

En enkel gressvekstmodell utprøvd på Island og i Norge

Hovedfagsoppgave i meteorologi



Kristín Hermannsdóttir
Oktober 2001



Geofysisk Institutt
Universitetet i Bergen

Bildet på forsiden viser Guden Frøy som styrer vær og årsvekst, regn, sol og god avling. Navnet Frøy kommer av Freyr som har sammenheng med frø. Frøy eier skipet Skíðblaðnir som kan seile både land og hav og er til å legge sammen og ha i lommen når det trengs. (Thorskegga 4.oktober 2001).

Denne oppgaven er skrevet i L^AT_EX₂ ϵ , reportstyle,
12 punkts tekst og tosidig format.
Arbeidet er avsluttet på Island 30. oktober 2001.

Forord

Lukten av nytt høy er den beste lukten jeg kjenner. Da jeg hørte om en oppgave som skulle handle om gressvekst, ble interessen min vekket. Da jeg har landbruksutdanning fra før, passet det fint med en slik Hovedfagsoppgave i meteorologistudiet mitt. Det har vært interessant og lærerrikt å jobbe med denne oppgaven.

Jeg ønsker å takke Endre Skaar for veiledning, modellsnekring, datasnekring, hjelp, norsk rettskriving og motivasjon gjennom hele oppgaven. I tillegg til alle de gode historiene som han fortalte om folk og reiser inn imellom veiledningen.

Medstudentene fortjener en takk for hjelp og støtte med MatLab og L^AT_EX, inspirasjon og moralsk støtte gjennom hele studiet, og Unni og Øyvind for særlig takk for kritisk korrekturlesning.

Takk til Sæmundur og Heiðrún som flyttet sammen med meg i Bergen på grunn av studiet mitt og til Helgi som ble født i Bergen midt i studietiden. Takk til Veðurstofa Íslands som lånte meg datamaskin og skrivepult de siste månedene i studiet. Og takk til Gunn Eli Lædre for korrekturlesing på Island. Til slutt takker jeg stor-familien min og venner for støtte og oppmuntring underveis.

Hilser til alle studenter og ansatte ved Geofysisk Institutt.

Kristín Hermannsdóttir

Þegar koma tveir góðviðrismorgnar í róð á Íslandi, þá er eins og allar áhyggjur lífsins hafi kvatt fyrir fult og allt. (Halldór Laxness Nobelsskáld - Heimsljós).

Når det på Island, kommer to godværmorgener på rad, føles det som om all verdens bekymringer har forlatt oss for evig. (Etter Halldór Laxness, Nobelprisvinner i Litteratur - Heimsljós)

Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 1 |
| 2 | Data | 3 |
| 2.1 | Forsøkstasjonene | 3 |
| 2.2 | Meteorologiske data | 5 |
| 2.3 | Jordvann-data | 5 |
| 2.3.1 | Jord og vann | 5 |
| 2.4 | Beskrivelse av Timotei-Vallarfoxgras (<i>Phleum pratense L.</i>) | 8 |
| 2.4.1 | Historikk | 8 |
| 2.4.2 | Dyrking | 9 |
| 2.4.3 | Arter | 10 |
| 2.5 | Avlingsdata | 10 |
| 2.6 | Mangel på data | 11 |
| 3 | Modell og Teori | 13 |
| 3.1 | Innledning | 13 |
| 3.2 | Gressvekstmodell | 14 |
| 3.2.1 | Teori og modellbeskrivelse | 14 |
| 3.3 | Jordvannmodell | 23 |
| 3.3.1 | Modellbeskrivelse og modelloperasjoner | 23 |
| 3.3.2 | Startbetingelser og inputdata | 25 |
| 3.3.3 | Vannmodelloperasjon | 26 |
| 3.4 | Utprøving av modellen | 27 |
| 3.4.1 | Testing av modellen i Sverige | 27 |
| 3.4.2 | Tilpasning av modellen til norsk klima og plantemateriell | 28 |
| 3.4.3 | Ekspolineær modell testet i Norge | 29 |
| 4 | Klima | 31 |
| 4.1 | Norge - Island | 31 |
| 4.2 | Normalperioden 1961 til 1990 | 33 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.2.1 | Forskjeller og likheter | 34 |
| 4.3 | Normale forhold i vekstsesongen. | 34 |
| 4.4 | Været i Norge og på Island, i gress-vekstsesongen, 1991 til 1995 | 36 |
| 4.4.1 | Norge | 36 |
| 4.4.2 | Island | 37 |
| 4.4.3 | Ås (NO) | 38 |
| 4.4.4 | Fureneset (NO) | 40 |
| 4.4.5 | Sæter i Kvikne (NO) | 42 |
| 4.4.6 | Vågønes (NO) | 42 |
| 4.4.7 | Reykjavik (IS) | 45 |
| 4.4.8 | Hvanneyri (IS) | 48 |
| 4.5 | Vekstdøgn og temperatursum | 53 |
| 4.5.1 | Vekstdøgn og temperatursum på stasjonene 1991 til 1995. | 54 |
| 5 | Resultater | 57 |
| 5.1 | Modellvalidering på stasjonene | 57 |
| 5.1.1 | Ås | 58 |
| 5.1.2 | Fureneset | 60 |
| 5.1.3 | Sæter i Kvikne | 62 |
| 5.1.4 | Vågønes | 63 |
| 5.1.5 | Reykjavik | 66 |
| 5.1.6 | Hvanneyri | 68 |
| 5.2 | Validering av relativ veksthastighet R_s | 73 |
| 5.3 | Forskjellig vanninnhold i det øverste jordlaget i den nye jordvannmodellen | 75 |
| 5.4 | Avlingsmasse | 77 |
| 5.5 | Klimaindeksen - GI | 79 |
| 6 | Diskusjon | 83 |
| 6.1 | Særtrekk på stasjonene | 83 |
| 6.2 | Klima | 84 |
| 6.3 | R_s verdi | 84 |
| 7 | Konklusjon | 87 |
| | Referanser | 89 |
| A | Avlingsdata | 93 |
| A.1 | Norske avlingsmålinger | 93 |
| A.2 | Islandske avlingsmålinger | 95 |

| | | |
|----------|--|------------|
| B | Modellene | 97 |
| B.1 | Gressmassemodell | 97 |
| B.2 | Jordvannmodell | 100 |
| C | Regneformler | 105 |
| C.1 | Fordampning - Penmans formel | 105 |

Symbolliste

| Symbol | | <i>Enheter</i> |
|-----------|---|------------------------|
| γ | Psykrometerkonstanten | [$hPaK^{-1}$] |
| Δ | Tangenten til kurven for metningstrykk for vanndamp som funksjon av lufttemperatur T | [$hPaK^{-1}$] |
| ALD | Aldringsfaktor | |
| DG | Døgngrader | [°C] |
| E | Fordampning | [mm] |
| E_a | Aktuell evapotranspirasjon | [mm] |
| E_{ae} | Evaporasjon fra marken | [mm] |
| E_{aI} | Evapotranspirasjon fra planter | [mm] |
| E_p | Potensiell evapotranspirasjon | [mm] |
| E_t | Evapotranspirasjon fra plantestanden | [mm] |
| GI | Multiplikativ klimaindeks | |
| GR | Plantevekst pr. dag | [$gm^{-2}dag^{-1}$] |
| I | Nedbør som havner på plantene når det regner | [mm] |
| I_m | Intersepsjonsreservoar | [mm] |
| K_s | Konstant for en bestemt stasjon og måned | |
| L | Latent fordampningsvarme til vann | [Jkg^{-1}] |
| LAI | Bladarealindeks | [cm^2cm^{-2}] |
| LAI_h | Halvparten av maksimum bladarealindeks | [cm^2cm^{-2}] |
| LAI_m | Maksimum bladarealindeks for evapotranspirasjon | [cm^2cm^{-2}] |
| N1 | Nitrogengjødsel | [$8 gm^{-2}$] |
| N2 | Nitrogengjødsel | [$12 gm^{-2}$] |
| P | Nedbør | [mm] |
| QI | Strålingsindeks | |
| Q_{glo} | Globalstråling | [Wm^{-2}] |
| Q_i | Daglig innkommende globalstråling | [$MJm^{-2}dag^{-1}$] |
| Q_{max} | Innstråling ved lysmetning av plantestanden | [$MJm^{-2}dag^{-1}$] |
| Q_{net} | Nettostråling | [Wm^{-2}] |
| R | Relativ veksthastighet | [$gg^{-1}dag^{-1}$] |
| R_t | Aktuell verdi av relativ veksthastighet | [$gg^{-1}dag^{-1}$] |
| R_s | Initial toppverdi av relativ veksthastighet | [$gg^{-1}dag^{-1}$] |

| | | |
|-----------|--|--------------------|
| R_v | Gasskonstant for vanndamp | $[Jkg^{-1}K^{-1}]$ |
| SW | Plantetilgjengelig vann | [mm] |
| SW_f | Feltkapasitet | [mm] |
| SW_o | Bestemt vanninnhold der jorden begynner å tørke ut | [mm] |
| SW_w | Visnegrense | [mm] |
| SW_1 | Øvre jordlags vannreservoar | [mm] |
| SW_2 | Nedre jordlags vannreservoar | [mm] |
| T | Midlere døgntemperatur | [°C] |
| TD | Drenering | [mm] |
| TI | Temperaturindeks | |
| T_k | Middeltemperaturen i døgnet | [°K] |
| T_m | Midlere døgntemperatur for maksimum veksthastighet | [°C] |
| T_{min} | Minimumstemperatur i døgnet | [°C] |
| T_o | Nedre grense for midlere døgntemperatur | [°C] |
| T_3 | Middelverdien av temperaturene klokken 06, 12 og 18 UTC | [°C] |
| T_6 | Temperaturen klokken 06 UTC | [°C] |
| T_{12} | Temperaturen klokken 12 UTC | [°C] |
| T_{18} | Temperaturen klokken 18 UTC | [°C] |
| V_{mid} | Midlere vindstyrke i døgnet | $[ms^{-1}]$ |
| W | Biomasse | $[gm^{-2}]$ |
| W_o | Start biomasse | $[gm^{-2}]$ |
| WI | Indeks for plantetilgjengelig vann | |
| c | Konstant for å beregne bladareal | |
| e_s | Metningstrykket for vanndamp | [hPa] |
| e_{10} | Metningstrykk for vanndamp ved 10 °C | [12.272 hPa] |
| k | Konstant som beskriver krumningen til ALD kurven | |
| p | Krumningskonstant for strålingskurven | |
| pF | Oppsugingsenergi for jordvann, der m.vh er meter vannhøyde | [log10(m.vh)] |
| r | Konstant som bestemmer krumningen av temperaturkurven | |
| t | Aktuell tid | [dag] |
| $t-1$ | Forrige dag | [dag] |

Kapittel 1

Innledning

I denne oppgaven skal en enkel gressvekst modell vurderes. Jeg skal se på hvilke klimaparametere som påvirker gressvekstsproduksjonen mest på hver enkelt plass.

Jeg har data fra fire steder i Norge. Et sted på Østlandet, et på Vestlandet, et på fjellet i Midt-Norge og et i Nord-Norge. Jeg har da fått med fire forskjellige klima i Norge. Jeg har data fra to steder på Island, begge på vestlandet slik at der har jeg kun en klimatype.

I kapittel 2 er oversikt over de dataene jeg benytter ; klimadata, biologiske data og avlingsdata. Og i kapittel 4 ser jeg nærmere på klimadataene på hvert enkelt sted.

Jeg benytter en svensk modell, fra 1982 etter Torssell & Kronher, som er en statistisk modell utviklet på data fra Sør-Sverige. I 1993 ble denne modellen testet i Norge på noen steder og jeg bruker resultater fra denne testingen. I 1999 så en doktorgradsstudent i planteforskning, Helge Bonesmo, på gressvekst ut fra nyere modell fra 1990 etter Goudriaan & Monteith, og jeg bruker noen resultater fra Bonesmo i min oppgave.

I disse modellene er fordampning gitt i en enkel modell rutine. Det antas at jorden er kun ett lag og at all fordampning skjer fra dette ene laget. Derfor har jeg, i samarbeide med veilederen min, utarbeidet en litt mer sammensatt jordmodell. Denne jordvannmodellen benyttes i en nyere utgave av Torssells vekstmodell som testes mot observasjoner.

I kapittel 3 er beskrivelse av gressvekstmodellen og jordvannmodellen. Og i tillegg B er begge modellene på FORTRAN programmeringsspråk.

Innsamling av data har ikke vært enkelt. Det mangler enkelte målinger, enkelte dager og noen målinger måtte hentes fra nabostasjoner. Jeg bruker observasjoner av

gressmengde ved høsting (g/m^2) som fasit i oppgaven, min og disse observasjonene har jeg hentet fra planteforskere på Island og fra Bonesmo i Norge.

I resultatkapittel, kapittle 5, er modellene testet på hvert enkelt sted mot overserverte avlingsdata og en startverdi for relativ veksthastighet er funnet for hvert avlingsdatasett. Det viser seg at nye jordvannmodellen har i snittet mindre startverdi for relativ veksthastighet enn originalmodellen og denne verdien avhenger av hvert sted.

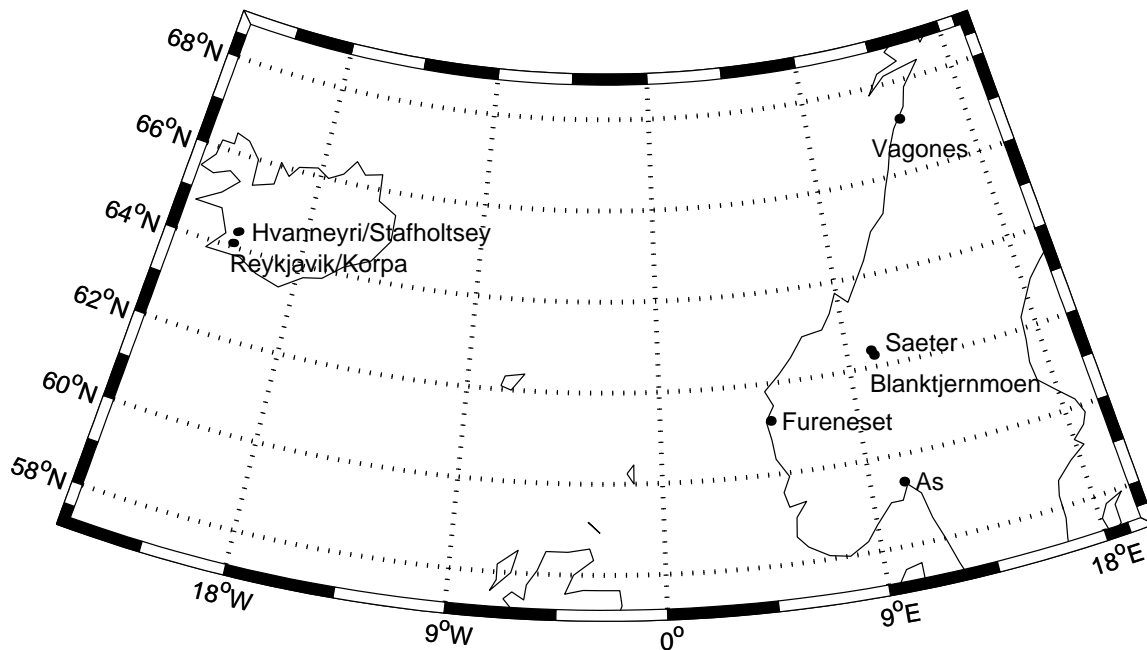
Kapittel 2

Data

2.1 Forsøkstasjonene

I denne oppgaven brukes værdata fra seks klimastasjoner. Fire av stasjonene er i Norge, *Ås*, *Fureneset*, *Vågønes* og *Sæter* og drives av Norsk Institutt for Plante-forskning (Planteforsk). To av stasjonene er på Island, *Reykjavik* og *Hvanneyri* og drives av Veðurstofa Íslands (VI). Dessuten brukes værdata fra to stasjoner i Norge, *Blanktjernmoen* og *Bodø-VI* som drives begge av DNMI, og to på Island, *Korpa*(VI) og *Stafholtsey*(VI), for å kompensere for mangel av enkelte parametre. Den sørligste stasjonen ligger på $59^{\circ}N$ og den nordligste ligger på $67^{\circ}N$. De norske stasjonene er spredt over hele Norge, og de islandske stasjonene ligger alle på vestsiden av Island. Figur 2.1 viser området oppgaven omhandler.

På grunn av at noen parametre må hentes fra nabostasjoner definerer jeg at heretter omfatter stasjonen *Vågønes* data fra Bodø-Vågønes og Bodø-VI, stasjonen *Sæter* omfatter data fra Sæter i Kvikne og Blanktjernmoen i Kvikne, stasjonen *Reykjavik* omfatter data fra Reykjavik og Korpa og stasjonen *Hvanneyri* omfatter data fra Hvanneyri og Stafholtsey. For å forenkle og unngå forvirringer brukes det kun ett navn. Tabell 2.1 viser oversikt over alle stasjonenes beliggenhet, høyde over havet, avstand fra havet, hvor lenge stasjonene har vært i drift og om de er automatiske eller klimastasjon. Stasjonsnumrene er fra klimaavdelingene i Norge og på Island.



Figur 2.1: *Et enkelt kart over stasjonens beliggenhet.*

| Stnr. | Navn | Bredde-grad | Lengde-grad | m.o.h | ca. Avst. fra hav (km) | i drift fra | i drift til | type av stasj. |
|-------|--------------|-------------|-------------|-------|------------------------|-------------|-------------|----------------|
| 1785 | Ås | 59° 40' N | 10° 46' E | 95 | 6 | jan. 1874 | 1991 + | Auto |
| 5642 | Fureneset | 61° 18' N | 5° 04' E | 14 | 1 | 1972 | 1987 + | Auto |
| 0987 | Blanktj.moen | 62° 26' N | 10° 25' E | 685 | 100 | 1953 | + | Klima |
| 6683 | Sæter | 62° 37' N | 10° 15' E | 550 | 88 | jan. 1959 | feb.1989 + | Auto |
| 8229 | Bodø VI | 67° 17' N | 14° 25' E | 11 | 0,2 | jan. 1953 | + | Klima |
| 8223 | Bodø Våg. | 67° 18' N | 14° 29' E | 16 | 2 | 1987 | + | Auto |
| 1 | Reykjavik | 64° 08' N | 21° 54' V | 52 | 1 | 1920 | + | Klima |
| 46 | Korpa | 64° 09' N | 21° 45' V | 35 | 2 | 1961 | 1997 + | Auto |
| 1779 | Hvanneyri | 64° 34' N | 21° 46' V | 23 | 1,5 | jan. 1963 | des.1997 + | Auto |
| 108 | Stafholtsey | 64° 37' N | 21° 36' V | 14 | 10 | aug. 1988 | + | Klima |

Tabell 2.1: *Oversikt over alle stasjonene i oppgaven. Auto = automatisk stasjon, Klima = klimastasjon og + betyr at stasjonen er i drift når oppgaven avsluttes.*

2.2 Meteorologiske data

Det benyttes historiske klimadata fra DNMI og fra Veðurstofa Íslands, beregnede døgnverdier av temperatur, relativ luftfuktighet, nedbør, vind, solskinnstid, stråling og skydekke. Mengde plantetilgjengelig vann i jorden og det brukes også fenologiske observasjoner/målinger fra Planteforsk i Norge, RALA (Rannsóknarstofunun Landbúnaðarinnis = islandsk planteforsk) og Hvanneyri (Landbruks Universitetet) på Ísland.

2.3 Jordvann-data

2.3.1 Jord og vann

Jordsmonnet er reservoar for vann, plantevekst og planteframgang. Jordsmonnet er den delen av løsmaterialet som er påvirket av levende organismer og formet av slike organismer, særlig vegetasjon (Fimreite 1995). Mengden av vann i jorden avhenger av mengde og fordeling av nedbør eller vanning og jordens fysiske egenskaper. Hvor fort vann kan tas fra en jordtype, avhenger av klima, jordsmonnets fysiske egenskaper og plantenes rotsystem.

I et tynt lag over og under jordoverflaten skjer hydrologiske og meteorologiske prosesser via plantene. Dette tynne laget ligger mellom den øverste plantetoppen og den nederste enden av planteroten. Der foregår prosesser som flytter vann fra meteorologisk område til hydrologisk. De prosessene som er aktuelle i denne oppgaven er listet opp i tabell 2.2 (Wieringa & Lomas 2001).

| Prosess | Form av vannforflytting |
|---|---|
| “Interception” = Bladfukt | Nedbør som er oppfanget av planten og deretter fordamper derifra. |
| “Evaporation” = Evaporasjon | Den rene fysiske prosessen som returnerer vann til atmosfæren fra bar jord |
| “Transpiration” = Transpirasjon | Den biologiske prosessen som returnerer vann til atmosfæren fra jorden gjennom stomata åpninger i plantene. |
| “Evapotranspiration” = Evapotranspirasjon | En felles nevner for alt vanntap fra jorden og planter. Summen av evaporasjon og transpirasjon. |

Tabell 2.2: *Tabell over de prosessene som flytter vann til og fra en plantedekket jordoverflate.*

Når en tilsetter vann til et “tørt” jordsmonn, kommer noe av vannet til å dreneres vekke, gjennom noen sprekker og hulrom i jorden og på overflaten. Det som er igjen av vannet kommer til å erstatte luft i hullene mellom jordpartiklene og først fyller opp de største hullene. Generelt kan vi si at en “wetting front” (våt front) (Wieringa & Lomas 2001) flytter seg nedover i jordsmonnet og vi får ett stadig tykkere lag som inneholder all fuktighet den kan holde mot tyngdekraften. Da sier vi at jordsmonnet er ved feltkapasitet (*field capacity*). Det bundne markvannet kan deles opp i nyttbart og ikke nyttbart vann for plantene.

Uttørking av jorden skjer veldig likt, med en “drying front” (tørking front) som flytter seg nedover i jorden samtidig som fordamping skjer fra overflaten. Etter vekslinger mellom tørre og våte perioder kan jordsmonnet være delt opp i flere tørre og våte lag.

En må legge merke til at feltkapasitet ikke skal forveksles med mett jord, der alle lufthull er fylt med vann. Jord ved feltkapasitet kan godt inneholde noe luft.

Når fuktighetsinnholdet avtar fra feltkapasitet, skjer den begrensede flytting av vann i jorden mest med destilasjon og delvis i dampfase. Likevel trekker planterøtter i jordsmonnet ut vann på flytende form fra vannfilmer rundt jordpartikler som de er i kontakt med. Derfor kan en se at mer vann kan forsvinne fra jord som har planter enn der det ikke er noen planter, når all jorden har samme vanninnhold som startbetingelse. Når jorden er bar, skjer alt vanntap via evaporasjon. Når bladdekket til plantene øker, går vanntapet fra jorden over til å være evapotranspirasjon. D.v.s en del er evaporasjon og en del er transpirasjon. Når plantene vokser enda mer avtar evaporasjonsdelen, fordi jorden blir mer og mer dekket og transpirasjonsdelen øker.

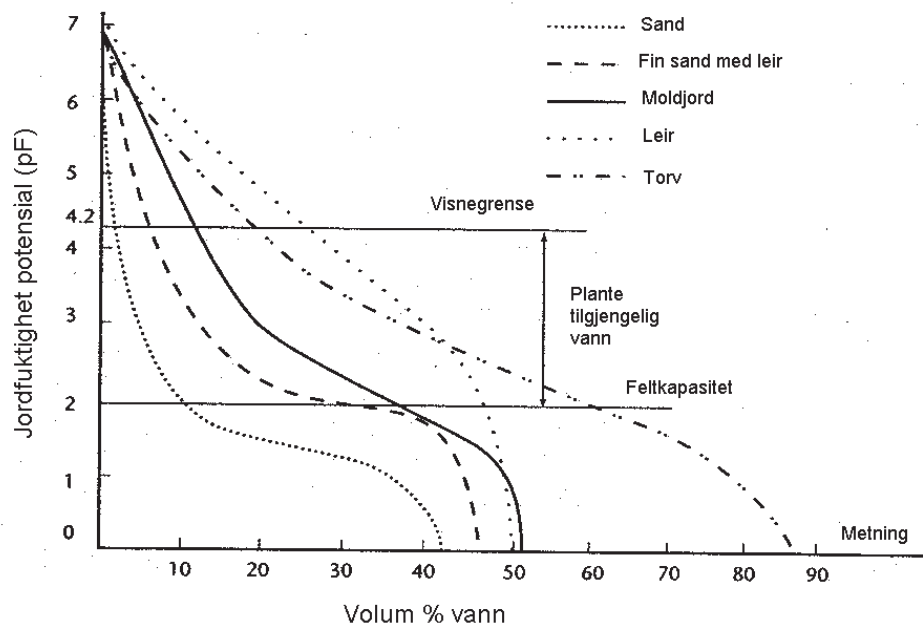
Når vanninnholdet i jorden avtar og fuktigheten kommer under feltkapasitet, kommer den til det punkt der kreftene, som holder fuktighetsfilmen til jordpartikkene, er så sterke at røttene ikke kan suge opp fuktigheten. Planter vil derfor begynne å visne når jordfuktigheten kommer til et visnepunkt (*wilting point*) der alt nyttbart vann er blitt brukt opp.

Det som er viktig for planter, er ikke absolutt mengde av vann i jorden, men hvor mye av det som er tilgjengelig for plantene. For å finne tilgjengelig vannmengde (*soil moisture potential*) er funnet den oppsugingsenergi (tension) som røttene må påføre for å trekke ut vann fra jorden. Enheten for denne oppsugingsenergien er Jm^{-3} som er overført til trykk enhet som kalles pF. pF regnes som $\log_{10}(m.vh)$ der m.vh er vann undertrykket målt i meter vannhøyde og det er målt med tensometer (Utaaker 1991).

Av praktiske grunner er visnegrensen satt å være lik for alle plantaarter, når kraften

som trengs for å trekke vann fra jorden er rundt 1.52 MPa som er lik $pF=4.2$. Denne pF verdien ble funnet ut fra fysiske og biologiske tester.

Feltkapasitet er sett å ha pF verdi 2.0 (10^4 Pa). Tilgjengelig vann i jorden som plantene kan bruke er den mengden som er mellom vanninnholdet ved feltkapasitet ($pF = 2.0$) og vanninnholdet ved visnepunkt ($pF = 4.2$) og den varierer mye med jordsmonnets struktur, se figur 2.2. Der kan en se at sand har 9% av sitt volum som plantetilgjengelig vann og torv har 44 % av sitt volum som plantetilgjengelig vann (Wieringa & Lomas 2001).



Figur 2.2: *Retensjonskurver som viser sammenhengen mellom jordfuktighet (% av volum) og jordfuktighet potensial (pF) for ulike typer av jord. Etter Geisler (1980).*

Opplysninger om mengden av tilgjengelig vann i jorden på de norske stasjonene ble tatt fra Helge Bonesmos doktoravhandling. Fra de islandske stasjonene ble tilsvarende data hentet fra Guðni Þorvaldsson for stasjonen Reykjavik, og fra Rikharð Brynjólfsson for stasjonen Hvanneyri.

På Hvanneyri ble forsøkene gjort på en gammel myr som er 1,5 til 2 m dyp, og er litt fuktig i forhold til vanlige dyrkingsland (Brynjólfsson 2000-2001). Tabell 2.3 inneholder opplysninger om jordtype og mm plantetilgjengelig vann ned til 60 cm i Norge og 50 cm på Island. Den mengden er funnet som forskjellen mellom feltkapasitet og visnegrense for hver jordtype.

| Stasjon | år | jordtype | vann (mm) |
|----------------|-----------|--------------------|-----------|
| Ås | 1994 | sand-leirjord | 83,9 |
| Ås | 1995 | leirjord | 63,7 |
| Fureneset | 1993 | sand-leirjord | 175,6 |
| Fureneset | 1994 | leiraktig sandjord | 179,5 |
| Sæter i Kvikne | 1993 | leiraktig sandjord | 95,0 |
| Vågønes | 1993 | sandjord | 79,5 |
| Vågønes | 1994 | sandjord | 49,5 |
| Reykjavik | 1993-1995 | finkornet leirjord | 150 |
| Hvanneyri | 1991-1995 | gammel myrjord | 150 |

Tabell 2.3: *Tilgjengelig vann ved feltkapasitet i øverste 60 cm av jordlaget i Norge og i øverste 50 cm på Island, på forsøksstasjonene.*

2.4 Beskrivelse av Timotei-Vallarfoxgras (*Phleum pratense L.*)

Gressarten som er brukt i modellen er av slekten Timotei. Den ble valgt fordi den vokser både på Island og i Norge, og har stor betydning for engdyrking i begge landene. Den er i dag den viktigste enggressarten i begge landene. (Grønnerød 1992). Den er velegnet som fôrgress, hvis den er høstet ved blomstring, men selve plantene tåler bedre å bli høstet senere enn blomstring (Helgadottir 2001).

2.4.1 Historikk

Timotei vokste først vilt i de tempererte deler av Øst-Europa, Asia og Afrika, men finnes nå på enger over de midlere breddegrader. Fra Europa ble timoteifrø spredt til Nord-Amerika, sannsynligvis med kolonistene og der ble den først dyrket. Dansken Timothy Hansen jobbet med spredning av gresset i Amerika og England rundt 1720. Gresset er oppkalt etter han på mange språk, f.eks timothy på engelsk, timothe på dansk og timotei på norsk. På islandsk heter det "vallarfoxgras" som henviser til utseende av gresset.

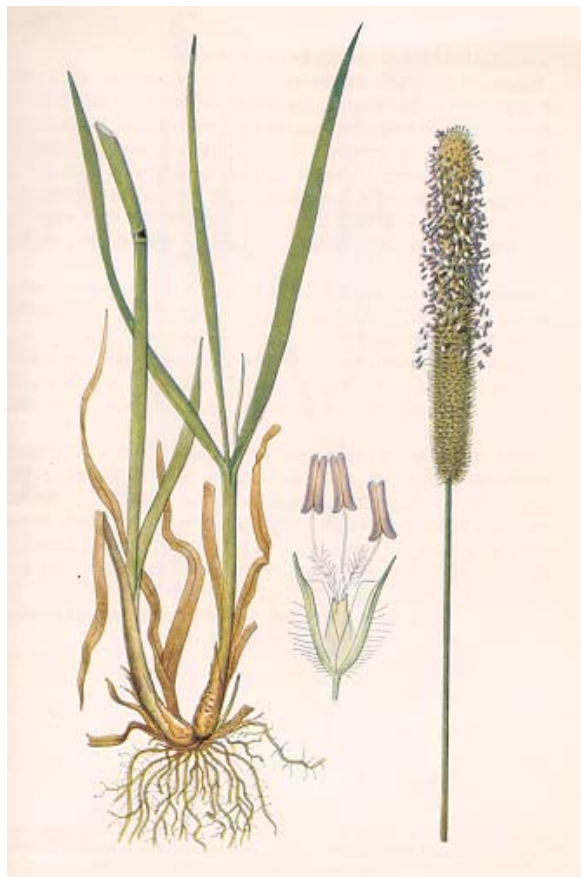
Fra England ble timoteidyrking introdusert til andre land i Europa, blant andre til de skandinaviske landene. I Norge finnes ingen opplysninger om timoteidyrking før på slutten av 1700 - tallet, og det finnes skriftlig materiale om timoteidyrking og frøavl fra omkring år 1800 (Naumann 1809). I året 1838 skriver Jacob Sverdrup i "Den erfarne Landmand" om sine gode erfaringer med timoteien og anbefaler at den dyrkes (Sverdrup 1838).

På Island var timotei sannsynligvis først dyrket 1898 på Hvítárvöllum i Borgarfirði

(Helgason Reykjavík 1899). I årene 1904 til 1908 var det gjort noen forsøk med frøavl på Akureyri og i Reykjavik, men det var først etter 1930 at det ble brukt i stor utstrekning (Óskarsson 2000).

2.4.2 Dyrking

Timotei er et rettoppvoksende flerårig gress og et typisk strågress. Det er lettest å gjenkjenne planten ved full skyting. Akset (dusken) er sylindrisk og minner om skott eller hale på dyr. Ved blomstring henger frøet ut fra akset og det ser håret ut. Bladene er myke og relativt store og breie og kan vrenge seg. Figur 2.3 viser bilde av gresset.



Figur 2.3: *Et bilde av Timoteigress. (Etter Kristjánsson 1956).*

Røttene til timoteigress er ikke sterke, og tåler særlig ikke tørkeperioder godt. Nede ved roten finnes en knute (proaksis), som kalles løk. Som regel vil knuten med tettpakkede ledd og blad overvintre og starte veksten om våren, og hvis knuten ødelegges, dør planten (Óskarsson 2000). Blomstringen starter tidlig om morgenen og de fleste plantene innen en sort er avblomstret i løpet av en uke. På Ås, under normale forhold, begynner blomstringen ved St. Hans-tid.

Timotei er en langdagsplante og trenger en bestemt daglengde for å kunne blomstre. Der daglengden ikke er lang nok, utsetter planten blomstringen, og bladutviklingen blir hemmet. Hvis lysperioden derimot er lang, får den en tidligere skyting, hurtigere utvikling av bladene og en forholdsvis rikelig gjenvekst. Timotei trives best i moldrik jord, gjerne leirjord som ikke er for fast. Den kan også vokse på god gressmyr. Den er hardfør og kan dyrkes høyt til fjells og langt mot nord. Ved høsting gir den god avling, med tanke på første og andre slått (Grønnerød 1992).

2.4.3 Arter

Både i Norge og på Island har mange arter av timotei vært i bruk. I Norge er fem norske timoteisorter godkjente. Dette er de nord-norske sortene Engmo og Bodin og de sør-norske Grindstad og Forus. Fra 1992 ble nord-norske sorten Vega tatt i bruk (Grønnerød 1992).

Fem norske og islandske typer er best egnet til islandske forhold og er de mest brukte. Det er Adda fra Vest-Island, Bodin og Engmo fra Norge, Korpa fra Vest-Island og den norske typen Vega (Helgadottir 2001).

De nord-norske sortene er meget vintersterke, men gir samtidig relativt liten gjenvekst. De sortene som opprinnelig kommer fra Nord-Norge er best egnet for nordlige strøk og i fjellstrøk.

