peterson et al, [53]. Trenden viser en negativ temperaturendring på årsbasis. Det er også en negativ temperaturtrend i alle sesonger. I Central England-serien er standardavviket så stort at man ikke kan være helt sikker på om temperaturendringen faktisk er positiv eller negativ.

Tabell 23. Temperaturendring og standardavvik i °C for Osloerien i perioden 1855-1884.

Sesong	Temperaturendring /°C	Standardavvik /°C
År	-0,28	0,64
Vinter	-0,84	1,33
Vår	-0,20	0,84
Sommer	0,11	0,67
Høst	-0,21	0,64

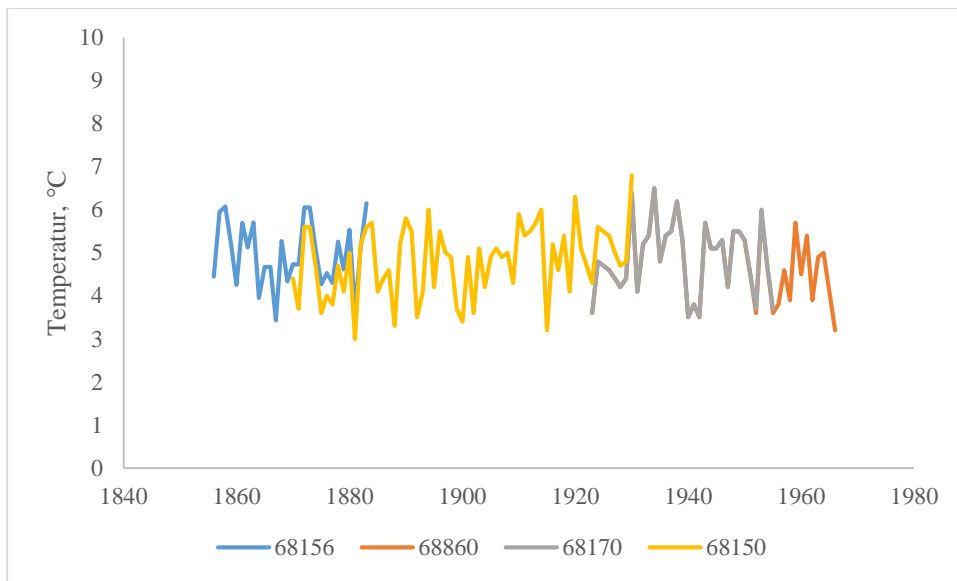
Tabell 24. Temperaturendring og standardavvik i °C for Stockholm-serien i perioden 1855-1884.

Sesong	Temperaturendring /°C	Standardavvik /°C
År	-0,59	0,68
Vinter	-0,91	1,32
Vår	-0,65	0,86
Sommer	-0,21	0,77
Høst	-0,61	0,72

Tabell 25. Temperaturendring og standardavvik i °C for Central England-serien i perioden 1855-1884.

Sesong	Temperaturendring /°C	Standardavvik /°C
År	-0,41	0,38
Vinter	-0,31	0,85
Vår	-0,32	0,50
Sommer	-0,53	0,54
Høst	-0,41	0,40

Figur 30 viser den homogeniserte årlige gjennomsnittstemperaturen ved 68156 Trondheim – Bakke. I figuren er også den gjennomsnittlige homogeniserte årstemperaturen for stasjonene 68150 – Trondheim, 68860 Trondheim - Voll og 68170 Trondheim – Tyholt vist. Disse dataene er hentet fra Meteorologisk Institutt, [31] Bakkeserien har i perioden 1886-1883 en årlig gjennomsnittstemperatur på 5,0 °C. 68150 – Trondheim har i perioden 1870-1930 en årlig gjennomsnittstemperatur på 4,8 °C. 68860 Trondheim - Voll har en årlig gjennomsnittstemperatur på 4,8 °C i perioden 1923-1966. For 68170 Trondheim – Tyholt er den årlige gjennomsnittstemperaturen på 4,9 °C i perioden 1923-1955.



Figur 30. Gjennomsnittlig årstemperatur for stasjonene 68156 Trondheim – Bakke, 68150 – Trondheim, 68170 Trondheim – Tyholt og 68860 Trondheim – Voll.

2. Diskusjon

Første del av oppgaven gikk ut på å beregne månedsmidler for Bakkserien. Under arbeidet med oppgaven ble det forsøkt å lage egne formler for beregning av månedsmidler, men disse hadde såpass stort standardavvik og gjennomsnittlig differanse at de ble forkastet. I stedet ble to allerede eksisterende formler anvendt, nemlig c-formelen og Føyns formel. Det viste seg at Føyns formel var den formelen som ga minst standardavvik og liten skjevhet i gjennomsnittstemperaturen. Derfor ble Føyns formel valgt for å beregne månedsmidlene i Bakkserien.

Det er ikke overraskende at Føyns formel var best egnet til å beregne månedsmidler. Dette er fordi Føyns formel inkluderer morgen-, middag- og kveldsobservasjonen mens c-formelen kun inkluderer morgen- og kveldsobservasjonen.

Føyns konstant ble utregnet ved hjelp av datasett fra to ulike stasjoner i Trondheimsområdet, nemlig Værnes og Voll. En sammenlikning av disse to stasjonene gjorde at konstantene fra Værnes ble benyttet ved beregning av Rosenvinges månedsmidler. Grunnen til dette var at lokalklimaet tilsa at års- og døgntemperaturamplituden for Bakke liknet mer på års- og døgntemperaturamplituden på Værnes enn på Bakke.

Hvorvidt døgn- og årstemperaturamplituden på Bakke var så lik døgn- og årstemperaturamplituden for Værnes at de beregnede månedsmidlene er korrekte, vites ikke. For å få et estimat på hvor unøyaktig de utregnete månedsmidlene i Bakkserien var, ble konstantene fra Værnes for å beregne månedsmidler for Voll. Lokalklimaet på Værnes og Bakke likner mer enn lokalklimaet på Værnes og Voll. Derfor blir det antatt at standardavviket der Føyns konstant for Værnes brukt for å beregne månedsmidler på Bakke er mindre enn standardavviket der Føyns konstant for Værnes blir brukt for å beregne månedsmidler på Voll. Sammenlikningen viste at standardavviket der Føyns konstant for Værnes ble brukt på Voll var mindre eller lik 0,20. Det var en skjevfordeling av temperatur. Beregnet temperatur ved Føyns formel var kjøligere enn temperaturen beregnet ved likning (19).

Det ble også foretatt en sammenlikning av temperaturen ved ulike observasjonstidspunkt for Værnes for å finne hvor vidt Rosenvinge endret observasjonstidspunkt. En endring i

observasjonstidspunkt med én time ville ha meget liten effekt i vintersesongen, med en endring på mindre enn 0,15 °C. Den største effekten ville en endring av observasjonstidspunktet med én time ha i sommersesongen. Da ville den absolutte temperaturendringen være opp mot 1,0 °C.

