



Norwegian
Meteorological Institute
met.no

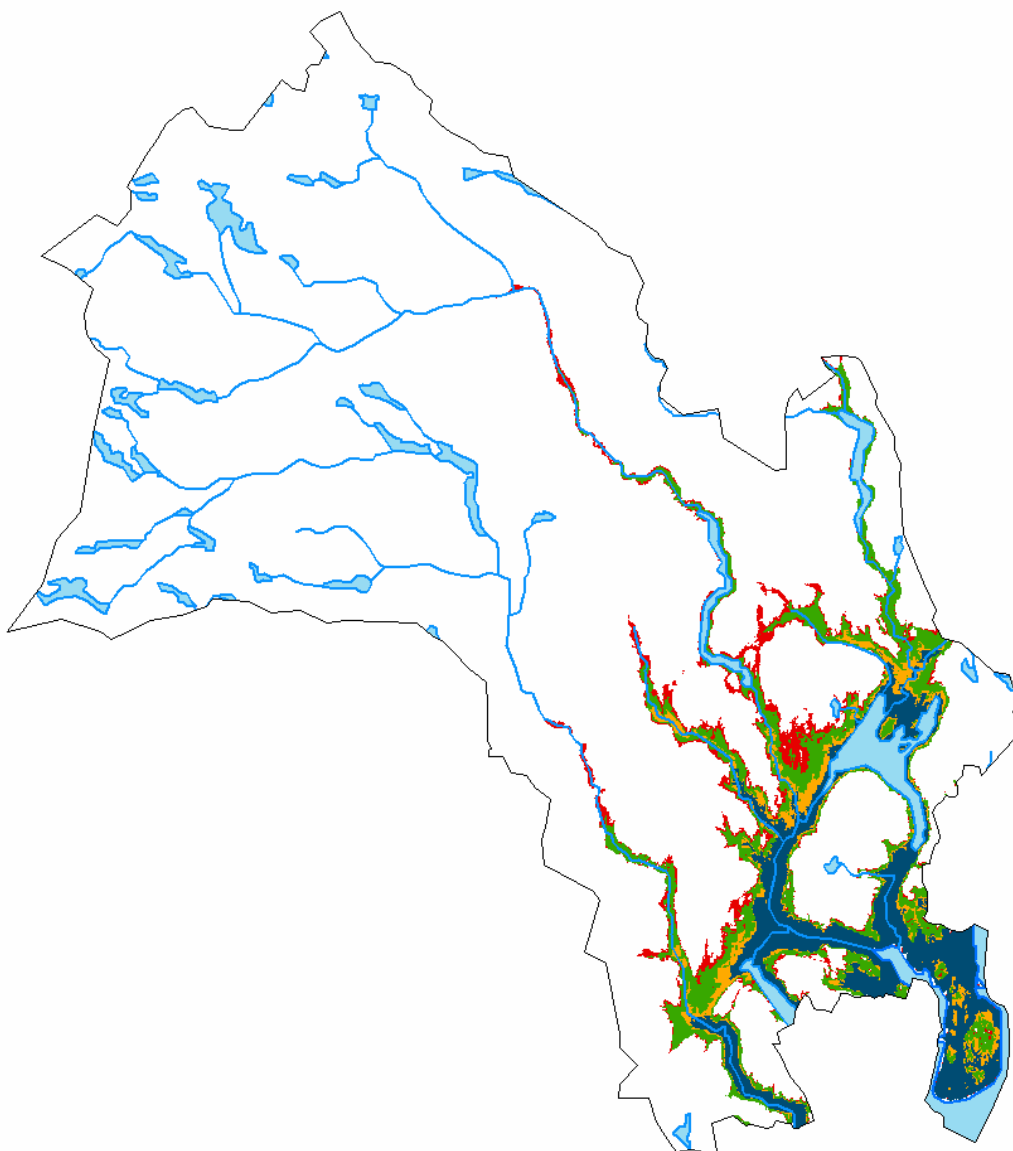
met.no report

no. 16/2007
Klima

Fruktdyrking og klima

- en agroøkologisk studie for Buskerud

Ole Einar Tveito, Gustav Redalen, Torill Engen Skaugen



Title Fruktdyrking og klima - en agroøkologisk studie for Buskerud	Date 20.12.2007
Section Klimadivisjonen, seksjon for klimaforskning	Report no. 16/2007 Klima
Author(s) Ole Einar Tveito ¹ , Gustav Redalen ² , Torill Engen-Skaugen ¹ ¹ Meteorologisk institutt ² Fylkesmannen i Buskerud, Landbruksavdelingen (Nå i Det norske hageselskap)	Classification <input checked="" type="checkbox"/> Free <input type="checkbox"/> Restricted
	ISSN 1503-8025
Client(s) Fylkesmannen i Buskerud, Landbruksavdelingen	e-ISSN
Client's reference	
Abstract Denne rapporten beskriver resultatet av et arbeid som er gjort for å undersøke muligheten for å etablere detaljerte klimasonekart ved å etablere sammenhenger mellom fenologiske registreringer (i dette tilfelle for syv ulike eple sorter) og klimaelement. Fenologiske registreringer for årene 2001-2003 fra 25 lokaliteter i Buskerud er benyttet for å etablere sammenhenger med utvalgte klimaelement, som er bestemt for hver lokalitet basert på griddet klimainformasjon. De griddete datasettene benyttet i dette prosjektet utnytter i tillegg til met.no sine ordinære stasjoner også 3 prosjektstasjoner og Bioforsk sin stasjon i Lier. Det er funnet gode sammenhenger mellom noen av de fenologiske variablene og klima, og relasjonene funnet mellom klima og blomstringsdato er i kombinasjon med dyrkingspraksis benyttet til å etablere et eksempel på klimasonekart for epler i Buskerud. Resultatene viser at klima kan brukes som forklarende variabler for å sonere dyrkingspotensiale for ulike eple sorter. Undersøkelsen har hatt et begrenset datamateriale til rådighet, med data for relativt få lokaliteter og for en begrenset tidsperiode. For å etablere et endelig klimasonekart er det nødvendig med data for flere sesonger for å etablere sikrere relasjoner mellom fenologiske størrelser og klimaelement.	
Keywords Fenologi, griddete klimadata, epler, vekstsesong, vekstgraddager, GIS, klimaanalyse	

Disiplinary signature	Responsible signature
<hr/> Inger Hanssen-Bauer Seksjonsleder	<hr/> Eirik J. Førland Klimadirektør

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	7
2. Klimadata	9
2.1. Stasjonsdata.....	9
2.2. Gridda data	9
3. Klimaanalyse.....	16
3.1. Stasjonsdata sammenlignet med gridda data.....	16
4. Fenologiske data.....	20
5. Fenologisk analyse	26
5.1.Fruktdyrking og klima.....	26
5.2 Analyse av sammenhengen mellom fenologi og klima.	32
6. Klimasonekart for Buskerud.	51
7. Diskusjon og konklusjoner.....	54
8. Litteratur.....	57

1. Innledning.

Denne rapporten beskriver resultatene fra prosjektet ”Utvikling av agroøkologiske kart over de dyrkede arealene i Buskerud”, med vekt på sammenhengen mellom vær/klima og frukt dyrking.

Arbeidet har hatt som utgangspunkt stortingsmelding nr. 29 (1996-97), ”Regional planlegging og arealpolitikk” der det heter at det i økende grad skal tas hensyn til ressursgrunnlaget for biologiske produksjoner. I stortingsmelding nr. 19 (1999-2000) ”Om norsk landbruk og matproduksjon” er det lagt vekt på å styrke jordvernet og det skal legges sterkere vekt på samfunnsverdien av landbruksarealenes produksjonspotensiale. I denne sammenheng legges det også vekt på at kommunene skal utarbeide landbruksplaner. Disse vil synliggjøre landbrukets interesser og bli sektorinnspill til kommuneplanene.

Bedre kartlegging av ressursgrunnlaget i form av agroøkologiske kart vil bl.a. kunne bidra til:

- å sikre en bedre langsiktig arealforvaltning i fylket
- vern av de mest verdifulle landbruksarealene
- en framtidrettet satsing på produksjoner som det vil være gode forutsetninger for å lykkes med

Ifølge mål og strategier for Fylkesmannen i Buskeruds Landbruksavdeling (FMLA) i år 2000, under resultatområde 21, Landbruksbasert næringsutvikling, Jordbruk, var hovedmålet å ”Bidra til å skape et bærekraftig/robust jordbruk og hagebruk”. Under strategiområdet Utvikling var ”Jord- og klimarelatert utvikling innen hagebrukssektoren” blant de satsingsområdene som var trukket fram.

Vær og klima er, sammen med jordsmonn en betingende faktor for etablering av levedyktige bestander av vekster i ulike områder. På våre breddegrader er det som regel lengde på vekstsesongen og i en viss grad også varmesummen gjennom vekstsesongen som er benyttet som indikator for vekstpotensiale. Buskerud omfatter områder som er blant de beste i landet for dyrking av varmekjære vekster, men i fylket er det også høytliggende fjellbygder med kort vekstsesong. Lier er en av landets viktigste hagebrukskommuner, men jordsmonnmessig sett skulle det ligge vel så godt til rette for hagebruksproduksjon i flere andre bygder i Buskerud. For å bidra til en positiv utvikling av hagebruksproduksjonen i fylket slik at den blir i stand til å møte framtidens utfordringer, er det naturlig å starte med en kartlegging av de naturgitte forholdene for dyrking av ulike planteslag.

Hovedmålet for prosjektet var å komme fram til et detaljert agroøkologisk kart over de dyrkede arealene i Buskerud, basert på klima, jordsmonn og plantedata.

Først ble det tatt sikte på et nasjonalt prosjekt med registreringer i Buskerud og Sogn og Fjordane. Agroøkologiprogrammet satte høsten 1999 ned en egen gruppe for å arbeide med agroklimatisk kartlegging for frukt- og bær dyrking i Lærdal. Dette var et avgrenset geografisk område som det var naturlig å starte med, og her var det også bra med værobservasjoner. Sammenhørende vær- og planteobservasjoner til bruk i modellutvikling for epler, bringebær og søtkirsebær skulle etter planen bli samlet fra Njøs, Ullensvang og Ås. NIJOS ga uttrykk for at sammenhørende vær- og planteobservasjoner også fra Buskerud ville være av stor interesse. For vår del ville det være svært fordelaktig om vi kunne koble oss opp mot dette pilotprosjektet, og på den måten dra direkte nytte av den innsats som der ble lagt ned.

NIJOS signaliserte at Buskerud ved bl.a. å bidra med aktuelle sammenhørende vær- og planteobservasjoner kunne komme i en sterk stilling ved en eventuell videreføring av et vellykket pilotprosjekt i Lærdal. Da ville mye av prøvingen og feilingen være unnagjort, og vi skulle kunne ta metodikken direkte i bruk til nyttig utviklingsarbeid.

I begge de impliserte fylker ble det arbeidet for å få midler fra både Agroøkologiprogrammet og SND. Dette førte imidlertid ikke til bevilgninger, og i Buskerud ble det besluttet å gå videre på lokalt plan og i noe mer begrenset omfang. I utgangspunktet var det tanken å koble sammen fenologiske data (plantedata) med både jordsmonn- og klimadata, og både DNMI, NIJOS, NLH og Planteforsk (i ettertid har de fleste av disse institusjonene skiftet navn) ble regnet som potensielle samarbeidspartnere.

Prosjektlederen, Gustav Redalen, ble i 2003 engasjert av Det norske hageselskap som redaktør for Hageselskapets sortliste. I denne boken (Redalen m. fl. 2005) er det angitt herdighetssoner for de enkelte planteslag og sorter, og kartene i boken viser hvor vi finner de ulike herdighetssonene. Til denne nye utgaven av sortlista ble det utviklet nye klimasonekart basert på objektive temperaturdata. Dette ble gjort i nært samarbeid med Meteorologisk institutt (met.no) ved Ole Einar Tveito.

Samarbeidet om utviklingen av de nye klimasonekartene fungerte svært godt. Da det viste seg at Agroøkologiprojektet måtte gjennomføres på en mindre ambisiøs måte enn opprinnelig planlagt, ble det vedtatt at prosjektet skulle fullføres uten å trekke med flere institusjoner. Dermed har vi begrenset oss til å fokusere på fenologiske data og klimadata, og sett bort fra jordsmonndata. Dette bør om ønskelig kunne kobles inn på et senere tidspunkt.

Etter at agroøkologiprojektet kom i gang ble det publisert resultater fra et samarbeidsprosjekt mellom NIJOS, Planteforsk og NLH, der formålet var å styrke grunnlaget for verdsetting av jord ved å undersøke sammenhenger mellom avlingsmengde, jord og klima (Rafoss og de Wit, 2002). Det viste seg at datamaterialet var for begrenset til å komme fram til generelt gyldige modeller, og de konkluderte med at uttesting av kriterier for verdsetting av innmark bør fortsette.

NIJOS har utarbeidet klimasonekart som viser mulighetene for matkorndyrking i Buskerud med soner fra 1 til 6, der sone 1 er godt egnet og sone 2 er marginal for matkorndyrking). Et slikt kart ble innkjøpt ved oppstart av agroøkologiprojektet, bl.a. for å ha et hjelpemiddel ved vurdering av plasseringen av de ulike prøvestedene i prosjektet. Ved NLH ble det levert en hovedoppgave (Govasmark 2000) der det ble fokusert på dyrkingssoner for bygg i Buskerud. Arbeidet var basert på et gammelt datamateriale for vanninnhold i korn fra gulmodning og utover på lokaliteter i Nesbyen, Lyngdal, Gol og Geilo. Modellberegningene ga resultater for de utvalgte stedene som tydet på noe strammere vurdering av årsikkerhet enn det nåværende dyrkingssoneinndeling gir.

Resultatene som blir presentert i denne rapporten er i utarbeidet som et samarbeid mellom FMLA Buskerud og met.no med forfatterne som hovedbidragsyttere.

2. Klimadata

I prosjektet er to ulike datakilder for meteorologiske elementer benyttet. Data fra tradisjonelle meteorologiske stasjoner er benyttet i tillegg til romlig fordelte data, såkalte gridda datasett som baserer seg på observasjoner og avansert geostatistisk analyse. I undersøkelsene er det kun benyttet temperatur ut fra antagelsen om at det er vekstsesongens lengde og/eller varmesummen i vekstsesongen som har størst betydning for frukt dyrking. Under diskusjonen av resultatene er også andre datasett som bl.a. viser snøforholdene trukket inn.

2.1. Stasjonsdata

I prosjektet har vi hatt tilgang til alle stasjoner som inngår i nettverket til Meteorologisk institutt. I tillegg er data fra Bioforsk Plantehelse sin stasjon på Foss gård i Lier anvendt. Da prosjektet ble etablert ble det satt et spesielt fokus på å beskrive klimaforholdene i Lier. Med den bakgrunn ble det opprettet tre dedikerte stasjoner i regi av FMLA Buskerud som var i drift over en tre-års periode.

Stasjonsnettet til meteorologisk institutt.

Meteorologisk institutt står for driften av det mest omfattende meteorologiske stasjonsnettet i Norge. Pr. 1 juni 2007 besto dette nettet av rundt regnet 700 stasjoner av ulike kategorier, hvorav drøyt 200 observerte temperatur og 560 nedbør. Hovedparten av disse stasjonene rapporterer nå inn observasjonene i sann tid, det vil si umiddelbart etter observasjonen er tatt. Det betyr at de er tilgjengelige for bruk i avanserte applikasjoner med en gang, blant annet for å beregne høyoppløselige griddete datasett for temperatur og nedbør over Norge. Dette beskrives mer i detalj i neste avsnitt.