Den islandske planteforskeren Guðni Thorvaldsson (1994) har sett på hvilke typer gress som finnes på islandske enger. På Sørlandet er 20,4 % timotei, på Vestlandet 13,8 % , på Vestfirdir 12,0 % , på Nordlandet 10,4 % og på Austurland er 8,8% timotei . Denne forskjellen skyldes sannsynligvis forskjellige jordtyper og alder på engene.

2.5 Avlingsdata

De norske avlingsdataene kommer fra Helge Bonesmos doktoravhandling. Tabell A-1 til A-3 i tillegg A viser avlingsmasse data fra hvert sted (artene er ukjente).

De islandske data kommer fra feltforsøk på Hvanneyri og i Reykjavík. Feltforsøkene som ble brukt fra Hvanneyri er nr; 811-91 timoteieng (*ukjent art*), nr; 818-93, timoteieng (*arten, Korpa*) og nr; 819-93, timoteieng (*arten, Adda*). Tabell A-4 til tabell A-6 i tillegg A viser snittet av avlingsmassene på Hvanneyri, for hvert år, i hvert forsøk. Tabell A-7 i tillegg A inneholder avlingsmasse data fra stasjonen Reykjavik. Dataene kommer fra et feltforsøk og er hentet fra Guðni Thorvaldsson (2000-2001) (arten er ukjent).

All avlingsmasse data ble brukt som fasit når modellene ble testet på det enkelte sted.

2.6 Mangel på data

Når en jobber med observerasjonsdata, hender det at det mangler enkelte observasjoner fra enkelte stasjoner, eller at noen målinger ikke er tatt på stasjonen. Derfor må noen data hentes fra en nabostasjon for å få et komplett datasett. Tabell 2.4 viser oversikt over hvilke data som måtte innhentes for å få datasettet komplett, slik at det kunne brukes i modellene.

| Stasjon | Mangel på data |
|--------------------------|--|
| Ås | Ingenting mangler. |
| Fureneset | 21. til 23.mai 1993 mangler det observasjoner. Endre Skaar har laget verdier for disse datoene ut fra sin erfaring med klimadata. |
| Sæter Blanktjernmoen | Datasettet fra Sæter inneholder kun ca. 10% av normalnedbør årene 1993 og 1994, derfor er nedbørdata hentet fra Blanktjernmoen. Det mangler opplysninger om mengde plantetilgjengelig vann på Sæter i 1994, derfor brukes samme verdi som for året 1993 i modellkjøringene. Det mangler avlingsdata for året 1994. |
| Vågønes Bodø-VI | Det finnes ikke nedbørnormaler fra Vågønes, derfor brukes nedbørnormaler fra Bodø-VI ved sammenligning av normale forhold. Men temperaturen sammenlignes med normalverdier fra Vågønes. Det mangler enkelte observasjoner 12.juni, 8. og 9.juli 1993 fra Vågønes. Endre Skaar har laget verdier for disse datoene. |
| Reykjavik Korpa | Værdatoene er tatt fra Reykjavik og avlingsdatoene fra Korpa. |
| Hvanneyri Stafholtsey | Det mangler midlere døgntemperatur fra 1.sept 1994 på Hvanneyri. Derfor er hele værdatasettet 1995 hentet fra nabostasjonen Stafholtsey. Det mangler observasjoner av luftfuktighet på Hvanneyri alle årene. Disse data er hentet fra Stafholtsey. Avlingsdatasettet er tatt fra Hvanneyri. |

Tabell 2.4: *Tabell over observasjoner/målinger som mangler på hver stasjon. Vanntrekk skiller mellom stasjonene som betraktes som en stasjon.*

Kapittel 3

Modell og Teori

3.1 Innledning

Modellen som benyttes er en statistisk modell som ble laget i Sverige 1982-1983. Modellen ble utviklet fra 24 uavhengige felteksperimenter. Det ble samlet inn data i 6 år, mellom 1967 og 1981, i Ultuna i Sverige. Ut fra disse datasamlingene ble modellen utviklet. (Torssell, Korner & Svensson 1982)

Modellen beregner daglig plantevekst ($GR = \Delta W / \Delta t$) som funksjon av plantemassen ved slutten av foregående dag (W_{t-1}). Den relative veksthastigheten (R) og værfaktorer er uttrykt som indekser for globalstråling (QI), middeltemperatur i døgnet (TI) og mengde plantetilgjengelig vann i jorden (WI). Modellutviklingen hadde to mål;

1) økt grunnkunnskap om økofysiologisk gressproduksjon, og ut fra denne kunnskapen utvikle en modell som kunne brukes i produksjonplanlegging.

2) bruke modellen til å analysere styring og vekselvirkning mellom vær og jord i en database for praktisk hjelp til bøndene.

Modellen ble testet i Norge i 1988-1993 av Skjelvåg, Skaar, Riley, Braadshaug, Øyen & Samuelsen (1993). Resultatene viste i hovedtrekk at relativ veksthastighet (R_s) var høyere i Norge enn i Sverige og det ble påpekt at for å øke modellens pålitelighet er det ønskelig å forbedre vannhusholdingsdelen.

I samarbeid med min veileder, har jeg utarbeidet en jordvannmodell som tar hensyn til fuktighet i plantedekke og som deler opp rotsonen i flere jordlag. Jeg har brukt modeller som er tilpasset skandinaviske forhold som utgangspunkt og hovedelementene har jeg tatt fra tre vannbalans modeller utviklet i Danmark ved Kristensen & Jensen (1975), Plauborg & Olsen (1991) og Thomsen (1992). Jordvannmodellen beregner

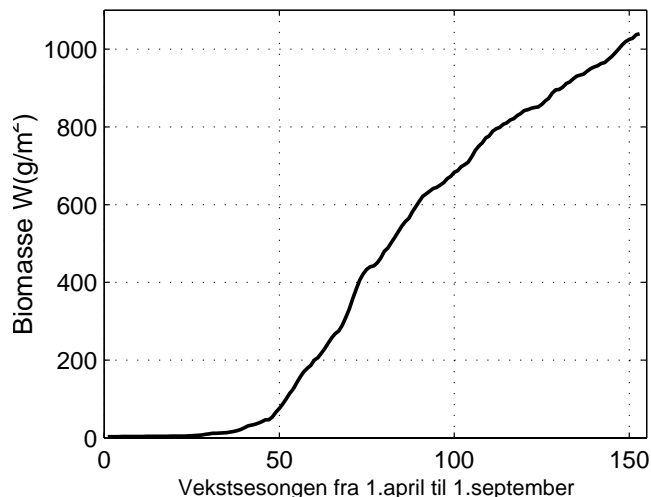
daglige mengder av aktuell evapotranspirasjon ut fra beregnet eller målt potensiell evapotranspirasjon.

3.2 Gressvekstmodell

3.2.1 Teori og modellbeskrivelse

Relativ veksthastighet R

En gressvekstmodell beskriver økning i biomasse fra vekststart om våren til høstetidspunktet og eventuell gjenvekst mellom flere høstinger. I hver vekstfase kan økningen i biomassen beskrives med S-formet vekstkurve. Figur 3.1 viser beregnet endring med tid i høstingsmasse hos timotei.



Figur 3.1: *Endring med tid i biomasse hos timotei i perioden 1.april til 1.september 1993 på Fureneset (NO). Tallet 0 er 1.april og 153 er 1.september.*

Plantevekst pr. dag, GR , reknes som;

$$GR = \Delta W / \Delta t \quad (3.1)$$

der W er biomasse (g/m^2) og t er tid (dag).

Relativ veksthastighet, R , er definert som plantevekst-hastighet per høstingsmasse.

$$R = GR / W \quad (3.2)$$

eller

$$R = \Delta W / (\Delta t * W) \quad (3.3)$$

Ligning for hvordan veksten endres med tid kan da skrives som;

$$\Delta W / \Delta t = W_{t-1} * R \quad (3.4)$$

der $t - 1$ er forrige dag og ligning for høstingsmassen hver dag kan da skrives som;

$$W_t = W_{t-1} + \Delta W / \Delta t \quad (3.5)$$

der t refererer til den aktuelle dagen og $t - 1$ til dagen før.

Etter som planten vokser, vil vekstreaksjonene på ytre faktorer endres. Torssell innførte derfor en aldringsfaktor (ALD).

For å få med påvirkning av været, ble faktoren GI innført. Ligning 3.6 viser hvordan hele modellen fungerer i grove trekk.

$$W_t = W_{t-1} + W_{t-1} * R * ALD * GI \quad (3.6)$$

Denne ligningen beskriver veksten som kan forventes en bestemt dag ut fra klimaparametre og plantens tilstand.

Ligningene 3.5 og 3.6 beskriver vekstkurven i figur 3.1.

Bladarealindeksen - LAI

Aldringsfaktoren (ALD) er funksjon av bladarealindeksen (LAI). LAI er definert som summen av alle bladareal dividert på det markarealet som planten dekker (cm^2/cm^2). Bladarealet som kan ta imot innstråling er ofte den avgrensende faktoren for avlingstilvekst. Om våren er det en nær sammenheng mellom bladarealindeksen og daglig tilvekst når totalt bladareal er relativt lite.

I den originale modellen bruker Torssell stående plantemasse til å beregne bladarealindeksen. Ligning 3.7 viser hvordan den beregnes. En annen måte kunne være å ta høyden på planter, fenologisk utvikling, aldring av plantene og liknende med i beregningen. Da flere har brukt denne ligningen med gode resultater f.eks. Skjelvåg et al. (1993) og Bonesmo (1999), brukes den også i denne oppgaven.

$$LAI = \sqrt{W/c} \quad (3.7)$$

der W = biomasse (g/m^2) og c er konstant. Ut fra optimalisering av testdata ble det benyttet $c = 10$ (Torssell et al. 1982).

Modifisering av relativ veksthastighet R

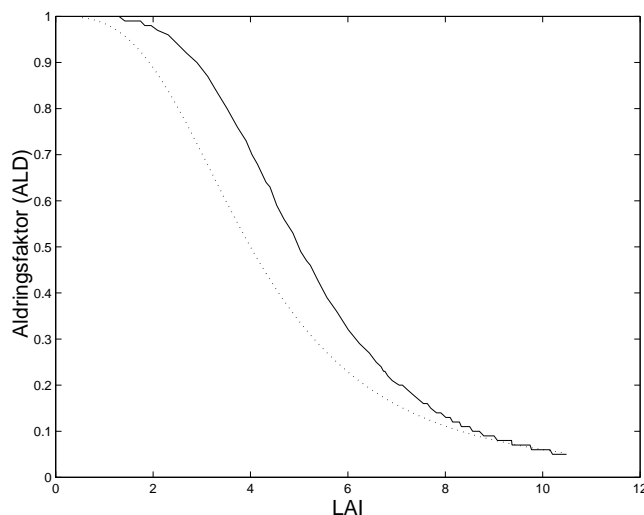
Når vekstperioden starter er relativ veksthastighet, R , liten, men vokser på noen dager til sin maksimumsverdi. Det krever minst daglige målinger å måle stigningen fra den lave startverdien til maksimumsverdi og dette er ikke aktuelt ute på marken. Derfor innførte Torssell (1983) den tilnærmelsen at R starter ved sin maksimalverdi R_s og avtar derfra etter som planten vokser. Når bladmassen øker, reduseres tilgjengelig lysmengde for plantene og de enkelte blad. Veksten av eldre blad avtar og stanser til slutt helt. En økende del av planten har liten eller ingen assimilasjon, basis av bladskjeder, stengler og organer for reproduksjon eller opplagsnæring. Den relative veksthastigheten vil derfor etter kort tid begynne å avta. (Skjelvåg et al. 1993) Nedgangen i tilveksthastighet fra en initiell toppverdi (R_s) til den aktuelle verdien (R_l) beskrives ved innføring av en aldringsfaktor (ALD).

$$R_l = R_s * ALD \quad (3.8)$$

Faktoren ALD er skalert fra 1,0 til 0 og den er en funksjon av bladarealindeksen(LAI).

$$ALD = 1/[1 + (LAI/LAI_h)^k] \quad (3.9)$$

Der LAI_h er halvparten av maksimal bladarealindeks og k er en konstant som beskriver formen (krumningen) på ALD-kurven. Numeriske verdier for LAI_h og konstanten k fant Torssell ut fra optimalisering av testdata til å være $LAI_h=5,0$ for vårvekst og 4,0 for gjenvekst og $k=4,0$ for vårvekst og 3,0 for gjenvekst. Figur 3.2 viser hvordan aldringsfaktoren endres med bladarealindeksen (LAI) for vårvekst og gjenvekst.



Figur 3.2: *Aldringsfaktoren regnet for både vårvekst — ($LAI_h = 5,0$ og $k=4,0$) og gjenvekst ... ($LAI_h = 4,0$ og $k=3,0$)*

Effekt av været

Innflytelse av været er summert i en multiplikativ klimaindeks GI . Den er beregnet som et produkt av en temperaturindeks (TI), en strålingsindeks (QI) og en indeks for plantetilgjengelig vann (WI);

$$GI = TI * QI * WI \quad (3.10)$$

Alle indeksene er skalert mellom 0 og 1,0 og utviklet fra kjente fysiologiske reaksjoner.

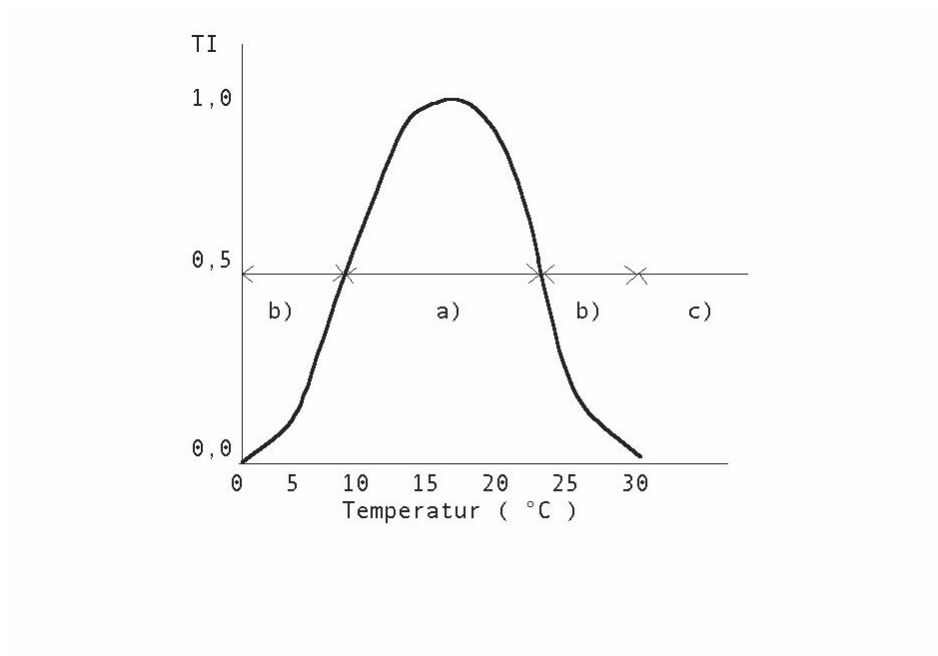
TI - Temperaturindeks

Figur (3.3) viser hvordan temperaturindeksen er knyttet til midlere døgntemperaturer. Funksjonene er antatt å være symmetrisk og beregnes i tre trinn som vist på figuren;

$$a) \quad TI = 1 - \frac{(2x)^r}{2} \quad (3.11)$$

$$b) \quad TI = \frac{[2(1-x)]^r}{2} \quad (3.12)$$

$$c) \quad TI = 0 \quad \text{hvis} \quad |T - T_m| > T_m - T_o \quad (3.13)$$



Figur 3.3: *Temperaturindeks*

$$\text{der } x = \frac{|T - T_m|}{T_m - T_o}$$

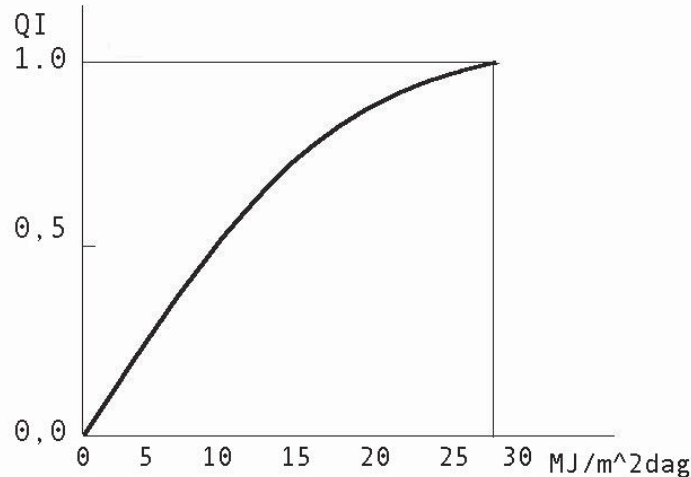
T = midlere døgntemperatur ($^{\circ}C$), T_m = midlere døgntemperatur for maksimal veksthastighet ($^{\circ}C$), T_o = nedre grense for T d.v.s ingen veksthastighet ($^{\circ}C$) og r er konstant som bestemmer krumningen av temperaturkurven. Ut fra optimalisering av testdata fant Torssell et al. (1982) at $r = 2.0$, $T_m = 17^{\circ}C$ og $T_o = 0.05^{\circ}C$.

QI - Strålingsindeks

Figur 3.4 viser funksjon for strålingsindeksen. Den beregnes ut fra ligningen;

$$QI = \frac{[1 - e^{(-p \cdot Q_i / Q_{max})}]}{(1 - e^{-p})} \quad (3.14)$$

der Q_i = daglig innkommende globalstråling ($MJ/m^2 dag$), Q_{max} = innstråling ved lysmetning av plantestanden og p = konstant som bestemmer krumningen av strålingskurven. Ut fra testdata fant Torssell et al. (1982) at for plantestand med LAI mellom 5 og 10 er $Q_{max} = 700 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ (som tilsvare 29,3 $MJ m^{-2} \text{ dag}^{-1}$) og $p = 2.0$.

Figur 3.4: *Strålingsindeks*

WI - Indeks for plantetilgjengelig vann

Plantetilgjengelig vannindeks WI er definert som forholdet mellom aktuell og potensiell evapotranspirasjon:

$$WI = 1,0 \quad \text{for} \quad SW \geq SW_o$$

$$WI = E_a/E_p \quad \text{for} \quad SW \leq SW_o \quad (3.15)$$

der SW = Plantetilgjengelig vann (mm), SW_o = bestemt vanninnhold der jorden begynner å tørke ut (mm), E_a = aktuell evapotranspirasjon (mm) og E_p = utregnet potensiell evapotranspirasjon (mm).

WI uttrykker muligheten for en bestemt planteart til å oppta den vannmengden som fordampes. Når $E_a = E_p$ er $WI = 1,0$ og jordvannet har ingen begrensninger på veksten.

For å beregne jordfuktighetsindeksen trengs det et jordvannbudsjett. Bladfukt er utenfor modellen og fordampning fra bladverket er ikke med i dette jordvannbudsjettet. Generelt jordvannbudsjett for et jordlag mellom overflaten og grunnvannet er skrevet som;

$$SW_t = SW_{t-1} + P_t - E_a - TD \quad (3.16)$$

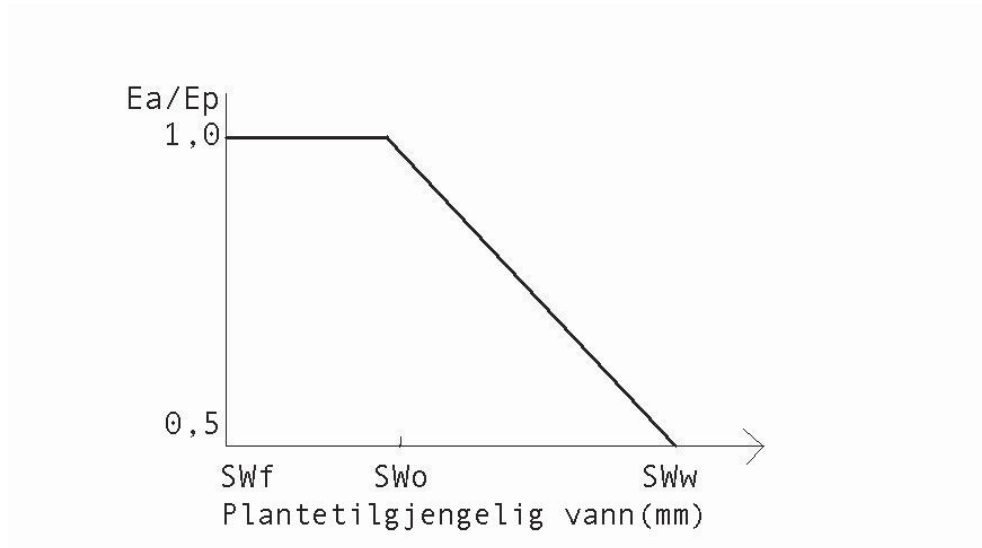
der SW = plantetilgjengelig vann (mm), P = nedbør (mm), E_a = aktuell evapotranspirasjon (mm), TD = drenering og t = dagnummer.

TD er antatt å være lik null (Torssell et al. 1982), P blir målt og E_a beregnes fra vannbalanseforholdet.

Potensiell fordampning er den mengden vann i mm, som i en gitt periode fordamper fra et kort, tett, ensartet, grønt og voksende plantedekke, som dekker jorden på et betydelig areal som er velforsynt med vann. Det vil si i denne modellen den største mulige evapotranspirasjonen for et gitt klima.

Aktuell fordampning er den evapotranspirasjonen, som virkelig finner sted. Når vannforsyningen begrenser fordampningen, vil den aktuelle fordampningen være mindre enn den potensielle.

Den aktuelle fordampningen er bestemt av klimaet, blant annet mengden av nedbør og dens fordeling, jordens innhold av tilgjengelig vann, rotddybde, årstid og vekstperiode. (Aslyng 1971)



Figur 3.5: *Endring i forholdet E_a/E_p når jorden tørkes ut fra feltkapasitet SW_f til et bestemt vanninnhold SW_o og derifra til visnegrænse SW_w - se ligning 3.17.*

Figur 3.5 viser prinsippene for relativ fordampning E_a/E_p . Ved feltkapasitet (SW_f) er aktuell evapotranspirasjon E_a lik potensiell evapotranspirasjon E_p fra plantestanden og potensiell evaporasjon fra jordoverflaten. E_a/E_p er lik 1 og fortsetter å være det til jorden har tørket ut mer enn et bestemt vanninnhold, SW_o . Siden avtar forholdet

E_a/E_p lineært til null etter som jorden tørkes ut til visnegrensen, SW_w . Figur 3.5 viser at for;

$$SW > SW_o \quad E_a/E_p = 1,0$$

$$SW < SW_o \quad E_a/E_p = SW/SW_o$$

$$\Rightarrow E_a = E_p * \frac{SW}{SW_o} \quad (3.17)$$

der SW_w , SW_o og SW_f karakteriserer hver jordtype og planteart (rotfordeling).

I den originale modellen fant forskerne at for hver 10 cm jordlag av leirjord er det 10 mm plantetilgjengelig vann ($SW_f - SW_w$). Effektiv maksimal rottdybde var estimert å være 80 cm, slik at 80 mm plantetilgjengelig vann var i rotsonelaget og 80% av det var lett-tilgjengelig. Andre forskere har kommet fram til at når tilgjengelig vann er kommet under 50% reduseres aktuell evapotranspirasjon (Thomsen 1992) og (Thorvaldsson 2000-2001).

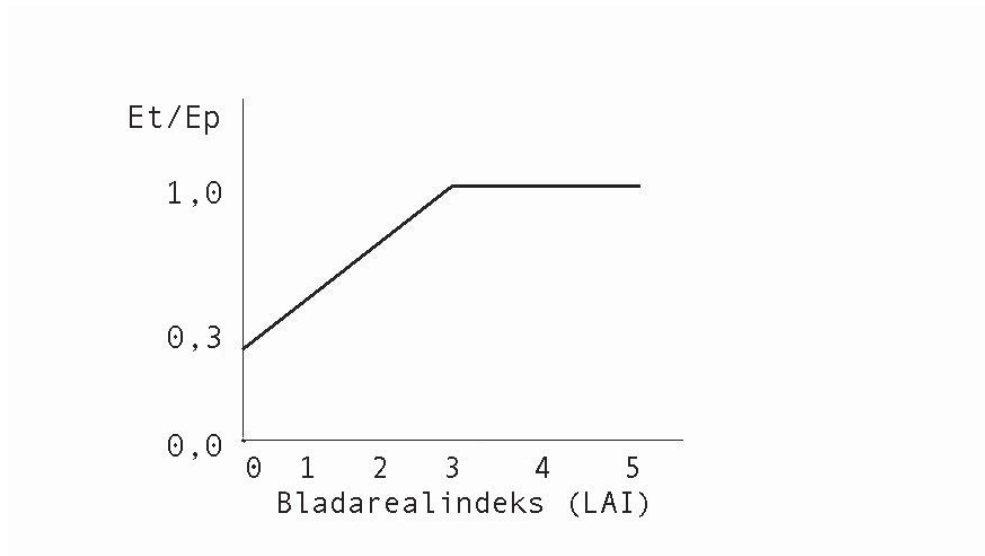
Evapotranspirasjon fra plantestanden E_t , avhenger både av plantens bladarealindeks (LAI) og av potensiell evaporasjon som bestemmes fra været. Det betyr at forholdet E_t/E_p avhenger av bladarealindeks og figur 3.6 viser hvordan Torssell et al. (1982) beskriver sammenhengen. Fra figur 3.6 kan en finne ligning 3.18 som er uttrykk for E_t .

$$\text{For } LAI \geq 3 \quad E_t = E_p$$

$$\text{For } LAI \leq 3 \quad E_t = E_p * (9 + 7 * LAI)/30 \quad (3.18)$$

Den aktuelle evapotranspirasjonen varierer med tettheten av plantene, vanninnholdet i rotsonen og nedbørsfordeling og er derfor mer komplisert en den potensielle.

Potensiell evapotranspirasjon, E_p , beregnes ut fra en variant av en formel som engelske fysikeren Penman utviklet (Penman 1948). Den tar inn klimaparametrene; solinnstråling, temperatur, vindhastighet og relativ luftfuktighet. Penmans formel er basert på en kombinasjon av to fundamentale, selvstendige metoder til bestemmelse av fordampning, nemlig energibalanse og transportbalanse. Begge metoder krever blant



Figur 3.6: *Endring i forholdet Et/Ep med økt bladarealindeks (LAI)*

annet måling av overflatetemperatur, noe som er vanskelig for vann og håpløst for vegetasjon. Ved bruk av Penmans kombinasjon kan de nødvendige meteorologiske målinger foretas i standardhøyde (Aslyng 1971). Den utgaven av Penmans formel som er brukt i denne oppgaven finnes i tillegg C.

Kombinasjon av ligning 3.17 og ligning 3.15 viser at WI kan uttrykkes som:

$$WI = SW/SW_o \quad (3.19)$$

der SW finnes fra ligning 3.16.

Når vi kombinerer ligningene 3.4 til 3.19 kan vi skrive den originale gressvekstmodellen på formen:

$$W_t = W_{t-1} + W_{t-1} * R_s * ALD * TI * QI * WI \quad (3.20)$$

3.3 Jordvannmodell

3.3.1 Modellbeskrivelse og modelloperasjoner

Modellen bestemmer aktuell fordampning ut fra potensiell fordampning. Første betingelse man må sette er at aktuell fordampning (E_a) kan bli lik, men ikke større enn potensiell fordampning (E_p), uansett hvilken plantetype man ser på.

Den aktuelle fordampningen kan være mindre enn potensiell fordampning hvis fordampningsflaten ikke blir tilført nok vann til å erstatte fordampet vannmengde.

Den aktuelle fordampningen deles inn i et bidrag fra evaporasjon fra marken (E_{ae}) og et bidrag fra transpirasjon fra planter (E_t) og evaporasjon (E_{aI}) fra planter. Heretter kalles summen av evaporasjon og transpirasjon for *evapotranspirasjon* fordi det er vanskelig å skille disse. Ligning 3.21 viser hvordan evapotranspirasjonen er sammensatt. Det bør nevnes at E_{aI} er restvann som går inn i nedbørsbudsjett, ikke ned i jorden og er derfor ikke med i vannhusholdingen.

$$E_a = E_{ae} + E_t \quad (3.21)$$

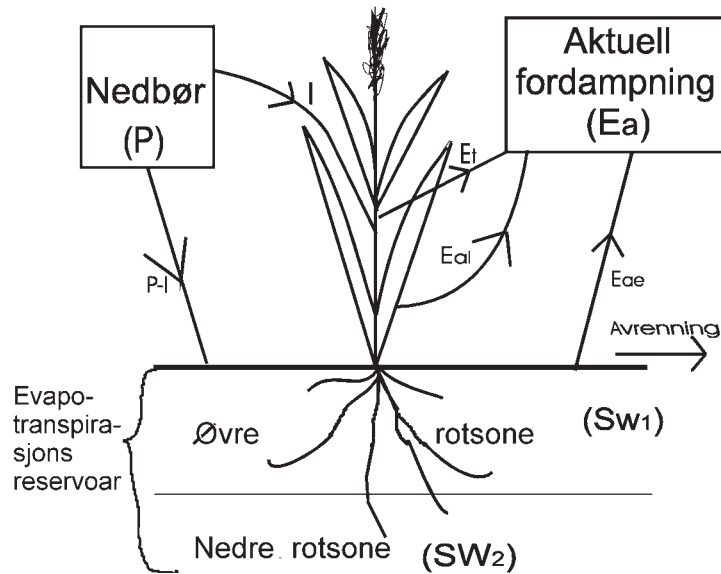
All nedbør som kommer, havner enten på plantebladene eller på jorden. Nedbøren som havner på bladene fordampes direkte derifra. Nedbøren som havner på jorden fordampes direkte fra denne, eller siger ned til nedre jordlag (SW_1 og SW_2) og kan deretter bli transportert opp gjennom røttene til planten.

En oversikt over elementene i jordvannmodellen er vist på figur 3.7. Den viser at modellen inneholder en rekke koblede reservoar og det er kun plantedekket sammen med jorden ned til bestemt dybde som betraktes.

For bar jord med nok vanntilførsel er det antatt at mengden av aktuell og potensiell evapotranspirasjon er like store. E_a/E_p er lik 1 så lenge det er vann i øvre reservoar. E_a/E_p avtar lineært når mengden vann i nedre reservoar avtar til null. Se figur 3.5. Når jorden er dekket med planter, er fordampningsmengden direkte fra jorden redusert. Denne redueringen er derfor avhengig av bladareal.

Modell som beskriver aktuell evapotranspirasjon må inneholde funksjoner som tar med bladtetthet av aktive (grønne) blader, vanninnhold i rotsonen og nedbørsfordeling.

Feltkapasitet og visnegrense for hver jordtype kan måles i laboratorium. Størrelsen av rotsonen avhenger av jordstruktur jordtextur, dreneringsforhold, plantetype og dyrkings tilpasning. I god sandjord og lett leirjord antas rottybden å være 100 - 150 cm



Figur 3.7: *Oversikt over elementene og fordeling av nedbør og fordampning i jordvannmodellen.* I = nedbør som havner på planten, $P - I$ = nedbør som går ned i jorden, E_{aI} = evaporasjon av bladfukt, E_t = transpirasjon fra planter, og E_{ae} = evaporasjon fra marken.

hvis ingen ekstreme strukturbetingelser er til stede. I leiraktig jord og lett sandjord må en mye mindre rottybde forventes (Kristensen & Jensen 1975).

Når en evaluerer feltkapasiteten og visnegrensen må en ta med jordtype og plantetype i tillegg til rottybden. Forskjellen i vanninnhold mellom feltkapasitet (SW_f) og visnegrense (SW_w) er maksimum mengde vann som plantene kan ta opp fra jorden. Ut fra danske resultater viser det seg at omlag 80% av jordens feltkapasitet er nyttbart vann for plantene. Dette gjelder for de øverste 20 til 30 cm av jordlaget i fuktig leiraktig jord, og kan også godt være tilfredstillende for andre jordtyper (Kristensen & Jensen 1975).

Dansk professor, Aslyng (1971) har klassifisert jordtyper ut fra teksturanalyse, leirinnhold, kornstørrelse m.m. De har funnet hvor mye plantetilgjengelig vann hver jordtype kan beholde siden det avhenger av jordstruktur. Effektiv rottybde er definert som den jorddybden hvor plantene kan ta opp 80 - 90 % av vanninnholdet (Aslyng 1971).

Rotsonekapasitet er den vannmengden i total rotsone som kan benyttes av planten ved feltkapasitet. Tabell 3.1 viser midlere effektiv rottybde i forskjellige jordtyper og hvor mye vann (mm) hver jordtype kan inneholde ved maksimal effektiv rottybde for gress.

| Jordtype | Nr. | Effektiv rot - dybde (cm) | Rotsone kapasitet (mm) |
|---------------------|-----|------------------------------|---------------------------|
| Grov sand | 1 | 50 | 60 |
| Fin sand | 2 | 75 | 140 |
| Grov sand med leire | 3 | 50 | 80 |
| Fin sand med leire | 4 | 100 | 130 |
| Leire med grov sand | 5 | 100 | 150 |
| Leire med fin sand | 6 | 100 | 170 |
| Leire | 7 | 100 | 170 |
| Torvjord med humus | 8 | 80 | 200 |

Tabell 3.1: *Estimerte jordtypeklassifisering og vanninnhold i mm ved maksimal effektiv rottybde.* (Etter Aslyng og Hansen 1982)

De danske forskerne, Aslyng & Hansen (1982) fant genetisk effektiv - og total- rottybde i leirjord med fin sand, der det ikke var noen grense for rotvekst. Resultatene viste at for gress med 4 - 5 årlige avlinger er effektiv rottybde ca. 100 cm og total rottybde 150 cm.

I Norge er vannopptak meget begrenset fra sjikt dypere enn 60 cm og det er liten endring i vanninnhold i dybder større en 50 cm. Selv etter langvarig tørke er imidlertid rottybde sterkt begrenset på grunn av jordtetthet. (Skjelvåg et al. 1993).

3.3.2 Startbetingelser og inputdata

Gressvekstmodellen starter sine beregninger 1.april hvert år og da antas det at aktuell jordvannmengde er lik feltkapasitet og at mengden vann i reservoar SW_1 er sett lik 10 mm (Thomsen 1992) (30mm (Thorvaldsson 2000-2001)). Denne jordvannmengden varierer fra sted til sted og fra år til år. Tabell 2.3 viser verdiene som ble brukt. På Island er mengden av vann ved feltkapasitet lik 150 mm , på begge plassene, alle årene. Men i Norge eksisterer måledata med mengde vann på hver plass, for hvert år og brukes de her .