En sammenlikning av temperaturdifferansen mellom morgen- og kveldsobservasjonen ved Voll, Værnes og Bakke viste at morgenobservasjonen ved Bakke relativt sett var mye varmere ved Bakke enn ved Værnes og Voll. Gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene for Bakke samsvarte derimot godt med gjennomsnittstemperaturen av morgen- og kveldsobservasjonene ved Voll og Værnes. Grunnen til dette kan være at veggen der Rosenvinge hadde plassert sitt termometer hadde en svak orientering mot øst. Det viste seg at ved en forskyvning av observasjonstidspunktet én time tidligere morgen og kveld ville gjennomsnittstemperaturen jevne seg ut. I og med at Føyns formel kun anvender gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonen, kunne Rosenvinges observasjoner anvendes uten å korrigere for at veggen der Rosenvinge hadde plassert sitt termometer hadde en svak orientering mot øst.

Da månedsmidlene hadde blitt utregnet, kunne Bakkeserien homogenitetstestes. I perioden 1855-1870 fantes det ingen referansestasjoner. Middagsobservasjonene ble derfor sammenliknet med en referanseserie bestående av gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene i hele stasjonens historie, det vil si i perioden 1855-1884. Denne sammenlikningen fant signifikante brudd i sommersesongen i årene 1862 og 1872.

For å sjekke bruddene somrene 1862 og 1872 nærmere, ble referanseserien delt i to og det viste seg at bruddene fortsatt forekom. Det var et signifikant brudd sommeren 1872 da middagsobservasjonen ble testet mot kveldsobservasjonen. Det var i tillegg et signifikant brudd i 1863 da middagsobservasjonen ble testet mot morgenobservasjonen.

Det ble funnet et signifikant brudd sommeren 1857 da morgenobservasjonene ble testet mot kveldsobservasjonene.

Det ble funnet signifikante brudd sommeren 1872 både da middagsobservasjonene ble testet mot kveldsobservasjonene og da middagsobservasjonene ble testet mot gjennomsnittet av morgen- og kveldsobservasjonene. Det ble også funnet signifikante brudd sommeren 1872 der kveldsobservasjonene ble testet mot gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene og

der kveldsobservasjonene ble testet mot gjennomsnittet av morgen- og middagsobservasjonene. Det var også et brudd sommeren 1872 da morgenobservasjonene ble testet mot kveldsobservasjonene, men dette var ikke signifikant.

Da bruddet sommeren 1872 forekom i alle testene da kveldsobservasjonene var inkludert, ble det antatt at bruddet i 1872 var i kveldsobservasjonene. Da dette bruddet var signifikant i alle testene som ble gjennomført da kveldsobservasjonene var inkludert, med unntak av én test, i tillegg til at metadata indikerte inhomogenitet i 1872, ble det valgt å justere for bruddet i kveldsobservasjonene med $-0,4$ °C i perioden fram til 1872

Det ble valgt å ikke justere for bruddene sommeren 1857, sommeren 1862 og sommeren 1863 da disse bruddene kun var signifikante i én test hver. I tillegg var signifikansnivået kun 97,5 %.

I perioden 1870-1884 ble de justerte og de ujusterte månedsmidlene for Bakke testet mot en referanseserie bestående av data fra stasjonen 68150 - Trondheim. Disse sammenlikningene viste ingen signifikante brudd.

Den homogeniserte serien ble til slutt analysert for å finne en mulig temperaturtrend. I Tabell 26 er temperaturendring og standardavvik for Bakke-serien der bruddene ikke er justert for, Bakke-serien der bruddene er justert for, Osloerien, Stockholmserien og Central England-serien i perioden 1855-1884 vist. Dataene er hentet fra Meteorologisk Institutt, Moberg et al og Peterson et al. [31, 52, 53]. Her ser man at både den justerte Bakke-serien og den ujusterte Bakke-serien har en negativtemperaturendring på årsbasis. Den justerte Bakkeseriers temperaturendring på årsbasis i perioden 1855-1884 ble funnet til å være $-0,2$ °C \pm $0,5$ °C. Den justerte og den ujusterte Bakkeserien har så stort standardavvik at man ikke kan være helt sikker på om temperaturtrenden er positiv eller negativ. Osloerien, Central England-serien og Stockholmserien har i likhet med Bakkeserien en negativtemperaturendring i perioden 1855-1884 på årsbasis. Standardavvikene i Osloerien, Stockholmserien og Central England-serien er så store at man ikke kan være sikker på at temperaturendringen i perioden faktisk er negativ.

Tabell 26. Temperaturendring og standardavvik i °C for Bakke-serien der bruddene ikke er justert for, Bakke-serien der bruddene er justert for, Osloerien, Stockholmserien og Central England-serien i perioden 1855-1884.

Stasjon	Temperaturendring /°C	Standardavvik /°C
Bakke ujustert	-0,23	0,50
Bakke justert	-0,18	0,50
Oslo	-0,28	0,64
Stockholm	-0,59	0,68
Central England	-0,41	0,38

Temperaturendringen i perioden 1855-1884 for Bakkeserien samsvarer forholdsvis bra med temperaturendringen beregnet i samme periode for Stockholmserien, Central England-serien og Osloerien.

2.1. Videre arbeid

Det hadde vært interessant å bruke de homogeniserte temperaturdataene til Rosenvinge kombinert med andre temperaturserier i Trondheim for slik å kunne lage en lang, homogen Trondheimserie. Resultatene i denne oppgaven tilsier at Rosenvinges observasjoner kan være et grunnlag for en slik serie. Da det har vært mange flyttinger av værstasjonene i Trondheimsområdet, kan det bli vanskelig å lage en lang, homogen Trondheimserie. Det ville også vært spennende å finne en formel som passer enda bedre enn Føyns formel til å beregne månedsmidler for Bakke.

3. Kilder

1. IPCC, *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* P. [Core Writing Team, R.K and Reisinger, A. (eds.)], Editor. 2007, IPCC: Geneva, Switzerland. p. 104.
2. Aguado, E. and J.E. Burt, *Understanding weather and climate*. 5th ed. 2010, New York: Prentice Hall. xx, 586 p.
3. Arguez, A. and R.S. Vose, *The Definition of the Standard WMO Climate Normal The Key to Deriving Alternative Climate Normals*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2011. **92**(6): p. 699-U345.
4. Hartmann, D.L., *Global physical climatology*. International geophysics. 1994, San Diego: Academic Press. x, 411 p.
5. Bjørkdal, E., *Trekk Av Meteorologiens Historie I Norge*. Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, 1943. **9**(7-8): p. 289-320.
6. Ehinger, J., *instruments and observing methods report no. 55, siting and exposure of meteorological instruments*. 1993, WMO: Lusanne.
7. Enric Aguililar, Inge Auer, Manola Brunet, Thomas C. Peterson, Jon Wieringa *Guidelines on climate metadata and homogenization* P. Llansó, Editor. 2003, World Metrologiscal Organization.
8. Alexandersson, H. and A. Moberg, *Homogenization of Swedish temperature data .I. Homogeneity test for linear trends*. International Journal of Climatology, 1997. **17**(1): p. 25-34.
9. Štěpánek, P., *AnClim - software for time series analysis*. 2008: Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno.
10. Andresen, L. *Homogenization of monthly long-term temperature series of mainland Norway*. 2010.
11. Rosenvinge, A.B., *Contoir Calender*. 1835-1884.
12. Bratberg, T. and J.G. Arntzen, *Trondheim byleksikon*. 1996, Oslo: Kunnskapsforlaget. 680 p.
13. Tipler, P.A. and G. Mosca, *Physics for scientists and engineers : with modern physics*. 6th, extended . ed. 2008, New York: W.H. Freeman. xxxii, 1412, 7, 30, 51, 26 p.
14. Pople, S., *Explaining Physics*. 1987: Oxford University Press.