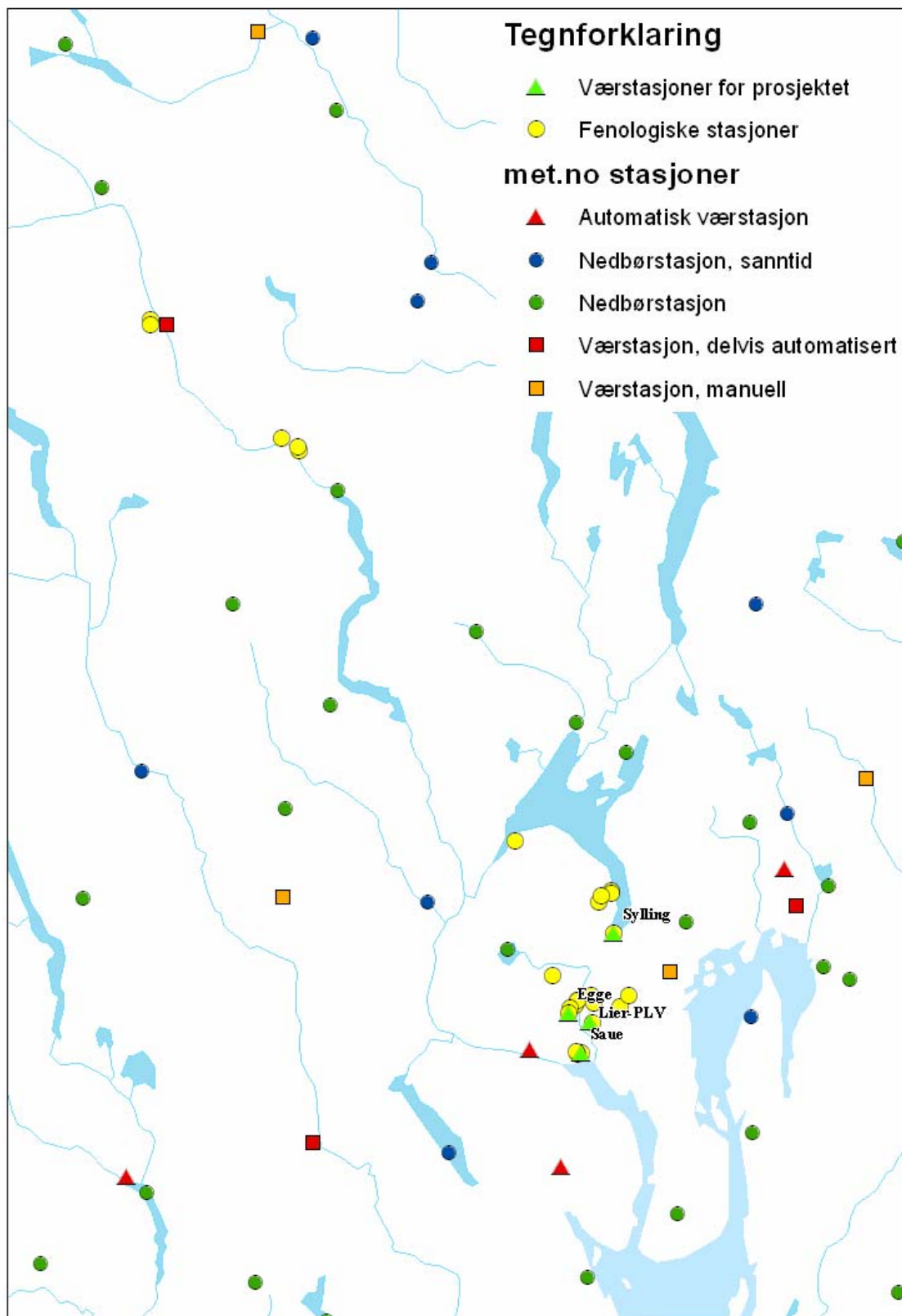
2.2. Gridda data

Met.no har gjennom de siste årene utviklet metodikk som gjør det mulig å utarbeide daglige høyoppløselige kart for nedbør og temperatur. Disse kartene har en basis oppløsning på 1 x 1 km. I dette prosjektet er de daglige temperaturkartene benyttet.

Det gridda temperaturdatasettet er beregnet ved å benytte statistiske metoder for romlig interpolasjon. Dette er metodikk som tar utgangspunkt i at det finnes en sammenheng mellom et fenomen observert på ulike steder, og at denne relasjonen kan uttrykkes som en funksjon av avstanden mellom punktene hvor observasjonene er gjort.

For å anvende slik metodikk er det noen grunnleggende forutsetninger som må være oppfylt: Dataene må være stasjonære i rommet, og de må være isotropiske. Kort fortalt innebærer dette at de skal variere likt i alle retninger og at det er kun avstanden mellom observasjonspunktene som beskriver samvariasjonen mellom observasjonene.

Dette er krav som sjelden eller aldri blir oppfylt for værelementer. Til det har de for stor variasjon i rommet, variasjon som skyldes terrengforhold, arealbruk osv. Det er derfor nødvendig å kompensere for denne innflytelsen ved å fjerne bidraget terreng og andre geografiske parametre har på den romlige variasjonen i været.



Figur 1 Oversikt over værstasjoner og fenologiske lokaliteter som er benyttet i undersøkelsen. Stasjonene til Meteorologisk institutt vist i figuren gjenspeiler de som var i drift pr. 1. november 2004.

Tveito m.fl. (2000) brukte en slik fremgangsmåte for å utarbeide kart over normal lufttemperatur for de nordiske landene. Her ble den romlige variasjonen i midlere månedstemperatur beskrevet ved hjelp av tre terrengparametere samt bredde- og lengdegrad. Innflytelsen av disse fem uavhengige parametrene (ofte benevnt som trendleddet) ble så trukket fra temperaturene i ethvert observasjonspunkt, slik at temperaturen blir beregnet i et fiktivt referansenivå. De resterende temperaturene i dette nivået er mye nærmere til å oppfylle de krav som statistiske rominterpolasjonsmetoder stiller enn de opprinnelige observasjonene. De kan derfor interpoleres i rommet ved å bruke metoder som kriging og tynn-plate splinefunksjoner. Tveito m.fl. (2000) benyttet kriging som interpolasjonsmetode, men meteorologisk institutt benytter en algoritme basert på tynn-plate spline metoden for å beregne daglige grid for temperatur basert på observasjoner (Tveito m.fl. 2005). Trendleddet som ble trukket fra i observasjonspunktene blir til slutt lagt til det interpolerte feltet for å beregne temperatur i terrengnivå. Det er derfor et krav til parametrene som inngår i trenduttrykket at de kan la seg representere som geografiske grid.

Uttrykkene som Tveito m.fl. (2000) etablerte er beregnet for hver enkelt måned, og innflytelsen av de ulike parametrene viser en tydelig sesongvariasjon.

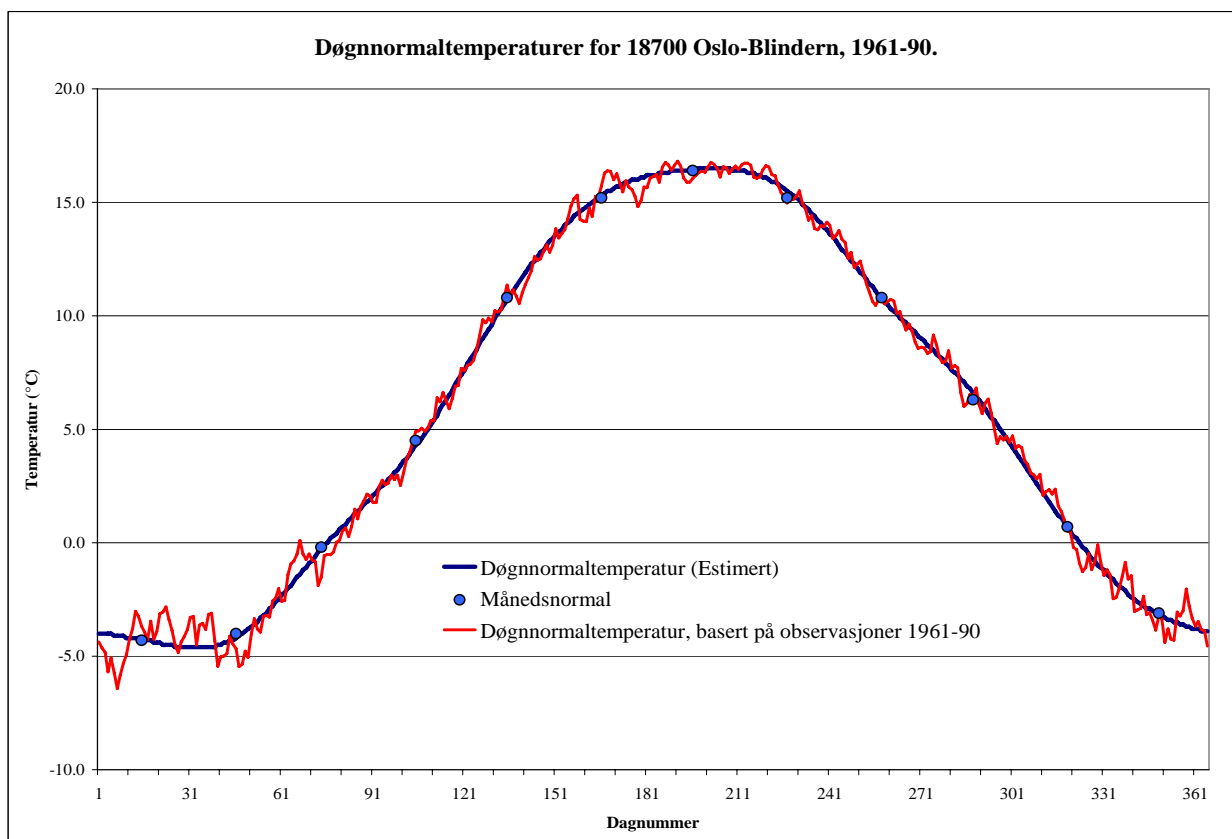
Meteorologisk institutt har beregnet døgngrid for Norge basert på denne metodikken for alle dager tilbake til 1961, og disse kan beskues på nettportalen SeNorge (<http://www.senorge.no>). Metoden er i stand til beskrive temperatur for vilkårlige lokaliteter i Norge for de aller fleste hendelser (Jansson m.fl. 2007).

Avledet informasjon.

Fra de griddete dataene kan det også avledes ny informasjon som kan være mer relevant for enkelte problemstillinger. Tveito m.fl. (2001) utviklet normalkart for temperatursesonger basert på månedsmiddeltemperaturer. Dette krever døgnormaler, og slike er generert ved å tilpasse en harmonisk funksjon gjennom de 12 månedsnormalene, samtidig som middelverdien av døgnerverdiene for en måned er lik månedsnormalverdien. Dette gir troverdige døgnormaler som er godt egnet for flere ulike analyser. Et eksempel på en slik beregning, og hvordan den sammenfaller med observasjoner, er vist i figur 2.

Tveito m.fl. (2001) beregnet slike døgnormaltemperaturer for hver eneste 1x1 km rute i hele Norden. Med grunnlag i slike beregninger kan en utarbeide avledete temperaturkart, slik som antall dager over eller under et definert temperaturnivå, temperatursum over eller under slike nivåer etc.

For landbruksformål er vekstsesongens lengde, og temperatursum i vekstsesongen en ofte anvendt klimaindikator. Vekstsesongen for gress er som regel definert som perioden der døgnmiddeltemperaturen er over 5 °C (Figur 3a). Tveito m.fl. (2001) utarbeidet kart for vekstsesongen for Fennoskandia, kart som bl.a. er benyttet som grunnlag for utarbeidelse av klimasonekartene i sortslista til Det norske hageselskap (Redalen m.fl. 2005). Den årlige gangen i temperaturforholdene varierer mye i forhold til hvor man befinner seg, og dette vil også ha betydning for vekstsesongen. I figur 3b er det vist temperaturkurver for tre stasjoner fra ulike klimaregioner. Disse er normalisert med årsmiddeltemperaturen og kriteriet for vekstsesong for å bli sammenlignbare. Vi ser at stasjonen med størst maritim innflytelse, Færder fyr ytterst i Oslofjorden har en lang, men flat døgnmiddelkurve. Vi ser også at her er vekstsesongen lenger enn for de andre to stasjonene, ikke minst om høsten fordi havvannet

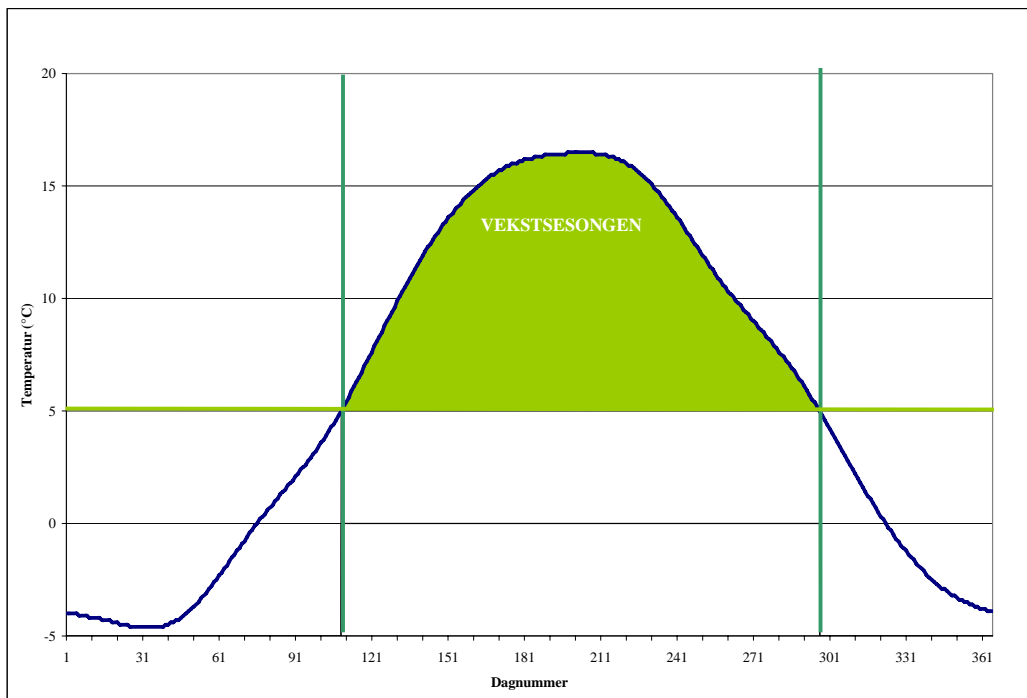


Figur 2 Beregning av døgnnormaltemperaturer fra månednormalverdier, sammenlignet med døgnnormaler fra observasjoner på Blindern, Oslo.

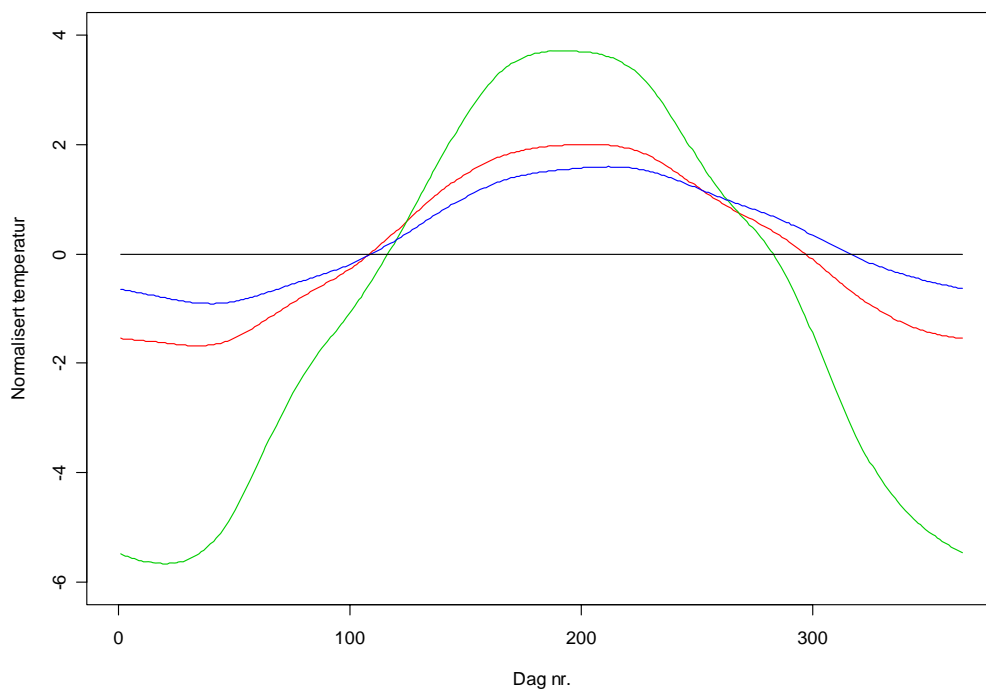
holder temperaturen oppe. Serien for Oslo-Blindern viser også en tydelig maritim påvirkning, mens serien for Nesbyen er typisk kontinental med stor årsgradient, og relativt skarp overgang mellom sesongene.