Start biomasse (W_o) er lik $3,0 g/m^2$ Torssell et al. (1982), og ellers brukes parametrene som er beskrevet i den orginalmodellen.

Alle blader er antatt å være grønne i vårveksten. Gule blader opptrer først når blomstring begynner og planten vokser saktere, eller etter at modellberegningene har sluttet.

Startverdi for relativ veksthastighet på hver plass og hvert år, bestemmes ut fra

avlingsdataene. Modellkjøringene går ut på å finne verdier av R_s som gir den beste sammenhengen mellom målt og utregnet avlingsmasse.

Daglige inputdata i modellen er midlere døgntemperatur ($^{\circ}\text{C}$), global innstråling (MJ/m^2), nedbør (mm), potensiell evapotranspirasjon (mm) og plantetetthet (LAI) som også beregnes i modellen.

Nedbør måles med vanlig nedbørsmåler, potensiell fordampning beregnes ut fra klimaparametere og plantetettheten måles med innsamling av prøver (LAI) eller estimering av planteframgang (fenologi).

I jordvannmodellen er det antatt at overmetning kan ikke opptre, og at alt vann utenom feltkapasitet renner vekk på overflaten, også etter at den har vært gjennom en tørkeperiode.

3.3.3 Vannmodelloperasjon

Input - Fordeling av nedbør

Når det kommer nedbør, (regn, yr etc.), havner den først på bladene til planten. En bestemt mengde vann kan sitte igjen på bladene og dette kalles for intersepsjonsreservoar (I_m). Størrelsen av den er avhengig av bladarealindeksen ($0,5 \text{ mm} \times \text{LAI}$) (Thomsen 1992) og (Plauborg & Olsen 1991) dette reservoaret øker med økende bladareal. Den nedbørsmengden som er igjen når vi har trukket fra intersepsjonsmengden, går ned i øvre lag av jorden, reservoaret SW_1 , som har en øvre grenseverdi. Hvis nedbørsmengden fyller opp SW_1 går resten til nedre jordlag, reservoaret SW_2 . Når det er fullt, renner resten av vannet vekk på overflaten eller til undersonen.

$SW_1 + SW_2 = SW$ er plantetilgjengelig vann i jorden. SW_1 har maksimumsverdien 10 mm i følge Thomsen (1992) og Plauborg & Olsen (1991), mens den islandske forskeren Guðni Thorvaldsson (2000-2001) mener at SW_1 kan være 30 mm. I modellene er begge verdiene blitt brukt.

Utput - Fordeling av fordampning

Først fordamper vann fra intersepsjonsreservoar (I). Når dette er tomt forbrukes vann fra øvre jordlag (SW_1) gjennom plantene (transpirasjon) og direkte fra det øvre jordlaget. Hvis dette øvre jordlaget blir tomt, forbrukes vann fra nedre jordlag (SW_2) gjennom transpirasjon av plantene og er lik aktuell evapotranspirasjon, men nå er det

ikke direkte fordampning fra jordlaget.

Ligning for aktuell evapotranspirasjon hentes fra Thomsen (1992);

$$E_a = E_p * ((0,15 + (\frac{1 - 0,15}{LAI_m}) * LAI) / (1 + \frac{LAI}{5,0})) \quad (3.22)$$

der $LAI_m = 2,5$. Denne ligningen ligner på 3.18, men med litt andre parametere.

Fordeling av nedbør og fordampning beregnes hver dag for alle lagene (I , SW_1 og SW_2). I tillegg justeres vanninnholdet i hvert reservoar for seg.

Beskrivelse og programmeringsformulering av originalmodellen og den nye vannmodellen finnes i tillegg B.

3.4 Utprøving av modellen

3.4.1 Testing av modellen i Sverige

Originalmodellen ble testet på data fra perioden 1960-1980 i Sør- og Midt- Sverige. 7000 feltobservasjoner ble brukt for å estimere R_s - startverdi av relativ veksthastighet ut fra avlingsdata. Resultatene viser at initialverdi av R_s avhenger av plantetype, alder på plantene (engen), utviklingstrinn (vårvekst / gjenvekst) og nitrogen gjødselsnivå. Tabell 3.2 viser resultater fra Sverige der R_s var estimert ut fra tre avlingssystemer med ren timoteieng med forskjellig nitrogen gjødsling. Tallene er middelerverdi av tre års forsøk. Tabellen viser at R_s varierer fra 0,14 til 0,21 for vårvekst i Sverige.

| N kg ha ⁻¹ | R_s g/g dag | | |
|--------------------------|---------------|-------------|-------------|
| | Vårvekst | 1.gjenvekst | 2.gjenvekst |
| 0 | 0,14 | 0,12 | 0,06 |
| 45 | 0,16 | 0,16 | 0,09 |
| 90 | 0,19 | 0,19 | 0,13 |
| 180 | 0,21 | 0,21 | 0,17 |

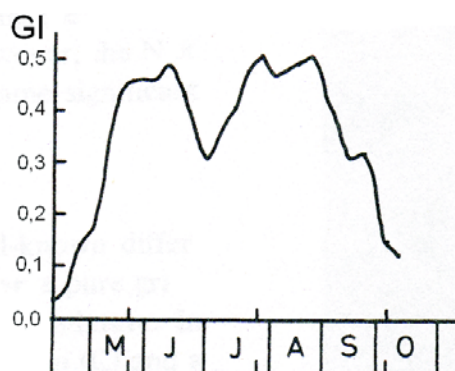
Tabell 3.2: *Estimerte R_s verdier for ren timoteieng i Sverige*

Værrinnflytelse er summert i værindeksen GI som konsekvent viste "midtsommerdepresjon" i alle regioner og var mest synlig i de tørre østlige områdene, og tyder på

klimabakgrunn til rytmisk vekst i planter. Figur 3.8 viser beregnet GI på en stasjon i Sverige (Kornher & Torssell 1983a). Produktet $R_s * GI$ uttrykker forskjell mellom regioner ut fra jordtype og vær. Tabell 3.3 viser hva som påvirker de to parametrene og hva som kan forklare ulik resultat mellom årene.

| R_s | GI |
|-----------------|-------------------------|
| Plantetype | Plantetilgjengelig vann |
| Engens alder | Regionalt vær |
| Utviklingstrinn | Årlig vær |
| N-nivå | |

Tabell 3.3: *Tabell over hva som påvirker hver av parametrene i modellen*



Figur 3.8: *Vekstindeksen GI beregnet med modellen i Sverige. (Etter Torssell 1983)*

3.4.2 Tilpasning av modellen til norsk klima og plantemateriell

Modellen ble testet i Norge 1988-1993 av en prosjektgruppe for landbruksmeteorologisk forskning. Den ble prøvd på en ren timoteieng ved tre værstasjoner, Særheim i sørvest-Norge, Ås i sørøst-Norge og Holt i Troms. Hovedresultatene viste at LAI- og k-verdier i ALD-funksjonen passer noenlunde bra under norske forhold og at R_s , relativ veksthastighet, varierte fra 0,30 til 0,39 i Norge.

Konklusjonen var at det er mulig å beskrive produksjonen i en timoteieng på grunnlag av klimadata og vannkapasitet i jorda ved en relativt enkel modell. For å øke modellens pålitelighet er det imidlertid ønskelig å forbedre vannhusholdingsdelen ved å dele rotsonen i to eller flere sjikt. En av forutsetningene de norske forskerne gikk ut ifra var at relativ veksthastighet reduseres lineært når forholdet mellom aktuell og

potensiell evapotranspirasjon (E_a/E_p) avtar dvs. når det oppstår vannmangel i roten som hindrer plantene i å transpirere maksimalt (Skjelvåg et al. 1993).

Maksimalverdier for LAI hos timotei var funnet å være lik 11,5 i et eksperiment i Norge (Skjelvåg 1988), mens Torssell fant ut at den var lik 10,0 i Sverige. I denne oppgaven brukes verdien fra originalmodellen fordi den ble brukt av prosjektgruppen, med gode resultater.

3.4.3 Ekspolineær modell testet i Norge

En annen modell ble testet i 1999 i Norge av doktorgradsstudent Helge Bonesmo, ved Norges Landbrukshøgskole. Modellen ble testet på vårvekst og gjenvekst i timotei- og engsvingel- eng.

Bonesmo brukte en ekspolineær ligning som beskriver vekst av planter gjennom to faser og ble utviklet av to matematikere (Goudriaan & Monteith 1990). De to fasene er initiell fase av eksponential vekst som ved gradvis overgang ender i lineær vekst. Denne ligningen gjelder kun der det er lite variasjon i innstråling og når faktorene som bestemmer relativ veksthastighet er konstant. I Norge er ikke omgivelsene stabile slik at det må korrigeres for variasjon i stråling, temperatur og tilgjengelig vann for å kunne bruke ligningen. Bonesmo har korrigert ligningen til vårvekst av timotei i Norge. Han brukte syv feltforsøk under varierende vær og jordforhold og fant veksthastigheten ut ifra disse.

I denne oppgaven brukes de samme feltene som Bonesmo brukte i Norge, og i tillegg noen andre felt på Island. Fra hans doktorgradsavhandling tas opplysninger om plantetilgjengelig vann i jorden og vekststart om våren (Bonesmo 1999).

Kapittel 4

Klima

4.1 Norge - Island

Norge og Island ligger på midlere breddegrader og har for det meste *Temperert klima*. De har et noenlunde ensartet nedbørsmønster og fire klart adskilte årstider. Milde fuktige somrer og kalde snøvintre. *Nordlig klima* likner temperert klima, men vintrene er lengre, inntil ni måneder, og det faller ofte atskillig med snø. (Whitaker, Burroughs, Crowder, Robertson & Vallier-Talbot 1998).

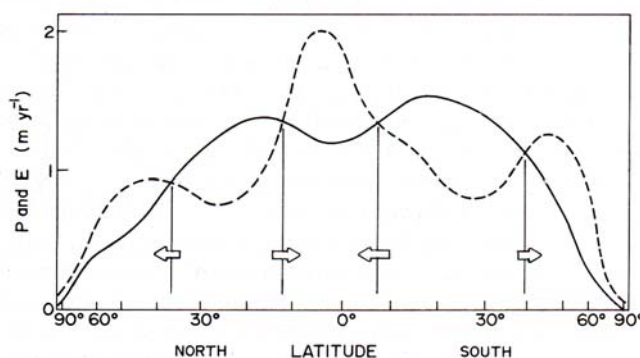
Norge og Island ligger stort sett i den samme bevegelsesbanen for de lavtrykk som dannes på den nordatlantiske polarfronten. I Norge ligger Østlandet i le av Langfjella og Dovre og været blir periodevis bestemt av det russisk-sibirske høytrykkssenteret. Langfjellene danner et markert klimaskille i Sør-Norge, idet man på vestsiden har et kystklima med relativt kjølige somrer og milde vintre, mens det på østsiden er innlandsklima med varme somrer og kalde vintre. I midtre og indre strøk av fjordene på Vestlandet og i Nord-Norge er det et fjordklima med relativt varme somrer og vinter-temperatur på godt under 0 °C. Videre kan en skille ut et eget fjellklima med kjølige somrer, kalde vintre og lite nedbør. Det meste av nedbøren i Sør-Norge kommer med lavtrykkene fra sørvest. Man får derfor mye nedbør på vestsiden av fjellkjedene, men lite på østsiden (Marker 197?).

Island har hav på alle kanter og ligger i et område der varme og kalde havstrømmer møtes. Ved sørkysten ligger Irmingerstrømmen, en liten del av den varme Gulfstrømmen. Den strømmer vestover langs sørkysten og nord langs vestkysten og en liten del av den strømmer østover langs nordkysten. Ved Nordøstkysten og Øst-Island ligger en kald øst-Islands strøm. Havet bestemmer i stor grad temperaturen ved kysten, men Island har høye fjell som styrer mye av temperaturen inne i landet der føhnvind ikke er et ukjent fenomen. Mest nedbør faller over Vatnajøkull (over 4000 mm årsnedbør) og minst i "nedbørskyggen" nord for Vatnajøkull (mindre en 400 mm årsnedbør). Største

delen av all nedbør kommer ved sørøst-lig og sør-lig vindretning, mens øst-lig vind er den vanligste vindretningen gjennom året. Vanligvis kommer størstedelen av nedbøren om høsten og tidlig vinterstid og minst om våren, særlig i mai. Nedbørsmengdene varierer mye på grunn av topografi. (Einarsson 1981).

Ved ekvator varierer lengden på dagen nesten ikke gjennom året. Lengden på dagen er en sterk styringsfaktor på midlere og høyere breddegrader. Daglengde, som også kalles fotoperiode, er det tidsrommet i hvert døgn der lysintensiteten er høy nok til å gi daglengdereaksjoner hos plantene. (Skjelvåg 1988)

Oversikt over fordampning og nedbør på hele jordkloden



Figur 4.1: *Midlere årlig fordeling av nedbør - - - og fordampning — pr arealenhet uttrykt i m pr. år. Pilene viser vanddampfluks i atmosfæren. (Etter Wallace & Hobbs 1977)*

Totalmassen av vanninnholdet lagret i atmosfæren er omtrent lik en ukes nedbør over hele jorden, og den endres lite fra dag til dag. Men det er påvist at over en periode, f.eks uke eller mer, må det være en nær balanse mellom globalt middel av nedbør (P) og fordampning (E). Men på lokale områder er det stor ubalanse. Se figur 4.1.

Over subtropiske hav er det lite nedbør, men stor fordampning. Der er $E \gg P$

Monsunområder, på midlere breddegrader er $P > E$

Over kontinentene er $P > E$ og over havområder er $E > P$

Figur 4.1 viser midlere fordeling av nedbør og fordampning. På ca. 55° - 70° N er det mer nedbør enn evaporasjon. Området som er aktuelt i denne oppgaven ligger mellom

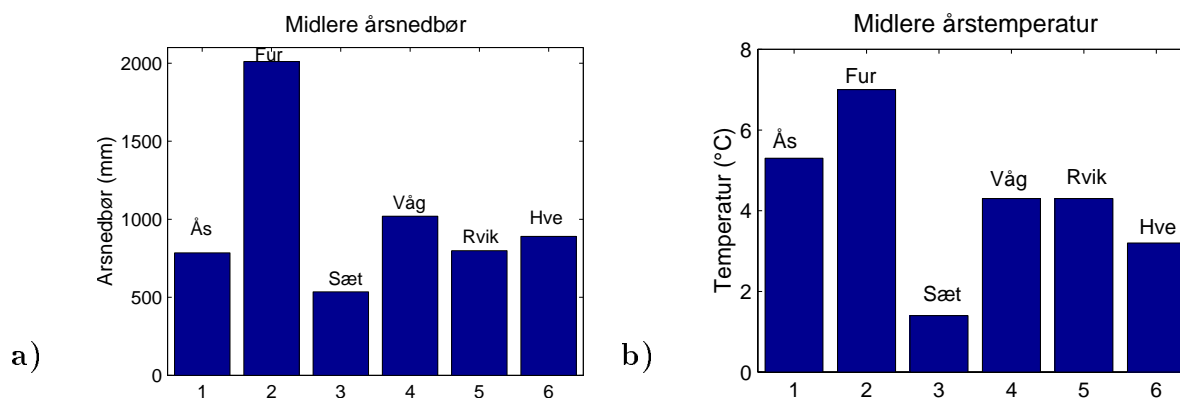
59°N til 69°N, og der er gjennomsnittet i løpet av et år slik at nedbørsmengden er større en evapotranspirasjonsmengden (Wallace & Hobbs 1977).

4.2 Normalperioden 1961 til 1990

Det brukes temperatur- og nedbørs- månedsmiddel og årsmiddel fra normalperioden 1961 til 1990 fra stasjonene. Tabell 4.1 og figur 4.2 viser midlere årsnedbør og årsmiddeltemperatur på stasjonene tatt fra (Aune 1993b), (Aune 1993a) og (Veðurstofa-Íslands 1991-1995).

| Stasjon | Årsnedbør (mm) | Årsmiddeltemperatur (°C) |
|-----------------------------|----------------|--------------------------|
| Ås (øst-/sør-Norge) | 785 | 5,3 |
| Fureneset (vest-Norge) | 2010 | 7,0 |
| Sæter i Kvikne (midt-Norge) | 535 | 1,4 |
| Vågønes (nord-Norge) | 1020 | 4,3 |
| Reykjavik (vest-Island) | 799 | 4,3 |
| Hvanneyri (vest-Island) | 890 | 3,2 |

Tabell 4.1: *Midlere årsnedbør og årsmiddeltemperatur på stasjonene i normalperioden 1961-1990.*



Figur 4.2: *a) Midlere årsnedbør og b) midlere årstemperatur på stasjonene ut fra 1961-1990 normalen.*

4.2.1 Forskjeller og likheter

Fra tabell 4.1 og figur 4.2 kan en se at stasjonene har ulik årlig nedbørsmengde og årstemperatur.

I **Norge** er det mildest og mest nedbør på stasjonene lengst i vest (Fureneset) som ligger ved havet, mens det er kaldest og minst nedbør på stasjonen i midt-Norge (Sæter) som ligger 540 m over havet og langt inne i landet. Normal nedbørsmengde på Fureneset er omlag 4 ganger normal nedbørsmengde på Sæter. Forskjellen i nedbørsmengden mellom Østlandet og Vestlandet er også stor, nedbørsmengden på Fureneset er omlag 2,5 ganger årlig nedbørsmengde på Ås.

På **Island** ligger stasjonene på vestsiden av Island og har noenlunde likt klima. Nedbørsmengden er veldig lik, men Reykjavik har litt høyere årstemperatur enn Hvanneyri.

Norge/Island. Fra figur 4.2 kan en se at Reykjavik og Vågønes har samme type gjennomsnittsklima. Vågønes ligger 3° lenger nord en Reykjavik og har varmere somrer og kaldere vintre, slik at gjennomsnittet i løpet av året er likt. På begge stedene er de tørreste månedene om våren og tidlig om sommeren.

Temperatur. Temperaturen på den nordlige halvkule avtar i gjennomsnitt ca. $1/2$ °C pr. breddegrad. Hvis en sammenlikner to stasjoner med samme type klima, f.eks to kyststasjoner, skal en i middel for året få en differanse på $1/2$ °C pr. breddegrad. På Fureneset er årsmiddeltemperaturen 7.0 °C og den ligger på 61 °N. Vågønes har 4,5 °C årsmiddeltemp. og ligger på 67 °N. Differansen er 2,5 °C på 6 breddegrader. Det utgjør 0,42 pr breddegrad og det stemmer derfor godt overens med teorien.

4.3 Normale forhold i vekstsesongen.

Ettersom denne oppgaven kun omfatter vekstsesongen, har jeg valgt at se på normale forhold i den perioden, d.v.s fra april til og med august. I Norge er vår definert som mars, april og mai og sommer er definert som juni, juli og august (Aune 1993b). På Island er vår er definert som april og mai og sommer er definert som juni, juli, august og september (Einarsson 1981). Tabell 4.2 til og med 4.7 gir oversikt over gjennomsnittlig temperatur og nedbørsmengde i de ulike månedene samt gjennomsnittverdien av de fem gress-vekstmånedene (april til august), for alle stasjonene.

Fra tabell 4.2 til 4.7 kan en se at Ås har varme somrer og at det kommer mest nedbør i juli og august. Fureneset har relativt varme somrer og denne stasjonene har

| | Ås | | | | | |
|-------------|-----|------|------|------|------|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | 4,1 | 10,3 | 14,8 | 16,1 | 14,9 | 12,0 |
| Nedbør (mm) | 39 | 60 | 68 | 81 | 83 | 66,2 |

Tabell 4.2:

| | Fureneset | | | | | |
|-------------|-----------|-----|------|------|------|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | 5,0 | 9,3 | 12,0 | 13,2 | 13,2 | 10,5 |
| Nedbør (mm) | 102 | 87 | 109 | 127 | 158 | 116,6 |

Tabell 4.3:

| | Sæter | | | | | |
|-------------|-------|-----|------|------|------|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | -0,1 | 5,9 | 10,1 | 11,4 | 10,5 | 7,6 |
| Nedbør (mm) | 23 | 33 | 60 | 82 | 65 | 52,6 |

Tabell 4.4:

| | Vågønes | | | | | |
|-------------|---------|-----|------|------|------|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | 2,2 | 7,4 | 10,8 | 12,9 | 12,7 | 9,2 |
| Nedbør (mm) | 52 | 46 | 54 | 92 | 88 | 66,4 |

Tabell 4.5:

| | Reykjavik | | | | | |
|-------------|-----------|-----|------|------|-----|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | 6,3 | 9,0 | 10,6 | 10,3 | 7,4 | 8,7 |
| Nedbør (mm) | 44 | 50 | 52 | 62 | 67 | 55,0 |

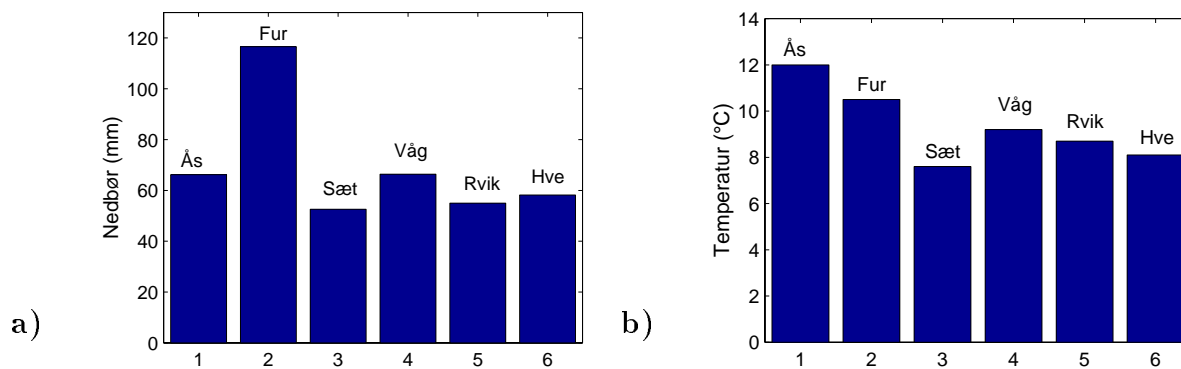
Tabell 4.6:

| | Hvanneyri | | | | | |
|-------------|-----------|-----|------|-----|-----|--------------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | 5.mnd.middel |
| T (°C) | 5,5 | 8,6 | 10,3 | 9,7 | 6,2 | 8,1 |
| Nedbør (mm) | 43 | 54 | 53 | 71 | 70 | 58,2 |

Tabell 4.7: *Normalverdier av midlere månedstemperatur og månedsnedbør på alle stasjonene.*

høy årsnedbør, men har sin tørreste måned som mai. Sæter har milde somrer og største delen av nedbøren kommer i juni til august. Vågønes har forholdsvis varme somrer. Her er vår og tidlig sommer tørrest (april til og med juni) og sensommer våtest. Reykjavik har milde somrer og har ofte april som sin tørreste måned. Hvanneyri har milde somrer og mai er den tørreste måneden. Det er derfor ikke stor forskjell i nedbørs- og temperaturmønster mellom stasjonene.

Tabellene 4.2 til 4.7 er grunnlaget for figur 4.3 som viser gjennomsnittsverdier for en periode på 5 mnd. for de ulike stasjonene. Der kan en se at det faller atskillig mer nedbør på Fureneset. Ellers er det ikke stor forskjell i nedbørsmengden mellom stasjonene i de fem månedene. Temperaturen er høyest på Ås og lavest på Sæter. Ellers er det mindre absolutt forskjell i gjennomsnittstemperaturen mellom stasjonene når en ser på vekstsesongen enn årsmiddelen fra figur 4.2.



Figur 4.3: a) Gjennomsnittlig nedbørssum og b) gjennomsnittlig temperatur i vekstsesongen april til august på stasjonene regnet ut fra 1961-1990 normalen.

4.4 Været i Norge og på Island, i gress-vekstsesongen, 1991 til 1995

4.4.1 Norge

1993

Vår: Mild vår i hele Sør-Norge, normal vårtemperatur i Nord-Norge. Nedbørsmengdene var over det normale i Nord-Norge og mindre enn normalt på Østlandet og Sørlandet. Vestlandet og Trøndelag hadde normale nedbørsmengder bortsett fra Bergen som fikk sin 6.våteste vår i 100-års perioden.

Sommer: Troms hadde normale sommertemperaturer - resten av landet hadde en kald sommer. På Østlandet, Sørlandet, i Troms og i deler av Nordland var sommeren

nedbørfattig, mens den i Trøndelag var nedbørrik. Vestlandet og Finnmark fikk normale nedbørsmengder.

1994

Vår: Hele landet fikk en mild vår med unntak av Vestlandet som hadde omkring normale temperaturforhold. Nedbørsmengden var omkring det normale i mesteparten av Nord-Norge og i Rørostraktene. Trøndelag fikk noe mindre nedbør en normalt. Østlandet fikk omkring normale nedbørsmengder, men mai var spesielt tørr.

Sommer: Nord-Norge hadde normale sommertemperaturer, mens Trøndelag og resten av Sør-Norge hadde svært variable temperaturforhold med en kald juni måned og en til dels varm juli måned. Det kom relativt lite nedbør på Sørlandet, i Rørostraktene og i Finnmark. Resten av Nord-Norge og Østlandet hadde omkring normale nedbørsmengder, mens Trondheimsdistriktet og Vestlandet fikk mye nedbør.

1995

Vår: Østlandet, store deler av Trøndelag og Nord-Norge opp til Finnmark hadde noe over normale temperaturer for årstiden. Rørostraktene og Vestlandet hadde en kjøligere vår en normalt. Her var det særlig mai måned som var kald. Nedbørsmengdene på Østlandet, Sørlandet og i Finnmark var normale. Troms hadde mindre enn normal nedbør mens Trøndelag og Vestlandet fikk en nedbørsrik vår.

Sommer: Det var normale sommertemperaturer i Trøndelag og i Finnmark. I resten av Nord-Norge ble det en heller kald sommer. Resten av Sør-Norge fikk en varm sommer med spesielt gode augusttemperaturer. Særlig fikk Sørlandet en både varm og tørr august. Trøndelag fikk omlag normale nedbørsmengder og Nord-Norge fikk en våt sommer. Østlandet hadde også en tørr sommer med lite nedbør i august. Vestlandet fikk relativt mye sommernedbør. (Bjørnbæk 1998)

4.4.2 Island

1991

Våren var gunstig, men litt kald og med noe snø i første del av april. Marken kom godt fra vinteren (dvs. ikke frostskafer). Temperaturen var normal over hele landet med unntak av at det var kaldere en normalt på vest-Island. Det var mer enn normal nedbør over hele landet, unntatt på sørøst-Island. Sommeren var gunstig med temperatur over normalt over hele landet og det var mindre enn normal nedbør med unntak av noen steder på sørvest-Island.

1992

Våren var ganske gunstig over hele landet og på sørvest-Island var temperaturen litt under normalt, og med mer nedbør enn normalt. Sommeren som helhet var ikke gunstig på Island. Temperaturen var noe lavere enn normalt og det var mer nedbør enn normalt nesten over hele landet. Unntaket var på vest-Island der nedbørsmengden var 70-90 % av normale, samtidig som det var kaldt.

1993

Våren på vest- Island var ikke gunstig. Temperaturen var normal på hele Island, men litt under normalt på vest-Island og marken var mange steder frostskaadet. Det var mer nedbør enn i et normalår over store deler av Island, men på to stasjoner på V-Island var det mindre nedbør enn normalt. Sommeren var heller ikke gunstig. På sørvest-Island var temperaturen noe under normalt, med mindre nedbør enn normalt.

1994

Våren var tilfredstillende gunstig, men det var mye snø i hele landet i begynnelsen av vekstsesongen. Temperaturen var litt under normalt og det var litt mindre nedbør enn normalt. Sommeren var gunstig med temperatur litt under normalen, det var mindre nedbør enn normalt i store deler av landet. Kun to stasjoner på sørvest-Island registrerte normal nedbøren, ellers var nedbør 50-100% av normalen.

1995

Våren var ikke gunstig med temperaturer noe under normalt og det var mindre nedbør enn normalt. Sommeren var heller ikke gunstig med temperaturer litt under normalt og med mer nedbør en normalt på sørvest-Island. Høytørkingen ble ikke ferdig før i september. (Veðurstofa-Íslands 1991-1995).

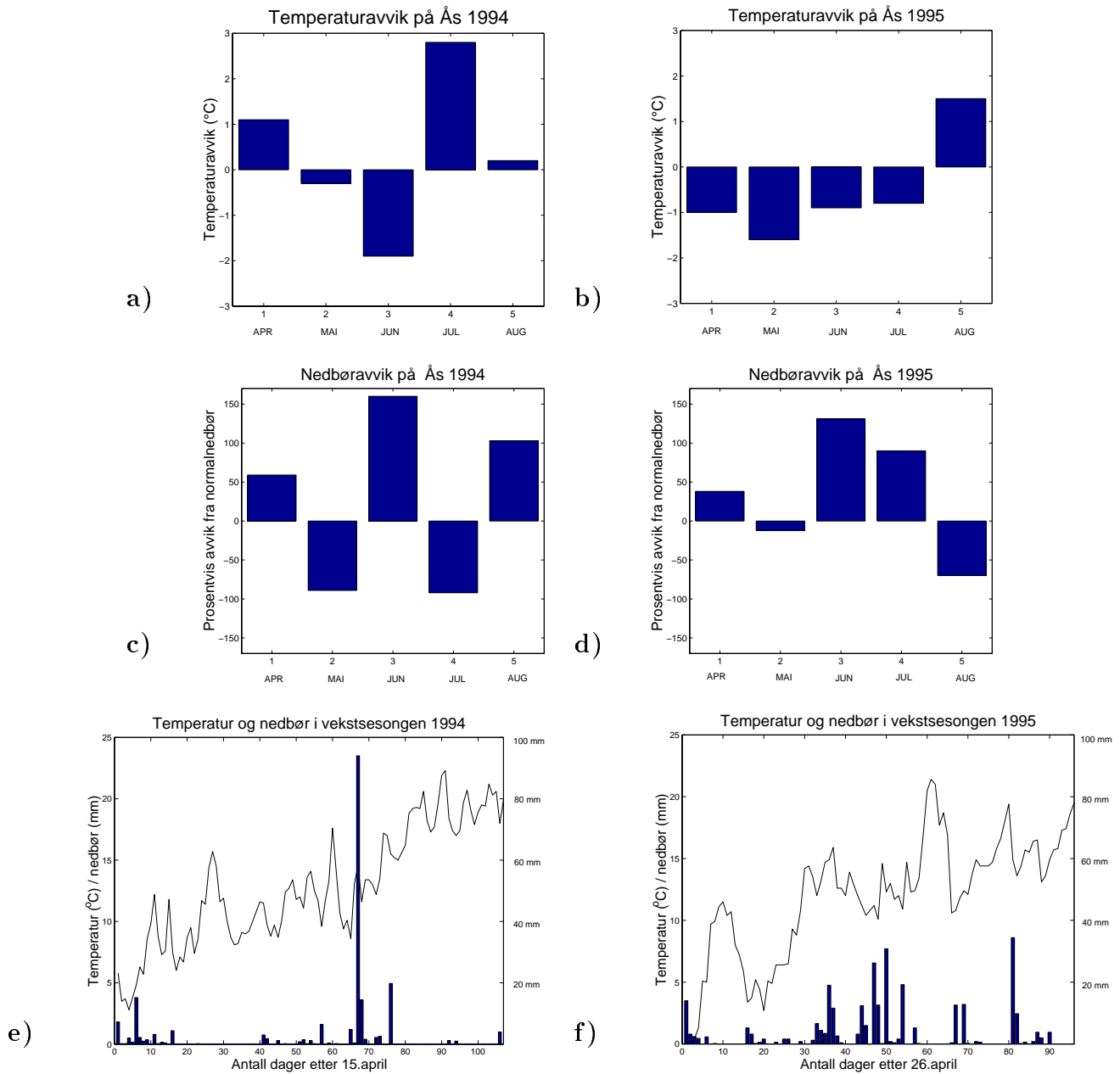
4.4.3 Ås (NO)

| | 1994 | | | | | 1995 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 5,2 | 10,0 | 12,9 | 18,9 | 15,1 | 3,1 | 8,7 | 13,9 | 15,3 | 16,4 |
| ΔT | 1,1 | -0,3 | -1,9 | 2,8 | 0,2 | -1,0 | -1,6 | -0,9 | -0,8 | 1,5 |
| Nedbørssum(mm) | 62 | 6 | 151 | 6 | 169 | 54 | 53 | 134 | 154 | 25 |
| % nedbør | 159 | 11 | 260 | 8 | 203 | 138 | 88 | 231 | 190 | 30 |

Tabell 4.8: *Aktuell måneds middel temperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Ås 1994 og 1995*

Tabell 4.8 og figur 4.4 viser hvordan temperatur og nedbør var i månedene april til og med august årene 1994 og 1995 og hvordan de var i forhold til normalverdier fra 1961 - 1990. ΔT viser avvik fra normalmånedstemperatur og % nedbør viser mengde nedbør pr. måned i prosent av midlere nedbørsmengde.

Hovedtrekkene i været året 1994 på Ås, var at juni var 1,9°C kaldere enn normalt, juli var 2,8°C varmere enn normalt og samtidig veldig tørr. Mai hadde kun 11% av normalnedbøren og juni var mye våtere en normalen med spesielt mye nedbør en dag. Den 20. juni kom 94 mm nedbør på et døgn og juli hadde kun 8% av normalnedbøren og kun 3 døgn med nedbør. I vekstperioden 15.april til 1.august var april varm og våt, mai var kald og tørr, juni var kald og våt og juli var varm og tørr. Det var lange



Figur 4.4: Ås 1994 og 1995 a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 15.april til 1.august 1994 og f) fra 26.april til 1.august 1995 .

perioder i vekstperioden uten nedbør. Fra 1.mai til 4.juni kom kun 6,4 mm nedbør og innenfor denne perioden er det 20 dager på rad uten nedbør. I juli kom det kun 6,2 mm nedbør fordelt på tre dager.