15. Chen, C.J., *Physics of solar energy*. 2011, Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons. xxvi, 326 p., 16 p. of plates.
16. Serway, R.A. and J.W. Jewett, *Physics for scientists and engineers with modern physics*. 7th ed. 2008: Brooks/Cole, Cengage Learning.
17. McGee, T.D., *Principles and methods of temperature measurement*. 1988, New York: Wiley. xvii, 581 p.
18. Sonntag, R.E. and C. Borgnakke, *Introduction to engineering thermodynamics*. 2nd ed. 2007, Hoboken, NJ: John Wiley. xix, 617 p.
19. Zemansky, M.W. and R. Dittman, *Heat and thermodynamics : an intermediate textbook*. 7th ed. 1997, New York: McGraw-Hill. xx, 487 p.
20. Utaaker, K., *Mikro- og lokalmeteorologi - Det atmosfæriske miljø på liten skal*. 1991: Alma Mater Forlag AS.
21. Rybicki, G.B. and A.P. Lightman, *Radiative Processes in Astrophysics*. 1979: Wiley.
22. Oke, T.R., *Boundary Layers Climates*. 2nd ed. 2006, London and New York: Routledge.
23. Middleton, W.E.K., *A history of the thermometer and its use in meteorology*. 1966, Baltimore,: Johns Hopkins Press. xiii, 249 p.
24. Moran, J.B., *How do we know the laws of thermodynamics*. 1st ed. Great scientific questions and the scientists who answered them. 2001, New York: Rosen Pub. Group. 111 p.
25. Piro, L.S., *Advanced melting technologies with submerged combustion*. 2010, Pittsburgh, Pennsylvania: RoseDog Books. 418 p.
26. Bird, J.O., *Science for engineering*. 4th ed. 2012, London ; New York: Routledge. xiii, 455 p.
27. Wunderlich, B., *Thermal analysis of polymeric materials*. 2005, Berlin: Springer. xvi, 894 p.
28. World Meteorological Organization., *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. 7th ed. Wmo. 2008, Geneva, Switzerland.
29. Mattsson, J.O., *Meteorologi*. 1970, Lund,: Gleerup. 110 p.
30. Price, M., et al., *Mountain Geography: Physical and Human Dimensions*. 2013: University of California Press.
31. Nordli, Ø. 2013, Personlig kommunikasjon
32. Freitas, L., et al., *Homogeneity of monthly air temperature in Portugal with HOMER and MASH*. Idojaras, 2013. **117**(1): p. 69-90.

33. Harstveit, K.E. *Klimanormal*. 2009 [cited 2013 4. desember]; Available from: <http://snl.no/klimanormal>.
34. Meteorologisk institutt. *Kart med temperaturnormal for Norge*. [cited 2013 7. oktober]; Available from: <http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Klimanormaler/Temperatur/>.
35. Gjelten, H.M., *Homogenitetstesting og analyse av temperaturserien på ås*. 2012, Institutt for matematiske realfag og teknologi: Universitet for miljø- og biovitenskap.
36. Meteorologisk institutt. *eKlima*. 2013; Available from: eklima.no.
37. Kartverket. *Norgeskart*. [cited 2013 1. oktober]; Available from: norgeskart.no.
38. Støren, W.K., *Rosenborg, Møllenberg*. Vol. [21]. 1982, Trondheim: Aktietrykkeriet. 24 s. : ill.
39. *Rosenborg i Innherredsveien 5 og 7*. 1893, UBiT, Prospektsamlingen: <http://galleri.bibsys.no/bildedb/record.jsp?lib=ubit&id=UBT-TO-070308>.
40. *Bakke gård og kirke*. [1850-årene], UBiT, Eldre fotografiske teknikker: <http://galleri.bibsys.no/bildedb/record.jsp?lib=ubit&id=UBT-TO-001430>.
41. Rosenvinge, J.F., *Innherredsveien med Bakke gård og kirke, Trondhjem*. 1812, UBiT, Prospektsamlingen: <http://galleri.bibsys.no/bildedb/record.jsp?lib=ubit&id=UBT-TO-071165>.
42. Birkeland, B.J., *Old Meteorological Observations at Trondheim - atmospheric pressure and temperature during 185 years*, in *Geofysiske publikasjoner*. 1949, det norske videnskaps-akademi i Oslo.
43. Nordli, Ø., *Rosenvinges observasjonar på garden Bakke i Trondheim, arkiv på Riksarkivet*, M. institutt, Editor. 2010.
44. Skoie, M., *Da tiden ble normal: innføringen av felles tid i Norge på slutten av 1800-tallet*. 2002, Oslo: M. Skoie. 112 s.
45. Andersen, S.Q. *Hva er sommertid?* 2002 25. oktober 2002 [cited 2013 7. oktober]; Available from: <http://www.forskning.no/artikler/2002/oktober/1035454427.68>.
46. Nordli, Ø., et al., *The effect of radiation screens on Nordic time series of mean temperature*. International journal of climatology, 1997. **17**(15): p. 1667-1681.
47. Nordli, Ø., Tveito, O. E., *Calculation of monthly mean temperature by Köppen's formula in the Norwegian station network*. 2008, Norwegian Meteorological Institute.
48. Garmin, *eTrex personlig navigator - brukermanual*. 1999.
49. Melkersen, D. 2013, Personlig kommunikasjon.
50. Kvambek, Å.S. 2013, Personlig kommunikasjon.

51. Khaliq, M.N. and T.B.M.J. Ouarda, *On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)*. International Journal of Climatology, 2007. **27**(5): p. 681-687.
52. Moberg, A. and H. Bergström, *Homogenization of Swedish temperature data. Part III: The long temperature records from Uppsala and Stockholm*. International Journal of Climatology, 1997. **17**(7): p. 667-699.
53. Peterson, T.C., et al., *Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review*. International Journal of Climatology, 1998. **18**(13): p. 1493-1517.