Kart over vekstsesongens lengde og vekstgraddagssummen for Buskerud er vist i figur 4. En ser at Buskerud er et fylke med stor variasjon i de temperaturbetingede vekstforholdene. Vekstsesongens lengde varierer fra Hallingskarvet der kravet til vekstsesong i et middelår ikke vil opptre, til nedre del av fylket der vekstsesongen strekker seg godt over 6 måneder. Tilsvarende bilde ser en for graddagssummen for vekstsesongen, som er et mål for hvor mye energi som tilføres i løpet sesongen. Også her er det de nedre delene av fylket som har de beste betingelsene, ikke minst pga. at vekstsesongen der er lengre. Samtidig ser en at vi i dalførene får høyere verdier for graddagssummen enn i de omkringliggende fjellområdene sammenlignet med kartet for vekstsesongens lengde.

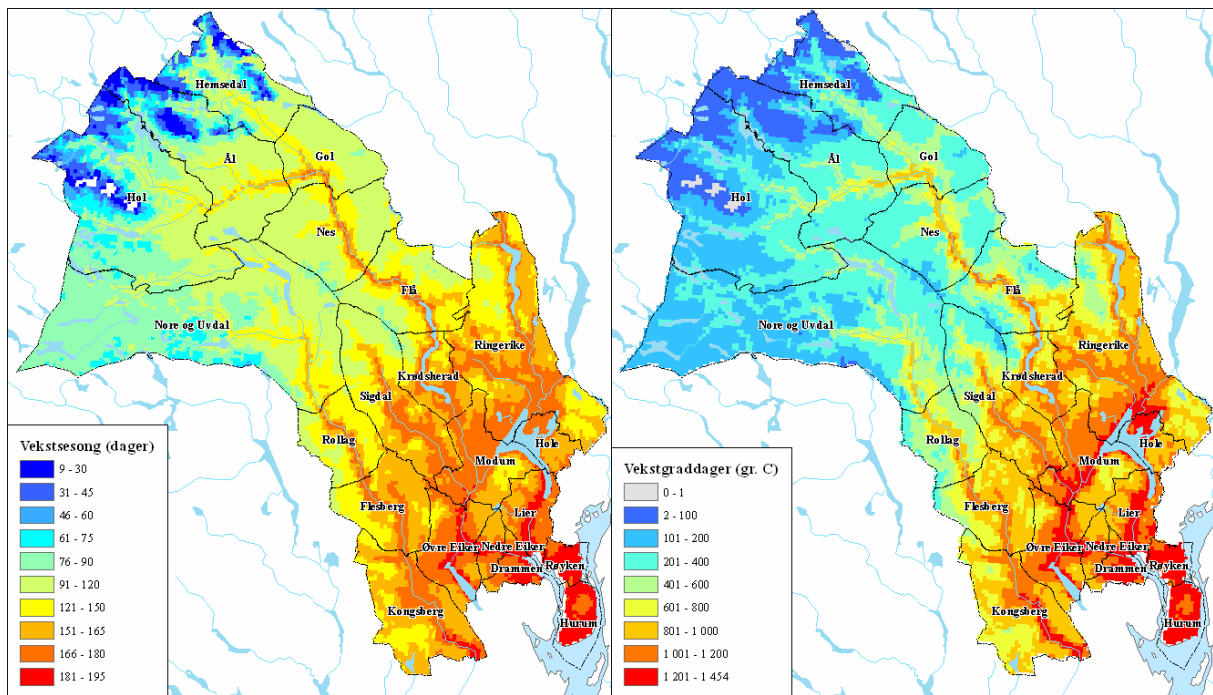
En svakhet med slike indekser er at de ikke nødvendigvis representerer de klimabetingelsene som planter kan nyttiggjøre seg. Planter er i større grad i stand til å utnytte varme tidlig i vekstsesongen enn på høsten. Samtidig er det store ulikheter i forløpet på den temperaturbaserte vekstsesongen. For kystnære områder vil sesongen være lang, mens den for innlandstasjoner vil være kortere. Til gjengjeld vil sesongen i innlandet være mer intens, noe som vil være gunstig for enkelte planter. I figur 5 er det gjort et enkelt forsøk å synliggjøre



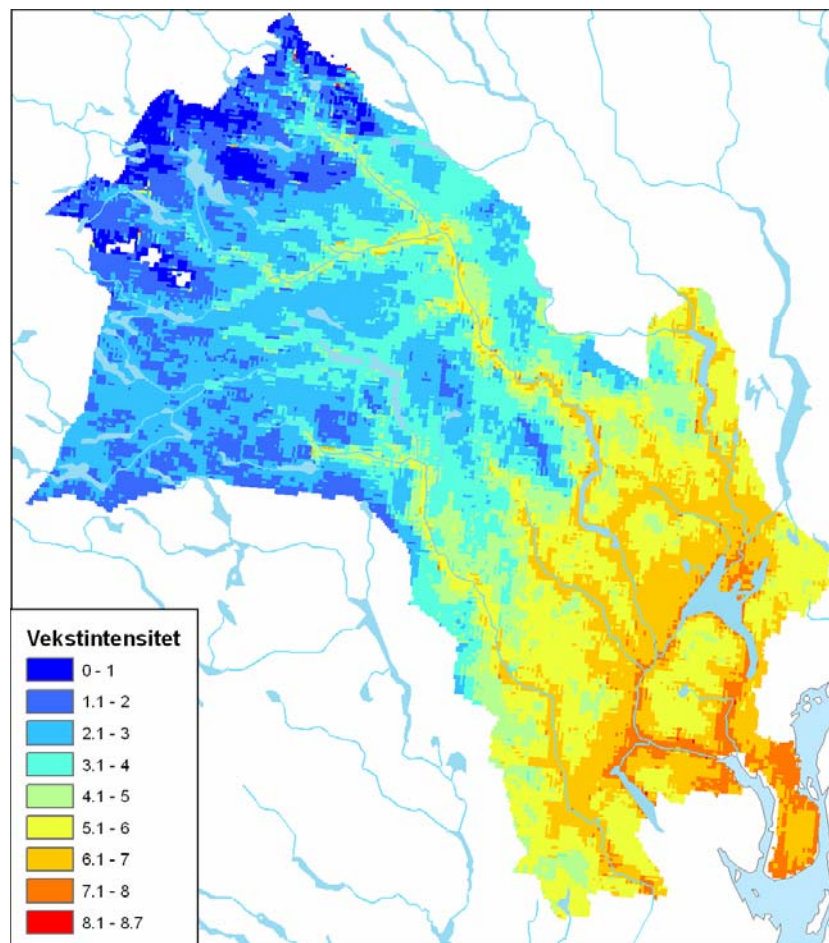
Figur 3a Definisjon av vekstsesongen.



Figur 3b Normaliserte døgnormaltemperaturer justert i forhold til vekstsesongen. Den blå kurven er for Færder fyr, den røde for Oslo-Blindern og den grønne for Nesbyen.



Figur 4 Vekstsesongens lengde (til venstre) og graddagssum over 5 °C i vekstsesongen for Buskerud fylke.



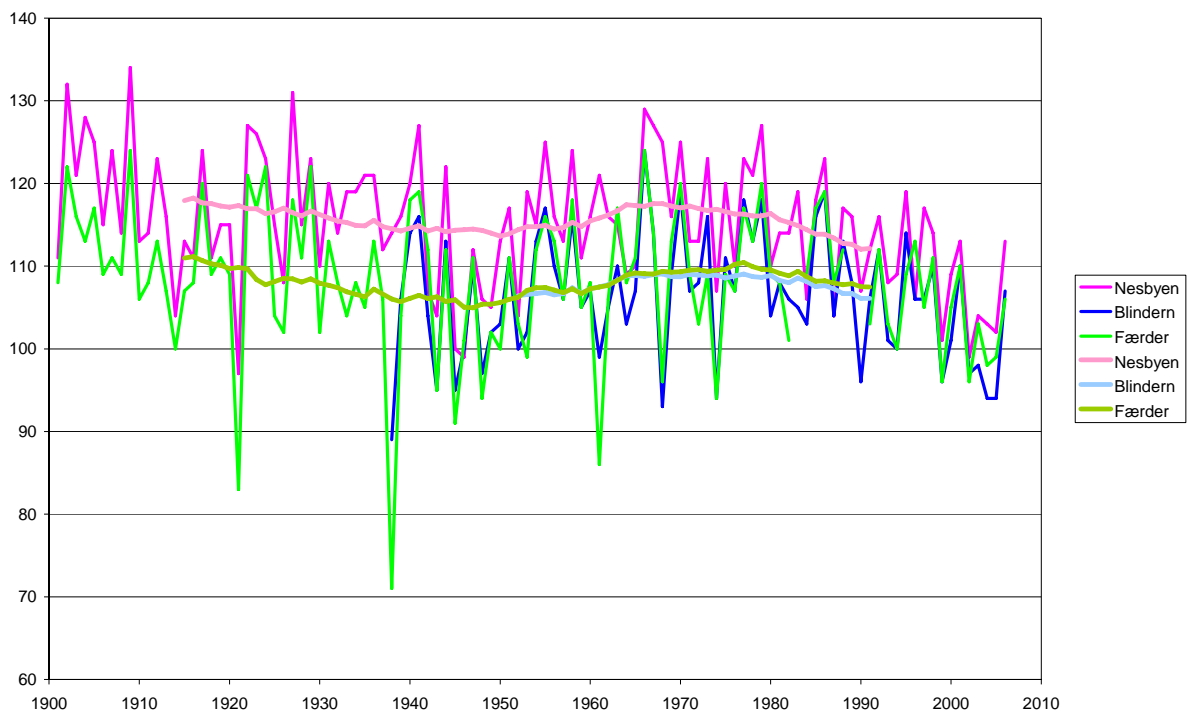
Figur 5 Kart over "intensitet" av vekstperioden, der vekstgraddagene er vektet mot lengde på vekstsesongen.

dette ved å vekte graddagssummen ved å normalisere (dividere) den med lengden på vekstsesongen. Dette uttrykker på en enkel måte noe om intensiteten av vekstsesongen. Vi ser at her utjevnes noe av variasjonene i vekstsesongen i forhold til lengden av og graddagssummen i vekstsesongen.

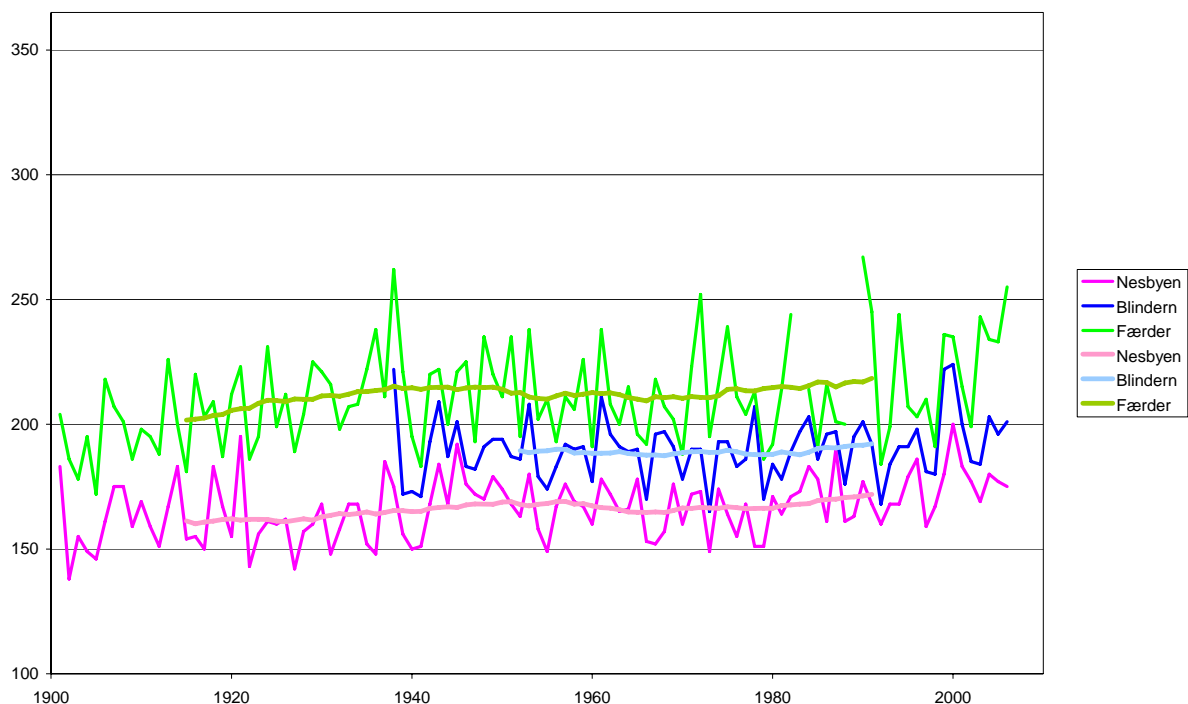
Klima er ikke konstant, det vil variere over tid, også naturlig. År til år variasjonene er enda større. I figur 6 er variasjonen i starten på vekstsesongen for perioden 1901-2006 for tre meteorologiske stasjoner sentralt i forhold til Buskerud vist. Både årsverdier og verdier glattet over 30 år er vist for stasjonene Nesbyen, Oslo-Blindern og Færder Fyr. En kan se at vekstsesongen nå starter ca. 7-8 dager tidligere enn den gjorde i begynnelsen av perioden. Tendensen er noe større i innlandet enn ved kysten, men forskjellen er marginal. Samtidig ser det ut som år til år variasjonene har blitt mindre. For Færder har vi valgt å fjerne to år med milde vintre som medførte vanskeligheter i å definere riktig start på vekstsesongen..

Figur 7 viser lengden av vekstsesongen for de samme stasjonene, og vi ser at vekstsesongen er blitt lengre både ved kysten og i innlandet. Ved Færder er sesongen blitt nesten tre uker lengre og på Nesbyen to uker lengre. Basert på tallene for vekstsesongens start så betyr det at det særlig er om høsten vekstsesongen har økt, spesielt ved kysten.

For begge verdiene er det verdt å legge merke til at endringene siden 1970 har vært spesielt store, noe som kan sees i sammenheng med global oppvarming.



Figur 6 Variasjoner i første dag for vekstsesongen 1901-2006 (årlige verdier(tynn strek) og glidende 30-årsmiddel(tykk strek))for de tre stasjonene Blindern i Oslo, Færder Fyr i Oslofjorden og Nesbyen i Hallingdal.



Figur 7 Årlige variasjoner (tynn strek) og midlere 30-årsverdier (tykk strekk) i vekstsesongens lengde for de tre stasjonene Blindern i Oslo, Færder Fyr i Oslofjorden og Nesbyen i Hallingdal.

3. Klimaanalyse

3.1. Stasjonsdata sammenlignet med gridda data

Det første som ble gjort under analysen av datamaterialet var å sammenligne de griddete verdiene for de fire lokalitetene med observasjoner i Lier (Tabell 1). Dette ble gjort ved at det ble beregnet verdier for den eksakte posisjonen til disse fire stasjonene, og med de egenskapene dette punktet har.

Samsvaret mellom observasjonene i Lier og de griddete verdiene er meget godt. Tabell 1 viser også korrelasjonskoeffisienten (R^2) mellom observerte og modellerte temperaturer på de fire landbruksstasjonene i Lier.