Været i 1995 hadde de særtrekkene at april til og med juli var kaldere enn normalt, mens august var varmere enn normalt. Juni og juli hadde nær 200 % av normalnedbør. De lengste tørre periodene i vekstsesongen fra 26.april til 1.august var 6 til 7 døgn på rad uten nedbør. Disse fant sted i begynnelsen av mai, i slutten av juni og i midten av juli. I samme periode som månedsnedbøren var over normalen finnes også de lengste tørre periodene.

4.4.4 Fureneset (NO)

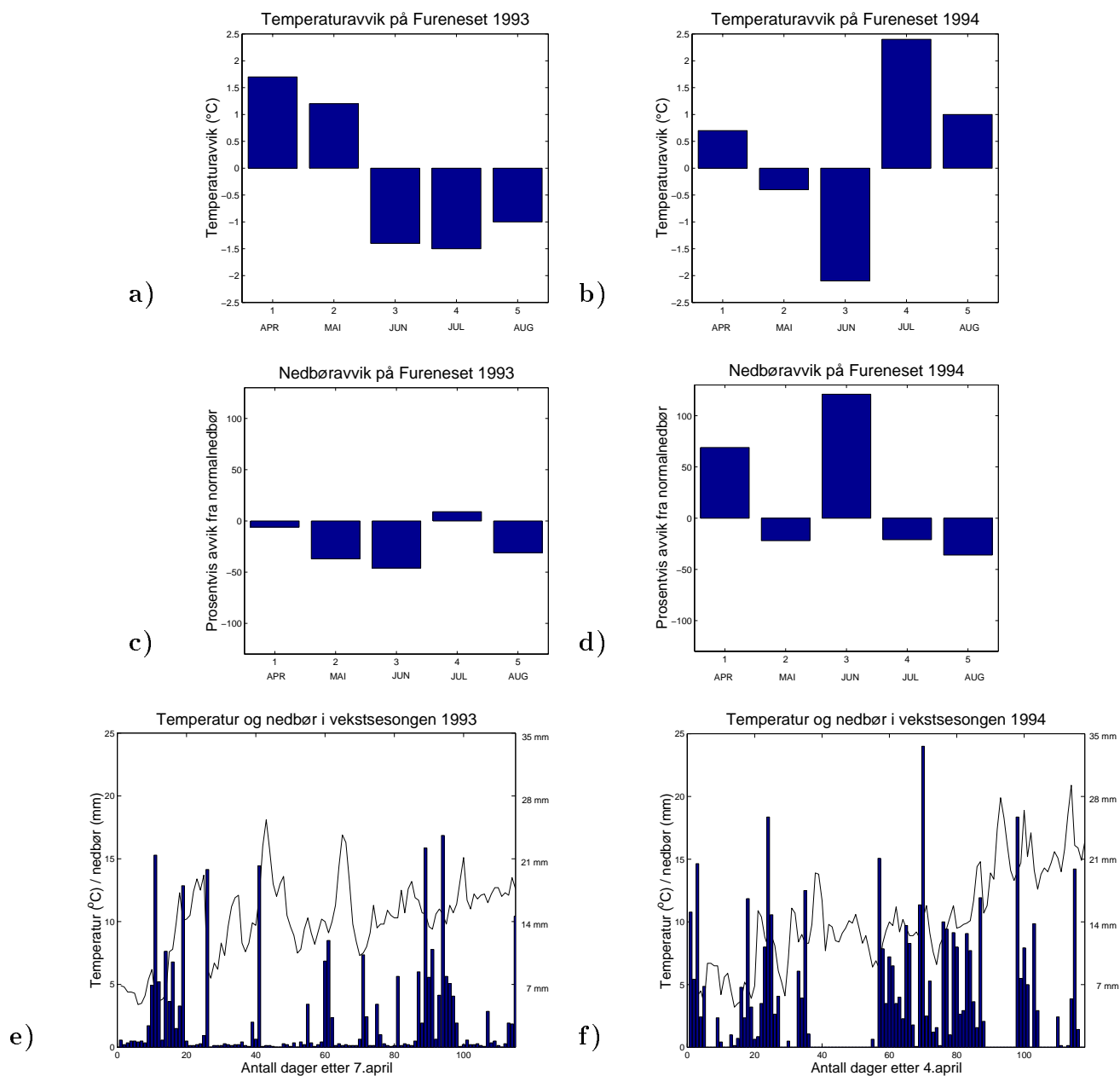
| | 1993 | | | | | 1994 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 6,7 | 10,5 | 10,7 | 11,7 | 12,2 | 5,7 | 8,9 | 9,9 | 15,6 | 14,2 |
| ΔT | 1,7 | 1,2 | -1,4 | -1,5 | -1,0 | 0,7 | -0,4 | -2,1 | 2,4 | 1,0 |
| Nedbørssum(mm) | 96 | 55 | 58 | 138 | 109 | 172 | 68 | 241 | 101 | 101 |
| % nedbør | 94 | 63 | 54 | 109 | 69 | 169 | 78 | 221 | 79 | 64 |

Tabell 4.9: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Fureneset 1993 og 1994*

For Fureneset viser tabell 4.9 og figur 4.5 hvordan temperatur og nedbør var i april til og med august årene 1993 og 1994 og hvordan de var i forhold til normalverdier fra 1961 - 1990.

I 1993 var det varmere enn normalt i april og mai, men kaldere enn normalt i juni, juli og august. Det var mindre nedbør enn normalt i april, mai, juni og august, men litt mer nedbør enn normalt i juli. I vekstperioden fra 7.april til blomstring i slutten av juli, var det varmt og tørt i april og mai, kaldt og tørt i juni og kaldt og litt våtere i juli. I perioden fra 7.april til 1.august er det kun registrert 3 døgn med oppholdsvær ellers kom det alltid noe nedbør på stasjonen.

Hovedsærtrekkene i 1994 var at juni var 2,1 °C kaldere en normalt og juli var 2,4 °C varmere en normalt. Månedene april og juni var våtere en normalt, mens mai, juli og august var litt tørrere en normalt. I mai var det 18 dager på rad uten nedbør og i juli var det 9 dager på rad uten nedbør. Dessuten var det kortere tørre perioder i vekstsesongen. I vekstperioden fra 4. april til blomstring i slutten av juli, var april varm og våt, mai var kald og tørr, juni var kald og våt og juli var varm og tørr.



Figur 4.5: *Fureneset 1993 og 1994* a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 7.april til 1.august 1993 og f) fra 4.april til 1.august 1994.

4.4.5 Sæter i Kvikne (NO)

| | 1993 | | | | | 1994 | | | | |
|---------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 1,7 | 7,0 | 6,7 | 10,9 | 8,7 | 1,8 | 4,9 | 8,4 | 15,3 | 10,7 |
| ΔT | 1,8 | 1,1 | -3,4 | -0,5 | -1,8 | 1,9 | -1,0 | -1,7 | 3,9 | 0,2 |
| Nedbørssum(mm) | 8 | 45 | 55 | 109 | 141 | 10 | 16 | 70 | 33 | 95 |
| % nedbør | 35 | 136 | 92 | 133 | 216 | 43 | 48 | 116 | 40 | 146 |

Tabell 4.10: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Sæter i Kvikne 1993 og 1994*

Tabell 4.10 og figur 4.6 viser hvordan aktuell temperatur og nedbør var i april til og med august årene 1993 og 1994 på Sæter og hvordan de var i forhold til normalverdier fra 1961 - 1990.

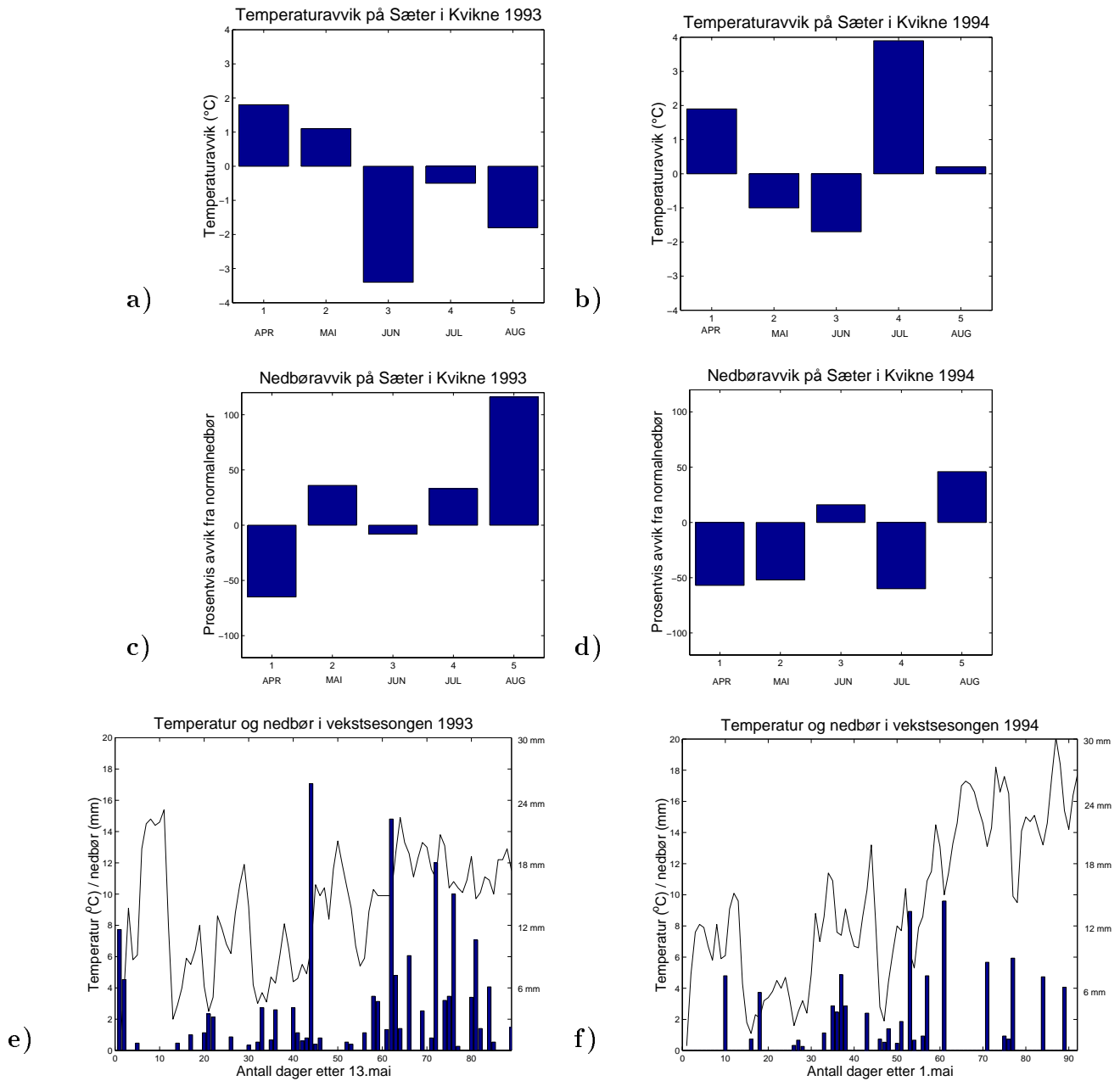
Temperaturen i april og mai 1993 var høyere enn normalverdien. I juni, juli og august var den mindre enn normalen og i juni var temperaturavviket $-3,4$ °C. April var litt tørr og august var litt våt, mens juni og juli var noenlunde normale i forhold til normalnedbør. I vekstperioden fra 13.mai til 10.august var mai varm og forholdsvis våt, juni var veldig kald, men normalt tørr, juli var kald og normalt tørr og august var kald og våt. Det var 14 dager på rad i mai nesten uten nedbør samtidig som det var varmt. Ellers var det ikke lange perioder uten nedbør i vekstsesongen.

Året 1994 var mai og juni kaldere enn normalen, men april og juli var varmere enn normalt. April, mai og juli hadde mindre nedbør enn normalt, mens juni og august hadde litt over normalen. I vekstperioden fra 1.mai til 1.august var mai kald og tørr, juni var kald og normalt våt, juli var varm og litt tørr og august var normal. Det finnes kun to lange perioder i løpet av vekstsesongen uten nedbør, i begynnelsen av mai, og i juli kom det 9 tørre dager på rad. Ellers var det enkelte tørre perioder noen få dager på rad.

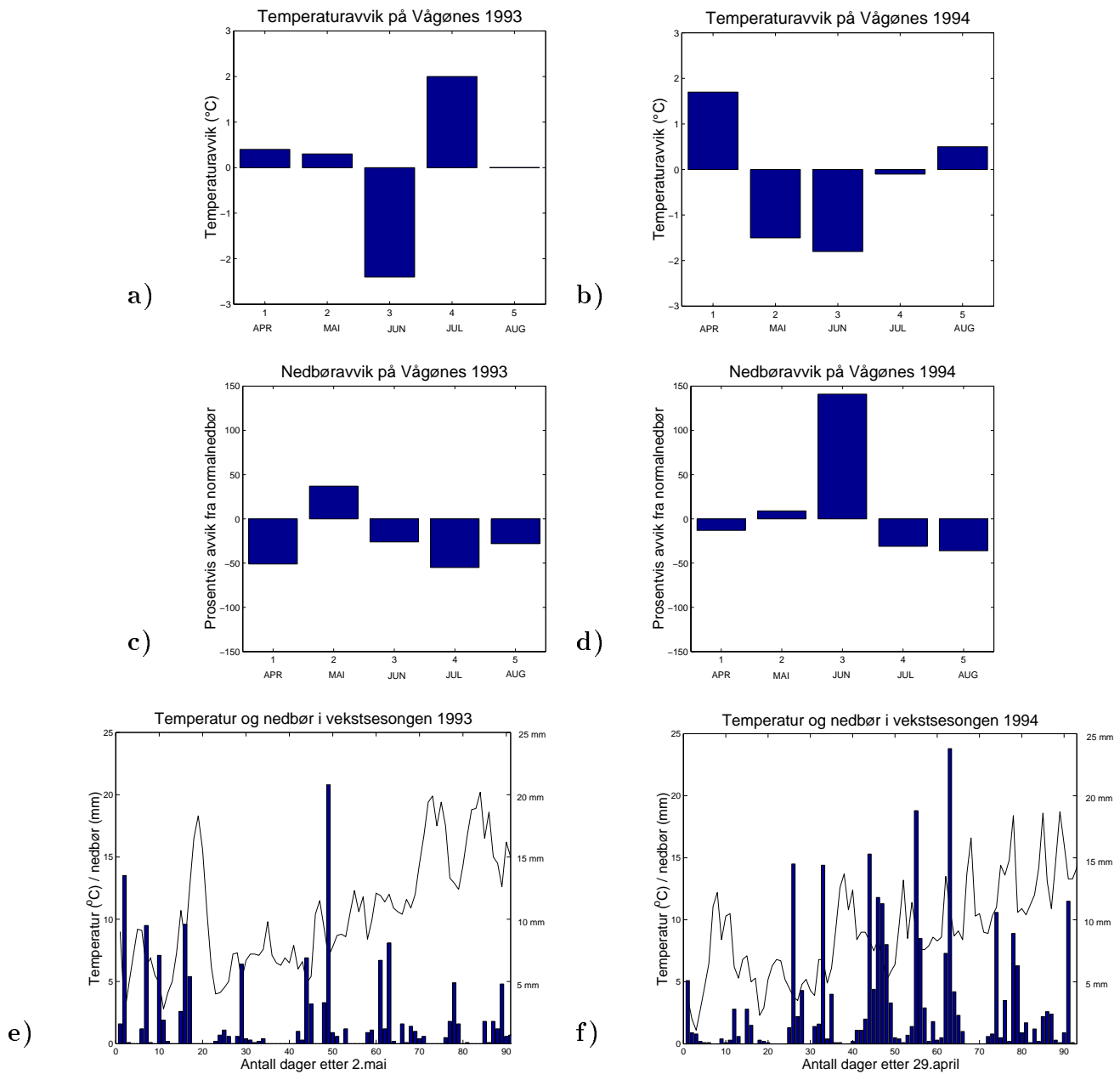
4.4.6 Vågønes (NO)

For Vågønes viser tabell 4.11 og figur 4.7 hvordan aktuell temperatur og nedbør i april til og med august årene 1993 og 1994 var og forhold til normalverdier fra 1961 - 1990.

Hovedsærtrekkene for året 1993 var at juni var kald, $-2,4$ °C kaldere månedsmiddel enn normalverdiene, mens de andre månedene var varmere enn normalen. Det var mer enn normal nedbør i mai, men i april, juni, juli og august var det mindre nedbør enn normalt. April og juli var spesielt tørre måneder med kun 49% og 45% av normal nedbør. I vekstsesongen fra 2.mai til 1. august var mai normalt varm og våt, juni var kald og tørr og juli var varm og tørr. Det var en tørr periode i begynnelsen av juni med



Figur 4.6: *Sæter i Kvikne 1993 og 1994* a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 13.mai til 10.august 1993 og f) fra 1.mai til 1.august 1994.



Figur 4.7: *Vågnes 1993 og 1994* a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 2.mai til 1.august 1993 og f) fra 29.april til 1.august 1994.

| | 1993 | | | | | 1994 | | | | |
|---------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 2,6 | 7,7 | 8,4 | 14,9 | 12,7 | 3,9 | 5,9 | 9,0 | 12,8 | 13,2 |
| ΔT | 0,4 | 0,3 | -2,4 | 2,0 | 0,0 | 1,7 | -1,5 | -1,8 | -0,1 | 0,5 |
| Nedbørssum(mm) | 26 | 63 | 40 | 41 | 63 | 45 | 50 | 130 | 63 | 56 |
| % nedbør | 49 | 137 | 74 | 45 | 72 | 87 | 109 | 241 | 69 | 64 |

Tabell 4.11: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Vågønes 1993 og 1994*

7 dager på rad uten nedbør. Ellers var det enkelte perioder, på det meste 3 til 5 dager, uten nedbør.

Året 1994 hadde de særtrekkene at mai og juni var kaldere enn normalen og april var varmere enn normalen. Det var mindre nedbør enn normalt i april, juli og august og litt mer nedbør enn normalt i mai. I juni kom det 241% av normalnedbøren. Tiden fra vekststart 29. april til 1. august var kald og nesten normal våt i mai. Juni var kald og veldig våt og juli var noenlunde normalt varm, men litt tørr. Det var kun korte perioder uten nedbør, de lengste var på 3 døgn og forekom et par ganger i løpet av vekstsesongen.

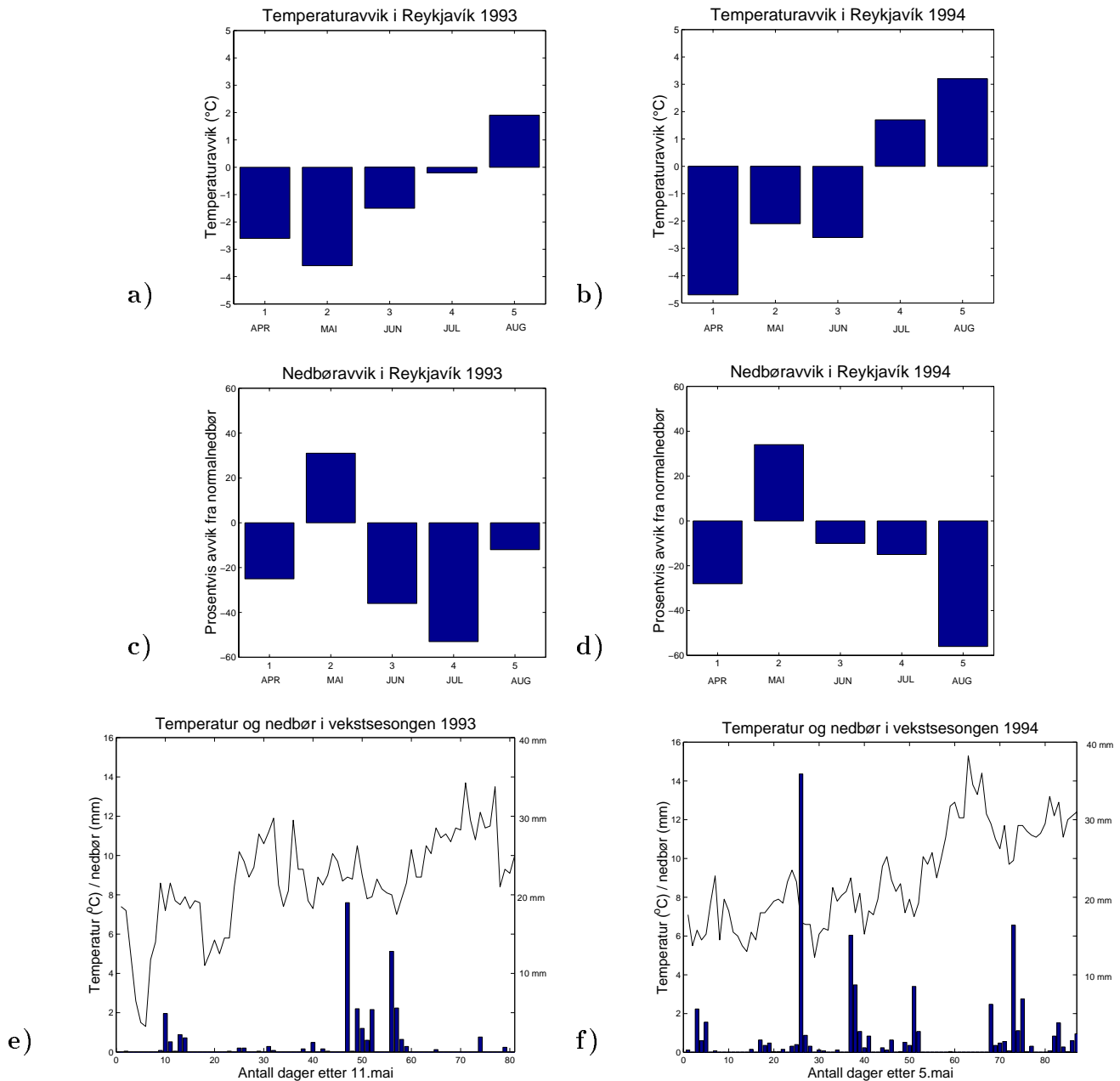
4.4.7 Reykjavik (IS)

| | 1993 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|-----|
| | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 3,7 | 5,4 | 9,1 | 10,1 | 9,3 |
| ΔT | -2,6 | -3,6 | -1,5 | -0,2 | 1,9 |
| Nedbørssum(mm) | 33 | 66 | 33 | 29 | 59 |
| % nedbør | 75 | 131 | 64 | 47 | 88 |

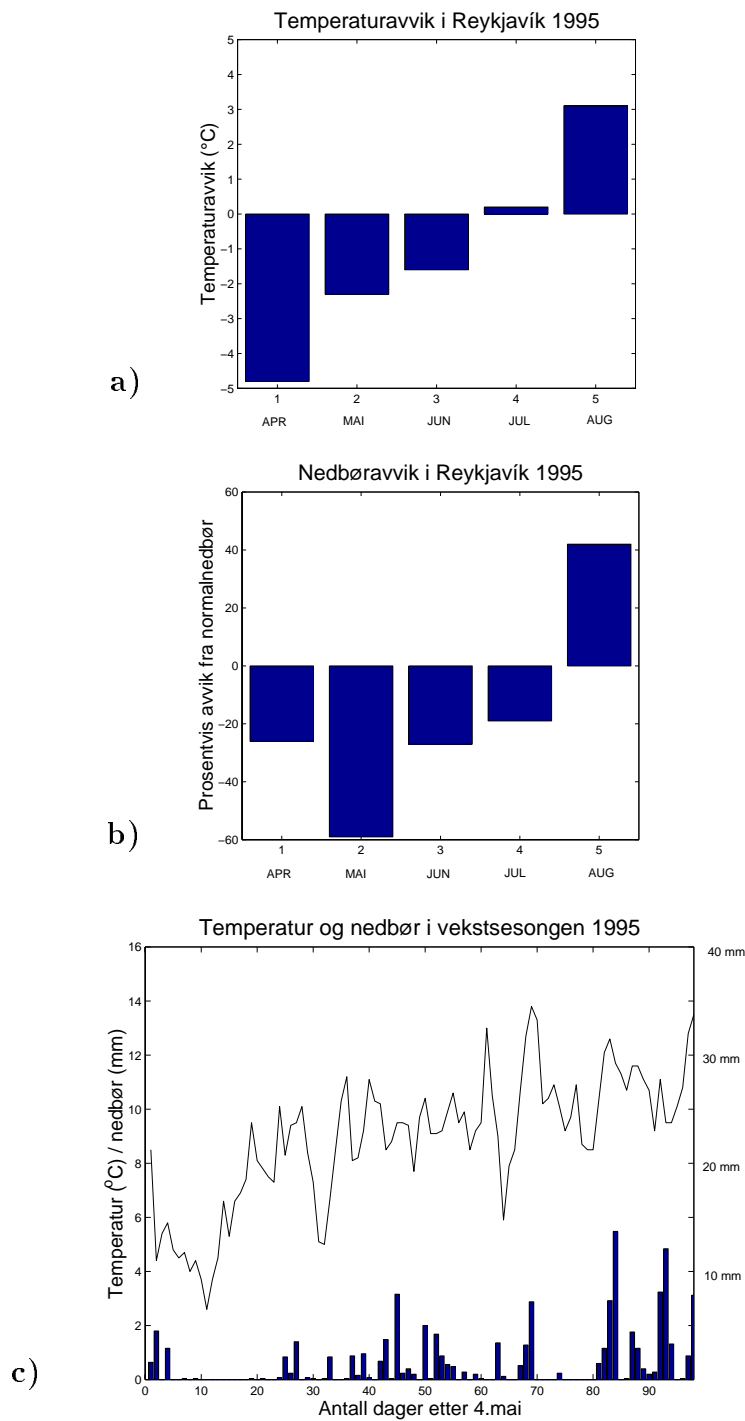
Tabell 4.12: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier i Reykjavik 1993.*

Tabell 4.12, tabell 4.13, figur 4.8 og figur 4.9 viser hvordan aktuell temperatur og nedbør i april til og med august var i årene 1993 til 1995 og forhold til normalverdier fra 1961 - 1990.

Hovedtrekkene i 1993 var at april til og med juli var kaldere enn normalen og august var noe varmere enn normalen. Mai var våt, mens i april, juni og juli kom det kun 47% til 75 % av midlere nedbørsmengde. I vekstsesongen fra 11.mai til 1.august var mai forholdsvis våt og kald, juni og juli var kalde og tørre. Vekstsesongen hadde mange lange tørkeperioder. I mai og ut i juni var det 21 døgn på rad med kun 3,5 mm nedbør



Figur 4.8: **Reykjavik 1993 og 1994** a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og døgnnedbør (stolpe) e) fra 11.mai til 1.august 1993 og f) fra 5.mai til 1.august 1994.



Figur 4.9: **Reykjavík 1995** a) Avvik frá normaltemperatur b) Prosentvís avvik frá normal nedbør c) Dögntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. dagn (stolpe) frá 4.mai til 10.august.

| | 1994 | | | | | 1995 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 1,6 | 6,9 | 8,0 | 12,0 | 10,6 | 1,5 | 6,7 | 9,0 | 10,5 | 10,5 |
| ΔT | -4,7 | -2,1 | -2,6 | 1,7 | 3,2 | -4,8 | -2,3 | -1,6 | 0,2 | 3,1 |
| Nedbørssum(mm) | 32 | 67 | 47 | 53 | 30 | 32 | 21 | 38 | 50 | 95 |
| % nedbør | 72 | 134 | 90 | 85 | 44 | 74 | 41 | 73 | 81 | 142 |

Tabell 4.13: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier i Reykjavík 1994 og 1995.*

og fra 8.juli til 1.august var det 25 døgn på rad med kun 3,5 mm nedbør fordelt over 4 døgn.

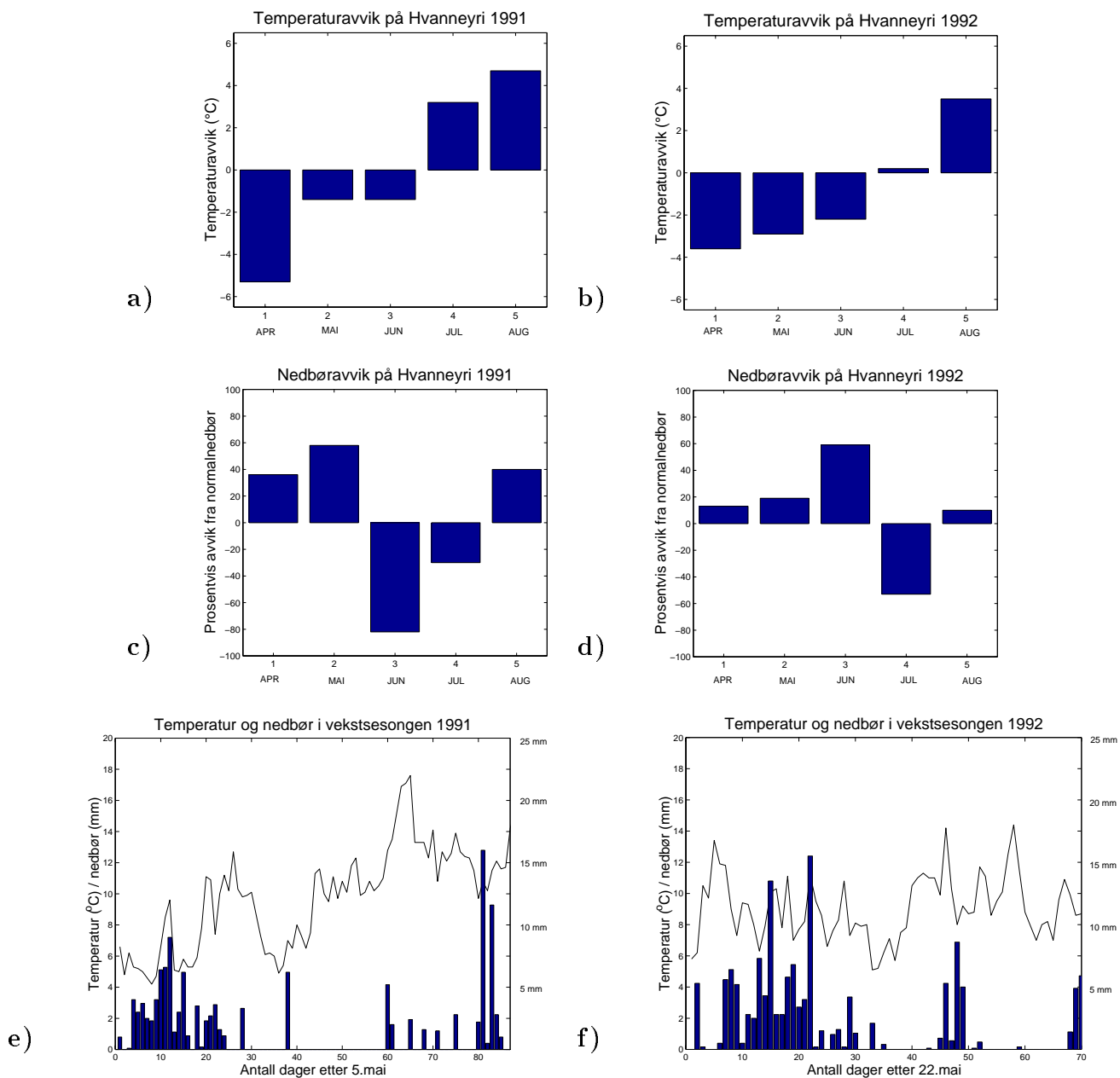
Året 1994 var april, mai og juni noe kaldere enn normalt og juli og august var varmere enn normalen med august 3,2°C varmere enn normalen. Det var lite nedbør i april og august, mens mai var våt. I vekstsesongen fra 5.mai til 1.august var mai våt og varm, juni kald og forholdsvis normalt tørt, og juli var varm og normalt våt. Tørre perioder i vekstsesongen varte fra fra 2 til 15 dager, med den lengste tørre perioden i siste uken av juni og første uken av juli. De samme dagene var de varmeste hele sommeren.

Hovedtrekkene året 1995 var at april, mai og juni var kalde, juli var normalt varm og august var varmere enn normalen. Perioden april til og med juli var tørt, men august var våtere enn normalen. I vekstsesongen fra 4. mai til 10. august var mai og juni litt kald, juli var normalt varm og noe tørt, og august var litt varm og våt. Det var to lange tørre perioder i vekstsesongen. Den første var i mai, med 20 dager på rad med kun 0,6 millimeter nedbør fordelt på fem døgn og den andre var fra 12.juli med 11 dager på rad med kun 0,6 millimeter nedbør. Ellers var det perioder på 1 til 3 dager uten nedbør i vekstperioden.