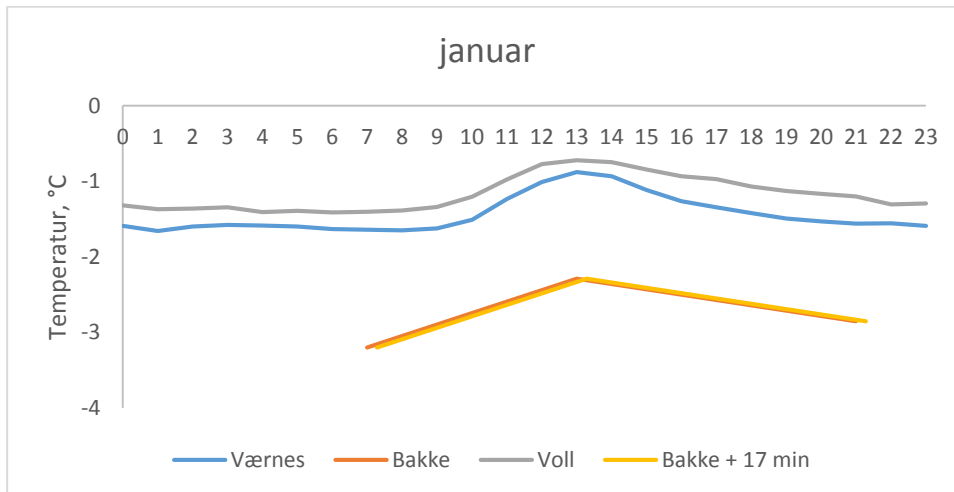
Symbolliste

SYMBOL	ENHET/ VERDI	FORKLARING
—		Uttrykker en midlere verdi
a		Siste år før et mulig brudd eller trend
A	m^2	Tverrsnittsareal
A		Bruddår
a_1, a_2, \dots, a_n		Konstanter ved beregning av gjennomsnittstemperatur
a_θ		Vilkårlig konstant
b	$2,897 \times 10^{-3} \text{ mK}$	Konstanten i Wiens forskyvningslov
B_v	J	Strålingsenergi
c_0	$3,00 \times 10^6$	Lyshastigheten i vakuum
c		Konstant i c-formel
ε		Emissivitet
h	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	Varmeoverføringskoeffisient
h	$6,26 \times 10^{-34} \text{ Js}$	Plancks konstant
i		Tidsenhet, indeks
j		Referansestasjon, indeks
k		Antall referansestasjoner
k	$\text{W}/(\text{mK})$	Konduktivitet
k'		Konstant ved beregning av gjennomsnittstemperatur
K^*	W/m^2	Netto kortbølget stråling
$K\uparrow$	W/m^2	Reflektert kortbølget stråling på dagtid
$K\downarrow$	W/m^2	Innkommende kortbølget stråling på dagtid
k_B	$1,3805 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	Boltzmanns konstant
k_g		Føyns konstant
L^*	W/m^2	Netto langbølget stråling
$L\uparrow$	W/m^2	Reflektert langbølget stråling
$L\downarrow$	W/m^2	Innkommende langbølget stråling
n		Antall verdier i en tidsserie
\dot{Q}	W	Varmeoverføringsrate
Q	J	Varme
Q^*	W/m^2	Total strålingsbalanse
q_l		Beregnet verdi til en differanse eller serie før et mulig skift
q_l		Beregnet verdi til en differanse eller serie etter et mulig skift
Q_i		Differanse ved tid i
T		En testverdi
T	K	Temperatur
t	s	Tid

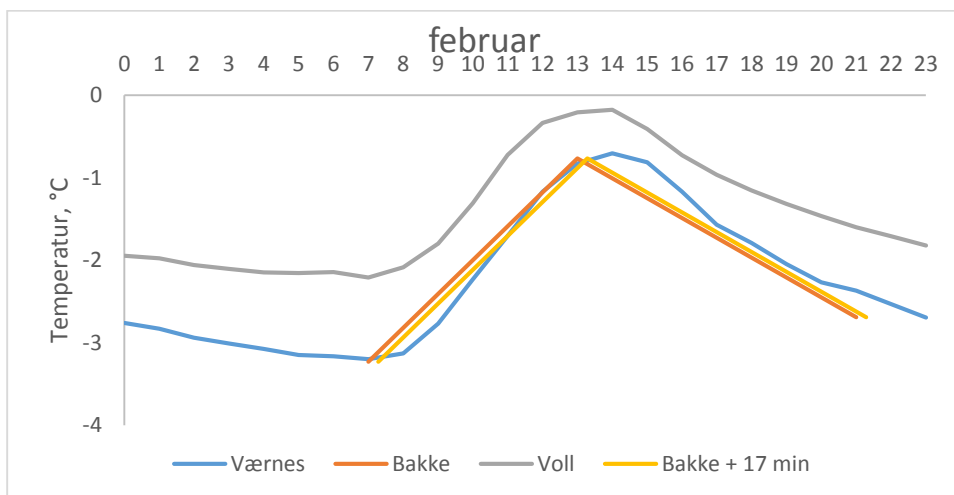
$t^{\circ}C$	$^{\circ}C$	Temperatur
$t^{\circ}R$	$^{\circ}R$	Temperatur
T_2	$^{\circ}C$	Gjennomsnittstemperatur middagsobservasjon
T_{∞}	K	Temperatur tilstrekkelig langt unna overflaten
T_g	$^{\circ}C$	Gjennomsnittstemperatur av morgen- og kveldsobservasjonene
T_m	$^{\circ}C$	Gjennomsnittstemperatur
T_s	K	Overflatetemperatur
T_a^s		En testverdi ved tiden a
T_{max}^s		Maksimalverdi for T_a^s
X		Termometrisk egenskap
x_{ji}		Referansestasjon j ved tid i
Y_i		Temperatur, kandidatstasjon ved tid i
z_1		Estimert verdi til en standardisert differanse før et mulig skift
z_2		Estimert verdi til en standardisert differanse før et mulig skift
Z_i		Referanseserie ved tid i
α		Absorbtans
θ	K	Empirisk temperatur
λ	M	Bølgelengde
λ_{max}	m	Bølgelengde som avgir maksimal effekt
μ_1		Forventningsverdi til serien før brudd
μ_2		Forventningsverdi til serien etter brudd
ρ		Korrelasjonskoeffisient mellom referansestasjon og kandidatstasjon
σ	$5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$	Stefan-Boltzmanns konstant
σ_1		Standardavvik til standardisert avstand før brudd
σ_2		Standardavvik til standardisert avstand etter brudd
σ_Q		Standardavvik, Q
$\frac{\delta Q}{dt}$	W	Varmeoverføringsrate
$\frac{dT}{dx}$	K	Temperaturgradient i x-retning

Appendiks 1

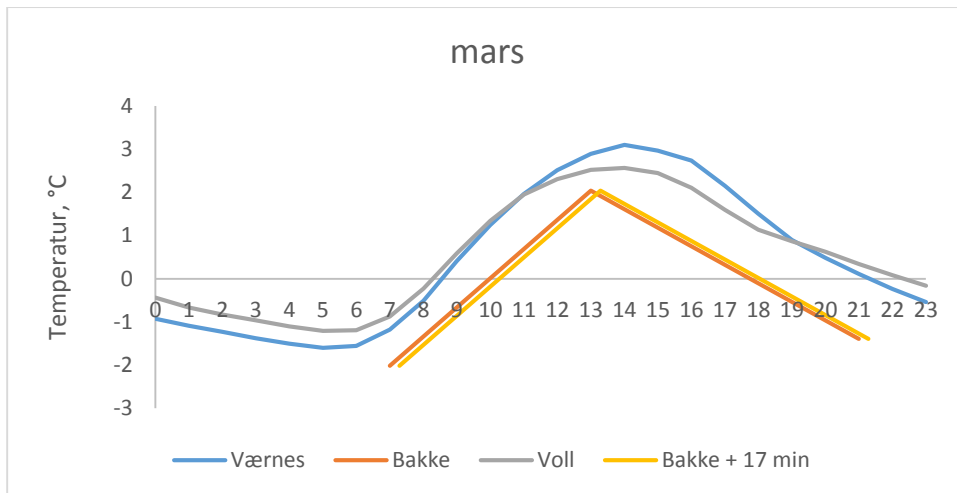
Figurene i Appendikset, Figur 31 til Figur 42, viser gjennomsnittstemperatur for alle timene i døgnet. I figurene er gjennomsnittstemperaturen for Værnes og Voll vist, samt gjennomsnittstemperaturen for Bakke klokken 07:00, 13:00 og 21:00 UTC og en forskyvning av gjennomsnittstemperaturen for Bakke med 17 minutter, det vil si klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC. Det er en figur for hver av årets måneder.