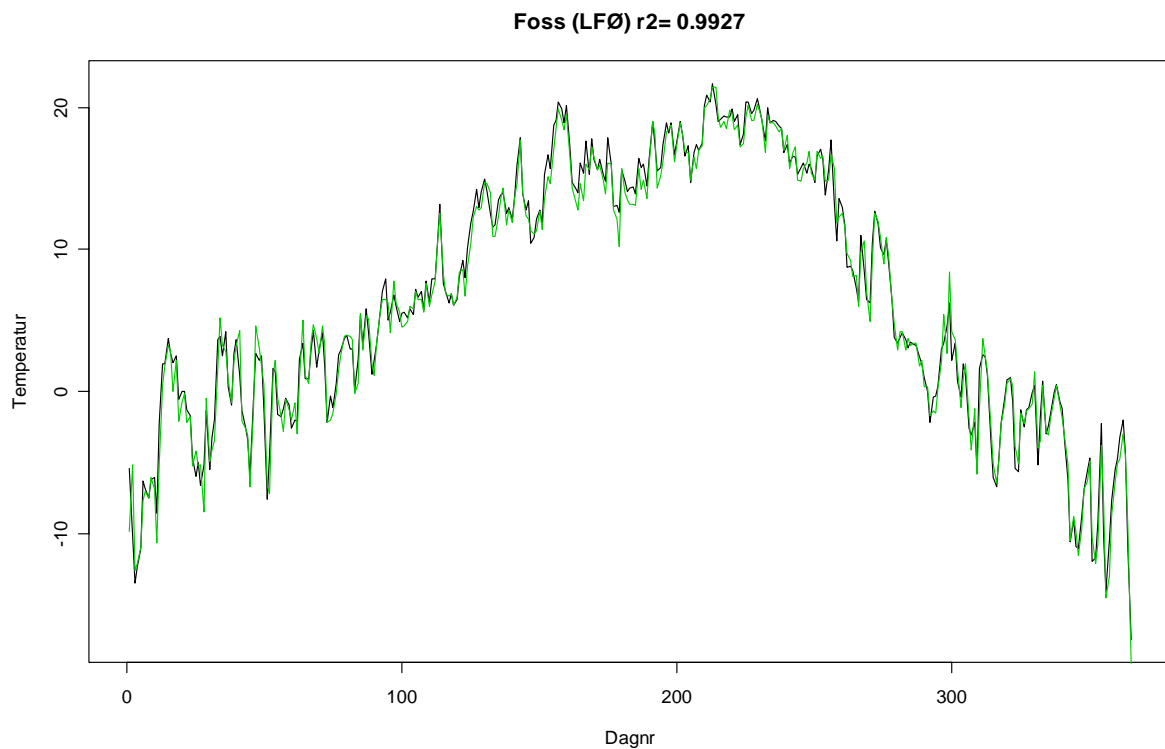
Tabell 1 Oversikt over stasjoner med meteorologiske observasjoner i Lier, og korrelasjon (R^2) mellom observasjoner og modellert døgnmiddeltemperatur.

Stasjon	Høyde over havet	R^2
Foss (Planteforsk)	60	0.9927
Egge	73	0.9890
Saue	11	0.9899
Syilling	81	0.9850

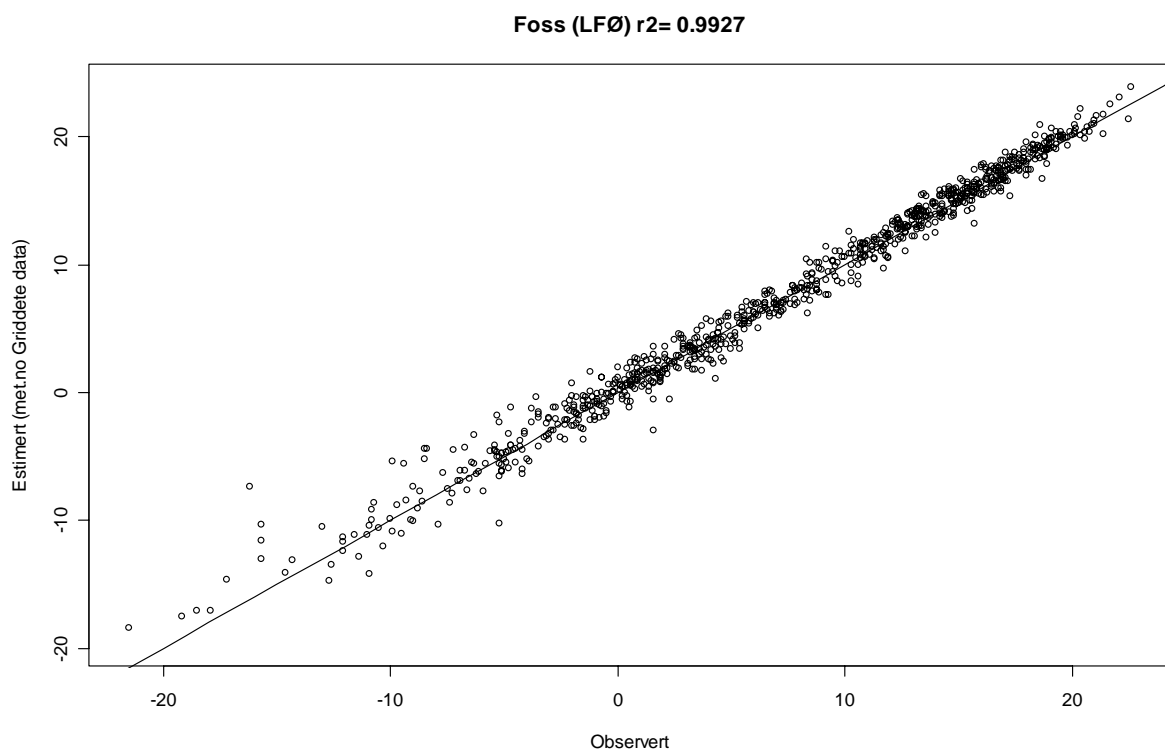
Som man kan se, er variasjonen i observasjonene og de griddete verdiene så å si identiske. Figur 8 viser tidsserien for 2002 på Foss sammenlignet med de griddete verdiene, og vi ser at for de aller fleste dagene er det meget god overensstemmelse, men en tendens til avvik for de ekstreme (mest varme og kalde) temperaturene. For Foss er det en tendens til at de varmeste temperaturene estimeres for høyt, men de kalde ikke blir lave nok. Figur 9 viser tilsvarende data plottet mot hverandre, og her forsterkes dette inntrykket, ved at de høyeste og laveste verdiene faller mest utenfor den rette linjen de burde ligge på ved full overensstemmelse mellom de to datasettene.

For de tre stasjonene som ble opprettet for prosjektet (Egge, Saue, Sylling) er det samme mønsteret som vises (Eksempel for Egge vises i Figur 10 og figur 11). Men når verdiene avledet fra griddene ble plottet mot observasjonene, ble det avdekket en feil i observasjonene. Prosjektstasjonene var utstyrt med en temperaturføler som hadde nedre måleområde lik -10°C , slik at loggeren har gitt -10°C også når temperaturen har krøpet under dette nivået. Dette er tydelig i figur 8 der den grønne kurven for observasjoner flater ut mens den sorte kurven basert på met.no sine grid gjengir temperaturen rimelig nøyaktig. I figur 9. sees denne effekten ved et vertikalt fall i punktene ved -10 grader Celsius.

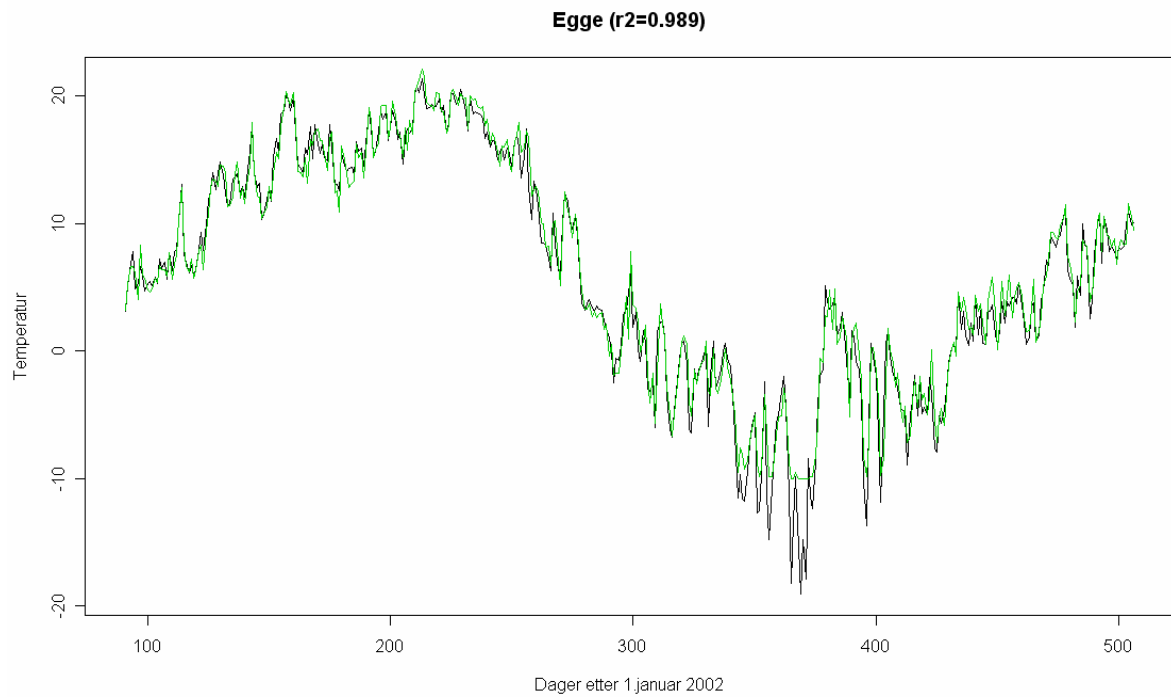
Selv om de griddete temperaturene til met.no i all hovedsak gir et korrekt bilde av temperaturforløpet ved de fire værstasjonene i Lier, vil disse stasjonene i enkelte situasjoner gi viktig informasjon for å beskrive temperaturen i Lier. Derfor er det for årene 2000 til 2003 beregnet verdier for 25 lokaliteter i Buskerud (se neste kapittel) der også de fire ekstra stasjonene i Lier inngår som en del av beregningsgrunnlaget. For de tre spesielle prosjektstasjonene er verdier lavere eller lik -10 C behandlet som manglende verdier, og for disse dagene er ikke data fra disse tre stasjonene benyttet for gridding.



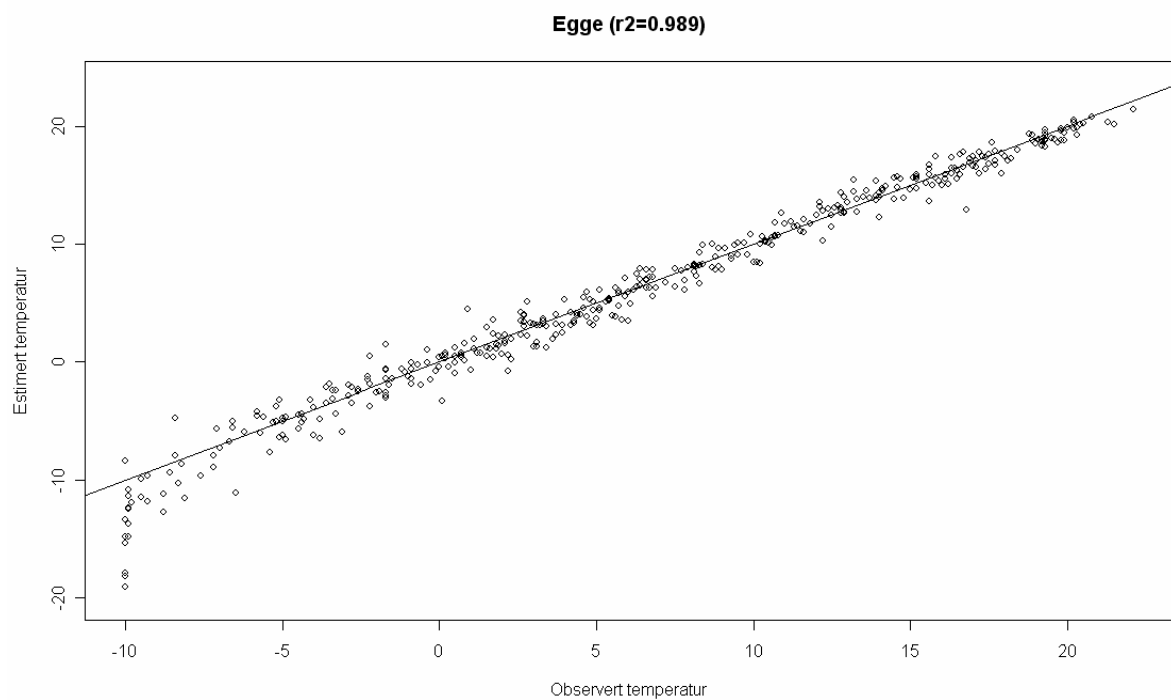
Figur 8 Foss gård i Lier, døgnmiddeltemperatur i 2002, grønn linje beskriver observerte data, svarte data beregnet fra griddete datasett.



Figur 9 Spredningsplott observert og estimert temperatur på Foss gård i Lier.



Figur 10 Egge, døgnmiddeltemperatur i perioden 1.april 2002 til 21.mai 2003. Den grønne linje beskriver observerte data, den svarte data beregnet fra griddete datasett.



Figur 11 Spredningsplott for observerte mot estimerte temperaturer på Egge.

4. Fenologiske data

Blomstringstiden er trolig en av de sikreste fenologiske parametrene for å sammenligne dyrkingsbetingelser på ulike lokaliteter. I tillegg ble det for epler, som i undersøkelsen ble benyttet som modellvekst, regnet som mest aktuelt å registrere fruktetegenskaper. I stedet for å foreta avlingsregistreringer og smaksbedømmelser av avlingen, ble det målt refraktometerverdi (sukkerinnhold), fruktfarge og fruktvekt i innsamlede fruktprøver fra de 25 lokalitetene i undersøkelsen. Det er tidligere vist at det under norske forhold, fordi vi befinner oss på nordgrensen for fruktdyrking, er en nær sammenheng mellom smak og sukkerinnhold målt som refraktometerverdien (Kvåle 1963, Ljones & Landfald 1966, Landfald 1972). Fruktfargen (grunnfargen) gir et godt uttrykk for eplenes modningsgrad og utvikling, og fruktstørrelsen indikerer om dyrkingsforholdene har vært tilfredsstillende. Fruktstørrelsen er nok den mest usikre av de registrerte parametrene da den i stor grad også påvirkes av fruktmengden på treet, grad av beskjæring, jordkultur måte og næringstilgang. Metodikken som ble benyttet ved vurderingen av fruktetegenskapene bygger i stor grad på erfaringer fra tidligere kvalitetsundersøkelser ved UMB (Redalen 1977, 1986, 1988, og Redalen & al. 1996).

Ved utvelgelsen av lokaliteter ble det tatt kontakt med fruktdyrkere og hageeiere for å gjøre avtaler om prøvetrær, registreringer og innsamling av fruktprøver. For å få framprovosert forskjeller, ble det lagt vekt på å få en bred spredning av prøvesteder, både i de typiske fruktdyrkingsområdene og i høyder over havet der det ikke finnes noen kommersiell fruktproduksjon. Vi konsentrerte oss hovedsakelig om Lier, men tok også med en lokalitet i Modum, tre i Flå og to i Nes. Det ble registrert blomstringstid og samlet inn fruktprøver av sju eplesorter. På noen av lokalitetene var flere av disse sortene med; på andre kunne det være bare en eller et par sorter. Tabellene ble derfor ikke ortogonale, og ved utregningen av middelverdier for hver lokalitet har det vært nødvendig å estimere middelverdier for at tallene skal bli sammenlignbare. Hele registeret av sorter i det norske sortimentet var med, fra tidlige og nøysomme til mer kravfulle sorter. Alle fruktdyrkerne og hageeierne var svært positive og hjelpsomme, og vi retter en stor takk til dem alle for at de bidro til å gjøre undersøkelsen mulig.