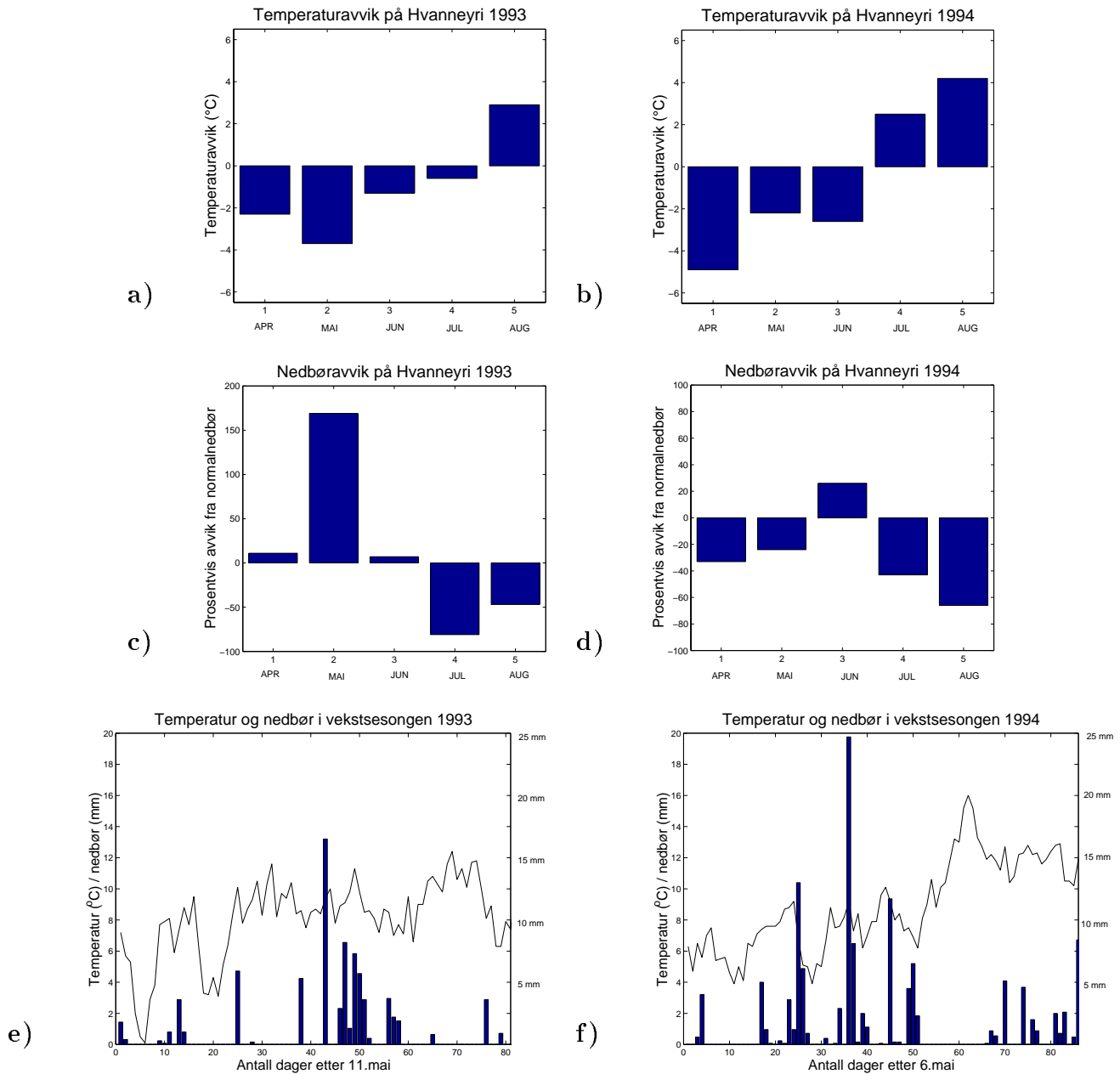
4.4.8 Hvanneyri (IS)

| | 1991 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 0,2 | 7,2 | 8,9 | 12,9 | 10,9 |
| ΔT | -5,3 | -1,4 | -1,4 | 3,2 | 4,7 |
| Nedbørssum(mm) | 59 | 85 | 10 | 50 | 98 |
| % nedbør | 136 | 158 | 18 | 70 | 140 |

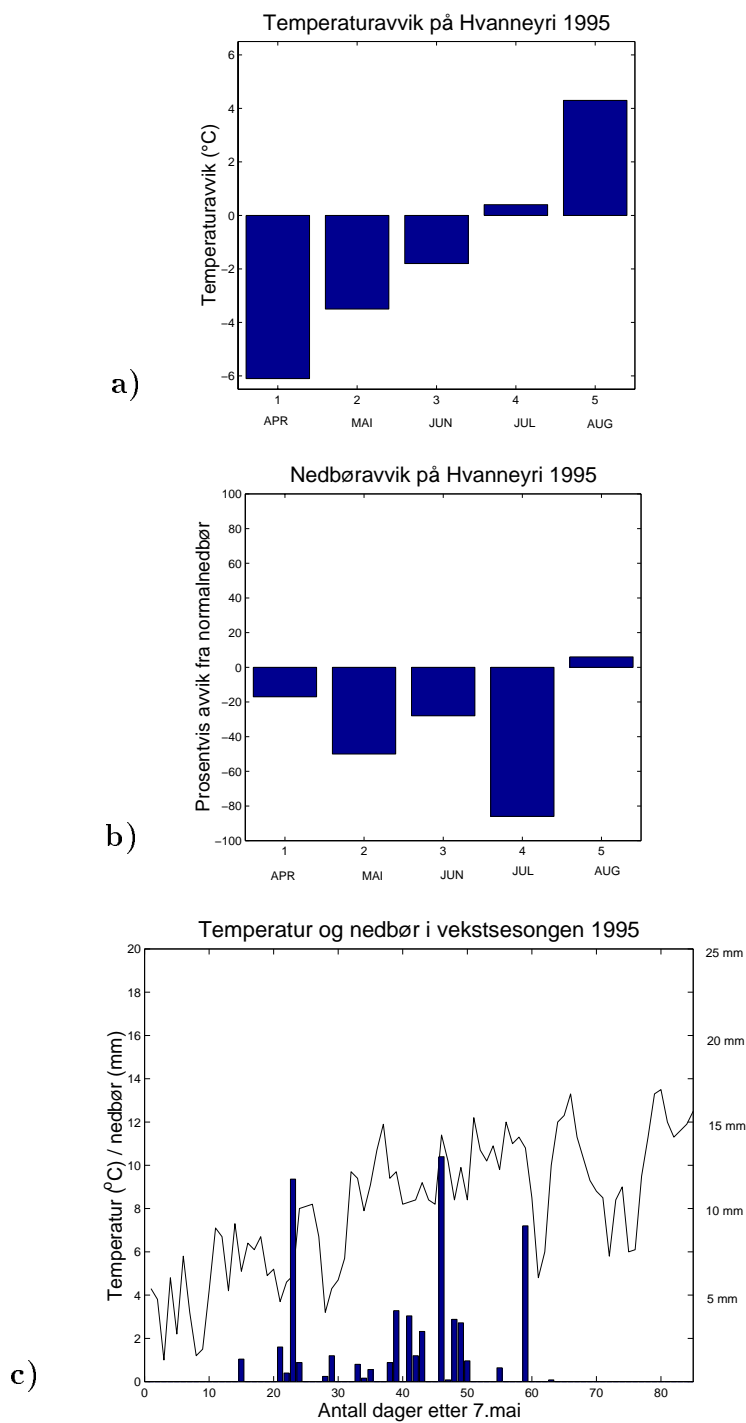
Tabell 4.14: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Hvanneyri 1991.*



Figur 4.10: *Hvanneyri 1991 og 1992* a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 5.mai til 1.august 1991 og f) fra 22.mai til 1.august 1992.



Figur 4.11: **Hvanneyri 1993 og 1994** a) og b) Avvik fra normaltemperatur c) og d) Prosentvis avvik fra normal nedbør e) og f) Døgn temperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) e) fra 11.mai til 1.august 1993 og f) fra 6.mai til 1.august 1994. En må legge merke til at figur c) er skalert fra -100 til 200, mens andre figurer som viser nedbøravvik på Hvanneyri er skalert fra -100 til 100.



Figur 4.12: **Hvanneyri 1995** a) Avvik fra normaltemperatur b) Prosentvis avvik fra normal nedbør c) Døgntemperatur (linje) og nedbørsmengde pr. døgn (stolpe) og fra 7.mai til 1.august.

| | 1992 | | | | | 1993 | | | | |
|---------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 1,9 | 5,7 | 8,1 | 9,9 | 9,7 | 3,2 | 4,9 | 9,0 | 9,1 | 9,1 |
| ΔT | -3,6 | -2,9 | -2,2 | 0,2 | 3,5 | -2,3 | -3,7 | -1,3 | -0,6 | 2,9 |
| Nedbørssum(mm) | 49 | 64 | 84 | 34 | 77 | 48 | 145 | 57 | 14 | 37 |
| % nedbør | 113 | 119 | 159 | 47 | 110 | 111 | 269 | 107 | 19 | 53 |

Tabell 4.15: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Hvanneyri 1992 og 1993.*

| | 1994 | | | | | 1995 | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | apr | mai | jun | jul | aug | apr | mai | jun | jul | aug |
| Aktuell mid.temp.°C | 0,6 | 6,4 | 7,7 | 12,2 | 10,4 | -0,6 | 5,1 | 8,5 | 10,1 | 10,5 |
| ΔT | -4,9 | -2,2 | -2,6 | 2,5 | 4,2 | -6,1 | -3,5 | -1,8 | 0,4 | 4,3 |
| Nedbørssum(mm) | 29 | 41 | 67 | 40 | 24 | 36 | 27 | 38 | 10 | 74 |
| % nedbør | 67 | 76 | 126 | 57 | 34 | 83 | 50 | 72 | 14 | 106 |

Tabell 4.16: *Aktuell middeltemperatur, nedbørssum og avviker fra normalverdier på Hvanneyri 1994 og 1995.*

Tabellene 4.14, 4.15 og 4.16 og figurene 4.10, 4.11 og 4.12 viser hvordan aktuell temperatur og nedbørsmengde var i april til og med august årene 1991 til 1995 og forhold til normalverdier fra 1964 - 1990.

Hovedtrekkene i 1991 var at april, mai og juni var noe kaldere enn normalen, og juli og august var varmere enn normalen. Mai var spesielt våt, og juni var spesielt tørr med kun 18 % av midlere nedbørsmengde. I vekstsesongen fra 5.mai til 1.august var mai kald og våt, juni var kald og veldig tørr og juli var varm, men normalt tørr. Det var ikke lange tørre perioder i vekststarten, men i hele juni pluss noen dager i slutten av mai og begynnelsen av juli (i alt 35 døgn) kom det kun 9,5 millimeter nedbør, samtidig som det var varmere en normalt. Ellers var det 2 til 5 døgn på rad uten nedbør resten av vekstsesongen.

Året 1992 var april til juni kaldere enn normalen, og august var varmere enn normalen. April, mai og juni var våte og juli var tørr. I vekstsesongen fra 22. mai til 1.august var mai og juni kalde og våte og juli var normal varm og tørr. Perioder uten store nedbørsmengder var 12 døgn i slutten av juni med 1,4 mm nedbør og 18 døgn i midten av juli med kun 0,9 mm nedbør fordelt på tre døgn.

1993 hadde de særtrekkene at april og juli var kaldere enn normalen, mens august var varmere. I juli kom kun 19% av normal nedbørsmengde og i august 53% av det

normale, mens i mai var nedbøren 269% av normalverdien. Det bør nevnes at størstedelen av denne nedbøren kom 8. og 9.mai d.v.s. før vekststarten. I vekstsesongen fra 11.mai til 15.august var mai kald og våt, med minusgrader som døgntemperatur fra 13 til 17.mai. Juni var litt kald og normalt våt og juli var kald og tørr. Det var mange tørre perioder i vekstsesongen, fra 6 til 10 dager, og 23 tørre døgn på rad med kun 6,1 mm nedbør som falt på to nedbørsdøgn i slutten av mai og ut i juni

Det var store variasjoner mellom månedene i 1994. April til juni var mye kaldere enn normalen, mens juli og august var mye varmere. April og juli var spesielt tørre i forhold til normalen, mens juni hadde 126 % av normal nedbørmengden. I vekstsesongen fra 6.mai til 1.august var mai kald og tørr, juni var kald og våt og juli var varm og litt tørr. Det var ikke mange lange perioder uten nedbør i vekstsesongen. Det var en tørr periode med 12 døgn i mai og en annen i begynnelsen av juli med 14 døgn på rad uten nedbør.

Året 1995 hadde de særtrekkene at april var veldig kald og hele sommeren var forholdsvis tørr. April til og med juli hadde kun 14% til 83% av normal nedbørmengde med juli som den tørreste måneden. I vekstsesongen fra 7.mai til 1.august var mai og juni tørre og kalde og juli var veldig tørr, men normal varm. Det var en lang tørr periode i mai på 15 døgn uten nedbør og en periode i juli på 22 døgn uten nedbør. Ellers var det mange perioder med 3 til 5 døgn uten nedbør.

4.5 Vekstdøgn og temperatursum

Vekststart er definert som den vårdagen da middelverdien av døgntemperaturen de siste 5 dager kommer over 5 °C, forutsatt at marken er snøfri. Løpende 5-døgns middeltemperatur benyttes for å utelukke korte varmeperioder tidlig på vinteren og våren. Den høstdagen da døgntemperaturen de siste 5 dager kommer under 5 °C igjen, defineres som *vekstslutt*. Alle døgnene mellom vekststart og vekstslutt defineres som *vekstdøgn*. Temperatursum beregnes som døgngader (DG) er summen av døgntemperaturen i den perioden som er definert som vekstdøgn, dvs. mellom vekststart og vekstslutt. (Skjelvåg et al. 1993).

Tabell 4.17 viser en oversikt over antall vekstdøgn og temperatursum, funnet ut ifra normale døgntemperaturverdier på hvert enkelt sted tatt fra Aune (1993b) og Veðurstofa-Íslands (1991-1995).

| Stasjon | Vekstdøgn (antall) | Temperatursum (DG) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| Ås | 184 | 2255,8 |
| Fureneset | 207 | 2163,4 |
| Sæter | 140 | 1306,3 |
| Vågønes | 170 | 1729,3 |
| Reykjavík | 155 | 1351,3 |
| Hvanneyri | 138 | 1179,0 |

Tabell 4.17: *Normalt antall vekstdøgn og temperatursum (DG) på stasjonene.*

4.5.1 Vekstdøgn og temperatursum på stasjonene 1991 til 1995.

Ut fra dataene ble normalt antall vekstdøgn og normal temperatursum beregnet (Aune 1993b, Pálsdóttir 2001). Det var også beregnet aktuelt antall vekstdøgn og aktuell temperatursum (DG) for de årene som oppgaven omhandler. Tabell 4.18 viser oversikt over hvert enkelt år. Der er også opplysninger om hvilke datoer marken var snøfri om våren og hvilke datoer vekststart var hvert år.

Fra tabell 4.17 kan det sees at normalt antall vekstdøgn varierer fra 138 til 207 og det utgjør en forskjell på over 2 måneder mellom stasjonene som har lengst og kortest vekstperiode. Normal temperatursum er også veldig varierende med forskjell på omlag 1000 DG mellom største og minste verdi. Den stasjonen som har størst antall vekstøgn er Fureneset, men den har ikke størst normal temperatursum. Fureneset har veldig milde vintre og det er lite forskjell på temperatur vinterstid og sommerstid. Derfor har denne stasjonen størst antall vekstdøgn. Ås har størst normal temperatursum. Der stiger temperaturen raskt om våren, har høye verdier midt på sommeren og går rakst ned om høsten. Reykjavík og Sæter har ndsten like stor normal temperatursum på rundt 1300 DG, men Sæter har 15 vekstdøgn mindre enn Reykjavík. På fjellet starter vekstsesongen sent og slutter tidlig, men har høyere døgntemperatur midt i sesongen enn i Reykjavík.

Tabell 4.18 viser at i årene som oppgaven omhandler, er aktuelt antall vekstdøgn større enn normalen i kun fire av seksten tilfeller. Det samme gjelder for aktuell temperatursum som kun er større enn normalen i fire av seksten tilfeller og tre av disse tilfellene er på Hvanneyri.

| År | Stasjon | Snøfri mark | Vekst - start | Normalt antall vekstdøgn | Antall vekstdøgn | Normal temp. sum | Aktuell temp. sum |
|------|-----------|-------------|---------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1991 | Hvanneyri | 27.april | 5.mai | 138 | 146 | 1179,0 | 1381,6 |
| 1992 | Hvanneyri | 9.mai | 22.mai | 138 | 108 | 1179,0 | 976,1 |
| 1993 | Fureneset | 24.mars | 7.april | 207 | 193 | 2163,4 | 1933,3 |
| | Sæter | 7.mai | 13.mai | 140 | 125 | 1306,3 | 1039,2 |
| | Vågønes | 30.april | 2.mai | 170 | 160 | 1729,3 | 1575,5 |
| | Reykjavik | 6.mai | 11.mai | 155 | 151 | 1351,6 | 1321,2 |
| | Hvanneyri | 3.mai | 11.mai | 138 | 148 | 1179,0 | 1224,3 |
| 1994 | Ås | | 15.april | 184 | 171 | 2255,8 | 2149,0 |
| | Fureneset | 25.mars | 4.april | 207 | 185 | 2163,4 | 2002,6 |
| | Sæter | 26.april | 30.april | 140 | 143 | 1306,3 | 1342,5 |
| | Vågønes | 24.april | 29.april | 170 | 158 | 1729,3 | 1539,0 |
| | Reykjavik | 14.april | 5.mai | 155 | 147 | 1351,6 | 1336,9 |
| | Hvanneyri | 25.april | 6.mai | 138 | 118 | 1179,0 | 1100,6 |
| 1995 | Ås | 28.mars | 26.april | 184 | 160 | 2255,8 | 1995,3 |
| | Reykjavik | 8.april | 4.mai | 155 | 146 | 1351,6 | 1320,7 |
| | Hvanneyri | 1.mai | 7.mai | 138 | 142 | 1179,0 | 1210,5 |

Tabell 4.18: *Markens tilstand, vekststart, antall vekstdøgn og temperatursum (DG) 1991 til 1995*

Kapittel 5

Resultater

5.1 Modellvalidering på stasjonene

I utgangspunktet brukes Torssells originalmodell og den er testet på data i Norge og på Island. Konstantene som er brukt i modellberegningene er de samme fra sted til sted, med unntak av startverdi for relativ veksthastighet (R_s) og jordvanninnholdet (SW). Tabell 2.3 i Datakapittel viser oversikt over jordvanninnholdet på hvert sted.

De faste parametrene som ble brukt i modellutregningene er følgende;

Initial biomasse, $W_o = 3,0 \text{ g/m}^2$ og $c = 10$ i ligning 3.7.

Maksimum bladarealindeks, $LAI_h = 5,0$ og $k = 4,0$ i ligning 3.9.

Temperaturindeksene, $T_m = 17 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_o = 0,05^\circ\text{C}$ og $r = 2,0$
i ligning 3.11, 3.12 og 3.13.

Strålingsindeks, $Q_{max} = 29,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ og $p = 2,0$ i ligning 3.14

Mengden av jordvann som er tilgjengelig for plantene er satt til å være $1,0 * SW$ selv om originalmodellen sier at $0,8 * SW$ er tilgjengelig ifølge Torssell et al. (1982).

Når modellen kjøres med klimadata for hvert sted, varieres jordvanninnholdet og den verdien av relativ veksthastighet (R_s) ble funnet, som passer best med målte verdier av biomasse. Antall høstinger er fra to til ni hvert år slik at nøyaktigheten i å finne den beste kurven er ulik fra sted til sted og fra år til år. Den beste tilpasningen finnes der det er flest høstinger.

Metoden som brukes for å finne kurvetilpasningen hvert år er slik at det regnes avvik mellom målt og beregnet verdi de aktuelle datoene. Summen av absolutt verdi av alle avvikene beregnes og den R_s verdien som gir minst sum av absoluttverdiene er den beste tilpasningen.

Som tidligere nevnt, ble originalmodellen først utprøvd (se Tillegg B.1). Der ble en beste verdi av R_s for hvert sted og hvert avlingssett funnet. Deretter ble den nye jordvannmodellen (se Tillegg B.2) utprøvd på alle stedene og en beste verdi av R_s ble funnet for hvert sted og hvert avlingssett.

På grunn av at klimadata og gressvekstmodell skal vurderes, lages det figurer som viser hvordan akkumulert døgntemperatur, akkumulert nedbør og akkumulert stråling var, de årene oppgaven omhandler. For hver stasjon lages det figurer som viser klimafaktorene som kan ha påvirket planteveksten.

5.1.1 Ås

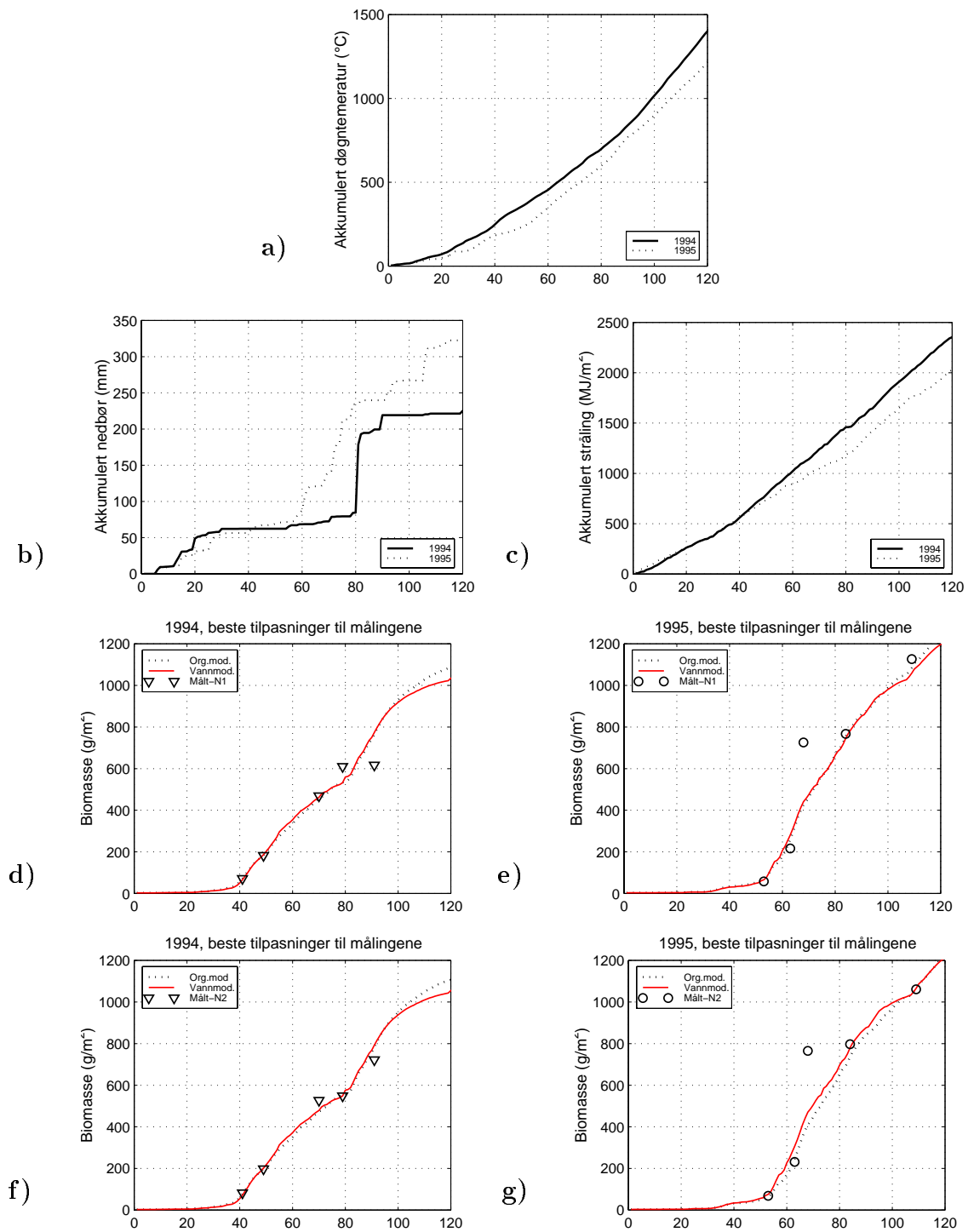
På Ås finnes data for to avlingsmålinger hvert år, på felt med to forskjellige mengder av nitrogen gjødsel om våren. Tabell 5.1 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og hvert måledatasett som finnes fra stasjonen hvert år. Figur 5.1 viser klimafaktorene på Ås 1994 og 1995 og den viser også beregnede og målte verdier plottet sammen. En må legge merke til målepunkt nr. 3 året 1995 på figur 5.1 e) og g) Dette punktet ligger utenfor alle modellberegninger og bidrar til stor usikkerhet i tilpasningen. Derfor er det ikke brukt når den beste kurven ble funnet.

| | gjød- sel | 1994 | | | | | | 1995 | | | | | |
|-----------------|--------------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,36 | 0,37 | 0,38 |
| \sum avvik | N1 | 265 | 237 | 250 | 273 | 248 | 293 | 128 | 108 | 131 | 213 | 162 | 174 |
| R_s (g/g dag) | | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,39 | 0,40 | 0,41 | 0,38 | 0,39 | 0,40 |
| \sum avvik | N2 | 152 | 123 | 151 | 160 | 133 | 160 | 105 | 83 | 95 | 112 | 103 | 128 |

Tabell 5.1: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Ås 1994 og 1995 med to gjødselnivå (N1 og N2), for beste R_s verdien og de to nærmeste R_s verdier.*

Fra tabell 5.1 sees at de beste R_s verdiene er mindre i den nye jordvannmodellen enn i orgninalmodellen, med forskjell på 0,01 - 0,04. Og den beste R_s verdien var 0,02 - 0,04 mindre året 1994 enn i 1995.

Fra figur 5.1 a) til c) sees at 1994 var varmere, mer solrik og tørrere i sin helhet fra 1.april til 1.august, enn samme periode året 1995. Våren 1995 var spesielt kald, og derfor er akkumulert døgntemperatur mindre hele perioden i 1995 enn i 1994, selv om døgntemperaturen fra 1.juni til 1.august er ganske lik begge årene, (figur 4.4 a og b). Det som er spesielt med klimaet, er nedbøren i 1994. Det kommer svært lite nedbør i 50 døgn fra 1.mai til 19.juni. Så faller over 100 mm på to døgn og deretter er det lite nedbør igjen.



Figur 5.1: Ås 1994 og 1995 i perioden 1.april til 1.august. a) til c) Klimafaktorene for 1994 (—) og 1995 (...). a) Akkumulert døgntemperatur (°C) b) Akkumulert nedbør (mm) c) Akkumulert stråling (MJ/m²). d) til g) Modellberegninger med originalmodellen (...) og den nye vannmodellen (—) og målte verdier plottet sammen d) 1994 beste tilpasning til N1-målinger e) 1995 beste tilpasning til N1-målinger f) 1994 beste tilpasning til N2-målinger g) 1995 beste tilpasning til N2-målinger.

Fra figur 5.1 d) til g) sees at produksjonen ble mye større i 1995 enn i 1994. Modellert produksjon var rundt 1200 g/m^2 den 1.august i 1995 og litt over 1000 g/m^2 den 1.august i 1994. Forskjell i påvirkningen av N1 og N2 gjødsel er ikke stor de to årene. Gresset ser ut til å vokse like mye med begge gjødselsnivåene.

En må legge merke til knekken i modellberegningene i 1994, den 20.juni. Noen dager før er strålingsindeksen (QI) veldig liten samtidig som vannindeksen (WI) er veldig liten. Den multiplikative klimaindeksen, GI, blir derfor veldig liten. Dagene etter at de store nedbørmengdene kommer blir vannindeksen (WI) lik eller litt under 1,0, temperaturindeksen (TI) er lik 0,8 til 0,9 og strålingsindeksen (QI) går fra 0,4 til 0,9. Produktet GI går derfor fra 0,07 den 17.juni til 0,88 den 23.juni. Dette har stor betydning for veksten som da stiger kraftig i begge modellene.

5.1.2 Fureneset

På Fureneset finnes avlingsdata som er lik dataene på Ås. Tabell 5.2 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og hvert måledatasett som finnes fra stasjonene hvert år. Figur 5.2 viser klimafaktorene på stasjonen i 1993 og 1994 og den viser beregnede og målte produksjonsverdier plottet i samme diagram.

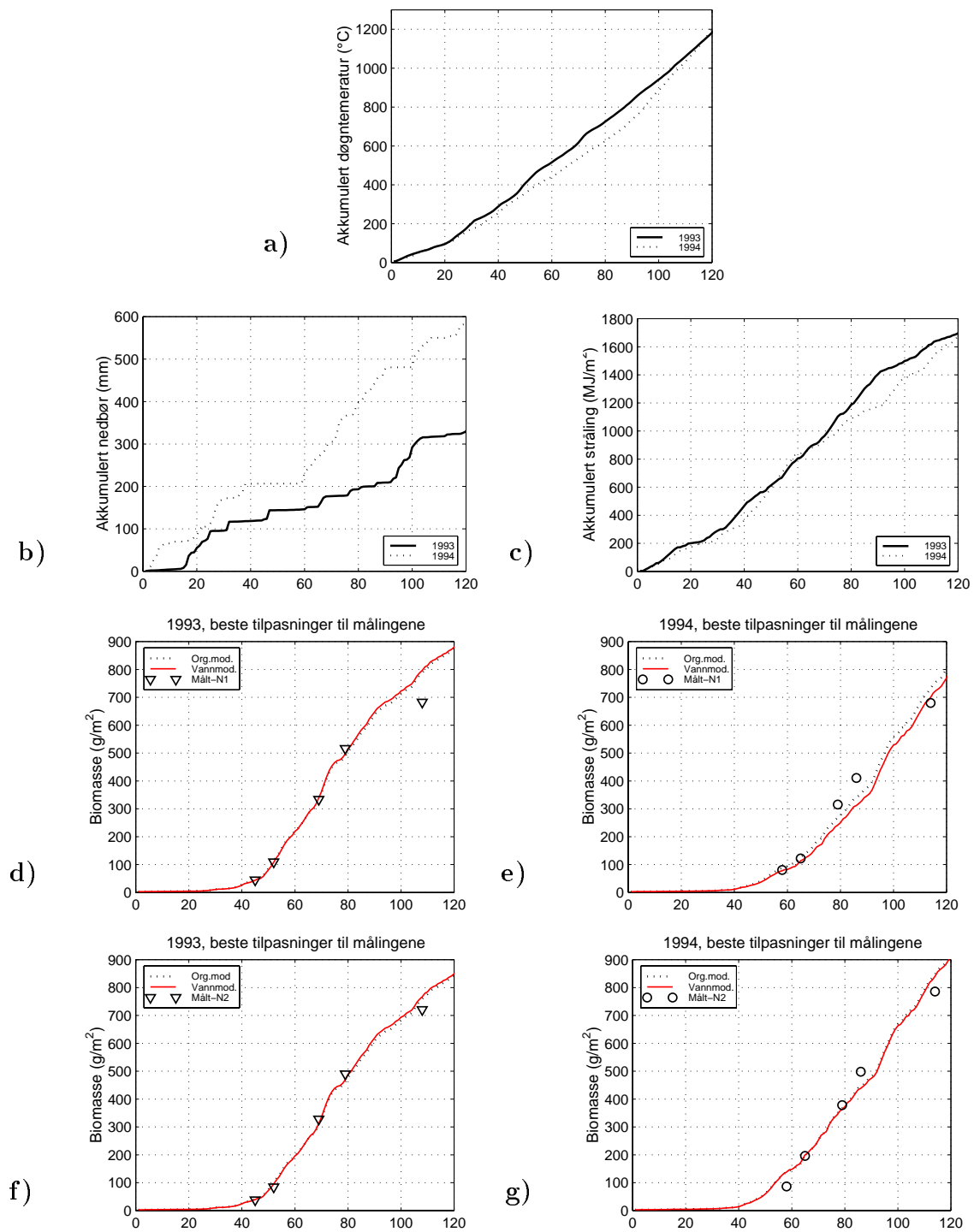
| | gjød- sel | 1993 | | | | | | 1994 | | | | | |
|-------------------------|--------------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,23 | 0,24 |
| \sum avvik | N1 | 166 | 139 | 184 | 170 | 141 | 200 | 204 | 184 | 189 | 216 | 188 | 194 |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,2 |
| \sum avvik | N2 | 113 | 103 | 111 | 111 | 94 | 155 | 202 | 179 | 214 | 204 | 184 | 216 |

Tabell 5.2: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Fureneset 1993 og 1994 med to gjødselnivå (N1 og N2), for den beste R_s verdien og de to nærmeste R_s verdier.*

Fra tabell 5.2 sees at den beste R_s verdien er 0,01 mindre for den nye jordvannmodellen enn for orginalmodellen for alle datatilpasningene. R_s verdien er ikke betydelig mindre det ene året enn det andre.

Fra figur 5.2 a) til c) sees at året 1993 var tørre, like varmt og like solrikt i sin helhet fra 1.april til 1.august, sammenlignet med året 1994. Våren var ganske lik begge årene om en vurderer døgntemperatur, men fra omlag 1.mai til midten av juli 1993 kom det noen gode varme døgn. Slutten av perioden av ganske varm i 1994, slik at akkumulert døgntemperatur ender opp på samme nivå i begynnelsen av august. Det var litt mindre sol og mer nedbør i 1994.

Fra figur 5.2 e) til g) sees at modellert produksjon den 1.august i 1994 ble litt mindre for N1 gjødsel enn 1.august i 1993. Den var 900 g/m^2 i 1993, men under 800 g/m^2 i 1994. For N2 gjødsel var produksjonen ganske lik begge årene, rundt 900 g/m^2 . Det



Figur 5.2: *Fureneset 1993 og 1994 i perioden 1.april til 1.august. a) til c) Klimafaktorene for 1993 (—) og 1994 (...)* a) Akkumulert døgntemperatur (°C) b) Akkumulert nedbør (mm) c) Akkumulert stråling (MJ/m²). d) til g) Modellberegninger med originalmodellen (...) og den nye vannmodellen (—) og målte verdier plottet sammen. d) 1993 beste tilpasning til N1-målinger e) 1994 beste tilpasning til N1-målinger f) 1993 beste tilpasning til N2-målinger g) 1994 beste tilpasning til N2-målinger.

ser ut som om det har kommet tilstrekkelig nedbør for optimal produksjon i 1993, selv om det var mye mindre nedbør enn i 1994. Den lille forskjellen i produksjonen mellom de to årene kan skyldes at sommeren 1994 var noe kjøligere enn i 1993, samtidig som innstrålingen var litt mindre i 1994. Forskjell mellom original og ny modell er ikke stor og tilpasningen til målepunktene er like bra for begge.

5.1.3 Sæter i Kvikne

På Sæter finnes avlingsdata fra 1993 som er lik dataene på Ås. Tabell 5.3 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og hvert måledatsett. Figur 5.3 viser klimafaktorene på Sæter 1993 og 1994 og den viser også beregnede og målte verdier plottet sammen.