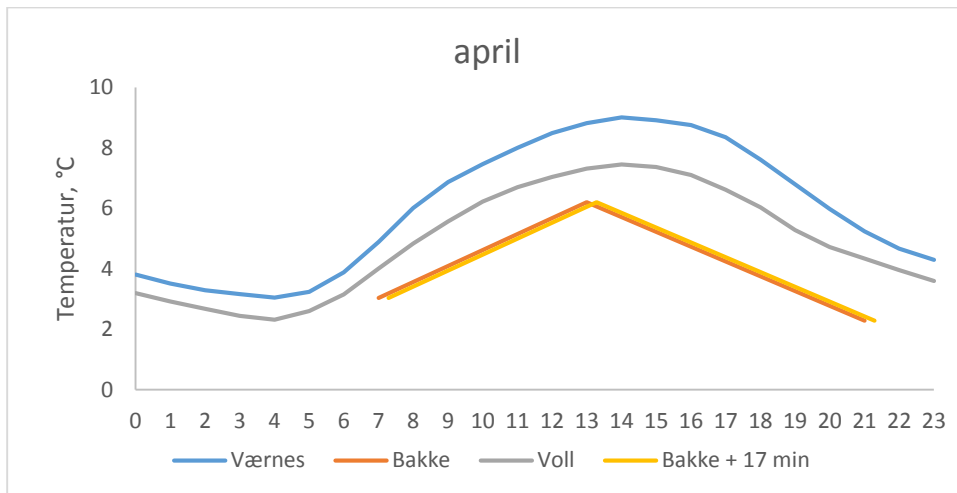
Figur 31. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for januar.



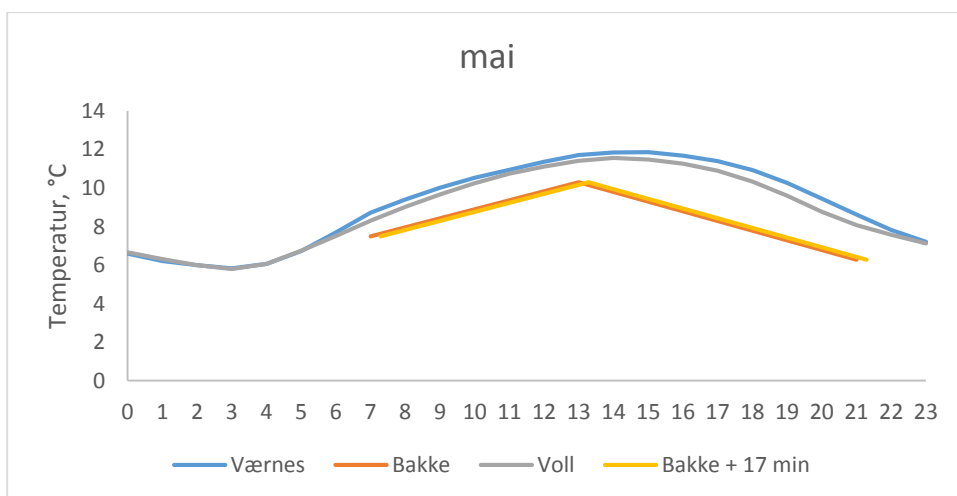
Figur 32. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for februar.



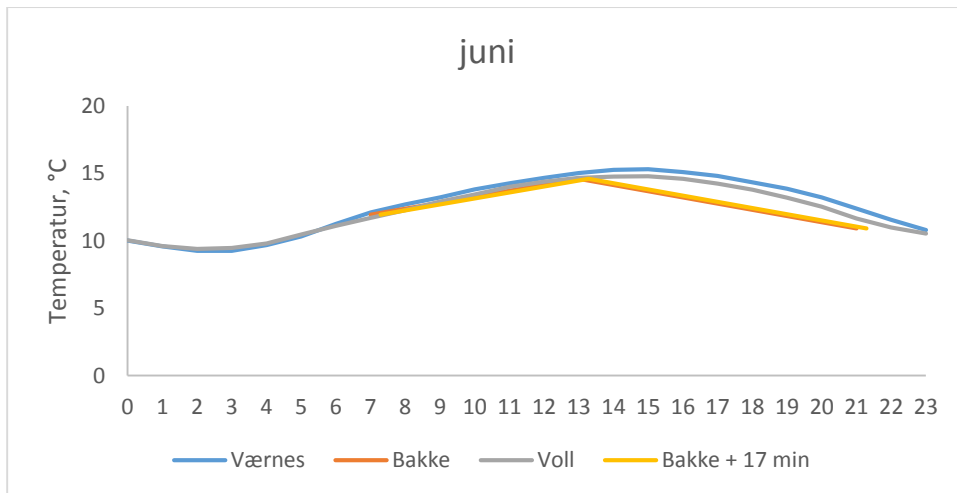
Figur 33. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for mars.



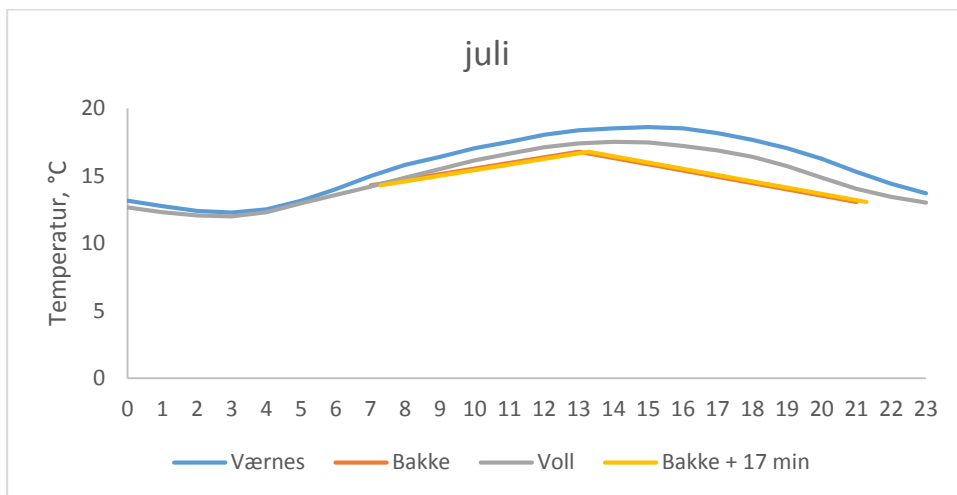
Figur 34. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for april.