Ved registrering av blomstringstid ble det notert dato for ballongstadiet, dvs. når de første blomstene på treet åpner seg og de fleste blomstene er som oppblåste ballonger. Ved uttak av fruktprøver ble det samlet inn fem epler fra hvert prøveste. Det ble tatt epler som var mest mulig typiske, og heller blant de best utviklede enn blant de med svakere fruktutvikling. Selv om det kanskje ikke er helt rettfærdig overfor de høystliggende prøvestedene, ble prøvene i alle tilfeller samlet inn etter omtrent samme antall dager fra blomstring. Dvs. at blomstringstiden på hvert enkelt sted var avgjørende for når fruktprøvene skulle samles inn. Aktuell høstet dato for de enkelte sortene ble vurdert ut fra erfaring og i henhold til fruktutviklingen i de enkelte årene. For suktermålingene ble det benyttet et Atago håndrefraktometer. Det ble foretatt måling av hvert enkelt eple ved å skjære ut et segment, klemme ut saft direkte på måleinstrumentet, og lese av refraktometerverdien. For fastsetting av grunnfargen på eplene (den grønne/gule fargen som av og til nesten er dekket av rød dekkfarge) ble det benyttet et fargekart opprinnelig utviklet av OECD for vurdering av farge på sorten Golden Delicious. For vurdering av fruktstørrelsen ble prøveeplene veid på en elektronisk brevvekt.

For å redusere variasjonen i tallene ble det for hver enkelt parameter først regnet ut middelveier for hver sort på hver lokalitet for hvert år, og det var disse tallene som inngikk i analysene sammen med klimadata.

Eplesortene som inngikk i undersøkelsen var (ordnet etter modningstid, med de tidligste og minst kravfulle først):

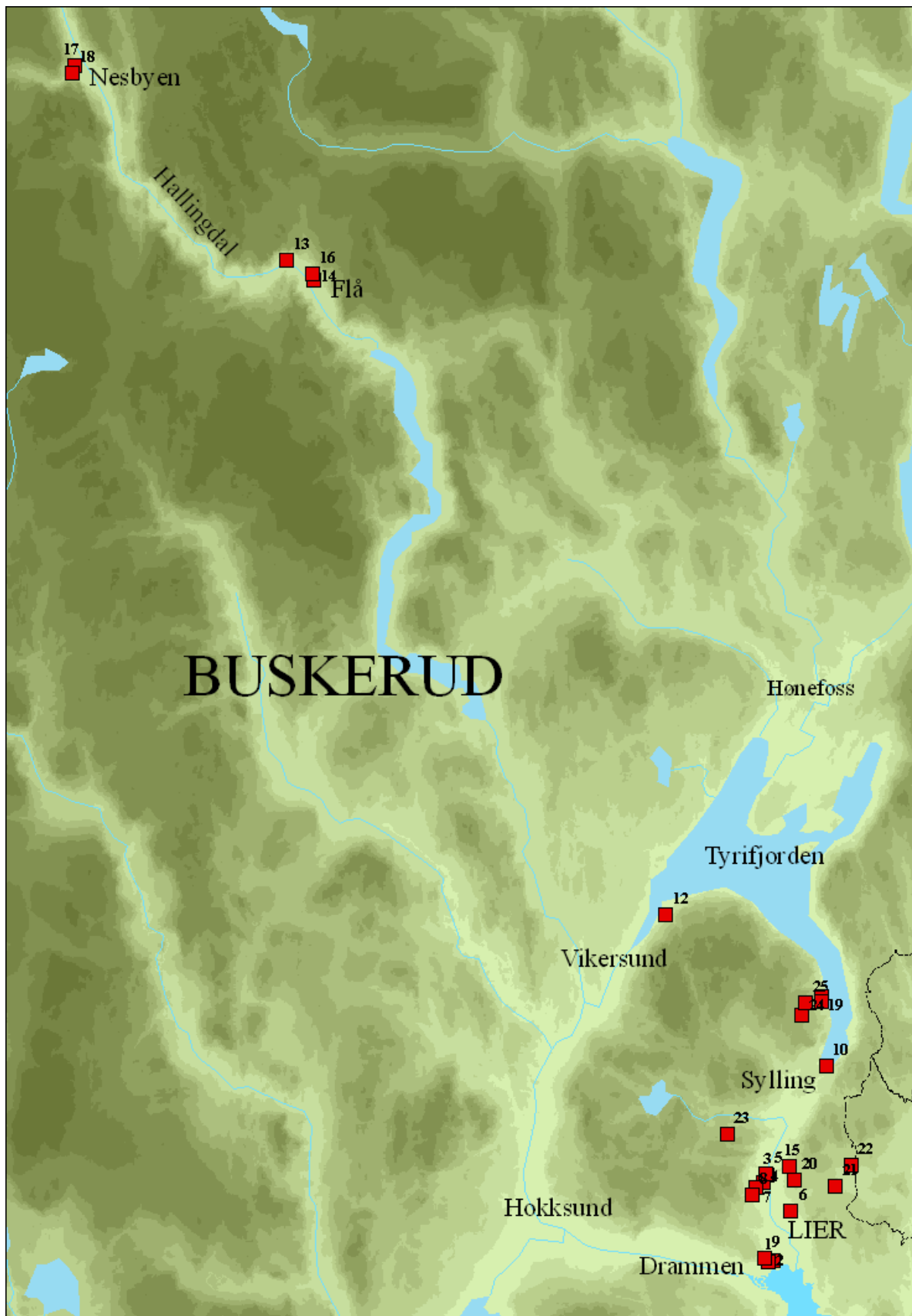
- Sort 1 Transparente Blanche
- Sort 2 Sävsstaholm
- Sort 3 Haugmann
- Sort 4 Summerred
- Sort 5 Gravenstein
- Sort 6 Åkerø
- Sort 7 Aroma

Kartene i figurene 12-15 viser beliggenheten av de enkelte prøvestedene. Ved starten av undersøkelsen ble koordinater og høyde over havet registrert for hvert prøvested ved hjelp av GPS.

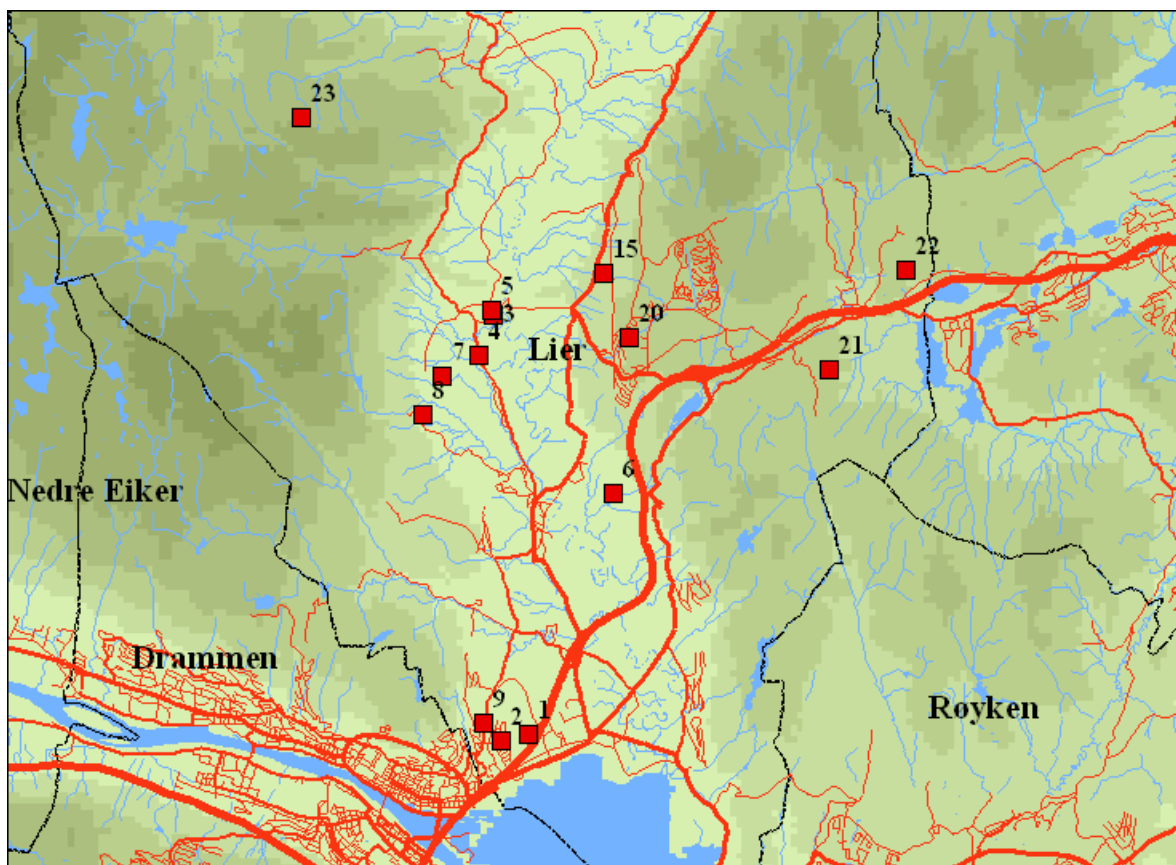
Tabell 2 Fenologiske målestasjoner (prøvesteder).

Nr.	Navn	Høyde over havet (m)	Eksposisjon
1	Saue	11	SØ
2	Hørthe	40	SØ
3	Egge nede	48	SØ
4	Haugen	54	Ø
5	Egge oppe	61	SØ
6	LFØ (Foss)	62	SV
7	Eriksrud	70	Ø
8	Bergflødt	73	NØ
9	Gilhuus	74	Ø
10	Martinsen	81	Ø
11	Heslien	126	Ø
12	Redalen	136	NV
13	Pettersborg	148	SØ
14	Jorde	160	SV
15	Buttedahl	171	V
16	Hilde	176	V
17	Trageton	181	Ø
18	Tandberg	189	NØ
19	Sørumengen	195	Ø
20	Kastad	235	V
21	Tveten	240	Ø
22	Løvåsdal	244	S
23	Grøstad	402	SV
24	Riis	410	Ø
25	Fuglerud	360	Ø

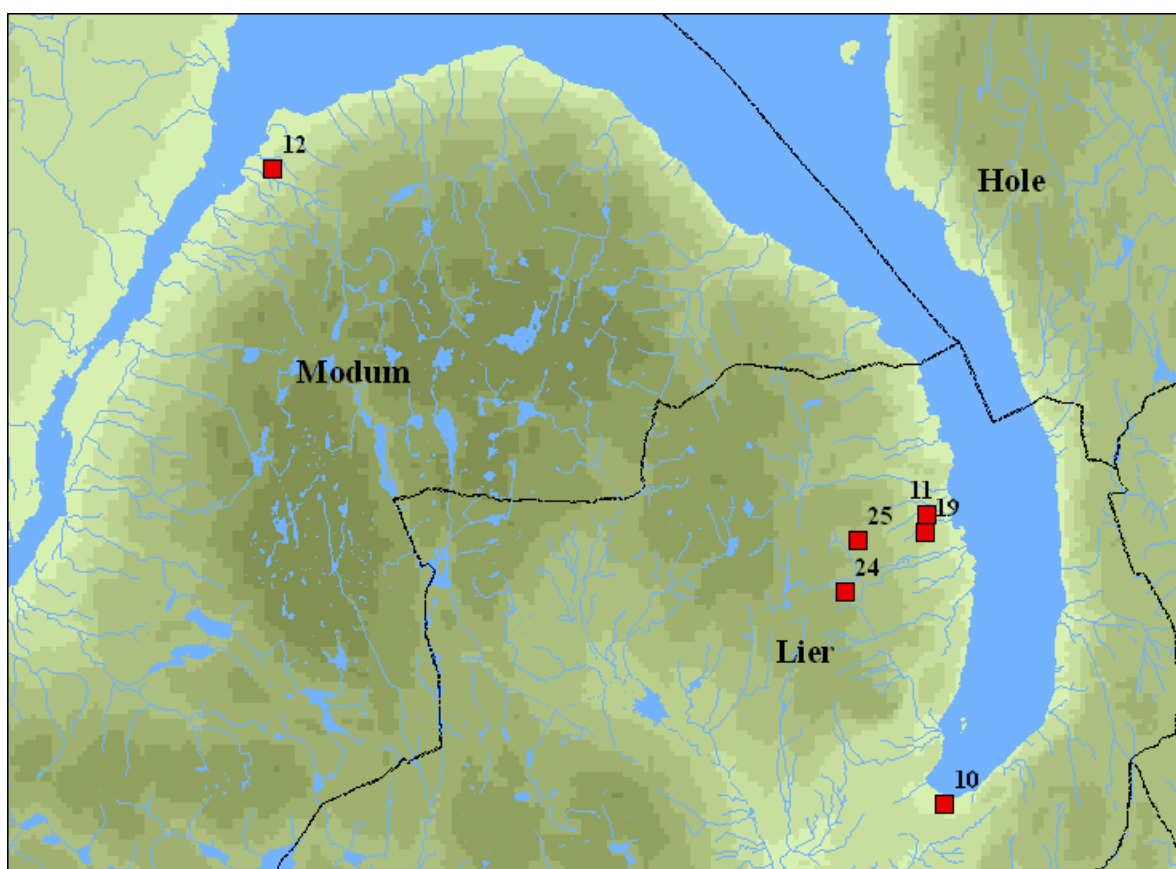
*) Eksposisjon er beregnet i et geografisk informasjonssystem (GIS) . Terrenget i en 100 x 100 meter terrengmodell glattes over 10 x 10 ruter (1km). Dette gjøres for hver eneste 100 x 100 meter rute i terreng modellen, og eksposisjonen beregnes fra denne glattede terrengmodellen.



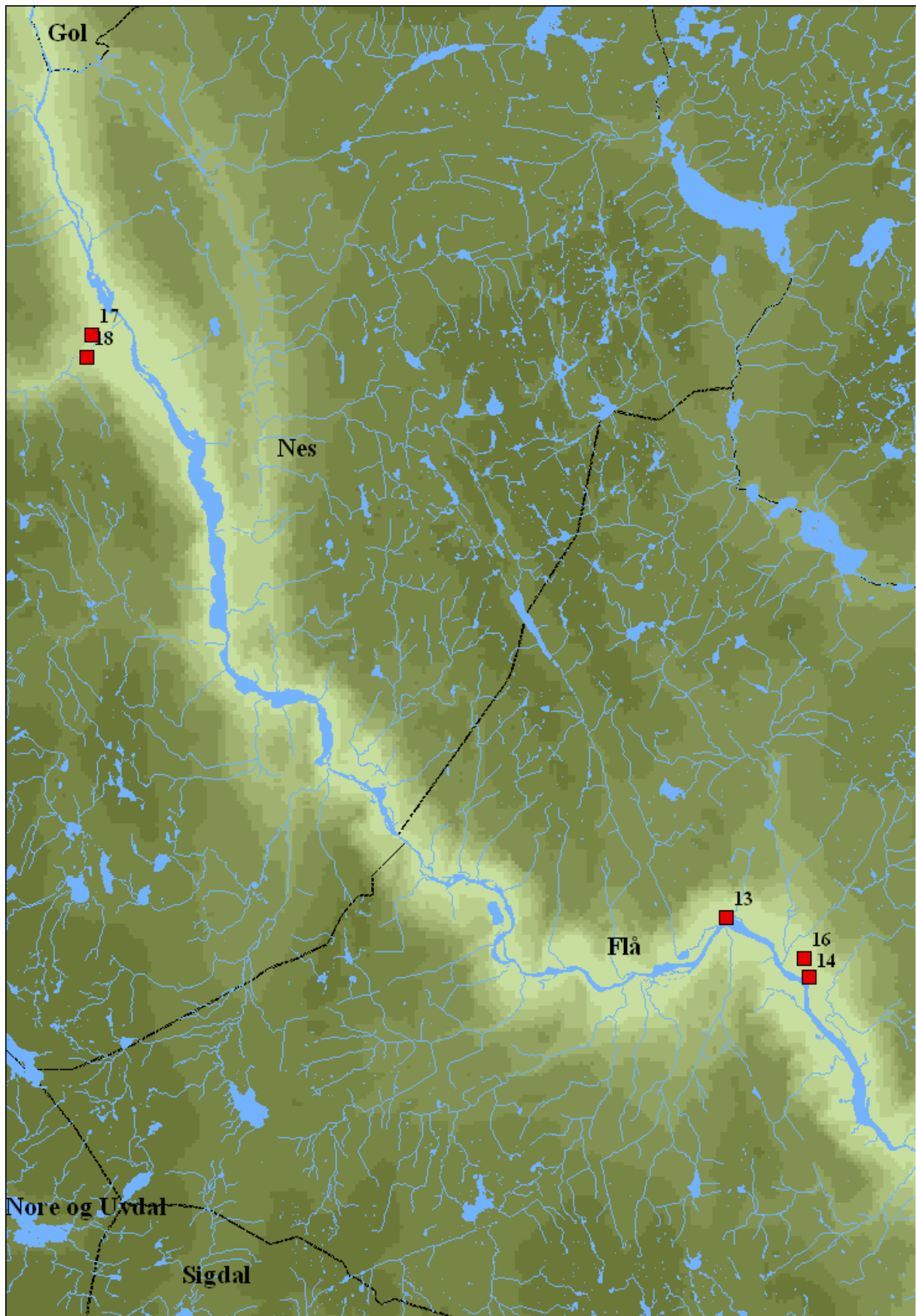
Figur 12 De fenologiske lokalitetene i Buskerud.