Det finnes ikke avlingsmålinger fra 1994, slik at det brukes den samme R_s verdi som gav de beste resultatene året 1993. For å sammenlikne modellert mengde av gress årene 1993 og 1994 ble den mengden av gress, som var forventet 5.august ut fra samme R_s verdi, tatt ut. Tabell 5.4 viser hvordan modellert avlingsmasse var beregnet den 5.august begge årene.

| | Gjødsel | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
|-----------------------|---------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| R_s (g/g dag) | | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,34 | 0,35 | 0,36 |
| \sum avvik | N1 | 261 | 231 | 239 | 244 | 211 | 224 |
| R_s verdi (g/g dag) | | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,36 | 0,37 | 0,38 |
| \sum avvik | N2 | 305 | 292 | 298 | 316 | 298 | 304 |

Tabell 5.3: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Sæter i Kvikne 1993 med to gjødselnivå (N1 og N2) for tre R_s verdier, den beste og de to nærmeste.*

| R_s (g/g dag) | Regnet med org.mod. 1993 (N1) | Regnet med org.mod. 1994 (N1) | % økn. fra 1993 til 1994 | Regnet med nye mod. 1993 (N2) | Regnet med nye mod. 1994 (N2) | % økn. fra 1993 til 1994 |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 0,35 | | 893 | | 904 | 952 | 5.3 |
| 0,37 | 891 | 936 | 5.1 | 945 | 994 | 5.2 |
| 0,38 | 911 | 956 | 4.9 | 965 | 1015 | 5.2 |
| 0,41 | 969 | 1016 | 4.9 | | 1074 | |

Tabell 5.4: *Sammenlikning av beregnet avlingsmasse den 5.august 1993 og 1994 ut fra gitt startverdi (R_s). N1 og N2 er to forskjellige gjødselsmengder.*

Fra tabell 5.3 sees at beste R_s verdien er 0,03 - 0,04 mindre for den nye jordvannmodellen enn for originalmodellen. Tabell 5.4 viser at ved sluttdato var biomassen

kommet til rundt 1000 g/m^2 , eller omlag 5% mer 1994 enn 1993. Derfor kan en si at det var bedre gressvekst i 1994 når startbetingelsene var de samme.

Fra figur 5.3 sees at året 1993 var våtere, litt kaldere og like solrikt som året 1994, i perioden 1.april til 5.august. Vårdagene, fra 1.april til 10.mai var kaldere året 1993, men i juni kom det noen varme døgn slik at rundt 1.juli var akkumulert døgntemperatur like stor begge årene. Fra 1.juli var det mye varmere i 1994 og derfor ble dette året i sin helhet varmere enn 1993.

Fra figur 5.3 d) og f) sees at beregnet produksjon den 5.august 1994 var 900 - 1000 g/m^2 , mens den var litt mindre 5.august 1993. Figur 5.3 e) og g) viser modellberegninger ut fra de beste R_s verdiene som ble funnet ut fra måledata 1993. Modellene viser at det ble forventet omlag samme biomasse som i 1993.

5.1.4 Vågønes

På Vågønes finnes avlingsdata som er lik dataene på Ås. Tabeller 5.5 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og hvert måledatasett som finnes fra stasjonene hvert år. Figur 5.4 viser klimafaktorene på Vågønes i 1993 og 1994. Den viser også beregnede og målte produksjonsverdier i samme diagram.

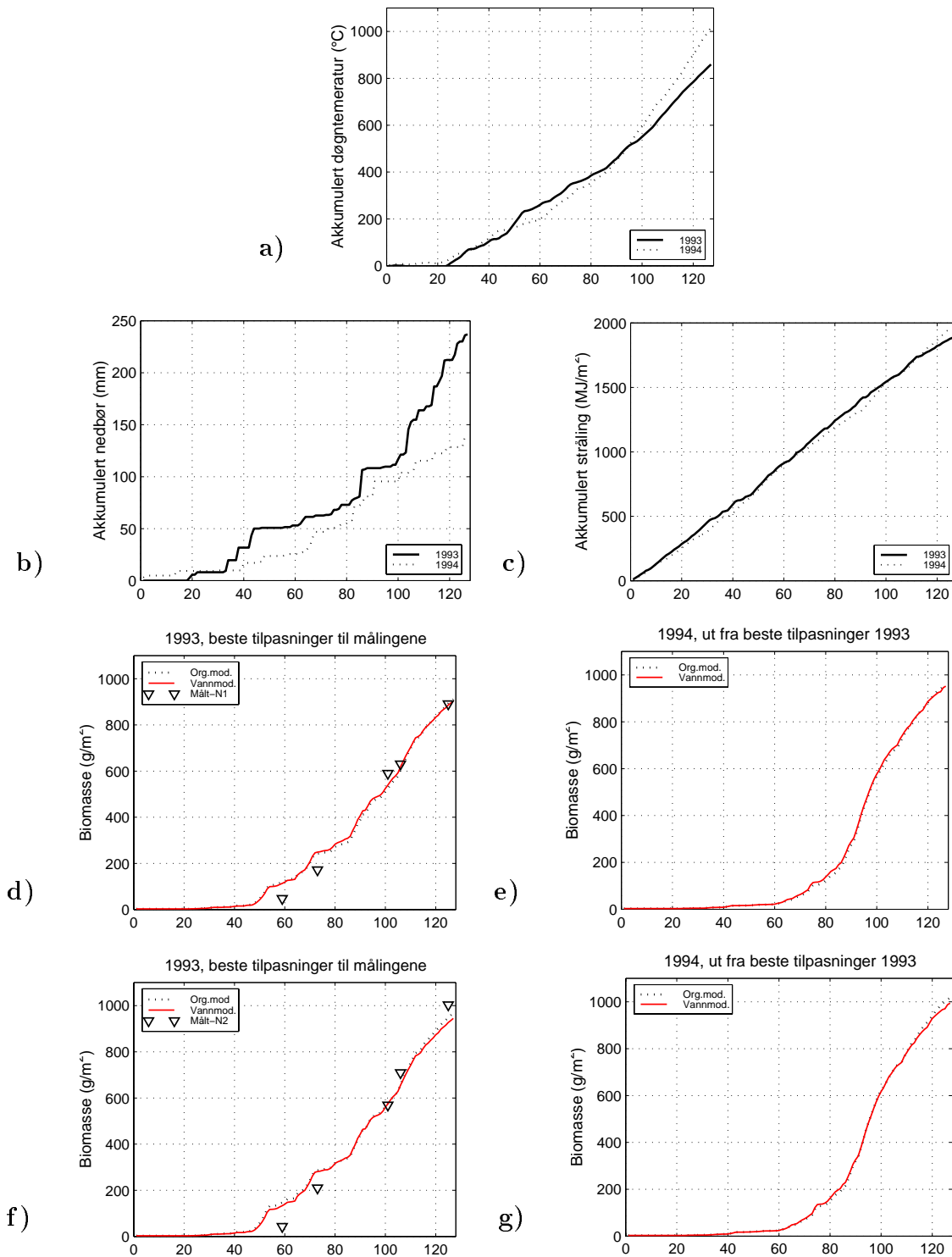
| | gjød- sel | 1993 | | | | | | 1994 | | | | | |
|-------------------------|--------------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| $R_s (g/g \text{ dag})$ | | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,41 | 0,42 | 0,43 |
| \sum avvik | N1 | 447 | 428 | 429 | 416 | 403 | 452 | 334 | 333 | 338 | 319 | 318 | 34 |
| $R_s (g/g \text{ dag})$ | | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,40 | 0,41 | 0,42 |
| \sum avvik | N2 | 515 | 507 | 522 | 559 | 556 | 567 | 362 | 355 | 359 | 347 | 340 | 343 |

Tabell 5.5: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Vågøneset 1993 og 1994 med to gjødselnivå (N1 og N2) for tre R_s verdier, den beste og de to nærmeste.*

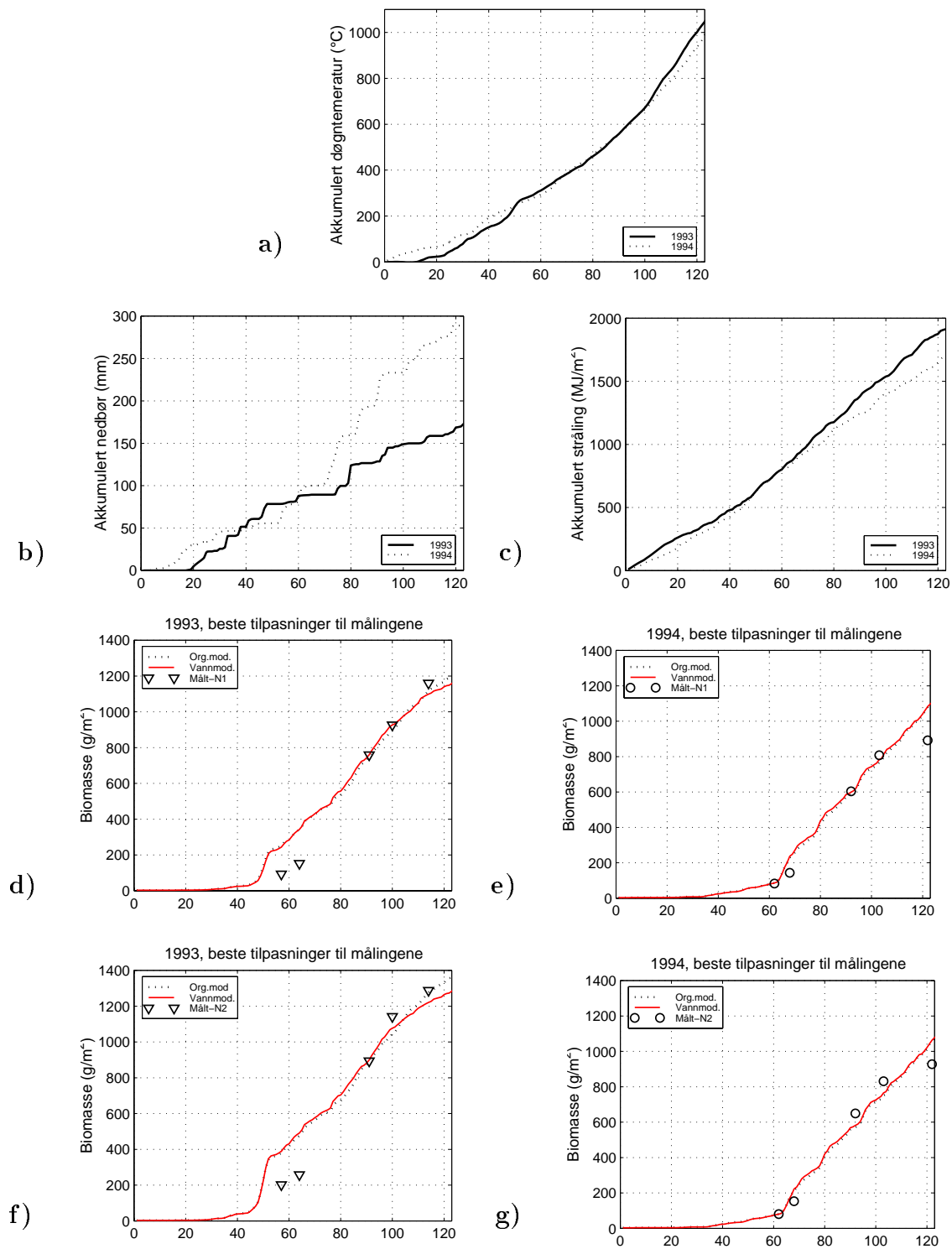
Tabell 5.5 viser at den beste R_s verdien er 0,02 - 0,03 mindre for den nye vannmodellen enn for orginalmodellen, og R_s verdien er 0,10 til 0,23 mindre året 1994 enn i 1993.

Fra figur 5.4 a) til c) sees at året 1993 var tørrere, litt varmere og mer solrikt i sin helhet i perioden 1.april til 3.august enn året 1994. Våren 1993 var kald, tørr og solrik, mens våren 1994 var varmere, våt og hadde mindre sol. Den 1.juli var begge årene ganske like angående akkumulert nedbør, akkumulert døgntemperatur og akkumulert stråling. Forskjellen etter 1.juni er at mer nedbør faller i 1994 samtidig som det blir mindre stråling og at akkumulert temperatur blir litt mindre mot slutten av perioden.

Fra figur 5.4 d) til g) sees at gressproduksjonen ble noe større året 1993 enn 1994. Den var beregnet å være 1200 - 1400 g/m^2 3.august året 1993, men rundt 1100 g/m^2 den 3.august året 1994. Året 1993 var det vanskelig å få modellen til å passe med



Figur 5.3: *Sæter i Kvikne 1993 og 1994 i perioden 1.april til 5.august. a) til c) Klimafaktorene for 1993 (—) og 1994 (...) a) Akkumulert døgntemperatur (°C) b) Akkumulert nedbør (mm) c) Akkumulert stråling (MJ/m²). d) til g) Modellberegninger med originalmodellen (...) og den nye vannmodellen (—) og målte verdier plottet sammen. d) 1993 beste tilpasning til N1-målinger e) 1994 beste tilpasning til N1-målinger f) 1993 beste tilpasning til N2-målinger g) 1994 beste tilpasning til N2-målinger.*



Figur 5.4: *Vågønes 1993 og 1994 i perioden 1.april til 3.august. a) til c) Klimafaktorene for 1993 (—) og 1994 (...)* a) Akkumulert døgntemperatur (°C) b) Akkumulert nedbør (mm) c) Akkumulert stråling (MJ/m²). d) til g) Modellberegninger med originalmodellen (...) og den nye vannmodellen (—) og målte verdier plottet sammen. d) 1993 beste tilpasning til N1-målinger e) 1994 beste tilpasning til N1-målinger f) 1993 beste tilpasning til N2-målinger g) 1994 beste tilpasning til N2-målinger.

målingene p.g.a. en knekk som kom rundt 20.mai i begge modellene. Derfor passer modellene ikke med målingene i mai og juni, men passer fint med målingene i juli og august.

Knekken i grafen er skyldes at det rundt 20.mai kom tre døgn med temperatur over 15 °C. Dette kan en se av figur 4.7 a) og b) i klimakapittelet. Denne temperaturen gjør at temperaturindeksen (TI) blir lik 1,0, men den var veldig liten i dagene før. Strålingsindeksen (QI) og vannindeksen (WI) er hele perioden mellom 0,6 og 1,0. Derfor kan en se at på Vågønes styrer temperaturen størstedelen av klimaindeksen GI. Av figur 5.4 kan man se at mye nedbør betyr lite gress på denne stasjonen, mens tilstrekkelig stråling og temperatur betyr mye gress.

5.1.5 Reykjavik

I Reykjavik finnes data for en avlingsmåling hvert år. Tabell 5.6 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og måledatasett for hvert år. Figur 5.5 viser klimafaktorene i Reykjavik 1993 - 1995 og viser også beregnede og målte produksjonsverdier plottet i samme diagram.

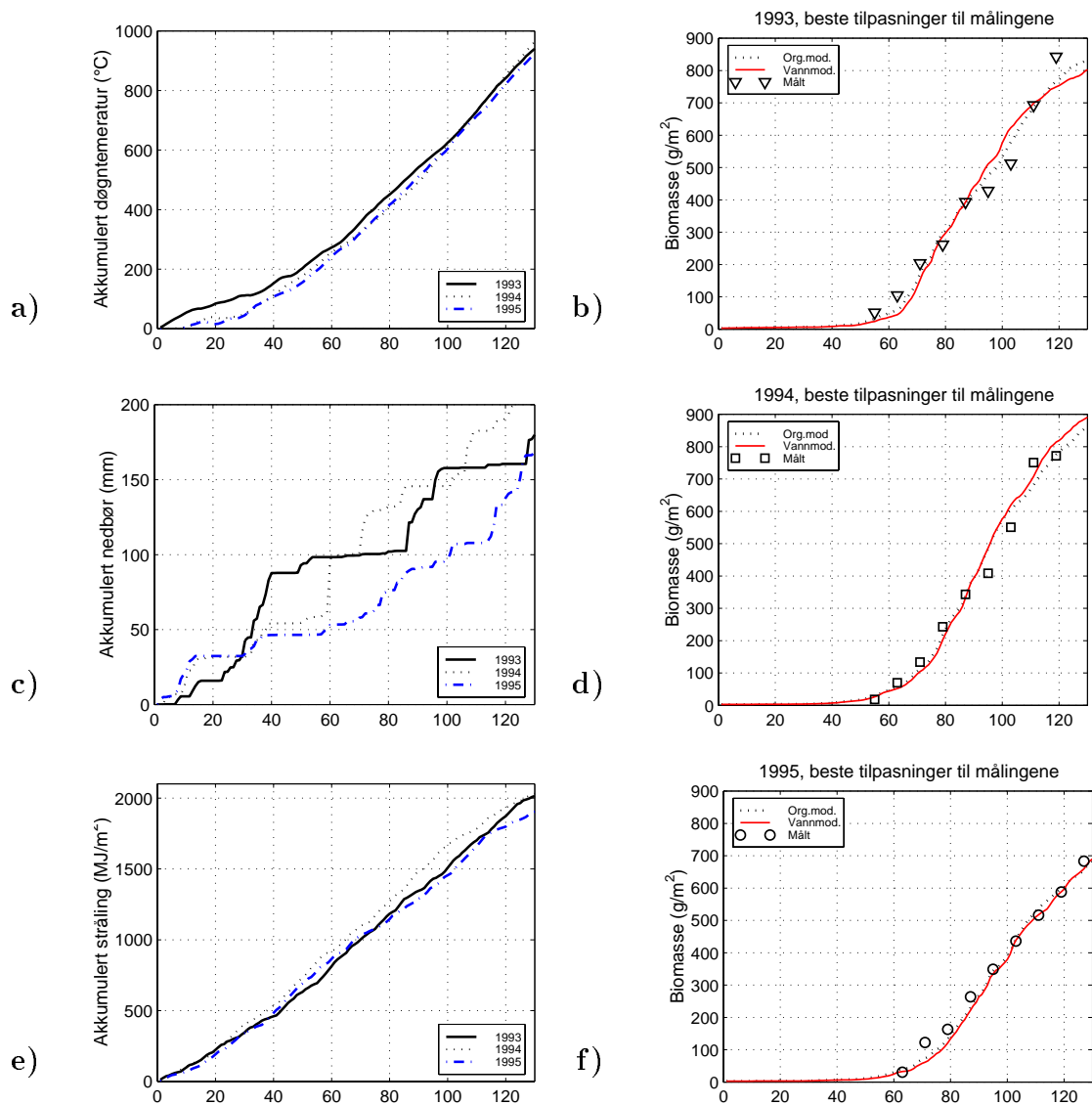
| | 1993 | | | | | |
|-----------------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,37 | 0,38 | 0,39 |
| \sum avvik | 349 | 332 | 354 | 460 | 458 | 498 |
| | 1994 | | | | | |
| | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,32 | 0,33 | 0,34 |
| \sum avvik | 316 | 281 | 299 | 346 | 339 | 349 |
| | 1995 | | | | | |
| | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,26 | 0,27 | 0,28 |
| \sum avvik | 247 | 193 | 207 | 338 | 190 | 191 |

Tabell 5.6: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse i Reykjavik 1993, 1994 og 1995 for den beste R_s verdien og de to nærmeste.*

Tabell 5.6 viser at de beste R_s verdiene er 0,04 - 0,07 mindre for den nye vannmodellen enn for orginalmodellen. R_s verdien er minst året 1995 og størst året 1993.

Fra figur 5.5 sees at året 1995 var tørrest, kaldest og hadde minst stråling av de tre årene 1993 til 1995. Året 1994 var våtest, litt kald, men hadde mest stråling. 1993 var varmest og tørrest om våren, men fikk mye nedbør midt på sommeren, slik at summen av akkumulert nedbør i 1993 havner mellom summen fra 1994 og 1995.

Fra figur 5.5 sees at produksjonen var størst i 1994 og minst i 1995. Modellert produksjon var rundt 800 g/m^2 den 8.august 1993, 900 g/m^2 8.august 1994 og litt



Figur 5.5: *Reykjavik 1993, 1994 og 1995 i perioden 1.april til 8.august. a), c) og e) Klimafaktorene for 1993 (—), 1994 (...) og 1995 (-.-) a) Akkumulert døgntemperatur (°C) c) Akkumulert nedbør (mm) e) Akkumulert stråling (MJ/m²). b) d) og f) Modellberegninger med originalmodellen (...) og den nye vannmodellen (—) og målte verdier plottet sammen. b) 1993 beste tilpasning d) 1994 beste tilpasning og f) 1995 beste tilpasning.*

under 700 g/m^2 8.august 1995. Den beste tilpasningen mellom målt og beregnet verdi var året 1995 og dårligst året 1993. Original og den nye modellen er veldig lik alle årene.

I 1993 kommer modellene sent i gang om våren. Dette skyldes kulde, Temperaturindeksen (TI) er liten og derfor blir klimaindeksen (GI) liten. Såsnart temperaturen øker og det er tilstrekkelig med nedbør, begynner modellproduksjonen. 1994 hadde størst modellert produksjon. Samme år var det mest akkumulert nedbør og mest stråling. Klimaindeksen i 1994 hadde temperatur som reduserende faktor. I 1995 var det kaldt og lite stråling i starten av vekstsesongen, og da det ble varmere var det lite nedbør og lite stråling som påvirket gressveksten. Derfor ble 1995 en dårlig gressvekstsommer i sin helhet.

5.1.6 Hvanneyri

På Hvanneyri finnes data for to avlingsmålinger i årene 1991 og 1992 og tre avlingsmålinger i årene 1993 til 1995. Tabeller 5.7 til 5.10 viser summen av absoluttverdiene av avvikene for tre R_s verdier for hver modell og måledatasett som finnes. Figur 5.6 viser klimafaktorene på Hvanneyri 1991 til 1995 og figurene 5.7 til 5.8 viser beregnede og målte verdier plottet sammen.

| | 1991 | | | | | | 1992 | | | | | |
|-------------------------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,31 | 0,32 | 0,33 |
| \sum avvik | 77 | 53 | 101 | 85 | 35 | 51 | 171 | 170 | 179 | 240 | 239 | 250 |

Tabell 5.7: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Hvanneyri 1991 og 1992, for tre R_s verder, den beste og de to nærmeste.*

| | Forsøk | 1993 | | | | | |
|-------------------------|--------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | nr; | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,39 | 0,40 | 0,41 |
| \sum avvik | 811-91 | 349 | 90 | 91 | 112 | 98 | 110 |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | nr; | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,30 | 0,31 | 0,32 |
| \sum avvik | 818-93 | 40 | 16 | 24 | 68 | 29 | 30 |
| $R_s \text{ (g/g dag)}$ | nr; | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,33 | 0,34 | 0,35 |
| \sum avvik | 819-93 | 48 | 21 | 22 | 51 | 16 | 22 |

Tabell 5.8: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Hvanneyri 1993 for den beste R_s verdien og de to nærmeste.*

Tabellene 5.7 til 5.10 viser at den beste R_s verdien er 0,03 - 0,07 mindre i den nye jordvannmodellen enn i orginalmodellen. Den minste R_s verdien for denne stasjonen er

| | Forsøk | 1994 | | | | | |
|-----------------|--------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,28 | 0,29 | 0,30 |
| \sum avvik | 811-91 | 235 | 218 | 228 | 293 | 269 | 282 |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,23 | 0,24 | 0,25 |
| \sum avvik | 818-93 | 140 | 121 | 127 | 186 | 157 | 167 |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,24 | 0,25 | 0,26 |
| \sum avvik | 819-93 | 110 | 93 | 97 | 150 | 133 | 140 |

Tabell 5.9: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Hvanneyri 1994 for den beste R_s verdien og de to nærmeste.*

| | Forsøk | 1995 | | | | | |
|-----------------|--------|----------------|-------------|------|------------------|-------------|------|
| | | Orginal modell | | | Nye jordvannmod. | | |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,28 | 0,29 | 0,30 |
| \sum avvik | 811-91 | 313 | 291 | 302 | 325 | 314 | 333 |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,27 | 0,28 | 0,29 |
| \sum avvik | 818-93 | 103 | 100 | 101 | 81 | 76 | 95 |
| R_s (g/g dag) | nr; | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,30 | 0,31 | 0,32 |
| \sum avvik | 819-93 | 123 | 121 | 154 | 103 | 102 | 133 |

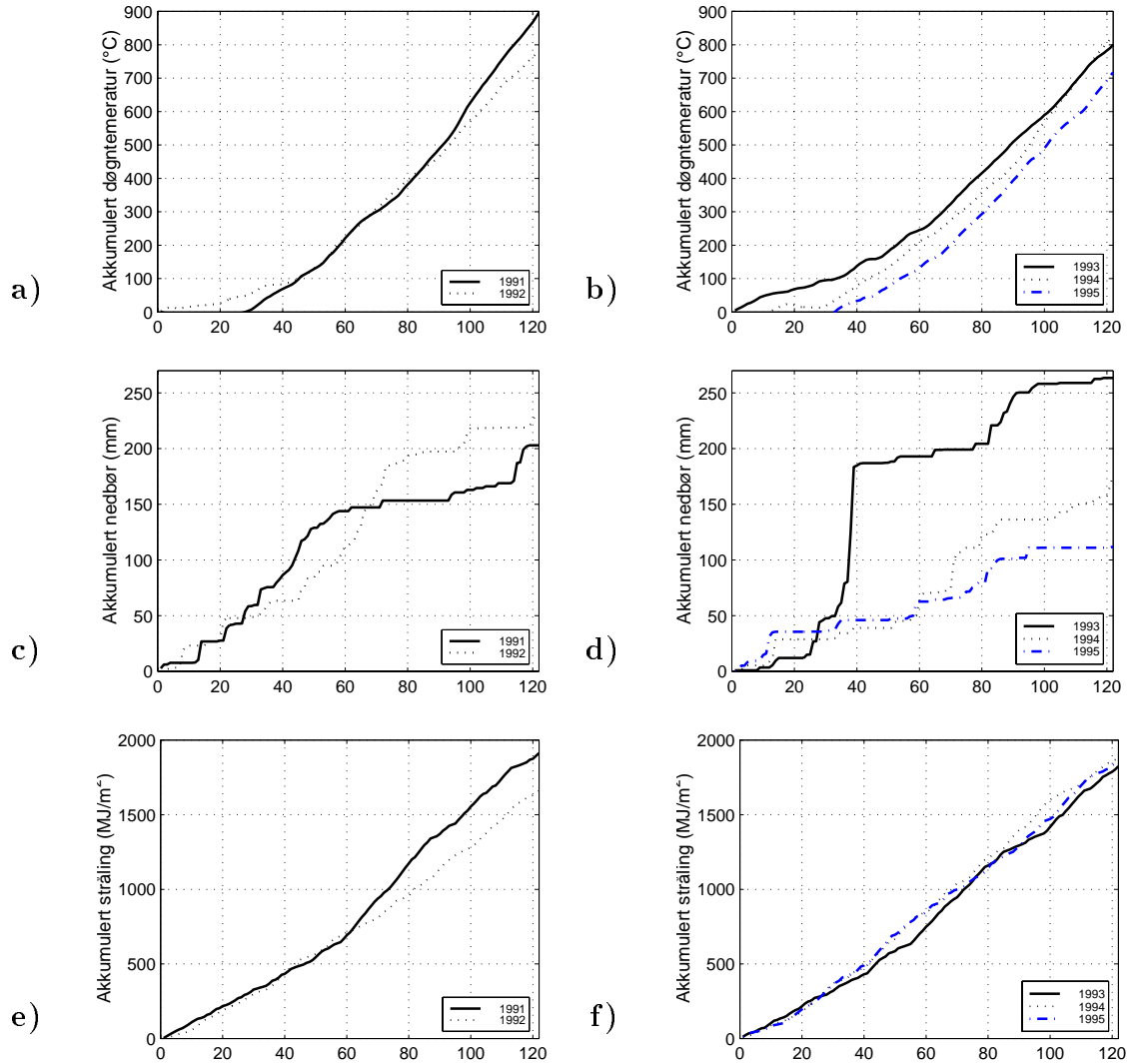
Tabell 5.10: *Summen av absoluttverdiene av avvikene mellom beregnet og målt biomasse, på Hvanneyri 1995 for den beste R_s verdien og de to nærmeste.*

0,24 i 1994, som gav lite gress. Den største R_s verdien finnes året 1993, som gav mest gress i g/m^2 .

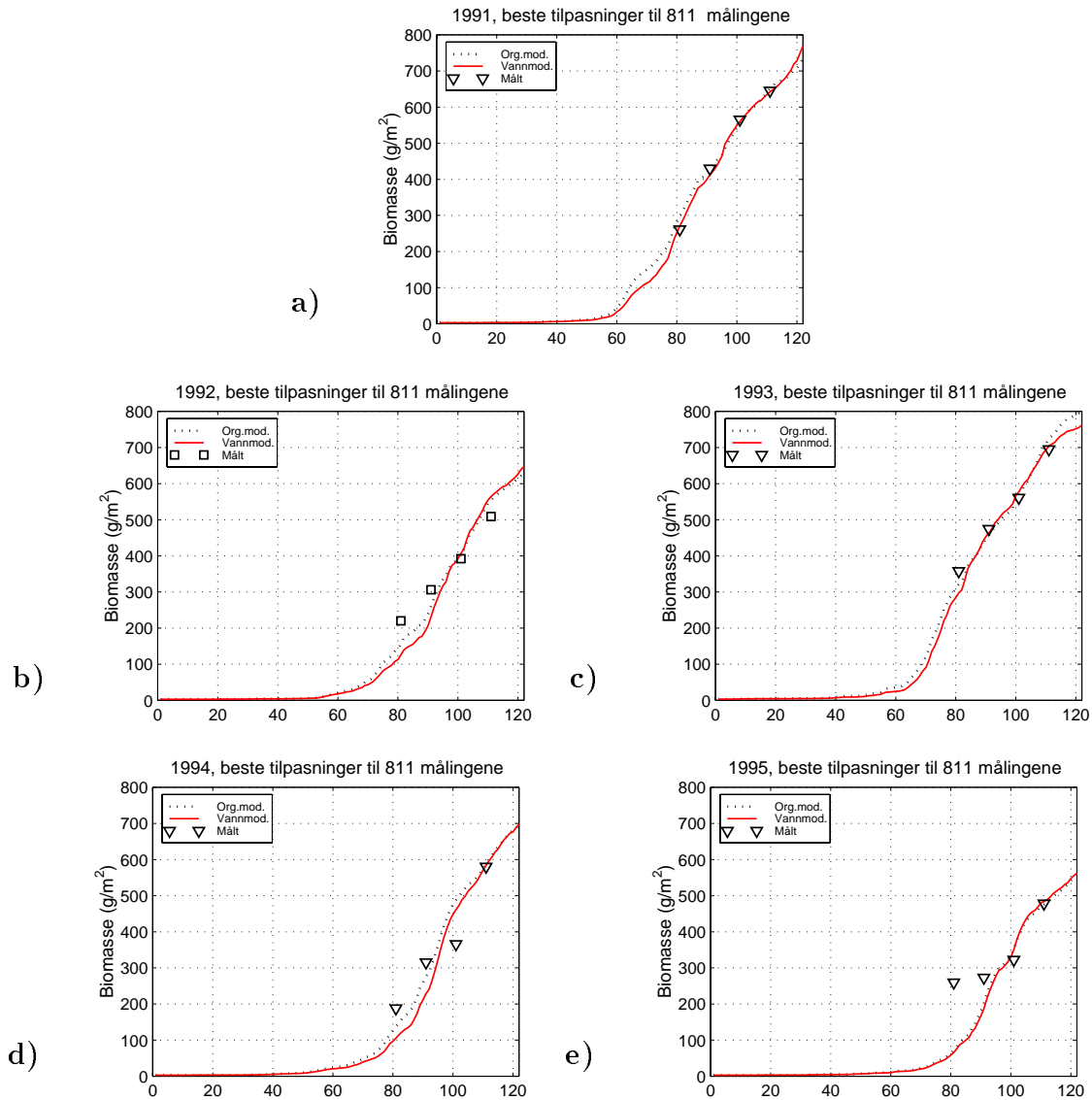
Fra figuren 5.6 sees at året 1993 var våtest av alle de fem årene. Året 1991 hadde størst sum av akkumulert døgntemperatur og størst sum av stråling. Året 1995 hadde minst akkumulert nedbør og var kaldest i sin helhet, men hadde solstråling som var nesten lik årene 1993 og 1994, og året 1992 hadde minst akkumulert stråling av alle de fem årene.

Fra figur 5.7 sees at produksjonen i forsøk nr; 811-91 ble størst i 1993 og minst i 1995. Den 1.august 1993 ble modellert produksjon rundt $800 g/m^2$ og 1.august 1995 var den $550 g/m^2$. De målte verdiene og modellene passer veldig godt sammen i 1991 og i 1993 og veldig dårlig i 1995. Figur 5.8 a), c) og e) viser produksjon i forsøk nr; 818-93. Den ble modellert å være mellom 550 og $600 g/m^2$ den 1.august alle tre årene. Figur 5.8 b), d) og f) viser at modellert produksjon i forsøk nr; 819-93 den 1.august var mellom 600 og $650 g/m^2$. Det må bemerkes at første måling i 1995 i forsøk nr; 811-91 antakelig er feil, siden den har store avvik fra modellresultatene.