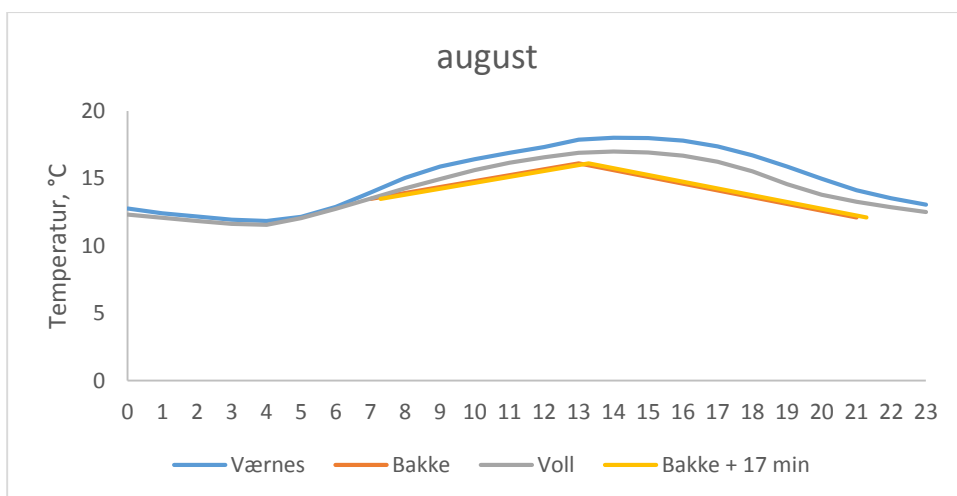
Figur 35. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for mai.



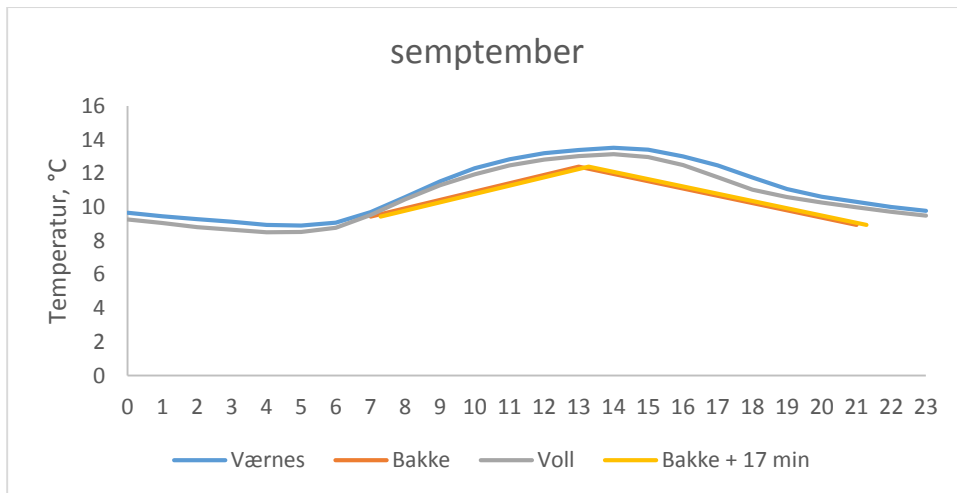
Figur 36. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for juni.



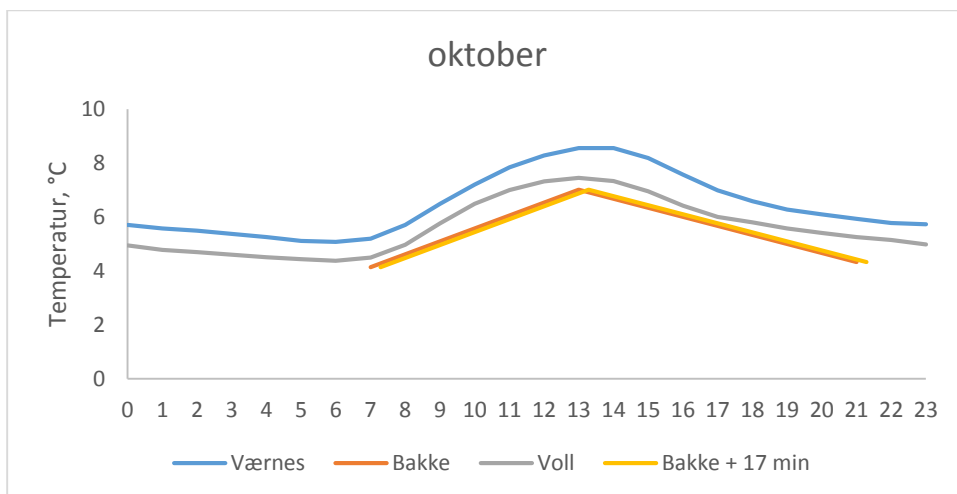
Figur 37. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for juli.



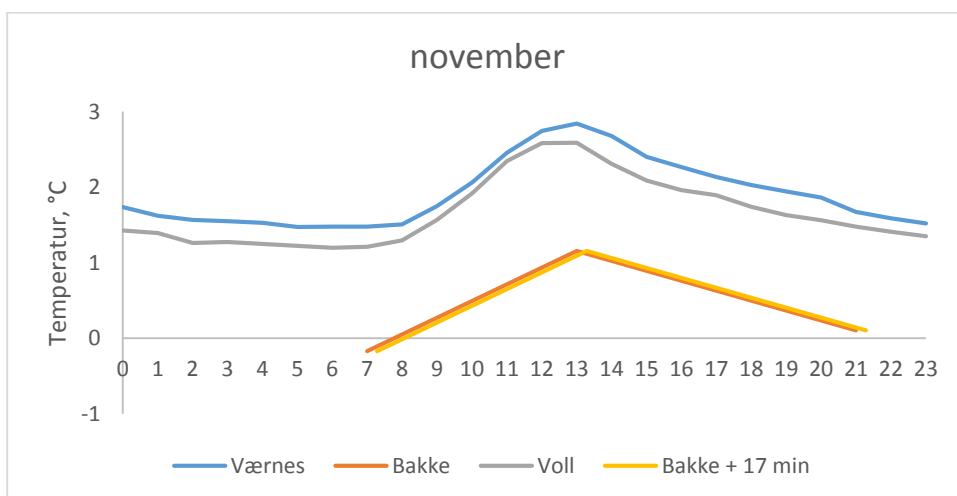
Figur 38. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for august.