Figur 13 Fenologiske stasjoner i sørlige deler av Lier.



Figur 14 Fenologiske stasjoner i Sylling og på sørsiden av Tyriffjorden.



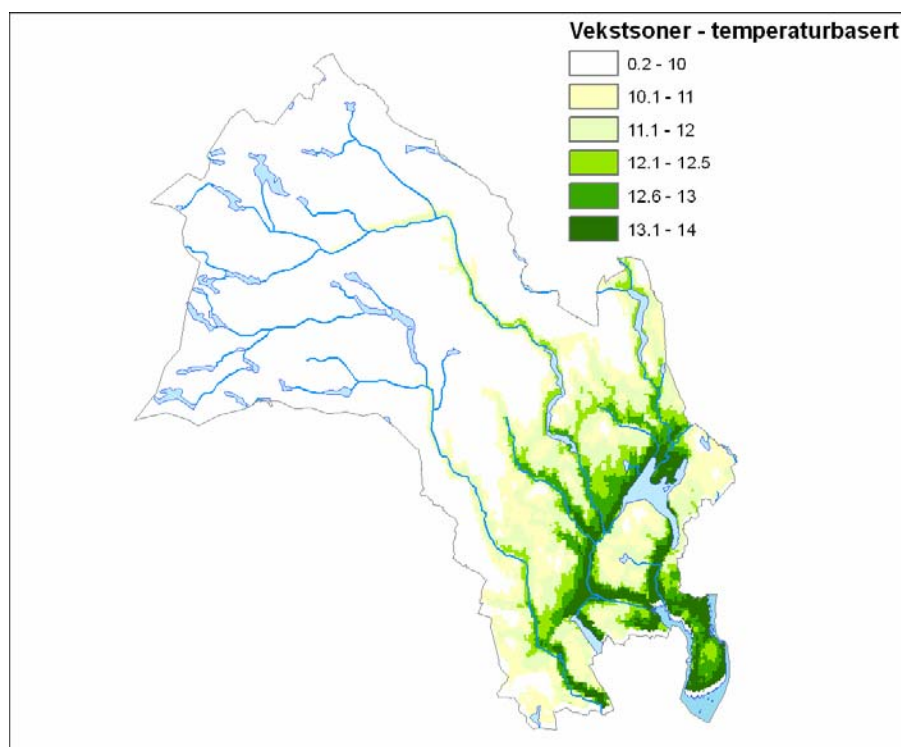
Figur 15 Fenologiske stasjoner i Hallingdal.

5. Fenologisk analyse

5.1 Fruktdyrking og klima

Norge er på nordgrensen for kommersiell fruktdyrking (Ljones, 1970), men klimaendringene de siste årene (med lengre sesong og høyere sommertemperatur) har gjort situasjonen lettere. På mange måter kan vi sammenligne oss med vindyrkingen i Tyskland (som også befinner seg på nordgrensen), der det ofte er stor forskjell på vinkvaliteten fra år til år. Typisk i begge tilfeller er at sukkerinnholdet i fruktene, ofte målt som refraktometerverdien, blir for lavt når temperatursummen i vekstsesongen er for lav. I norsk fruktdyrking har vi tradisjonelt operert med middeltemperaturen for de fem månedene mai til september, som et uttrykk for om det har vært en god eller dårlig sommer. Dette med sommertemperatur og frukt kvalitet anses som den viktigste begrensende klimafaktoren i norsk fruktdyrking. Ifølge Haugse (1980) bør mai-september temperaturen være minst 13 grader for kravfulle sorter, 12,5 grader for mindre kravfulle sorter, mens det kan dyrkes frukt for eget bruk dersom temperaturen er over 12 grader (se figur 16). Kvåle (1979) fant at sukkerinnholdet i fruktene øker med 0,5-0,7% for hver grad økning i temperaturen eller for hver daglige soltime i sesongen. Han viste at varmekjære eplesorter som James Grieve og Gravenstein reagerte negativt på høyde over havet, mens den mer nøysomme sorten Prins fikk samme kvalitet ved 180-230 m o.h. som ved 10-20 m o.h. På den annen side var han opptatt av at kravfulle eplesorter får bedre kvalitet på noe skarp og grusholdig jord oppe i dalsidene enn på leirjorden nede på flatene.

For å få mye rødfarge på fruktene av eple har vi hatt en fordel av å ligge langt mot nord, fordi kalde netter om høsten kombinert med solrike dager gir mer rødfarge (Nilsson 1967). Litt av samme effekt har de også ved dyrking høyt over havet sammenlignet med dyrking i lavlandet,



Figur 16 Temperatursoner i henhold til grensene definert av Haugse (1980).

f.eks. i Nord-Italia (Redalen 1983). De siste årene har vi hatt dårlig med kalde netter (ned mot 0 grader) før høsting.

Frukttrærne skal prestere tre ting samtidig:

- 1 - De skal danne nye årsskudd som sikrer fornyelse av greinmassen,
- 2 - De skal bære fram årets fruktavling,
- 3 - De skal danne blomsteranlegg for neste års avling.

Dess lengre nord vi kommer, jo kortere og kjøligere blir vekstsesongen, og da er det særlig blomsterknoppdanningen for neste år som blir skadelidende. De siste årene har vi hatt en varm og lang høst, nesten fram til jul. Dette er gunstig i denne sammenheng. Tradisjonelt har vi i Norge av nevnte grunn hatt store problemer med såkalt vekselbæring, dvs. at trærne gir avling annethvert år. Her er det sortsforskjeller. 'Åkerø' og 'Gravenstein' er eksempler på sorter som har vanskelig for å danne blomsterknopper for neste år samtidig som de bærer fram en stor avling.

I innlandet er også vintertemperaturen begrensende for hvor det lar seg gjøre å ha en lønnsom fruktproduksjon (Thorsrud 1963, Redalen & Vestrheim 1991). Tradisjonelt har mange fruktsorter hatt trøbbel med å overleve de harde vintrene som vi har hatt med jevne mellomrom (gjerne med 15-25 års mellomrom har det vært betydelig utgang av trær). Selv om ikke trærne nødvendigvis dør, kan de bli skadd slik at de får svekket vekst og gir dårligere fruktstørrelse og redusert avling. På grunn av at kaldluften samler seg i dalbunner og søkk i terrenget, har det vært ansett for å være best forhold for frukt dyrking oppe i dalsidene litt opp i høyden. På den annen side blir temperaturen lavere og vekstsesongen kortere når vi kommer riktig høyt. Det er derfor rimelig å anta at en i våre områder finner de mest ideelle forholdene i et belte mellom 50 og 150 m over havet. I undersøkelsen har vi tatt med lokaliteter helt opp i ca. 400 m o.h. Vi vet fra før at dette er alt for høyt, og det er her svært begrensede muligheter. Også lokalitetene over 200 m er nok på grensen.

Norske forskere (Kvåle 1963, Ljones & Landfald 1966, Landfald 1972) fant en nær sammenheng mellom smak og sukkerinnhold målt som refraktometerverdien. Dess bedre dyrkingsforhold, jo bedre smak og høyere refraktometerverdi. På de høyestliggende lokalitetene har vi i vår undersøkelse fått overraskende høye tall for refraktometerverdi, men samtidig har fruktene vært svært små. Det ser dermed ut til at refraktometerverdien kan være et godt mål på vekstforholdene inntil vi kommer opp i ca. 200 m høyde, mens vi på de høyestliggende lokalitetene får en konsentreringseffekt i de små fruktene som ikke har svulmet ut på normal måte, slik at disse ikke passer inn i mønsteret.

Liu & Pu (1987) konkluderte på samme måte som de norske forskerne med at det er høy temperatur som i størst grad virker inn på frukt kvaliteten, og at lys og fuktighet er av sekundær betydning. Landsberg (1980) fant i England at soltimer og temperatur er de to viktigste parametrene for produktiviteten hos epletrær. Vind er den parameteren som forstyrrer mest, men også hellingsretning og høyde over havet virker inn. Kronenberg (1988) har i Nederland vurdert temperaturkrav for vekst og modning av epler.

Mange har hevdet at vi får så smakfulle epler i Norge fordi vi befinner oss så langt mot nord at fruktutviklingen går sakte. Redalen & al. (1993) fant derimot ved dyrking av eplesorten Katja i klimakammer med simulerte klimaforhold ved ulike breddegrad (50 og 60 grader nord) at det gikk kortere tid fra blomstring til fruktmodning ved 60 grader nord enn ved 50 grader

nord. Dette ble forklart med at det under en stor del av fruktutviklingen var betydelig lengre dager ved det nordligste klimaet og ved at blomstringen inntreffer senere, på en tid da det er varmere i været.

Hjeltnes & Skaar (2002) har skrevet en rapport om de naturgitte forholdene for frukt- og grøntproduksjon i Sogn og Fjordane. Rapporten inneholder mange vurderinger og kart. Den konkluderer bl.a. med at vekstsesongen de siste 40-50 årene har endret seg i negativ retning. Derfor bør produksjonen trekkes mer inn mot kjerneområdene der de enkelte vekstene, spesielt de mer kravfulle, kan utvikle god kvalitet i de fleste år.

Kollányi (2000) var en av de første som tok i bruk GIS-teknologi for å velge ut velegnede områder for frukt dyrking i et pilotprosjekt i Kisvejke-regionen i Ungarn.

Bildene 1-5 gjelder våre undersøkelser, og viser hvor langt utviklingen var kommet 16. mai 2002 på utvalgte lokaliteter med ulik høyde over havet. Det stadiet vi har registrert som blomstringsdato (begynnende blomstring, ballongstadiet) framgår av bildene 2 og 3. Da er de fleste blomstene i "ballong" og noen av toppblomstene i blomsterklasene har begynt å åpne seg.

Bilde 5 viser at det i stor høyde over havet (ca. 250 m o.h.) fortsatt var noen dager igjen til ballongstadiet (selv om blomsterklasene dessverre ikke er kommet i fokus på bildet).



Bilde 1 Gravensteinblomstring på prøvested 1, hos Saue, 11 m o.h. 16. mai 2002.



Bilde 2 Gravensteinblomstring på prøvested 7, hos Eriksrud, 70 m o.h. 16. mai 2002.



Bilde 3 Gravensteinblomstring på prøvested 12, hos Redalen, 136 m o.h. 16. mai 2002.



Bilde 4 Gravensteinblomstring på prøvested 15, hos Buttedahl, 171 m o.h. 16. mai 2002.



Bilde 5 Gravensteinblomstring på prøvested 22, hos Løvåsdal, 244 m o.h. 16. mai 2002.

Bildene 6-10 viser frukt fra flere av prøvestedene. Bilde 6 viser ingen stor forskjell på epler av den tidligmodnende og nøysomme sorten Transparente Blanche selv om eplene var dyrket ved svært ulik høyde over havet.

Bilde 7 viser noe større variasjon selv om alle eplene kommer fra lokaliteter i liten høyde over havet.

Bilde 8 og 9 viser epler som ikke er av spesielt god utvikling, men for sortene Haugmanns og Sävsstaholms del er bildene tatt litt i tidligste laget i forhold til optimal høstetid.

Det lille tilleggsbildet lengst til høyre i Bilde 10 viser at Gravenstein ikke kan få full (størrelse)utvikling ved dyrking 400 m o.h., selv i en gunstig vekstsesong som 2002.



Bilde 6 Transparente Blanche fra prøvested 10, Martinsen, 81 m o.h. (t.v.), prøvested 20, Kastad, 235 m o.h. (i midten) og prøvested 7, Eriksrud, 70 m o.h. (t.h.) 16. august 2002.



Bilde 7 Rød Sävsstaholm fra prøvested 1, Saue, 11 m o.h. (t.v.), prøvested 7, Eriksrud, 70 m o.h. (i midten) og prøvested 3, Egge nede, 48 m o.h. (t.h.) 16. august 2002.



Bilde 8 Sävsstaholm (t.v.) og Haugmann (i midten) fra prøvested 13, Pettersborg, 148 m o.h. (t.v.), og Haugmann (t.h.) fra prøvested 14, Jorde, 160 m o.h. 17. august 2002. To epler fra hvert prøvested viser variasjon i grunnfarge og fruktstørrelse.



Bilde 9 Sävestholm (t.v.), Transparente Blanche (i midten) og Haugmann (t.h.) fra prøvested 22, Løvåsdal, 244 m o.h. 19. august 2002.



Bilde 10 Rød Gravenstein fra prøvested 1, Saue, 11 m o.h. (t.v.), prøvested 5, Egge oppe, 61 m o.h. (i midten) og prøvested 6, LFØ, Foss gård, 62 m o.h. (t.h.) 3. september 2002. Det lille tilleggsbildet t.h. viser Rød Gravenstein fra prøvested 23, Grøstad, 402 m o.h. 3. oktober 2002 (altså høstet 1 måned senere enn eplene fra de andre prøvestedene).

Hittil i rapporten har vi vist resultater etter høsting til ulik tid på lokaliteter i ulik høyde over havet. I ett tilfelle ble det gjort registreringer av fruktegenskaper hos epler av sorten Haugmann innhøstet fra ulike lokaliteter på samme dag (4. september 2002). Resultatet av dette er vist i tabellen nedenfor, og det viser tydelig den senere utviklingen høyt over havet.

Tabell 3 Refraktometerverdi, grunnfarge og fruktvekt hos eplesorten Haugmann høstet samme dato på ulike lokaliteter .

Prøvested	Høyde over havet, m	Refraktometerverdi	Farge, poeng 1-9	Fruktvekt, gram
Saue	11	10,8	9	262
Eriksrud	70	11,5	8	251
Heslien	126	10,9	7	264
Riis	410	12,2	6	82

Fargeutviklingen var kommet lengst på det lavestliggende prøvestedet, og her var eplene litt overmodne og melne. På det nest laveste prøvestedet var refraktometerverdien litt høyere, fargeutviklingen var bra og her var eplene passe modne. På det nest høyeste prøvestedet var eplene fortsatt litt grønne og nesten modne. Fruktstørrelsen var her like god som på de to nevnte lokalitetene. På det høyestliggende prøvestedet var eplene bare knapt 1/3 så store som på de andre stedene, og eplene var fortsatt temmelig grønne og umodne. Det var imidlertid her refraktometerverdien var høyest, noe som må ha sammenheng med at sukkerkonsentrasjonen i saften ikke er blitt fortynnet fordi eplene ikke har hatt den normale volumøkningen.



Bilde 11 Haugmann høstet hos Saue (øverst t.v.), Eriksrud (øverst i midten), Heslien (øverst t.h.) og Riis (nederst i midten) 4. september 2002.