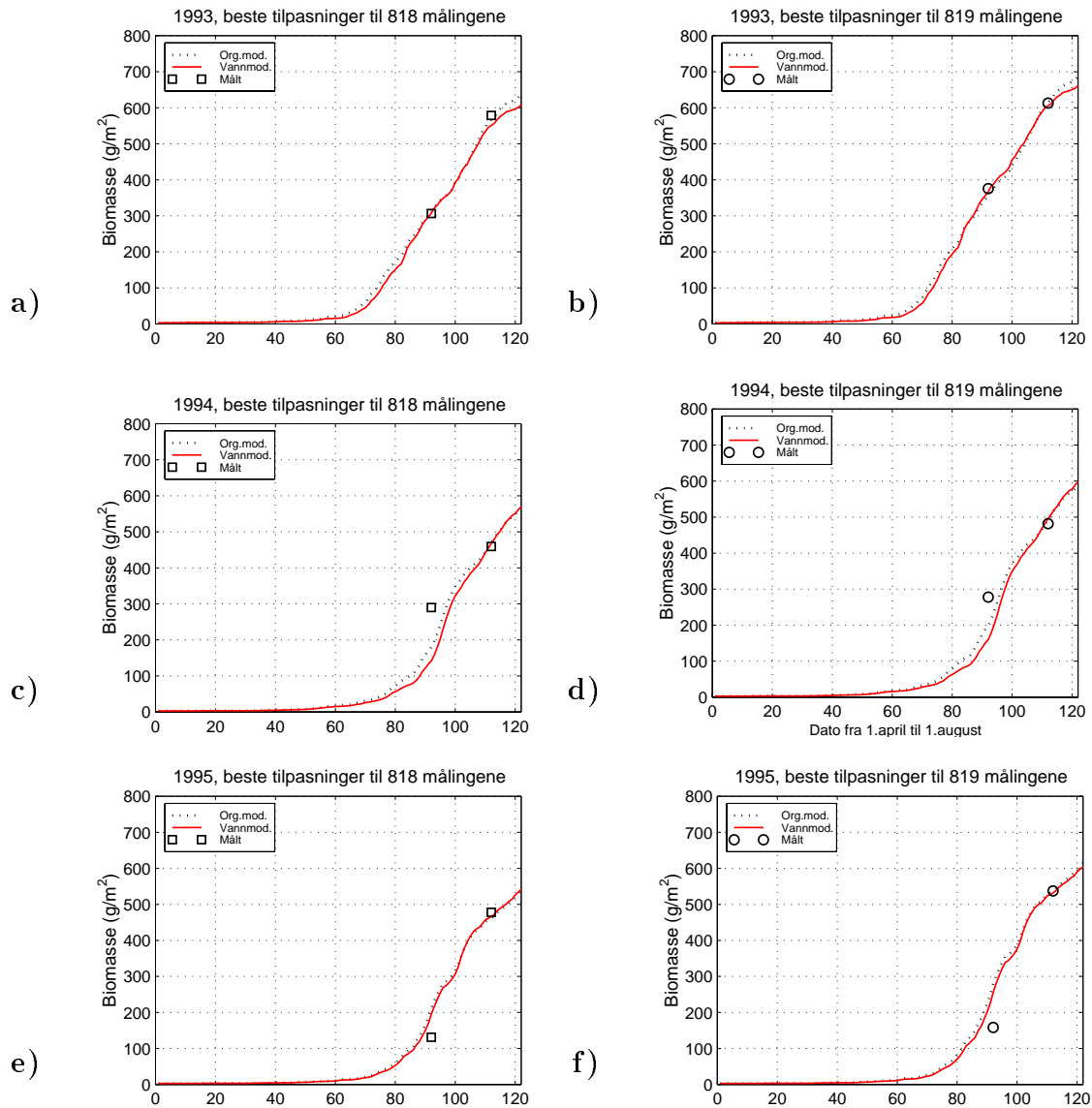
På ingen av figurene er det stor forskjell mellom orginal- og den nye vannmodellen når det gjelder tilpasning til målte verdier.



Figur 5.6: *Hvanneyri 1991 til 1995 i perioden 1.april til 1.august. a), c) og e) klimafaktorene 1991 (—) og 1992 (...)* og *b), d) og f) klimafaktorene 1993 (—), 1994 (...)* og *1995 (-.-).* a) og b) *Akkumulert døgntemperatur (°C)* c) og d) *Akkumulert nedbør (mm)* e) og f) *Akkumulert stråling (MJ/m²)*.



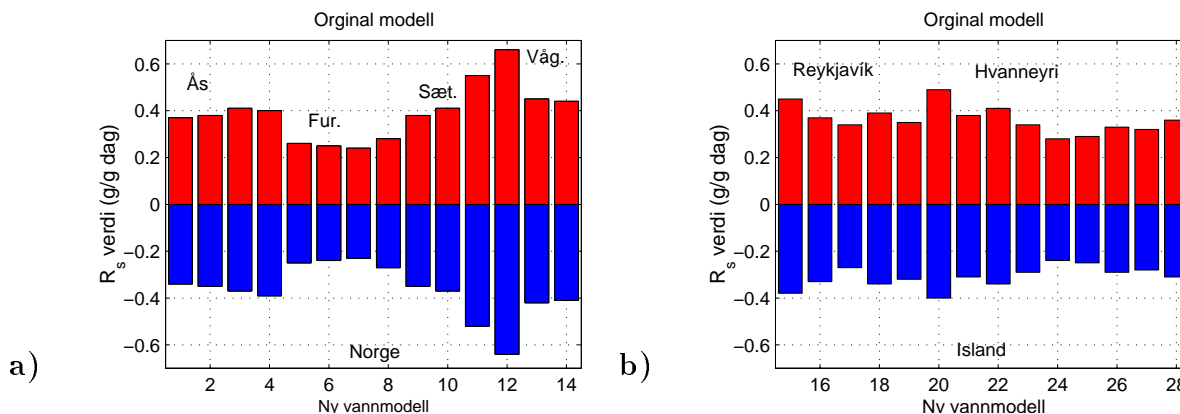
Figur 5.7: *Hvanneyri - feltforsøk nr; 811-91* Modellberegninger med original (...) og den ny modell (—) og målte verdier plottet sammen i perioden fra 1.april til 1.august. a) 1991 b) 1992 c) 1993 d) 1994 og e) 1995.



Figur 5.8: *Hvanneyri - feltforsøk nr; 818-93 og nr; 819-93* Modellberegninger med original (...) og den nye modellene (—) og målte verdier plottet sammen i perioden fra 1.april til 1.august 1993 og 1994. a), c) og e) målte verdier fra forsøk nr; 818-93 b), d) og f) målte verdier fra forsøk nr; 819-93.

5.2 Validering av relativ veksthastighet R_s

Fra tabell 5.1 til og med tabell 5.10 trekkes det ut de beste verdiene for relativ veksthastighet, fra hver modellkjøring. Figur 5.9 viser oversikt over R_s verdiene i Norge og på Island. Figur 5.9 a) viser R_s verdien i Norge. De første fire søylene viser verdier fra Ås, de neste fire fra Fureneset, de neste to fra Sæter og de siste fire fra Vågøneset. Figur 5.9 b) viser R_s verdiene på Island. De første tre er fra Reykjavik og de siste elleve er fra Hvanneyri.



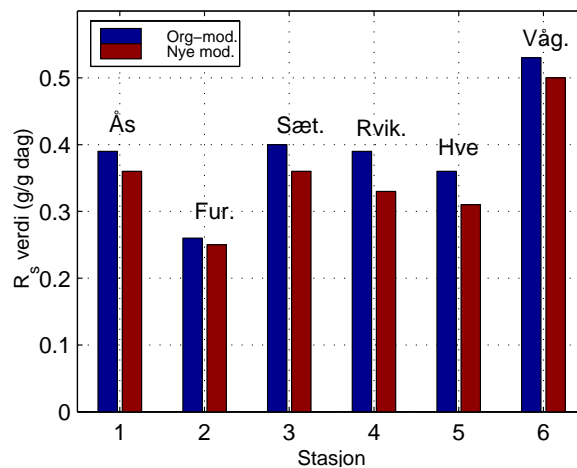
Figur 5.9: *Stolpeplott som viser R_s verdiene i de beste kurvenetilpasningene i begge modellene, a) Stasjonene i Norge b) Stasjonene på Island.*

Fra de beste R_s verdiene ble en middelvei funnet for hver stasjon i hver modell. Tabell 5.11 viser oversikt over middelveien, etter breddegrad (fra sør til nord). I tabellen ser man også hvor mange verdier som middelveien er beregnet fra. Figur 5.10 viser verdiene fra tabell 5.11 grafisk.

| Stasjon | Ås | Fureneset | Sæter | Reykjavik | Hvanneyri | Vågønes |
|-----------------------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|---------|
| Breddegrad (° N) | 59°40 | 61°18 | 62°37 | 64°08 | 64°34 | 67°18 |
| Antall bak middelen | 4 | 4 | 2 | 3 | 11 | 4 |
| Org.mod. R_s middel | 0,39 | 0,26 | 0,40 | 0,39 | 0,36 | 0,53 |
| Nye mod. R_s middel | 0,36 | 0,25 | 0,36 | 0,33 | 0,31 | 0,50 |

Tabell 5.11: *Middelveien av R_s for hver stasjon, satt opp etter breddegrad fra den sørligste til nordligste stasjonen.*

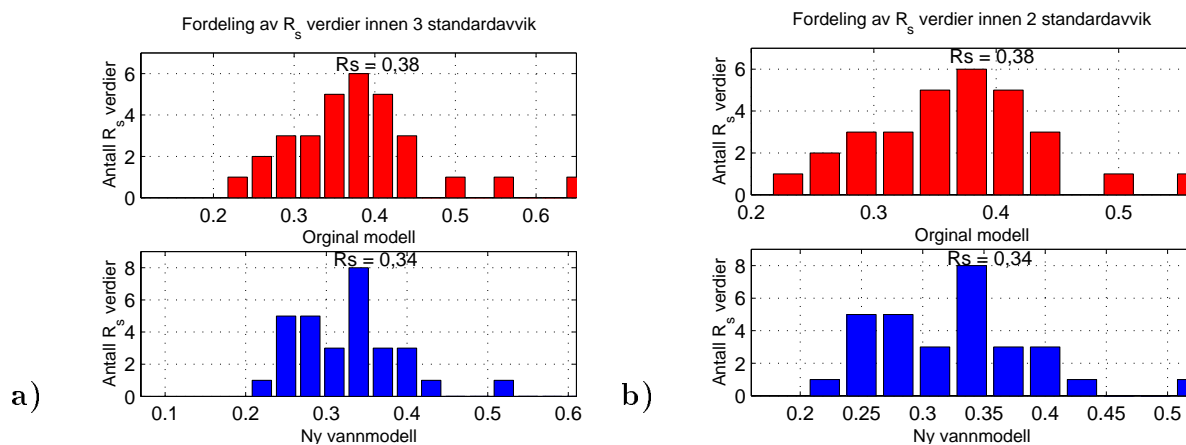
Ut fra figur 5.10 kan en se at trenden er at R_s verdien blir større jo lengre nord man kommer. Unntakene er Vestlandsstasjonen Fureneset, den islandske stasjonen Hvanneyri og fjellstasjonen Sæter. R_s verdien er en teoretisk verdi som er bestemt ut fra modellberegningene. Den er en parameter som kan knyttes til forskjellige starttidspunkt av



Figur 5.10: *Middelverdien av R_s verdiene for hver plass, plottet opp fra den sørligste til den nordligste stasjonen.*

vekstseesongen. Den stasjonen som har liten R_s verdi (Fureneset) er den stasjonen som har rolig start på gressveksten og rolig stigning av produksjonen. Den som har stor R_s verdi (Vågønes) begynner sin vekstseesong seint og har kraftigere stigning av produksjonskurven.

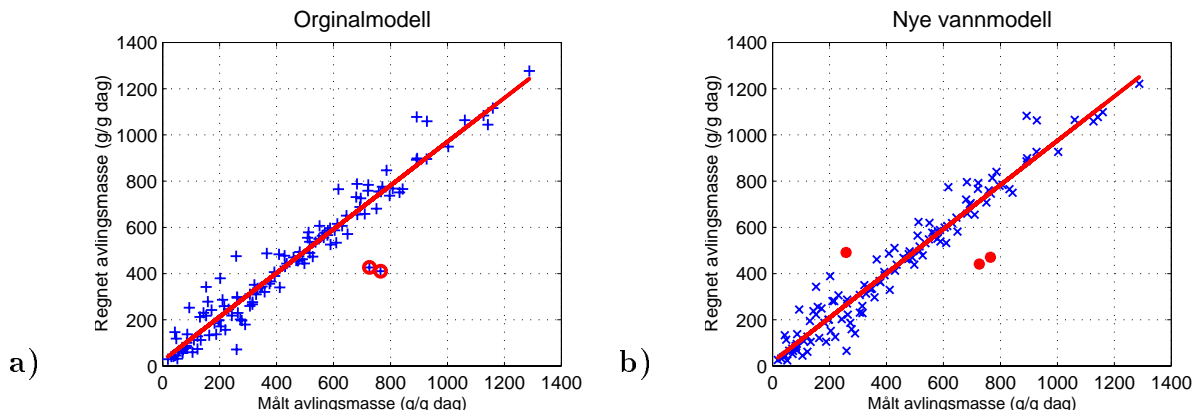
Fra alle R_s verdiene i hver modell ble en middelverdi funnet. For originalmodellen er middelverdien av de 28 beste R_s verdiene funnet å være 0,38 med standardavvik 0,09. D.v.s. $R_{s(mid)} = (0,38 \pm 0,09) g/g dag$. Og i den nye modellen er middelverdien av alle de 28 beste R_s verdiene lik 0,34 med standardavvik 0,09. D.v.s. $R_{s(mid)} = (0,34 \pm 0,09) g/g dag$.



Figur 5.11: *Fordelingen av R_s verdiene i de beste kurvetilpasningene i begge modellene i Norge og på Island. Middelverdien av R_s verdien i originalmodellen er lik 0,38 og i den nye vannmodellen er den $R_s = 0,34$. a) viser verdier innen tre standardavvik fra middelverdien b) viser verdier som faller innen to standardavvik fra middelverdien.*

Figur 5.11 a) viser histogram av de R_s verdiene som faller innen for tre standardavvik og b) viser de R_s verdiene som faller innenfor to standardavvik. I originalmodellen faller 68% av alle R_s verdiene innen et standardavvik og i den nye modellen faller 75% av alle R_s verdien innen et standardavvik.

For å se hvor godt målte og beregnede verdier stemte overens, ble beregnede og målte verdier tatt ut de aktuelle datoene målte verdier finnes. Disse er plottet sammen i figur 5.12 for begge modellene.



Figur 5.12: *Plott av alle målte verdier mot beregnet biomasse aktuelle dager. a) Original modell b) Ny vannmodell.*

I figuren med original modell 5.12 a) er stigningstallet til regresjonslinjen 0,95 og nullpunktet til linjen er 23,46. Standardavviket er 72,95 og maksimum avstand fra regresjonlinjen er 337,54. Største avviket er 4,6 standardavvik fra linjen. Jeg merker de to punktene som er mer enn tre standardavvik fra linjen med en rounding.

I figuren med ny vannmodell 5.12 b) er stigningstallet til regresjonslinjen 0,96 og nullpunktet til linjen er 17,96. Standardavviket er 74,75 og maksimum avstand fra regresjonlinjen er 279,58. Største avviket er 3,7 standardavvik fra regresjonslinjen. Jeg merker de tre punktene som er mer enn tre standardavvik fra linjen med et punkt.

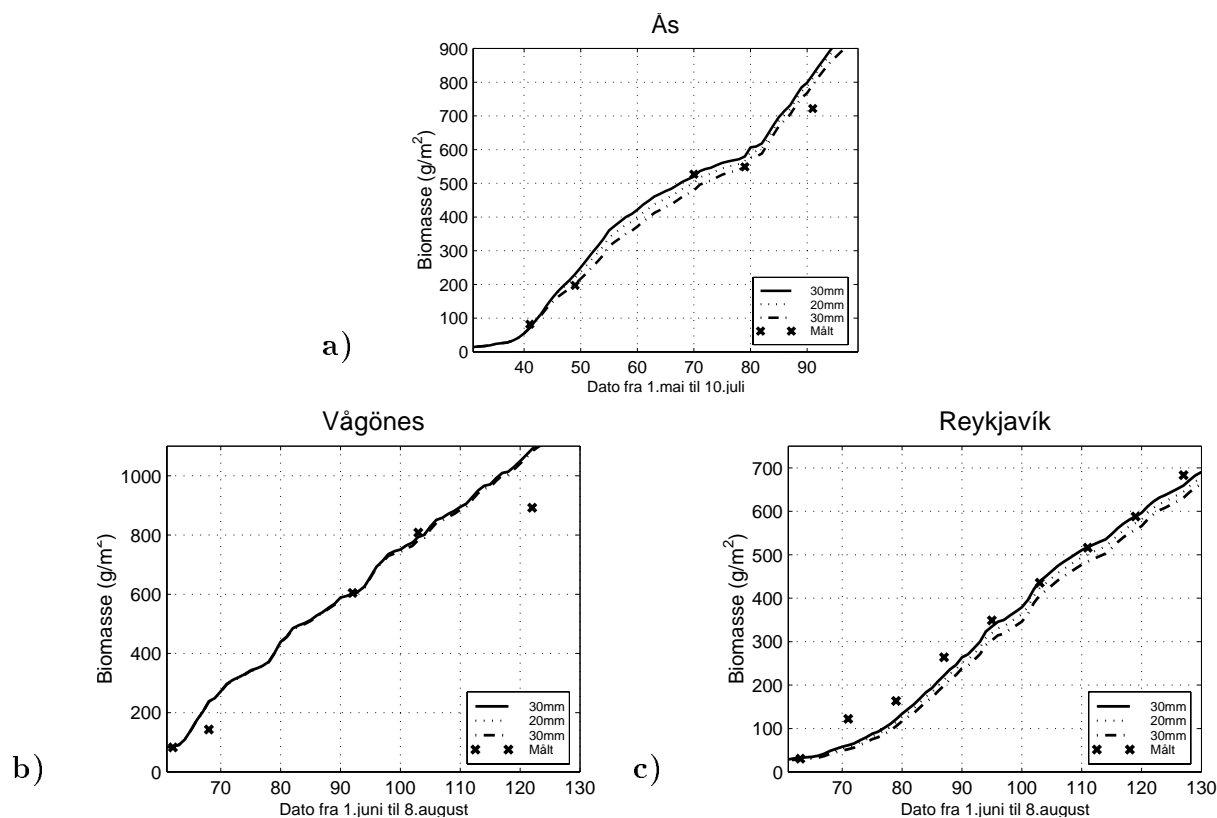
5.3 Forskjellig vanninnhold i det øverste jordlaget i den nye jordvannmodellen

Når den nye jordvannmodellen ble laget, fant jeg ut at forskere ikke er enige i hvor mye jordvann det kan være i øverste jordlagets- evapotranspirasjonsreservoar (SW_1), (figur 3.7). I originalmodellen sier Torssell et al. (1982) at det skal være 10 mm i øverste jordlaget. Det ble derfor brukt når den nye jordvannmodellen kjøres på data fra Norge. Men den islandske forskeren, Thorvaldsson (2000-2001), sier at det øverste jordlaget

kan inneholde 30 mm vann. Derfor ble dette brukt når modellen kjøres på islandske data.

For å teste om det var stor forskjell i det å ha 10 mm, 20 mm eller 30 mm i det øverste jordlaget (SW_1) kjøres ny vannmodell med tre forskjellige jordvanninnhold på tre steder som alle hadde god modelltilpasning; Ås 1994, for N2 gjødsel, Vågøneset 1994, for N1 gjødsel og Reykjavik 1995. Figur 5.13 viser hvordan modellberegningene var på de stedene ut fra forskjellig mengde vann i øverste jordlaget. Jeg valgte å plote perioden 1.mai til 10.juli på Ås og 1.juni til 8.august på Vågønes og i Reykjavik siden det før disse datoene ikke er noen forskjell i modellkjøringene.

Som en kan se av figur 5.13 er det ingen forskjell på Vågøneset i 1994 mellom de ulike vannmengdene i øverste jordlaget. På Ås i 1994 og i Reykjavik i 1995 var det ingen forskjell i begynnelsen, men en liten forskjell ettersom tiden gikk. Dette viser at det kun vil gi små endringer om det er 10mm, 20mm eller 30mm vann i øverste laget i jorden.



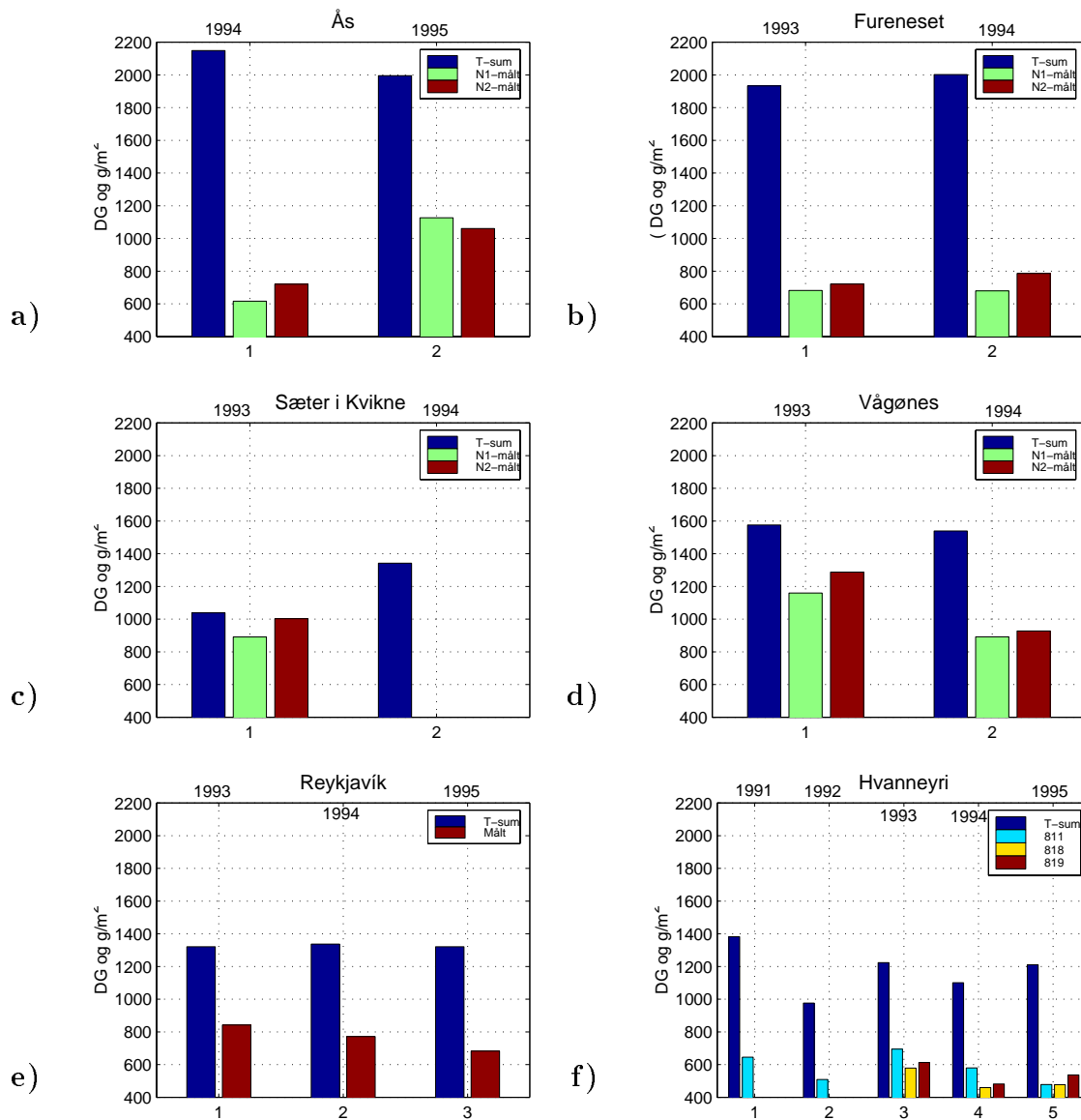
Figur 5.13: *Jordvannmodell med forskjellig mengde av tilgjengelig vann i øverste jordlag ($SW_1 = 10\text{mm}$, 20mm og 30mm) a) Ås 1994 med $R_s = 0,35\text{ g/g dag}$ b) Vågønes 1994 med $R_s = 0,42\text{ g/g dag}$ c) Reykjavik 1995 med $R_s = 0,27\text{ g/g dag}$.*

5.4 Avlingsmasse

For å se sammenhenge mellom biomasse i slutten av vekstperioden og temperatursum i samme periode, plottes nå histogrammer for hver stasjon. Figur 5.14 viser temperatursum (DG) og mengde gressmasse ved siste måling i hver vekstperiode. Siste måling av gressmasse er vanligvis tatt når gresset har vokst fram til full blomstring. Gress vokser vanligvis ikke mye etter blomstring fordi all energien da går over til å lage frø og forberede overvintring (Skjelvåg 1988).

Tallverdiene som er brukt i disse grafene er tatt fra tabell 4.18 (i Klimakapittel) og tabeller A-1 til A-7 (i tilleggskapittel A).

Fra figur 5.14 sees at største sum av døgntemperatur finnes på Ås 1994 (2256 DG) og største mengden av gressmasse finnes på Vågønes i 1993 (1288 g/m^2). På Ås går temperatursummen ned fra 1994 til 1995, mens gressmassen går opp. Det ser derfor ut til at det er høy nok temperatur begge årene og at den ikke påvirker avlingsmengden. På Vågønes går både temperatursummen og avlingsmassen ned fra 1993 til 1994. Av det kan en se at temperaturen påvirker avlingen. Det samme gjelder på Hvanneyri. Der temperatursummen er liten er gressmassen liten, og hvis temperatursummen er stor er avlingen stor. De andre stedene viser ingen klar sammenheng mellom temperatursum og avlingsmasse. Der må det være flere parametre enn temperaturen som spiller inn.



Figur 5.14: *Temperatursum og målt biomasse ved siste måling* på a) Ås 1994 og 1995 b) Fureneset 1993 og 1994 c) Sæter i Kvikne 1993 og 1994 d) Vågønes 1993 og 1994 e) Reykjavík 1993, 1994 og 1995 f) Hvanneyri 1991 til 1995.

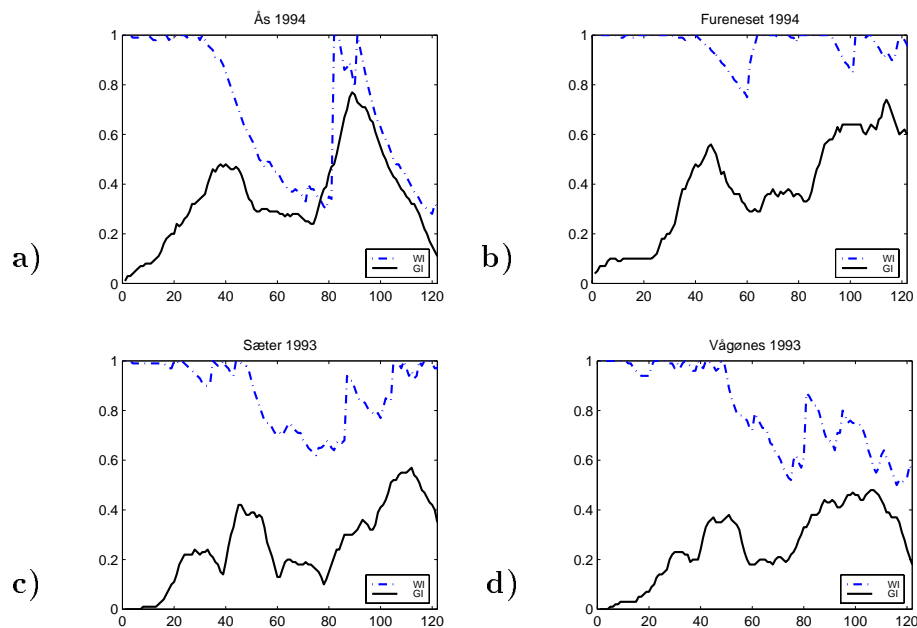
5.5 Klimaindeksen - GI

Når originalmodellen ble testet i Sverige, så forskerne Torssell & Kornher (1983) på innflytelse av vær på modellen gjennom værindeksen GI.

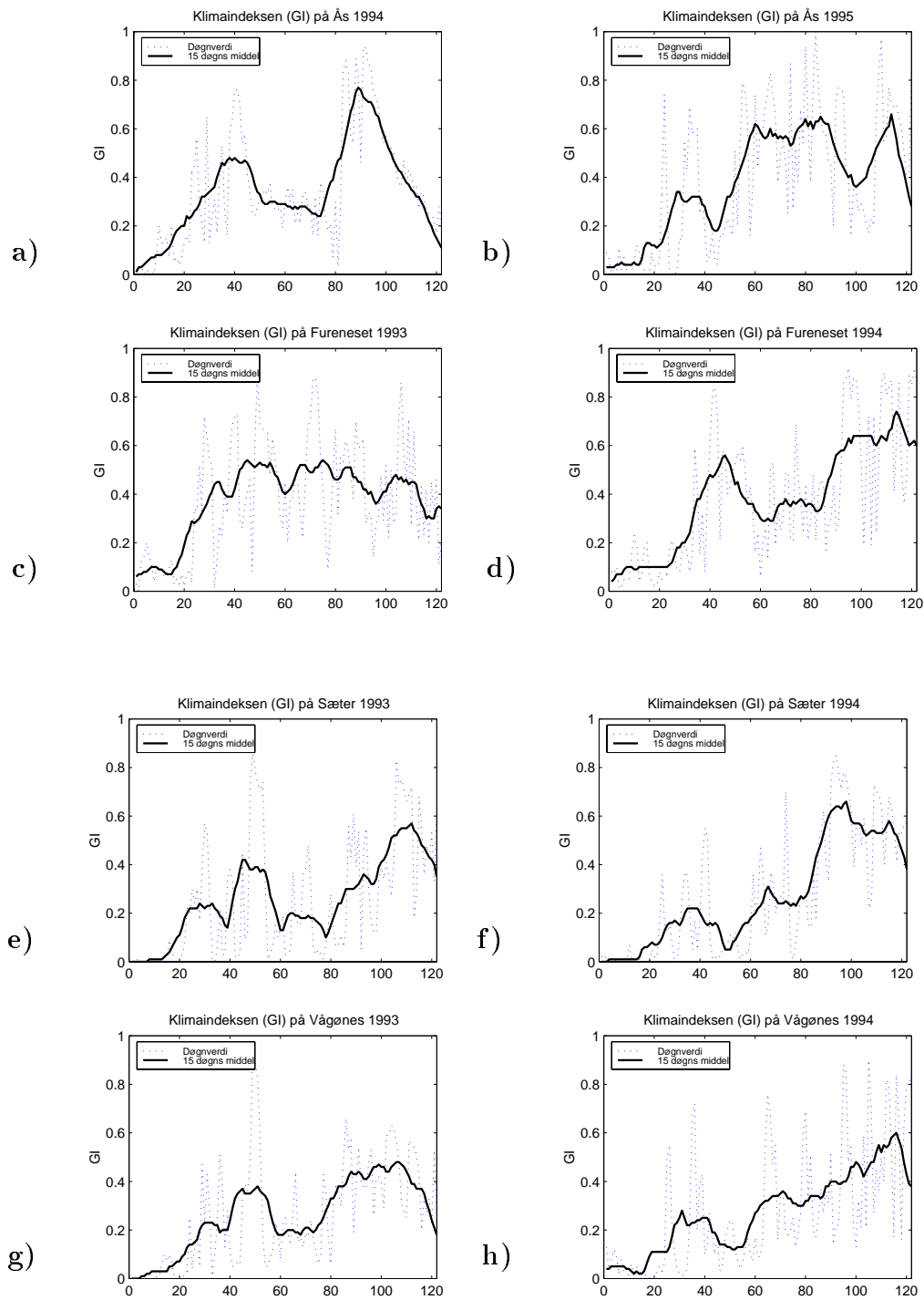
For å se hvordan GI indeksen er på stasjonene i denne oppgaven de bestemte årene oppgaven omhandler, ble alle GI- indeksene plottet. Figurer 5.16 og 5.17 viser GI-indeksen for hvert døgn. For å få glatte kurver ble 15 døgns glidende middel beregnet og denne glatte kurven er plottet opp i samme figurene.

Fra figurene 5.16 og 5.17 kan en se at på de 16 årene som dataene kommer ifra er det kun fire steder som viser samme form for midtsommerdepressjon som figur 3.8(i Modell kapittel). Det er på stasjonene Ås og Fureneset i 1994 og stasjonene Sæter og Vågønes i 1993.

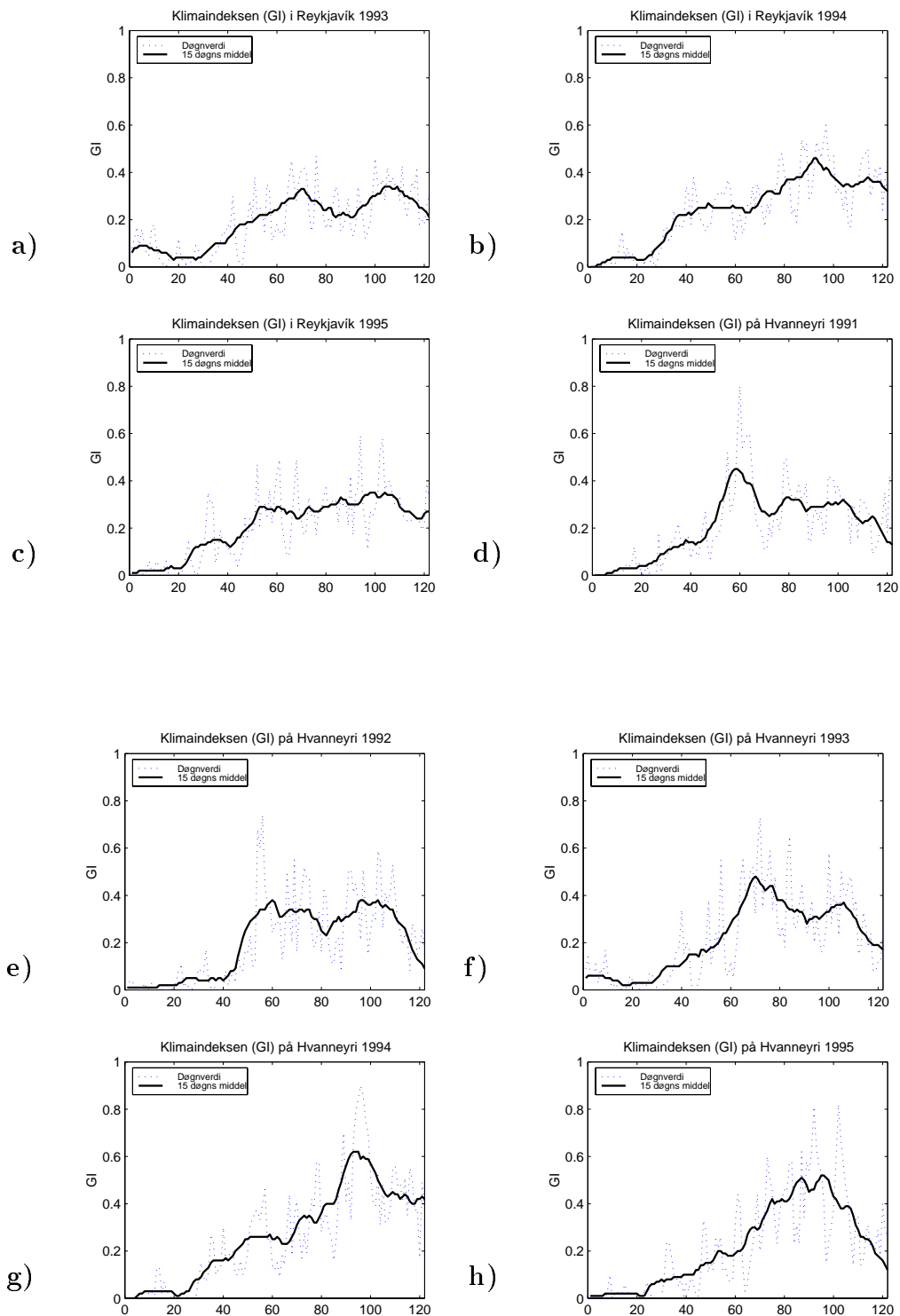
For å undersøke om det er nedbør som styrer midtsommerdepressjonen ser jeg på vanninndeksen (WI) de fire aktuelle årene. Figur 5.15 viser GI og WI plottet fra de fire stasjonene. Der kan man se at midtsommerdepressjonen først og fremst skyldes mangel på vann, kurvene følger hverandre i de periodene GI indeksen avtar midt på sommeren.