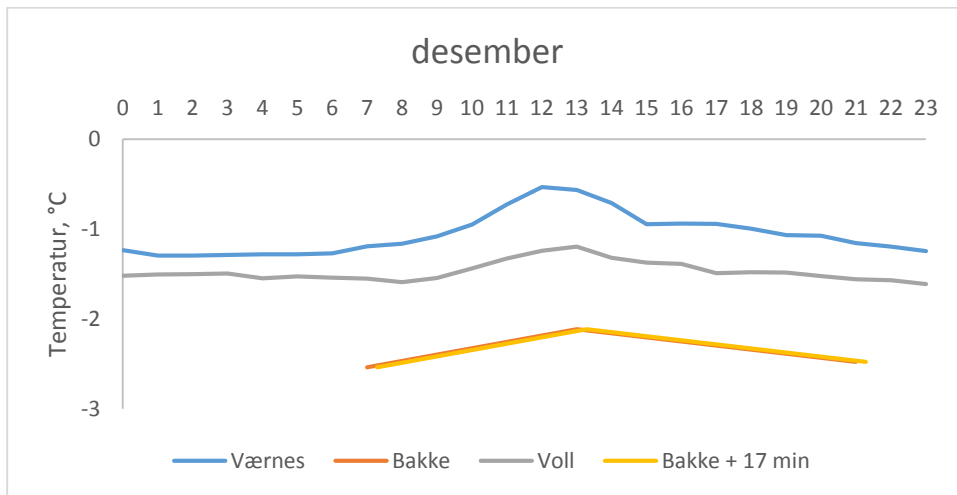
Figur 39. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for september.



Figur 40. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for oktober.



Figur 41. Gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnetts timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for november.



Figur 42. Gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Værnes og Voll, samt gjennomsnittstemperatur for døgnet timer for Bakke klokken 07:00, 13:00, 21:00 UTC og ved forskyvning ti klokken 07:17, 13:17 og 21:17 UTC for desember.

Appendiks 2

Manglende data for Værnes er vist i Tabell 27. Manglende data for Voll er vist i Tabell 28 og Tabell 29

Tabell 27. Antall døgn som er fjernet fra observasjonene for Værnes hver måned i hvert år i perioden 2004-2011

Måned	2004	2005	2009
Januar	1		
Februar			
Mars	1		
April	1	3	
Mai	6		
Juni	1		1
Juli	2		
August			
September			
Oktober	4		
November	3		
Desember	1		
Totalt	19	3	1

Tabell 28. Manglende data for hver måned i årene 1996 - 200 for Trondheim Voll. Der hele månedene mangler er dette markert NA.

Måned	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Januar	NA						2		
Februar	NA								
Mars	NA	1	1	1	1	1	1	2	2
April	NA	1						1	
Mai	NA	1				1			
Juni	NA		3						
Juli	NA			1					
August	NA		2					1	
September	3			1				1	
Oktober	1		2						
November	4		10			2		1	
Desember	2		1						
Totalt	10	3	19	3	1	4	3	6	2

Tabell 29. Antall slettede data for Trondheim - Voll i perioden 2005-2013. NA indikerer at hele måneden mangler.

Måned	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Januar									
Februar									
Mars	3	1	1	1	1	1	1	1	1
April			1			2			
Mai		2	1						
Juni	1	1							
Juli							4		
August		1					1		
September	7							1	
Oktober	22								NA
November	11								NA
Desember	2								NA
Totalt	46	5	3	1	1	3	6	2	1

Tabell 30. Metadata for 68860 - Trondheim - Voll. Hentet fra [36]

År	Måned	Dag	Kommentar
1923	12	19	Min.termometer korrigert kl.14.
1937	6	21	Skifte av maks.termometer.
1944	6	0	Mangler observert trykk for hele juni.
1944	7	0	Stasjonen fikk instrumenthytte
1944	7	0	Stasjonen fikk instrumenthytte
1945	3	19	Kr.term. 1771 tatt i bruk kl.19.
1946	5	26	Byttet urverk på termografen.
1946	5	31	Kontrollhygrometer montert kl.19.
1946	6	1	Tabell (?) for hygrometeret mottatt og tatt i bruk.
1948	9	0	Kontroll og skifting av barometer.
1948	12	28	Inspeksjon av meteorolog Hoem fra Blindern.
1950	10	20	Nye maks. og min. termomtrer satt opp og tatt i bruk kl.19.
1950	10	23	Ny hd pga. ny stolpe: 16,6 m, før: 11,2 m
1950	10	23	Montert vindhastighetsmåler
1950	12	31	Observasjonen utført kl.14.30.
1951	2	19	Maks. termometer (29222) tatt i bruk kl.19.
1951	8	29	Maks.termometer (29244) tatt i bruk kl.19.
1952	4	19	Pluviografen flyttet 50 m mot SSW
1952	4	19	Slagregnmåleren flyttet 50 m mot SSW
1953	9	25	Stasjonen fikk hygrogaf
1955	10	28	Ny pluviograf
1958	10	1	Jordtermometere 2,10, og 20 cm montert
1958	12	1	Gressminimumtermometer
1965	6	28	Aktinografen inndratt

Tabell 31. Metadata over stasjonen 69100 - Værnes. Hentet fra [36]

År	Måned	Dag	Kommentar
1948	10	1	Nedbørstolpen flyttet
1948	10	1	Tysk instrumenthytte skiftet ut med MI 33 84 m E for den gamle
1948	10	1	Tysk instrumenthytte skiftet ut med MI 33 84 m E for den gamle
1954	11	5	Ny anemograf satt opp 120 m i nordlig retning fra flykontrollen
1955	10	17	Ny skylyskaster, den ble flyttet 25 m N for anemografhuset
1963	5	3	Den registrerende vindmåler ble flyttet 1200 m mot W
1968	9	27	Fra denne datoen til 03.10. TeTaLux
1975	10	23	Hytta flyttet 500 m mot W
1975	10	23	Hytta flyttet 500 m mot W
1978	0	0	Varmelamper montert i vindmåler mast
1979	5	23	Skykaster flyttet ca. 88 m mot E
1979	5	23	Utskifting og flytting av TeTaLux
1979	5	23	(Skiftet ut med MITEF)
1979	9	28	Montering av ny baneføler
1982	6	2	Montert Lemo-utstyr til 90z
1982	6	2	Ny giver 90z (G 9819/2). Dette ble gjort fra denne datoen til 05 06 82
1982	6	2	Montert strålingsutstyr
1982	6	2	Ny baneføler montert, tilkoblet Mitef-anlegg
1985	7	25	Nytt solarimeter, nr. 683287
1985	7	25	Ekstra sett vindindikator montert
1986	11	3	Hp (Hb også)
1994	12	22	Hytta flyttet 800 m mot NE
1994	12	22	Hytta flyttet 800 m mot NE

Appendiks 3

Manglende data for 68150 – Trondheim er vist i Tabell 32.

Tabell 32. Manglende data for 68150 – Trondheim. Der det ikke finnes gjennomsnittlig månedstemperatur er dette markert med NA.