5.2 Analyse av sammenhengen mellom fenologi og klima.

I prosjektet er det gjort noen enkle, foreløpige analyser for å finne sammenhenger mellom de fenologiske registreringene og klima. Følgende klimavariabler er benyttet:

- Vekstsesongens lengde (GS)
- Graddagssummen (over 5° C) i vekstsesongen (GDD)
- Vekstintensitet (Graddagssummen dividert med vekstsesongens lengde) (GI)
- Høyde over havet (Z)
- Middelsestemperatur for perioden mai-september

Døgnmiddeltemperaturserier for hver av de 25 fenologiske lokalitetene er beregnet med utgangspunkt i de griddete datasettene. De griddete dataene som er benyttet her utnytter i tillegg til met.no's ordinære stasjoner også prosjektstasjonene i Lier pluss Bioforsk sin stasjon på Foss (Lier). Sommermiddeltemperatur, vekstsesongens lengde og vekstgraddagssum er beregnet for hver enkelt lokalitet ut fra de gridbaserte temperaturseriene.

I tillegg til å se på alle lokalitetene samlet, er utvalget også delt opp i delutvalg basert på terrengets helningsretning

- Østhelling (22.5 – 157.5°)
- Sørhelling (112.5 – 247.5°)
- Vesthelling (202.5 – 337.5°)

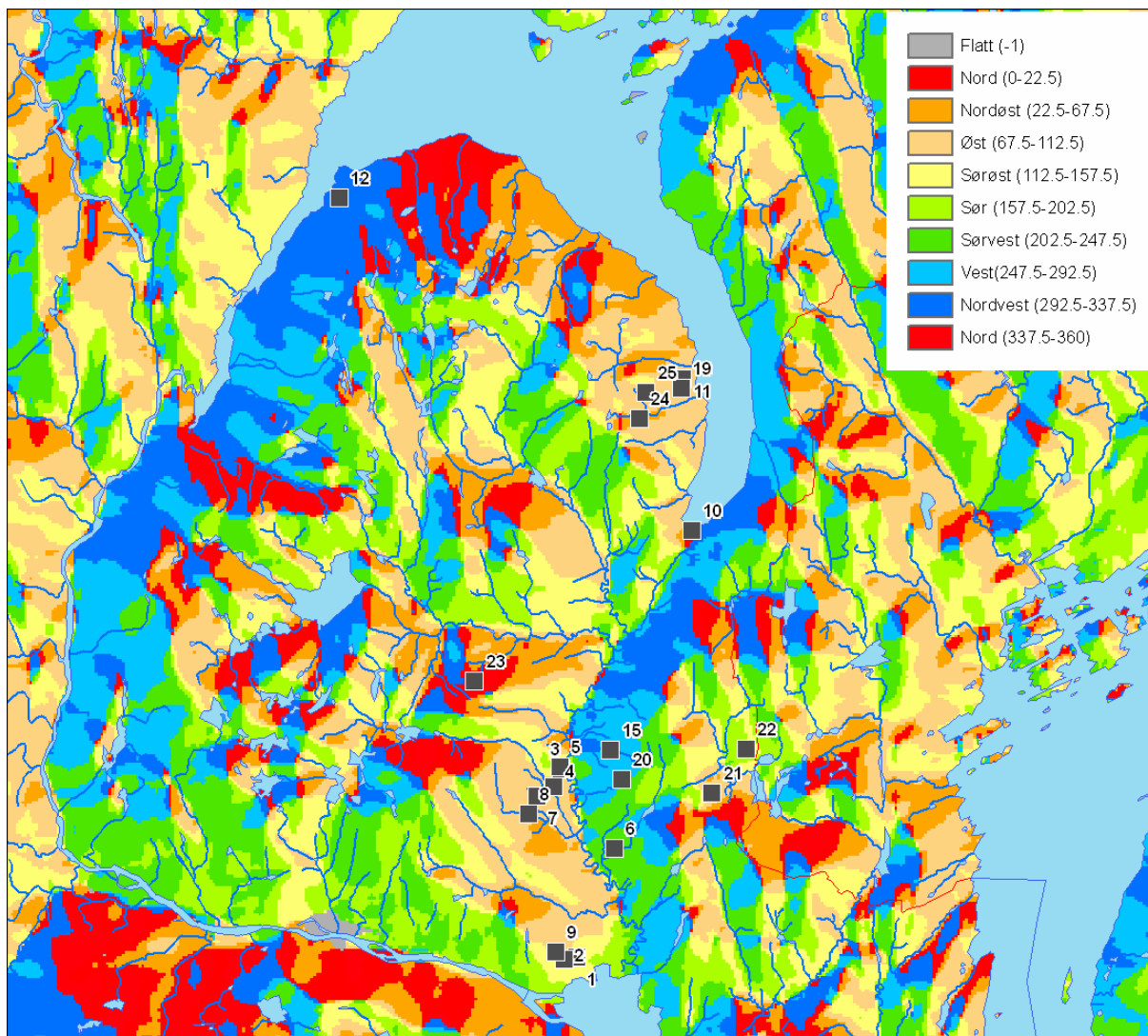
Figur 17 viser et kart over terrengets hellningsretning i Buskerud. Dette kartet er basert på utglatning av en 100 x 100 m terrengmodell slik at hver enkelt 100 x 100 m celle representerer terrenget innenfor en kilometer (500m radius). På den måten er det det generelle terrenget for området som blir beskrevet, og helt lokale variasjoner blir undertrykket. Helningsretningen for hver enkel fenologisk lokalitet er trukket ut av kartet og vist i tabell 2.

Variasjoner i vekstsesongens lengde og graddagssum.

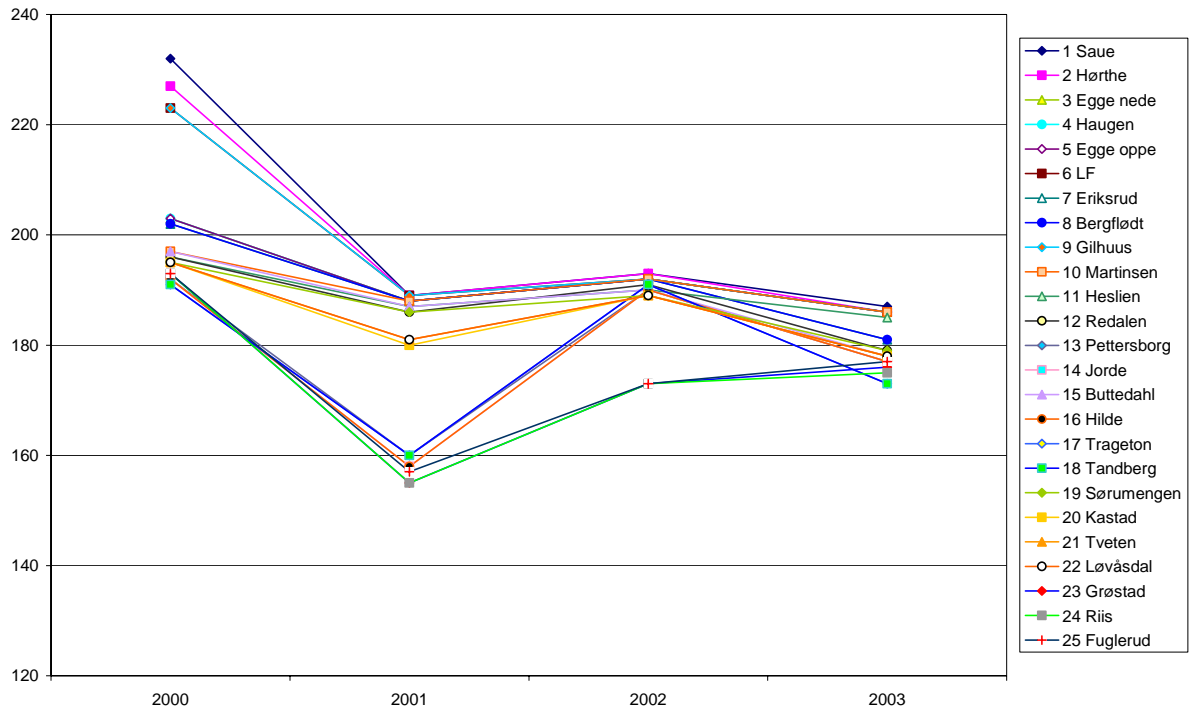
Figur 18a viser variasjonen i vekstsesongens lengde for årene 2000-2003 på de 25 fenologiske lokalitetene. Figur 18b viser det samme for graddagssummen i vekstsesongen.

Det er noen interessante trekk å legge merke til i disse to indeksene, og det er forskjellene mellom ulike grupperinger av stasjoner for vekstsesongens lengde. Spesielt er det for årene 2001 og 2002 tydelig at det har vært ulikt forløp på sesongen. Vi ser at stasjonene i Hallingdal varierer mye mer enn de øvrige stasjonene i fylket, noe som kan indikere en noe større år til år variasjon i temperaturforholdene der enn i nedre deler av fylket. Et av forholdene som påvirker dette er om våren er sen eller tidlig. I figur 19 er snøforholdene den 1.mai for årene 2000-2003 vist. Her ser vi at det er store variasjoner fra år til år. En ser for eksempel at 2001, som er det året som har den korteste vekstsesongen for høyereliggende lokaliteter, har stor utbredelse på snødekket. Da var hele 77 % av fylket dekket av snø pr. 1.mai. Til sammenligning var tilsvarende tall for 2000 bare 50 % og i 2002 57 %. Disse variasjonene ser ut til å henge godt sammen med variasjonen i vekstsesongens lengde.

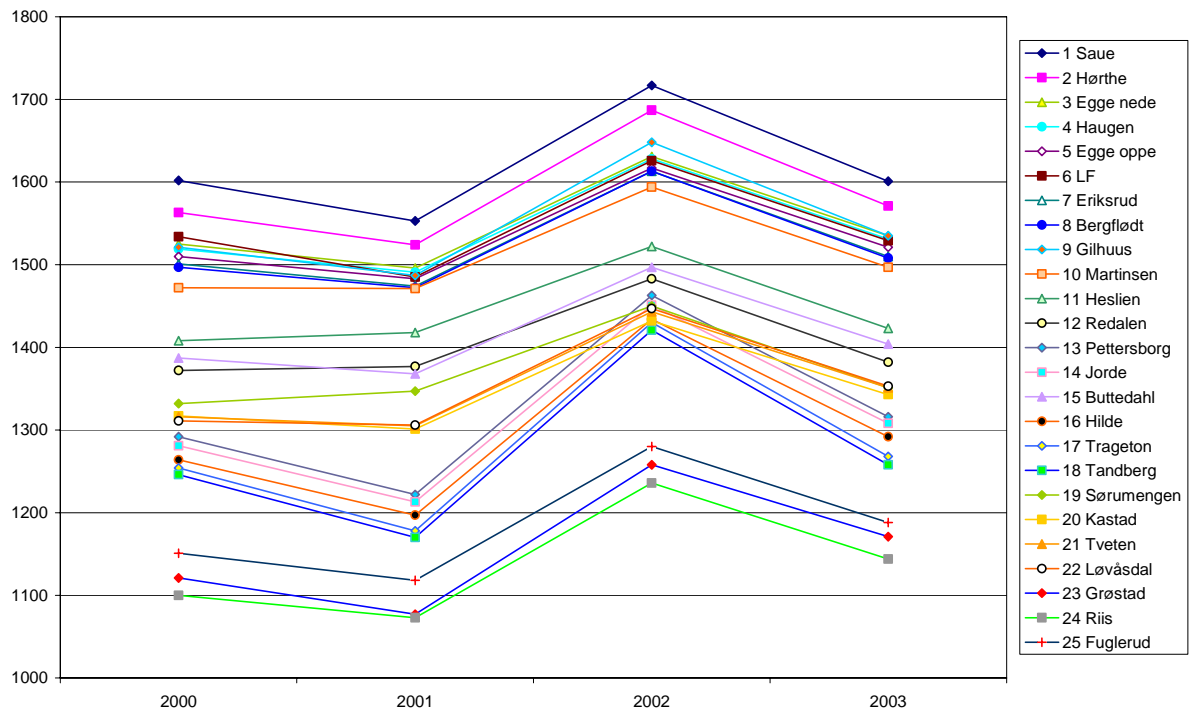
For lengden av vekstsesongen er det stor forskjell mellom årene, og hvordan den varierer innad i fylket (figur 21). I 2000 har lokalitetene Hørthe, Gilhuus og Saue vesentlig lengre vekstsesong enn de øvrige lokalitetene, uten at dette gjør seg utslag i spesielt høy graddagssum. Grunnen til dette er at høsten 2000 var ekstremt lang, mild og våt i Sør-Øst Norge. I lavereliggende strøk strakk vekstsesongen seg langt ut i november og desember (figur 20).



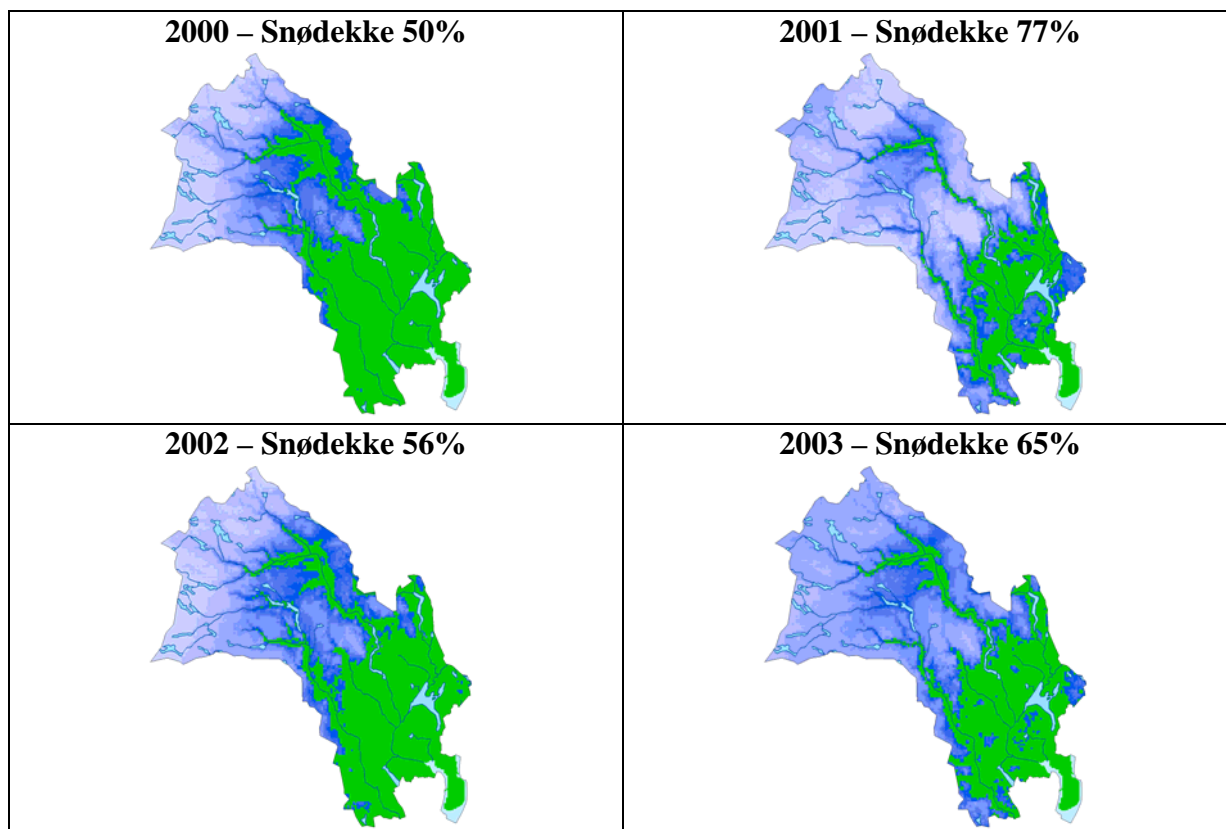
Figur 17 Terrengets helningsretning i deler av Buskerud.