Figur 5.15: *Diaframmer fra stedene som viste seg å ha en form for midtsommerdepressjon. Plottet viser vanninndeksen, WI (....) sammen med den multiplikative klimaindeksen, GI(—).*



Figur 5.16: *Klimaindeksen (GI) på de norske stasjonene, døgnverdi (...) og 15 døgns glidende middel (—) i perioden 1.april til 1.august.*



Figur 5.17: *Klimaindeksen (GI) på de islandske stasjonene, dognverdi (...) og 15 døgns glidende middel (—) i perioden 1.april til 1.august.*

Kapittel 6

Diskusjon

6.1 Særtrekk på stasjonene

Ås

Figur 5.1 viser at det ser ut som om det er nedbøren som i hovedsak styrer veksten av gress på Ås. Jevn nedbørtilførsel til plantene fører til større gressmengde enn når nedbøren kommer i store mengder i korte perioder. Fra figuren sees det også at selv om det var kaldere våren 1995 enn i 1994, ble gressproduksjonen større sommeren 1995.

Fureneset

Ut fra figur 5.2 ser man at det er temperatur og stråling som i hovedsak styrer gressveksten på Fureneset. Det er slik at selv om det er stor forskjell i nedbørsmengden de to årene, ser det ut til å være tilstrekkelig med nedbør i 1993.

Sæter i Kvikne

Ut fra figur 5.3 sees det at den forholdsvis varme sensommeren i 1994 gir større gressmasse enn den våte sommeren i 1993. Av dette kan en trekke den slutningen at det er temperatur som har størst betydning for gressveksten på høyfjellsstasjonen, samtidig som man har en konstant nedbørstilførsel. Av dette kan en konkludere med at dersom det er underskudd av vann betyr det mer enn temperatur.

Vågønes

Figur 5.4 viser at 1994 hadde mindre stråling, litt mindre akkumulert temperatur og større gressmasse enn 1993. Fra de dataene jeg har, ser det ut som stråling sammen med temperatur påvirker planteproduksjonen på Vågønes mest.

Reykjavik

Fra figur 5.5 sees det at temperaturen om våren i stor grad styrer hvor stor gressproduksjonen blir i Reykjavik. Lav temperatur om våren fører til lite gress på sensommeren. Mye stråling om sommeren hjelper produksjonen når den er størst. Nedbørstilførsel var minst i 1995 samtidig som det var kaldt hele sommeren og det ble lite gress. Det tyder på at lite nedbør gir lite gress, når det samtidig er kaldt. Marken var frostskadet våren 1993, men det var ikke noen frostskader i 1991. De to årene har liten forskjell i gressproduksjon. Det tyder på at det ikke spiller så stor rolle hvordan marken er, hvis vekstperioden ellers er god.

Hvanneyri

Figur 5.6, 5.7 og 5.8 viser at 1993 var det våteste av alle årene, og at det samme år gav størst gressmasse. I 1993 var det forholdsvis varm om våren og det har stor betydning for gressveksten. 1995 hadde minst gressmasse i slutten av vekstperioden. Dette året hadde lite nedbør, og våren og sommeren var kald.

6.2 Klima

I klimakapittelen, kan en se at alle årene som oppgaven omhandler på Island hadde kaldere vår og somrere enn normalt, både i Reykjavik og på Hvanneyri. Unntaket er sommerne 1991 som var varm. Modellene gir derfor ikke riktig bilde av normal gressvekst på Island.

Ut fra figur 5.1 til 5.8 kan en se at det går lengre tid på sørlandstasjonen Ås fra gressproduksjonen kommer godt i gang i modellen og rekker sin høyeste verdi, sammenlignet med stasjonene som ligger lenger nord, f.eks Vågøneset. Der kommer produksjonen godt i gang når de endelig kommer i gang, men har ikke betydelig mindre avlingsmasse etter sommeren.

6.3 R_s verdi

Figur 5.9 og 5.10 viser at det er mindre startverdi for R_s i den nye modellen enn i originalmodellen. Figur 5.12 viser at alle målepunktene faller bedre mot linjen 1:1 i den nye modellen enn i originalmodellen. Og figur 5.11 viser at en større del av R_s verdien faller innenfor to standardavvik i den nye modellen enn i originalmodellen.

Der relativ veksthastighet (R_s) i modellene er liten, er det lite gress i slutten av vekstperioden. Og der R_s verdien er stor, er gressmassen stor i slutten av vekstperiod-

en. Men en må legge merke til at gresskvalitet ikke er tatt med i denne oppgaven. Det betyr ikke alt at det er mye gress, gresskvaliteten må også å tas med hvis man ser dette fra bondens synspunkt.

Kapittel 7

Konklusjon

Ut fra de dataene som har vært undersøkt i denne oppgaven, kan man ikke se en entydig sammenheng mellom en enkel klimaparameter og gressvekst. Det er avhengig av hvert sted hva som styrer gressveksten der og da. Det ser ut til at mengden av nedbør og fordelingen av nedbøren i vekstperioden har størst innflytelse mange steder, der temperaturen er høy nok. Lite gress er vanligvis knyttet til en kald vår, og lite nedbør på sensommeren d.v.s underskudd på vann, eller temperatur er de reduserende parametrene på de fleste stedene, selv om det finnes unntak. Derfor kan jeg si meg enig med det danske professoren Aslyng sa; En av viktigste og størst varierende landbruksmeteorologiske parameter er nedbør (Aslyng & Hansen 1982).

I Norge er det “generelt” slik at det som reduserer veksten på Østlandet er, i enkelte år, for lite nedbør, mens det på nordligere lokaliteter er temperaturen som spiller større rolle.

På vest-Island er det “generelt” slik at det er høy temperatur om våren og jevn nedbør sammen med mye stråling om sommeren som gir størst gressmasse.

I Bonesmos doktoravhandling sies det at høy temperatur (TI) i juni og god tilgang på plantetilgjengelig vann i juli (WI) peker mot mest gressmasse. . Om våren er det små røtter og de tåler ikke tørke. Når de har vokst mer tåler de mere. I Wieringa & Lomas (2001) sier at for korn, gjelder det at høy temperatur på tidlig utviklingssted reduserer avling. For tidlig blomstring fører til mangelfull bladforming og rotvekst som gir små aks. Hos timotei er der mye bladvekst som gir størstsavling. Av det kan en sie at lite rotvekst og lite bladvekst er stekt påvirket av vårtemperatur.

Praktisk bruk av modellene og videre arbeid ?

For å kunne forutsi hvordan gressvekst et bestemt sted vil være en kommende sommer, må man se på et stort antall tidligere år og finne den R_s verdien som gjelder generelt for denne stasjonen.

Begge gressvekstmodellene kan brukes på enkeltstedet når man vet bestemte startbetingelser, f.eks jordtype, generell verdi for relativ veksthastighet på stasjonen og har tilgang til de klimavariablene som trengs i modellkjøringene. Da kan man bruke disse modellene midt på sommeren for å finne ut om gressveksten blir god samme sommer, eller om det ser ut til å bli en dårlig gress-sommer.

Det som kunne være interessant er å se hvordan modellen passer sammen med klimaet som har vært hele vinteren før modellen kjøres. Gresset som modellen brukes på er flerårig gress slik at overvintring betyr mye. Hvordan var forrige høst og vinter? Men det er et spørsmål som ikke vil bli besvart i denne oppgaven.

Bibliografi

- Angus, J. F., Kornher, A. & Torssell, B. W. R. (1980), 'A system approach to estimation of Swedish ley production. - Progress report 1979/80', *Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 85* .
- Aslyng, H. (1971), *Forelæsinger over Vanding i jordbruget*, Kulturteknik II, 3.utgave edn, DSR Forlag, Den Kgl. Veterinær- og langbohøjskole.
- Aslyng, H. & Hansen, S. (1982), *Water Balance and Crop Production Simulation*, Hydrotechnical Laboratory, The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen.
- Aune, B. (1993a), 'Nedbørnormaler - normalperiode 1961 - 1990', *DNMI Klima - rapport* .
- Aune, B. (1993b), 'Temperaturnormaler - normalperiode 1961 - 1990', *DNMI Klima - rapport 02* .
- Bjørnbæk, G. (1998), *Norsk vær i 100 år*, Teknologisk Forlag.
- Bonesmo, H. S. (1999), 'Spring Growth and Regrowth Rates of Timothy and Meadow Fescue Swards. = Vårvekst- og gjenvekstrater i timotei- og engsvingeleng', *Doctor scientiarium theses / Norges landbukshøskole = Agricultural University of Norway; 1999:8* .
- Bruun, I. (1967), 'Standard normals 1931-1960 of the air temperature in Norway', *Climatological Summaries for Norway, Det Norske Meteorologiske Institutt* .
- Brynjólfsson, R. (2000-2001), 'Muntlige/skriftlige opplysninger', *E-mail, brev* .
- Einarsson, M. (1981), *Veðurfræði*, Iðunn, Reykjavik.
- Fimreite, N. (1995), *Innføring i økologi*, Det Norske samlaget, Oslo.
- Fremming, Ø. (1994), 'Været i 1993 - en årsoversikt', *Vær & klima - Populærvitenskapelig tidsskrift 1*. pp. 28-29.

- Fremming, Ø. (1995), 'Været i 1994', *Vær & klima - Populærvitenskapelig tidsskrift* 1. pp. 3–6.
- Geisler, G. (1980), *Pflanzenbau : ein Lehrbuch : biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion.*, Paul Parey, Berlin.
- Goudriaan, J. & Monteith, J. (1990), 'A Mathematical Function for Crop Growth Based on Light Interception and Leaf Area Expansion', *Annals of Botany*, 66 pp. 695–701.
- Grønnerød, B. (1992), *Grasarter, Notater til forelesninger om ENG- OG BEITE-DYRKING I PK23/24*, Institutt for plantekultur, Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH.
- Helgadóttir, Á. (2001), 'Nytjaplöntur á Íslandi 2001', p. 14.
- Helgason, E. (Reykjavík 1899), 'Skýrsla um aðgjörðir og efnahag', *Búnaðarfélag suðurlandsins* p. 26.
- Hubbard, C. (1968), *Grasses, A guide to their structure, identification, uses, and distribution in the British Isles*, Penguin Books.
- Internett (5.oktober 2001a), '<http://members.tripod.com/Vegtam/aasatru.html>'.
- Internett (5.oktober 2001b), '<http://www.webtannlegen.no/PRIVAT/guder.html>'.
- Johansson, W. (1973/74), 'Metod för beräkning av vatteninnehåll och vattenomsättning i odlad jord med ledning av meteorologiska data.', *Grundförbättring*, 26 pp. 57–153.
- Kornher, A. & Torssell, B. W. R. (1983a), 'Estimation of Parameters in a Yield Prediction Model for Temporary Grassland using Regional Experimental Data', *Swedish Journal of Agricultural Research* 13 (3) pp. 137–144.
- Kornher, A. & Torssell, B. W. R. (1983b), 'Simulation of Weather * Management Interactions in Temporary Grasslands in Sweden', *Swedish Journal of Agricultural Research*, 13 (3) pp. 145–155.
- Kristensen, K. & Jensen, S. (1975), 'A model for estimating actual evapotranspiration from potential evapotranspiration', *Nordic Hydrology* 6 .
- Kristjánsson, G., ed. (1956), *Fóðurjurtir - Fræðslurit*, Vol. 24, Búnaðarfélag Íslands.
- Marker, E. (197?), 'Korte trekk av Norges klima', *B box 353, Det Kgl. norske vidensk. selsk. bibl.* p. 8bl.

- Naumann, J. (1809), 'Om Timotei - Græsset', *Norske Landvæsens Samlinger 1*. pp. 220 – 242.
- Óskarsson, M. (2000), 'Vallarfoxgras', *Freyr*, 6 pp. 11–13.
- Pálsdóttir, T. (2001), 'Ikke trykte klimaopplysninger', *Fra klimaavdelingen på Veðurstofa Íslands*.
- Penman, H. (1948), 'Natural evaporation from open water, bare soil and grass', *Proc. Roy. Soc. A*, 193 pp. 120–146.
- Plauborg, F. & Olsen, J. (1991), 'Utvikling og validering af modellen MARKVAND til vandingsstyring i landbruget.', *Tidsskrift for Planteavl's Specialserie nr.S2113*.
- Skaar, E. (1989), 'Kartlegging av vanningsbehov i Aust-Agder - A simpel irrigation model used with meteorological data from Aust-Agder', *Norsk Landbruksforskning* 3. pp. 185 – 193.
- Skjelvåg, A. O. (1988), 'Ytre vekstfaktorer og planteproduksjon', *Landbruksbøkkhandelen*.
- Skjelvåg, A. O., Skaar, E., Riley, H., Braadshaug, O. H., Øyen, J. & Samuelsen, R. T. (1993), 'Produksjonesmodell for eng. Tilpassning til norsk klima og plantematerial. Rapport om feltforsøk, førebels analysar og konklusjoner', *Faginfo / Statens fag-tjeneste for landbruket 1993: Nr 33* p. 59s.
- Sverdrup, J. (1838), 'Om Timothæigræssets fortrinlige Værd som Foder og Anvisning til sammes Dyrkning.', *Den Erfarne Landmand 2*. pp. 121 –128.
- Thomsen, A. (1992), 'Calculation af evaporation from vegetated surfaces: A Danish perspective', *Nordic Hydrological Programme, NHP report nr;31* pp. 31–40.
- Thorskegga, T. (4.oktober 2001), 'Frey fra "Gods of England" serie', <http://www.thorshof.org/freypic.htm>.
- Thorvaldsson, G. (1994), 'Gróður i íslenskum tünnum', *Ráðunautafundur* pp. 214–219.
- Thorvaldsson, G. (1996), 'Áhrif veðurþátta á byrjun gróanda og grænku túna og úthaga', *Búvísindi - ICEL.AGR.SCI. 10* pp. 165–176.
- Thorvaldsson, G. (2000-2001), 'Muntlige/skriftlige opplysninger', *E-mail brev*.
- Thorvaldsson, G. & Andersson, S. (1986), 'Variations in Timothy Dry Matter Yield and Nutritional Value as Affected by Harvest Date, Nitrogen Fertilization, Year and Location in Northern Sweden', *Acta Agric Scand 36*. pp. 367–385.

- Thorvaldsson, G. & Björnsson, H. (1990), 'The effects of weather on growth, crude protein and digestibility of some grass species in Iceland.', *Búvísindi - ICEL.AGR.SCI.* 4 pp. 19–36.
- Torssell, B. & Kornher, A. (1983), 'Validation of a Yield Prediction Model for Temporary Grasslands', *Swedish Journal of Agricultural Research*, 13 (3) pp. 125–135.
- Torssell, B. W., Korner, A. & Svensson, A. (1982), 'Optimization of parameters in a yield prediction model for temporary grasslands', *Rapport/ Sveriges landbruksuniversitet, Institutionen för växtodling; Nr 112* p. 33s.
- Utaaker, K. (1991), *Mikro- og lokalmeteorologi. Det atmosfæriske miljø på liten skala*, Alma Mater forlag AS.
- Veðurstofa-Íslands (1991-1995), 'Tiðarfarsyfirlit', *Veðráttan- Ársyfirlit samið á veðurstofunni* .
- Wallace, J. M. & Hobbs, P. V. (1977), *Atmospheric Science - An introductory survey*, Academic Press.
- Whitaker, R., Burroughs, W. J., Crowder, B., Robertson, T. & Vallier-Talbot, E. (1998), *Været-meteorologi for alle*, Gyldendal.
- Wieringa, J. & Lomas, J. (2001), *Lecture notes for training agricultural meteorological personnel*, number 551 in 'WMO', second edn, World Meteorological Organization, Geneva - Switzerland.

Tillegg A

Avlingsdata

A.1 Norske avlingsmålinger

Fra hver stasjon finnes fem avlingsregisteringer hvert år for vårvekst i timotei. De høstetidspunktene er valgt ut fra klart definerte fenologiske stadier; bladstadium, stengelstrekking, begynnende skyting, full skyting og blomstring. (Bonesmo 1999).

| 1993 | | | | | | |
|----------|-----------------------------|-------|-------|--------|---------|--------|
| | Stasjoner og gjødslingsnivå | | | | | |
| | Fureneset | | Sæter | | Vågønes | |
| | N1 | N2 | N1 | N2 | N1 | N2 |
| Dato | | | | | | |
| 15.mai | 44,8 | 38,2 | | | | |
| 22.mai | 109,5 | 85 | | | | |
| 27.mai | | | | | 93,2 | 202,3 |
| 29.mai | | | 47,7 | 46,6 | | |
| 1.juni | | | | | 152,5 | 258,3 |
| 8.juni | 333,8 | 328,4 | | | | |
| 12.juni | | | 171,7 | 210,2 | | |
| 18.juni | 516,1 | 490,3 | | | | |
| 30.juni | | | | | 759,1 | 893,9 |
| 9.juli | | | | | 926,8 | 1141,7 |
| 10.juli | | | 589,7 | 569,1 | | |
| 15.juli | | | 630,4 | 709,3 | | |
| 17.juli | 682,4 | 721,1 | | | | |
| 23.juli | | | | | 1159,6 | 1287,7 |
| 3.august | | | 891,3 | 1003,1 | | |

Tabell A-1: *Avlingsmasser (g/m²) i Norge 1993. Gjødslingsnivå N1= 8 g/m² nitrogengjødsel og N2 = 12 g/m² nitrogengjødsel.*

| 1994 | | | | | | |
|---------|-----------------------------|-------|-----------|-------|---------|-------|
| | Stasjoner og gjødslingsnivå | | | | | |
| | Ås | | Fureneset | | Vågønes | |
| | N1 | N2 | N1 | N2 | N1 | N2 |
| Dato | | | | | | |
| 11.mai | 71,5 | 82,2 | | | | |
| 19.mai | 182,2 | 197,6 | | | | |
| 28.mai | | | 81 | 86,6 | | |
| 1.juni | | | | | 83 | 80,9 |
| 4.juni | | | 122,3 | 196,1 | | |
| 7.juni | | | | | 143,5 | 152,9 |
| 9.juni | 468,7 | 526,8 | | | | |
| 18.juni | 609,8 | 548,7 | 315,3 | 378,6 | | |
| 25.juni | | | 411 | 497,9 | | |
| 30.juni | 619,9 | 721,9 | | | | |
| 1.juli | | | | | 604,2 | 649,2 |
| 12.juli | | | | | 808,1 | 831,7 |
| 23.juli | | | 679,6 | 786,1 | | |
| 31.juli | | | | | 891,9 | 927,9 |

Tabell A-2: *Avlingsmasser (g/m²) i Norge 1994. Gjødslingsnivå N1= 8 g/m² nitrogengjødsel og N2 = 12 g/m² nitrogengjødsel.*

| 1995 | | |
|---------|---------------------------|--------|
| | Stasjon og gjødslingsnivå | |
| | Ås | |
| | N1 | N2 |
| Dato | | |
| 23.mai | 57,9 | 68,9 |
| 2.juni | 216 | 231,3 |
| 7.juni | 725,6 | 764,8 |
| 23.juni | 766,6 | 797,1 |
| 18.juli | 1126,5 | 1060,9 |

Tabell A-3: *Avlingsmasser (g/m²) i Norge 1995. Gjødslingsnivå N1= 8 g/m² nitrogengjødsel og N2 = 12 g/m² nitrogengjødsel.*

A.2 Islandske avlingsmålinger

Avlingsmålingene på Hvanneyri på Island ble tatt bestemte datoer hvert år, uavhengig av fenologisk stadium. Men i Reykjavik var det fenologiske stadium undersøkt de aktuelle datoene og dette ble registrert sammen med avlingsmålingene. (Brynjólfsson 2000-2001) og (Thorvaldsson 2000-2001).

| | Forsøk nr; 811-91. | | | | |
|------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| Dato | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 |
| 20.6 | 261,40 | 220,08 | 357,93 | 188,14 | 259,78 |
| 30.6 | 429,63 | 306,33 | 474,65 | 315,39 | 272,68 |
| 10.7 | 565,44 | 392,14 | 560,90 | 365,54 | 322,40 |
| 20.7 | 645,57 | 508,98 | 695,20 | 580,18 | 487,21 |

Tabell A-4: *Avlingsmasse (g/m²) på Hvanneyri 1991-1995.*

| | Forsøk nr; 818-93. | | |
|------|--------------------|--------|--------|
| Dato | 1993 | 1994 | 1995 |
| 1.7 | 306,50 | 289,81 | 131,00 |
| 21.7 | 578,68 | 459,40 | 477,80 |

Tabell A-5: *Avlingsmasse (g/m²) på Hvanneyri 1993-1995.*

| | Forsøk nr; 819-93. | | |
|------|--------------------|--------|--------|
| Dato | 1993 | 1994 | 1995 |
| 1.7 | 374,45 | 277,76 | 158,43 |
| 21.7 | 613,33 | 481,48 | 536,85 |

Tabell A-6: *Avlingsmasse (g/m²) på Hvanneyri 1993-1995.*

| | 1993 | 1993 | 1994 | 1994 | 1995 | 1995 |
|------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|
| Dato | fen.stad. | g/m^2 | fen.stad. | g/m^2 | fen.stad. | g/m^2 |
| 25.5 | Bladstadium | 51,5 | Bladstadium | 18,3 | | |
| 2.6 | “ | 104,9 | “ | 70,0 | Bladstadium | 30,5 |
| 10.6 | ” | 204,1 | “ | 133,8 | “ | 122,3 |
| 18.6 | Stengelstrekk. | 261,8 | Stengelstrekk. | 242,8 | Stengelstrekk. | 163,4 |
| 26.6 | “ | 393,4 | “ | 343,4 | Beg.skyting | 263,9 |
| 4.7 | Beg. skyting | 428,1 | Beg. skyting | 408,3 | ” | 348,9 |
| 12.7 | Full skyting | 512,5 | | 550,8 | | 435,6 |
| 20.7 | Blomstring | 692,8 | | 750,9 | | 516,1 |
| 28.7 | ” | 842,8 | | 771,6 | | 588,0 |
| 5.8 | | | | | | 683,3 |

Tabell A-7: *Avlingsmasser (g/m^2) og fenologisk stadium (fen.stad.), der det finnes i Reykjavik 1993 -1995.*

Tillegg B

Modellene

B.1 Gressmassemodell

Modifisert modell fra Tørssell

Dette er en modifisert utgave av vekstmodellen som orgnialt er skrevet av Tørssell som et optimalisert programsett som beregner numeriske verdier av spesifiserte parametre. Vekstmodellen beregner daglig vekstøkning.

De symboler som er brukt her er ikke de samme som i symbollisten, med noen unntak. Her er det brukt programmeringsspråk og det blir ikke forklart her.

Modellene er skrevet med FORTRAN programmeringsspråk og input er klimadata (på MI2-form).

Program : PMOD-002.FOR

```
DIMENSION P(11),PAR(10)
REAL LAI,AGE,RGR,DWDT,YREG

CHARACTER*20 FIL1,FIL2
WRITE(*,'(" GI NAVN TIL INPUTFIL :")')
READ(*,'(A)') FIL1
WRITE(*,'(" GI NAVN TIL OUTPUTFIL :")')
READ(*,'(A)') FIL2

OPEN(1,FILE=FIL1,STATUS='OLD')
OPEN(2,FILE=FIL2,STATUS='UNKNOWN')
OPEN(3,FILE='info.dat',STATUS='OLD')
```

```

READ(3,*) (P(I),I=1,11)
CLOSE (3)

```

```

WRITE(2,100)
100 FORMAT(1X,'DT',2X,'MN',3X,'Temp',3X,'Ned',2X,'Qglo',3X,'ETE0',
3X,'EA',3X,'SW',4X,'RI',4X,'TI',4X,'WI',4X,'GI',3X,'LAI',3X,'AGE',
4X,'RGR',4X,'GR',6X,'Y')

```

```

PDEV = 0.
SW = P(10)
YREG = P(1)

```

START OF SEASON

Modellen begynner 1.april og avslutter sine beregninger 1.september. Den leser inn startverdier av jordvanninnhold og andre parametre.

```

130     READ(1,*,END=250) NST,IAR,MND,IDT,(PAR(I),I=1,10)
        IF(MND.LT.4) GO TO 130
        IF(MND.GT.8) GO TO 250
120     RAIN=PAR(9)
        RAD=PAR(7)
        E0=PAR(10)
        TMEAN=PAR(1)

```

RADIATION INDEX

$$RI=(1.-EXP(-P(6)*RAD/P(5)))/(1.-EXP(-P(6)))$$

TEMPERATURE INDEX

```

P8=P(7)-P(8)
DEV=TMEAN-P(7)
V=ABS(DEV)
IF(V.GT.P8) GO TO 150
IF(TMEAN.LT.6..AND.MND.EQ.4) GO TO 150
XXX=V/P8
IF(XXX.LT.0.5) GO TO 140
TI=0.5*(2.*(1.-XXX)**P(9))

```

GO TO 160

```
140    TI=1.-0.5*(2.*XXX)**P(9)
      GO TO 160
150    TI=0.
160    CONTINUE
```

WATER BALANCE AND SOIL WATER INDEX

```
LAI=SQRT(YREG/10.)
WI=AMAX1(0.,(AMIN1(1.,(SW/(P(11)*P(10))))))
ETE0=(9+LAI*7)/30.
EA=E0*WI*AMIN1(1.,ETE0)
SW=AMIN1(P(10),(SW+RAIN-EA))
```

GROWTH INDEX

```
GI=RI*TI*WI
```

RELATIVE GROWTH RATE

```
AGE=1./(1.+(LAI/P(3))**P(4))
RGR=P(2)*AGE
```

GROWTH

```
170    DWDT=YREG*P(2)*GI*AGE
      YREG = YREG + DWDT
```

PRINT RESULTS

```
180    WRITE(2,190) IDT,MND,PAR(1),PAR(9),PAR(7),ETE0,EA,
      SW,RI,TI,WI,GI,LAI,AGE,RGR,DWDT,YREG
190    FORMAT(I3,2X,I2,5F6.1,F7.1,7F6.2,2F7.1)
      GO TO 130
250    CLOSE (1)
      CLOSE (2)
      STOP
      END
```

B.2 Jordvannmodell

Modifisering av modifisert modell fra Torssell

Dette er den utgaven av jordvannmodellen som ble brukt i oppgaven. Den tar utgangspunkt i Torssells vekstmodell og hovedendringene som ble gjort er i den delen som beregner fordeling av nedbør og fordeling av fordampning. Den erstatter den delen som heter "Water balance and soil water index" i originalmodellen. Det ble også gjort endringer med input parametrene i modellen slik at den tar inn todelt jordvannparametre, mens originalen kun tar inn en jordvannparameter.

Program : PMOD-003.FOR

```
DIMENSION P(12), PAR(10)
REAL LAI, AGE, RGR, DWDT, YREG

CHARACTER*20 FIL1, FIL2
WRITE(*, '( " GI NAVN TIL INPUTFIL :")')
READ(*, '(A)') FIL1
WRITE(*, '( " GI NAVN TIL OUTPUTFIL :")')
READ(*, '(A)') FIL2

OPEN(1, FILE=FIL1, STATUS='OLD')
OPEN(2, FILE=FIL2, STATUS='UNKNOWN')
OPEN(3, FILE='info.dat', STATUS='OLD')
READ(3, *) (P(I), I=1, 12)
CLOSE (3)

WRITE(2, 100)
100 FORMAT(1X, 'DT', 2X, 'MN', 3X, 'Temp', 3X, 'Ned', 2X, 'Qglo', 3X, 'ET0',
2X, 'EA', 3X, 'SW1', 4X, 'SW2', 5X, 'RI', 4X, 'TI', 4X, 'WI', 4X, 'GI', 3X, 'LAI',
3X, 'AGE', 3X, 'RGR', 4X, 'GR', 5X, 'Y')

PDEV = 0.
SW0 = 0.
SW1 = P(12)
SW2 = P(10) - P(12)
YREG = P(1)
```

START OF SEASON

```

130    READ(1,*,END=250) NST,IAR,MND,IDT,(PAR(I),I=1,10)
      IF(MND.LT.4) GO TO 130
      IF(MND.GT.8) GO TO 250
120    RAIN=PAR(9)
      RAD=PAR(7)
      E0=PAR(10)
      TMEAN=PAR(1)

```

RADIATION INDEX

$$RI=(1.-EXP(-P(6)*RAD/P(5)))/(1.-EXP(-P(6)))$$

TEMPERATURE INDEX

```

      P8=P(7)-P(8)
      DEV=TMEAN-P(7)
      V=ABS(DEV)
      IF(V.GT.P8) GO TO 150
      IF(TMEAN.LT.6..AND.MND.EQ.4) GO TO 150
      XXX=V/P8
      IF(XXX.LT.0.5) GO TO 140
      TI=0.5*(2.*(1.-XXX)**P(9))
      GO TO 160

140    TI=1.-0.5*(2.*XXX)**P(9)
      GO TO 160
150    TI=0.
160    CONTINUE

```

$$LAI=\text{SQRT}(YREG/10.)$$

FORDELING AV NEDBØR

```

      RR0 = 0.5*LAI
      IF(RR0.GT.1.25) RR0 = 1.25
      RR1 = AMIN1((RR0-SW0),RAIN)
      SW0 = SW0 + RR1
      RAIN = RAIN - RR1

```

```

RR2 = AMIN1((P(12)-SW1),RAIN)
SW1 = SW1 + RR2
RAIN = RAIN - RR2
SW2 = SW2 + RAIN
IF(SW2.GT.(P(10) - P(12))) SW2 = P(10) - P(12)

```

FORDELING AV FORDAMPING

```

ETE0 = E0*(0.15+((1.- 0.15)/2.5)*(LAI/(1.+ LAI/P(3))))
EA0 = AMIN1(SW0,ETE0)
ETE1 = ETE0 - EA0
EA1 = AMIN1(SW1,ETE1)
ETE2 = ETE1 - EA1
EA2 = ETE2*SW2/((P(10)-P(12))*P(11))

WI = AMAX1(0.,(AMIN1(1.,(SW2/(P(11)*(P(10)-P(12)))))))
IF(ETE1.LE.SW1) WI = 1.
SW0 = SW0 - EA0
IF(SW0.LT.0.) SW0 = 0.
SW1 = SW1 - EA1
IF(SW1.LT.0.) SW1 = 0.
SW2 = SW2 - EA2
IF(SW2.LT.0.) SW2 = 0.
IF(SW1.GT.P(12)) SW1 = P(12)

EA = EA0 + EA1 + EA2

```

GROWTH INDEX

```

GI=RI*TI*WI

```

RELATIVE GROWTH RATE

```

AGE=1./(1.+(LAI/P(3))*P(4))
RGR=P(2)*AGE

```


GROWTH

```
170    DWDT=YREG*P(2)*GI*AGE
      YREG = YREG + DWDT
```

PRINT RESULTS

```
180    WRITE(2,190) IDT, MND, PAR(1), PAR(9), PAR(7), ETE0, EA,
      SW1 ,SW2, RI, TI, WI, GI, LAI, AGE, RGR, DWDT, YREG
190    FORMAT(I3,2X,I2,4F6.1,F5.1,3F7.2,7F6.2,F7.1)
      GO TO 130
250    CLOSE (1)
      CLOSE (2)
      STOP
      END
```


Tillegg C

Regneformler

C.1 Fordampning - Penmans formel

For å beregne potensiell fordampning i mm, brukes Penmans formel for evapotranspirasjon for en flate med kortvokst gress i god vekst med rikelig tilgang til vann (Penman 1948);

$$Ep = \frac{1}{L} \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \left(Q_{net} + 0.13e_s L \frac{\gamma}{\Delta} \left[\left(1 + V_{mid} \right) \left(1 - \frac{RF}{100} \right) \right] \right) \quad (C-1)$$

Der L = fordampningsvarme for vann, $L = 2.5 \times 10^6 Jkg^{-1}$, γ er psykrometerkonstanten, $\gamma = 0.65 hPaK^{-1}$, Q_{net} = nettostråling (Wm^{-2}) og V_{mid} (ms^{-1}) er midlere vindstyrke i døgnet.

Stigningstallet, Δ , som er tangenten til kurven for metningstrykket til vanndamp ved lufttemperatur T ($hPaK^{-1}$) er gitt ved;

$$\Delta = \frac{Le_s}{T_k^2 R_v} \quad (C-2)$$

Der er R_v gasskonstant for vanndamp, $R_v = 461 Jkg^{-1}K^{-1}$ og e_s (hPa) er metningsstrykket for vanndamp som er tilnærmet gitt ved uttrykket;

$$e_s = e_{10} \exp(X) \quad (C-3)$$

Og X er gitt ved ;

$$X = \frac{L}{461} \left(\frac{1}{283.15} - \frac{1}{T_k} \right) \quad (C-4)$$

e_{10} er metningstrykk for vanndamp ved 10 °C (12.272 hPa) og T_k er i disse utregningene middeltemperaturen i døgnet (°K).

T_k regnes med Køppens formel (Bruun 1967);

$$T_k = T_3 - K_s(T_3 - T_{min}) \quad (\text{C-5})$$

Der er T_{min} minimumstemperatur i døgnet (°C), K_s er konstant som er gitt for en bestemt stasjon og måned og T_3 er middelverdien av temperaturene klokken 06, 12 og 18 UTC gitt ved;

$$T_3 = \frac{1}{3}(T_6 + T_{12} + T_{18}) \quad (\text{C-6})$$