Måned	1874	1875	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
Januar		NA				NA	NA		NA	NA
Februar		NA		NA		NA	NA	NA	NA	NA
Mars		NA		NA		NA	NA	NA	NA	NA
April		NA		NA		NA	NA	NA	NA	NA
Mai		NA		NA		NA	NA	NA	NA	NA
Juni				NA		NA	NA	NA	NA	NA
Juli				NA			NA	NA	NA	NA
August				NA				NA	NA	NA
September			NA	NA				NA		NA
Oktober			NA	NA		NA		NA	NA	NA
November			NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA
Desember	NA		NA		NA	NA		NA	NA	NA

Metadataliste 68150-Trondheim, vist i Tabell 33 og Tabell 34. Hentet fra [36]

Tabell 33. Metadata for 68150 – Trondheim i perioden 1870-1884. Hentet fra [36]

År	Måned	Dag	Kommentar
1870	1	0	Ny stasjon
1870	6	0	Observasjonene startet juni 1870. (ingen observasjoner for denne stasjonen før den tid)
1870	12	1	Termometeret avlest kl.14.45
1870	12	6	Termometeret avlest kl.08.45
1871	9	21	Barometeret flyttet kl.08.00
1871	9	23	Termometrene flyttet kl.14.00
1871	11	7	Barometeret flyttet kl.08.00
1872	1	20	Termometeret avlest kl.15.00
1872	3	18	Termometeret avlest kl.14.45
1872	4	3	Termometeret avlest kl. 14.45
1872	4	3	Termometeret avlest kl.14.45
1872	11	5	Termometeret avlest kl.14.50
1872	12	6	Forandring ved barometeret

Tabell 34. Metadata for 68150 - Trondheim. Hentet fra [36]

År	Måned	Dag	Kommentar
1874	10	12	Termometer ikke avlest
1875	1	1	Observasjonstider på originalskjema: 8, 2, 8
1875	3	24	Observatør glemt å observere kl. 14.00
1875	4	21	Termometeret avlest kl. 19.00
1875	12	0	Desember måned mangler (finnes ikke observasjoner).
1876	0	0	Hele året borte - finnes ikke observasjoner.
1877	0	0	Januar - august skjemaene mangler i originaldata.
1878	0	0	Januar og desember skjemaene mangler i originaldata.
1878	9	0	Ikke observert
1879	0	0	Januar - oktober skjemaene mangler i originaldata.
1880	0	0	Juli - september skjemaene mangler i originaldata.
1880	1	27	Termometeret ikke avlest kl.08.00
1880	10	0	Barometeret er ukorrigert
1880	11	28	Det tørre termometere "ituslaaet" (=ødelagt/slått i stykker?)
1881	0	0	Temperatur ikkje observert i september - desember.
1881	8	0	August måned mangler
1882	3	0	Interpolasjoner ved Kr.sund og Brønnøysund (trykket)
1882	11	0	Minimumstermometeret er korrigeret
1882	11	0	Minimumstermometeret er korrigeret
1882	12	1	Barometerets korreksjon = -0.98 m/m
1883	9	0	September måned mangler
1883	10	0	Interpolasjoner ved Kr.sund og Brønnøysund (trykket)
1884	3	17	Observed kl. 14:40

Appendiks 4

Notat av Ø. Nordli - Rosenvinges observasjonar på garden Bakke i Trondheim, arkiv på Riksarkivet.

Avskrift gjort av Birkeland finst på Meteorologisk institutt. Ho vart teken med til Riksarkivet av Øyvind Nordli den 1. mars 2010 for jamføring med originaldata. Noko av føremålet med jamføring var å finne ut meir om avskrifta, særleg når det gjeld einingar som vart brukte.

Avskrifta femner berre temperaturobservasjonar. Det viste seg at gjennom heile perioden vart det observert i Réaumur, og den eininga er også i avskrifta til Meteorologisk institutt, altså inga konvertering til Celsius.

Notat i arkivet til Meteorologisk institutt:

Rosenvinge på Bakke: 1836 – 1885. Obs.tider 8-2-9 1836-43, senere 8-2-10. I 40-årene og 50-årene synes Rosenvinge å ha skrevet av observasjonene i avisen. I desember 1854 har han også observert selv, men begynner først for alvor selv i april 1855. Januar – mars 1855 er det ikke observasjoner å finne noen steder. Se også kladden av brev til Vid.sk Selsk. i Calender for 1853.

I Rosenvinges ”Coutoir- Calender”

1852 amner. I adressavisen, hvorav dette [under] er taget, og hvortil det er indsendt av apoteker Balsløv, er i No61 indført observasjoner for april istedenfor som det vilde N. andført for Marts – den udeglemte Martsmåneds observasjoner findes i N.... av 1853.

1853. Observasjonene er udregnede efter Apoteker Balsløws Manuskript av samme, der indtil August ere indført i ”Den Frimodige for 1853” og senere opbevarede i Videnskabernes Selskabs Bibliotek.

I ein konvolutt ved sidan av avskrifta finst 3 brev frå eit barnebarn av A. Rosenvinge, A.

Rode. Han fortel om termometer-opstillingane. Brev er frå 9. august 1944, 22. august 1944 og 23 september 1944, alle til Meteorologisk institutt ved Birkeland.

Avskrifta til instituttet femner berre temperatur, men i alle fall frå 1866, kanskje også noko før, er ”Regnhøiden” også observert. Ei stikkprøve frå 1878 viser at nedbøren var observert i desimaltommar. Dessutan finst vêret også omtala for kvar dag.

Rosenvinges ”Calender” startar i 1831 med nokre spreidde observasjonar frå Tomb i Østfold der han då var. Det tek til med ein observasjon per dag, men held fram med tre observasjonar frå mai 1832. Interessant er det også at for året 1833 er det daglege **observasjonar av Esmark**, men då berre ein observasjon per dag, eller kanskje ”døgnmiddel”. Frå 1834 er observasjonane til Esmark førde inn ved sidan av sine egne, dvs. 3 observasjonar per dag av Esmark også, 8 ½, 3 ½, 9 ½.

For 1835 blir det smått med egne observasjonar, medan Esmarks observasjonar er meir komplette.

I september 1836 startar hans observasjonar frå Trondheim og enno finst også Esmarks observasjonar frå Christiania. No tek avskrifta til Meteorologisk institutt til. Avskrifta er i same eininga som Rosenvinge brukte, dvs. Réaumur. I avskrifta til instituttet er det også skreve inn temperaturar med blyant. Det viser seg å vera der Rosenvinge ikkje har observert. 1838 er siste året med observasjonar av Esmark frå Christiania.

Eg har ikkje lukkast i å finne ut prinsippa som vart brukte ved interpolasjonane til instituttet. *Er det kanskje mest gjetting eller er det observasjonar gjort av andre som kunne finnast i t.d. Adressavisa?*

I 1842, 1843 og 1846 er det svært få observasjonar.

I 1856 er det observasjonar fire gonger for dagen, 8, 10, 14 og 22, men det gjeld berre dette året. For somme månader står kl 8 sist, men det viser seg likevel å vera observert på same dagen som dei andre observasjonane og ikkje ei markering av eit uregelrett døgnskilje.

Det finst også nokre opplysningar om såtider og onnetider i kalenderen til Rosenvinge.

Rosenvinge observerte heilt til han døydde i 1884. I ”Calender” for 1884 er nesten ingen observasjonar førde inn, men i ei dagbok er det observert heilt til den 7. juli 1884.

Birkeland (1949) skriv at Rosenvinge tok ikkje til å observere for alvor i Trondheim før april 1855. Eg finn det difor rimeleg at den offisielle rekkja med Rosenvinges observasjonar startar med det tidspunktet. I databasen blir observasjonsserien kalla:

68156 Trondheim – Bakke (1855.04.01-1884.07.07)