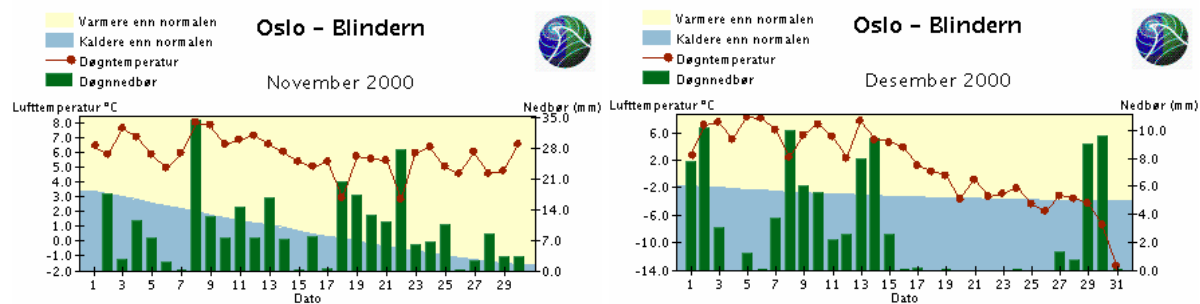
Figur 18a Vekstsesongens lengde 2000-2003 for 25 fenologiske lokaliteter i Buskerud.



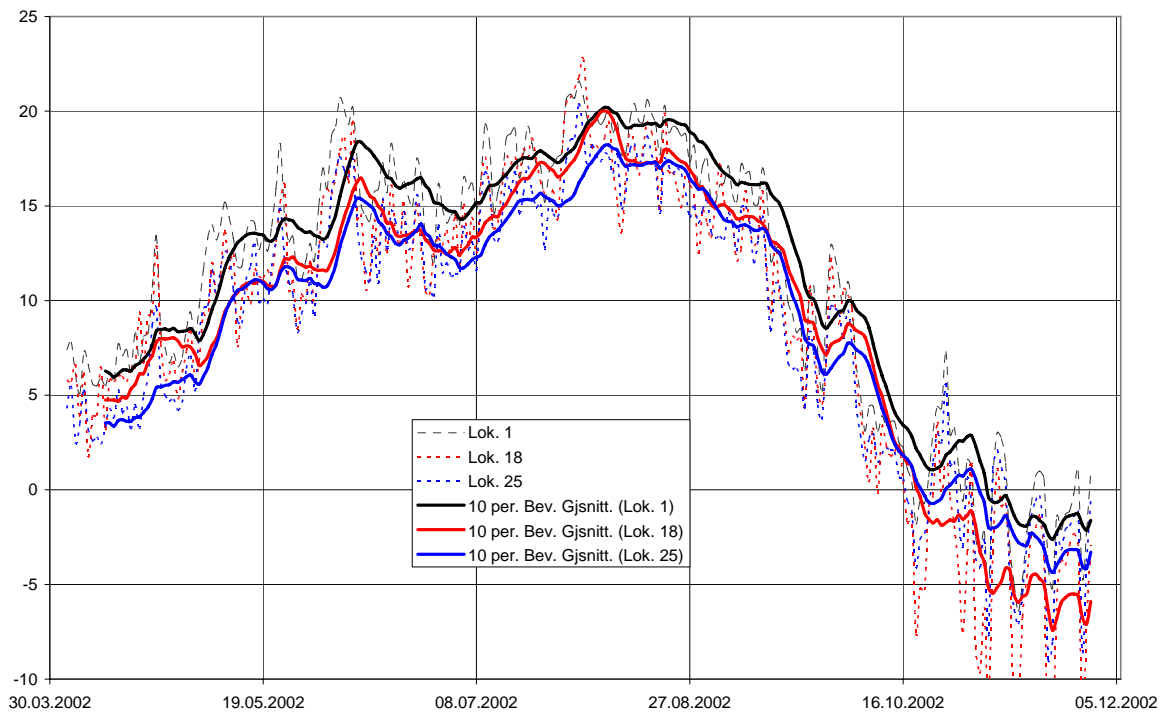
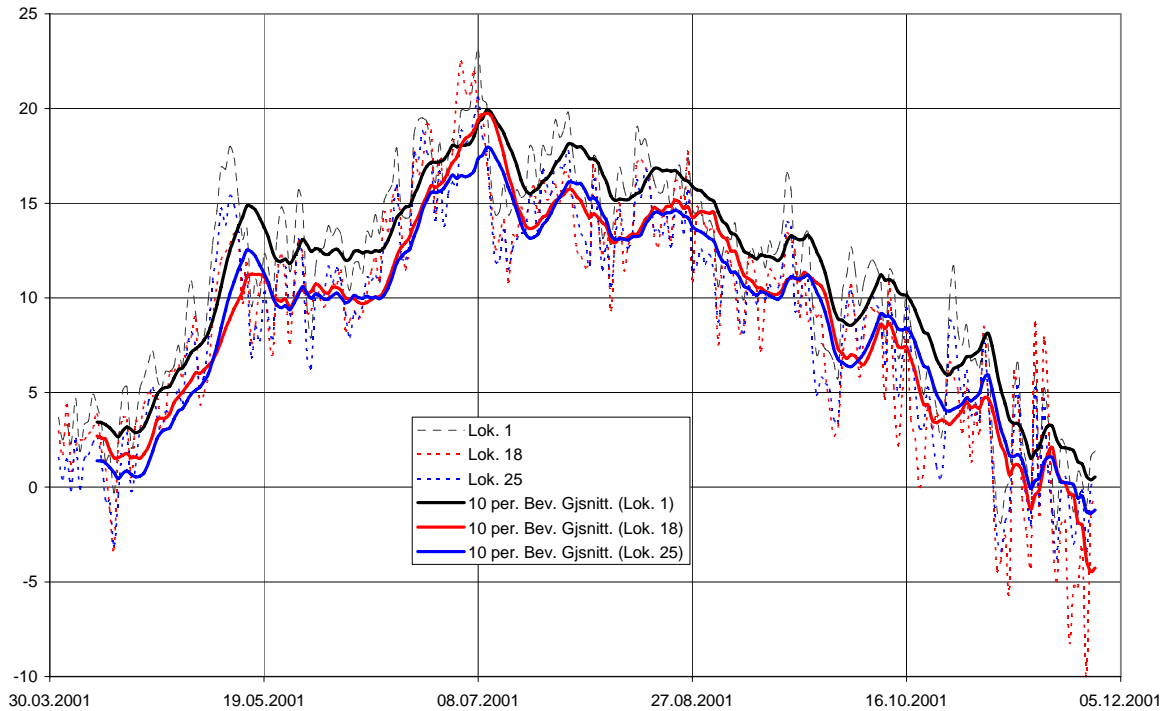
Figur 18b Vekstgraddagssummen 2000-2003 for 25 fenologiske lokaliteter i Buskerud.



Figur 19 Oversikt over snødekket 1.mai i årene 2000-2003. Grønne felter viser områder uten snø, mens ulike graderinger av blått viser snømengden (lys farge, mest snø).



Figur 20 Været i Oslo november og desember 2000 (Kilde: <http://met.no>).



Figur 21 Temperaturserier for somrene 2001 og 2002 ved lokalitetene 1, 18 og 25.

Det ble forsøkt å etablere relasjoner mellom de ulike fenologiske parametrene og ulike klima- og terrengvariable. I hovedtrekk kan analysen oppsummeres av tabellene 4-7. Her ser vi at det for blomstringsdato og sukkerinnhold (refraktometerverdi) kan etableres brukbare modeller, mens det for de øvrige målene er vanskeligere å definere gode modeller.

Tabell 4 Regresjonsanalyse hele utvalget.

Parameter	Sort	R2	Vekst graddager	Vekst dager	Høyde	Vekst intensitet	Middel- temperatur	Merknad
blm	1	0.78	X		X			
	2	0.74			X		X	
	3	0.53					X	
	4	0.73	X	X		X	X	
	5	0.87	X		X	X		
	6	0.73	X	X	X	X	X	
	7	0.77	X	X	X	X		
ref	1	0.67	X	X		X	X	
	2	0.55	X		X	X	X	
	3	0.83	X	X	X	X	X	
	4	0.66	X	X	X	X		
	5	0.73		X	X	X	X	
	6	0.39					X	
	7	0.55	X	X	X	X	X	
farge	1	0.33	X	X	X		X	
	2	-						Ingen modell
	3	0.60	X			X	X	
	4	0.46	X	X	X	X		
	5	0.40		X		X	X	
	6	0.31		X				
	7	0.28	X		X		X	
vekt	1	0.41	X	X			X	
	2	0.58	X					
	3	0.50	X	X	X	X		
	4	0.25	X		X			
	5	0.48			X		X	
	6	0.40	X	X	X	X		
	7	0.23		X	X			

Når datamaterialet blir splittet opp i ulike delutvalg basert på helningsretning blir det generelt etablert bedre modeller. Dette gir en indikasjon på at helningsretning kan være en forklaringsvariabel. Et problem i denne analysen er at datagrunnlaget er svært begrenset. For enkelte sorter som for eksempel sort 4 (Summerred) i sørvendt og sort 1 (Transparente Blanche) og 3 (Haugmann) i vestvendt terreng er antall frihetsgrader lik null. Det innebærer at antall realiseringer som skal bli brukt for å etablere en modell er mindre eller lik antall uavhengige variable (fem). I slike tilfeller er det ikke mulig å etablere en modell ettersom ligningssystemet vil inneholde singulariteter.

Et annet problem når datasettet er så begrenset er at enkeltverdier blir tillagt stor vekt ved tilpasning av modeller. Dersom en av verdiene representerer en anomali, enten reell eller på en eller annen måte ikke er riktig, vil de i for stor grad påvirke modellen og skape en bias i denne.

Estimerte middelverdier for de fenologiske parametrene er nedenfor (tabell 8) vist for hver enkelt lokalitet.

Tabell 5 Regresjonsanalyse, østvendt terreng.

Parameter	Sort	R2	Vekst graddager	Vekst dager	Høyde	Vekst intensitet	Middel- temperatur	Merknad
blm	1	0.82	X		X			
	2	0.74		X	X	X		
	3	0.75	X			X	X	
	4	0.79	X	X	X			
	5	0.96	X	X	X	X	X	
	6	0.65	X		X			
	7	0.91	X	X	X	X		
ref	1	0.72	X	X		X	X	
	2	0.50		X	X	X	X	
	3	0.96	X	X	X	X	X	
	4	0.86	X	X	X	X		
	5	0.76			X		X	
	6	0.65	X		X			
	7	0.77	X	X	X	X	X	
farge	1	0.38	X	X		X	X	
	2	-						Ingen modell
	3	1.00	X	X	X	X	X	
	4	0.35	X	X		X		
	5	0.59		X		X	X	
	6	0.52	X	X	X		X	
	7	0.39	X		X		X	
vekt	1	0.38	X	X			X	
	2	0.66	X					
	3	0.80	X	X	X	X		
	4	0.36	X	X	X		X	
	5	0.43				X		
	6	0.63	X	X	X	X	X	
	7	0.19		X	X			

Tabell 6 Regresjonsanalyse, sørvendt terreng.

Parameter	Sort	R2	Vekst graddager	Vekst dager	Høyde	Vekst intensitet	Middel- temperatur	Merknad
blm	1	0.97	X		X		X	
	2	0.74					X	
	3	0.91	X	X	X	X		
	4	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	5	0.93	X		X		X	
	6	0.57					X	
	7	0.98	X	X	X		X	
ref	1	0.66	X	X		X		
	2	0.59	X		X	X	X	
	3	0.96	X	X	X	X	X	
	4	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	5	0.91	X	X	X	X		
	6	0.57					X	
	7	0.80	X	X	X	X	X	
farge	1	0.76		X	X	X	X	
	2	-						
	3	0.85	X	X		X	X	
	4	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	5	0.52	X	X		X		
	6	0.38				X	X	
	7	0.77	X		X		X	
vekt	1	0.38				X	X	
	2	0.61	X	X				
	3	0.57			X			
	4	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	5	0.97	X	X	X	X	X	
	6	0.82	X	X	X	X		
	7	0.64		X	X	X	X	

Tabell 7 Regresjonsanalyse, vestvendt terreng.

Parameter	Sort	R2	Vekst graddager	Vekst dager	Høyde	Vekst intensitet	Middel- temperatur	Merknad
blm	1	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	2	0.74	X	X	X	X		
	3	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	4	0.58				X	X	
	5	0.91		X	X	X		
	6	0.80				X	X	
	7	0.62	X	X		X	X	
ref	1	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	2	0.99	X	X	X	X		
	3	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	4	0.75	X	X	X	X		
	5	0.91			X	X	X	
	6	0.80	X	X	X		X	
	7	0.42	X	X	X			
farge	1	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	2	0.83	X	X	X	X	X	
	3	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	4	0.96	X	X	X	X		
	5	0.63	X	X	X	X		
	6	0.76		X	X	X	X	
	7	0.56	X	X	X	X		
vekt	1	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	2	0.97	X	X	X	X	X	
	3	1.00	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	Ingen frihetsgrader
	4	0.89	X	X	X	X	X	
	5	0.93	X	X	X	X	X	
	6	0.68		X	X			
	7	0.48		X				

Tabell 8 Fenologiske egenskaper på de ulike lokalitetene. Beregnede middelveier for alle år og sorter (bortsett fra sort 7, Aroma, som er altfor sen på de høyestliggende lokalitetene).

Lokalitet	Blomstrings- dato	Refraktometer- verdi	Farge poeng	Vekt gram	Ref. x vekt
1	139	11,5	7,4	188	2162
2	139	11,5	7,4	180	2070
3	141	11,5	7,3	176	2024
4	141	11,5	7,3	174	2001
5	141	11,5	7,3	173	1990
6	141	11,5	7,3	173	1990
7	142	11,6	7,3	167	1937
8	141	11,6	7,3	166	1926
9	140	11,6	7,3	171	1984
10	141	11,5	7,3	168	1932
11	143	11,7	7,2	155	1814
12	144	11,8	7,2	149	1758
13	149	12,4	7,4	134	1662
14	149	12,4	7,4	130	1612
15	144	12,0	7,3	140	1680
16	149	12,5	7,4	128	1600
17	149	12,8	7,5	128	1638
18	149	12,8	7,5	127	1626
19	144	12,1	7,2	135	1634
20	146	12,4	7,3	124	1538
21	145	12,5	7,4	123	1538
22	145	12,5	7,4	122	1525
23	150	14,2	7,7	81	1150
24	150	14,3	7,8	81	1158
25	150	13,9	7,7	89	1237
Middelveier	145	12,2	7,4	143	1727

Blomstringsdatoene er av beregningsmessige grunner omregnet til Juliansk kalender som går fra dag 1 til 365. Den tidligste blomstringsdatoen 139 tilsvarer 19. mai, mens den seneste blomstringsdatoen i tabellen tilsvarer 30. mai. Det var altså en variasjon i blomstringstid på 11 dager fra den lavestliggende til den høyestliggende lokaliteten.

Det var også betydelige variasjoner i blomstringstid fra år til år. Den tidligblomstrende sorten Sävstaholm, som var med på både de lavestliggende og høyestliggende lokalitetene, hadde i 2000 gjennomsnittlig blomstringsdato 134 (14. mai), i 2001 146 (26. mai), i 2002 136 (16. mai), og i 2003 147 (27. mai). De ekstremt høytliggende lokalitetene over 200 m o. h. dro opp middelveierne med to-tre dager. De store variasjonene i blomstringsdag fra år til år (se figur 22) til gjør også at estimatene for denne variabelen blir mer usikre når så få år med registreringer er med i analysen.

Blomstringsdatoen er av en viss betydning for de enkelte sortenes krav til vekstsesongens lengde. Av sortene i undersøkelsen er de tidligmodnende sortene stort sett også blant de som blomstrer tidlig, mens den sentmodnende sorten Aroma er den som blomstrer senest. I middel for de fire årene blomstret Aroma på dag 143 (23. mai), mens Sävstaholm blomstret på dag 139 (19. mai) på lokaliteter under 200 m o. h.

Med tanke på kravet til vekstsesongens lengde og hvilke sorter som kan dyrkes hvor, er det sortsforskjellene som gjør størst utslag. I vår undersøkelse ble den tidligste sorten, Transparente Blanche, høstet på dag 238 (26. august), mens Aroma ble høstet på dag 272 (29. september). Disse middeltallene gjelder Transparente Blanche dyrket helt opp i over 400 m o. h., mens Aroma bare var med på lokaliteter under 200 m o.h.

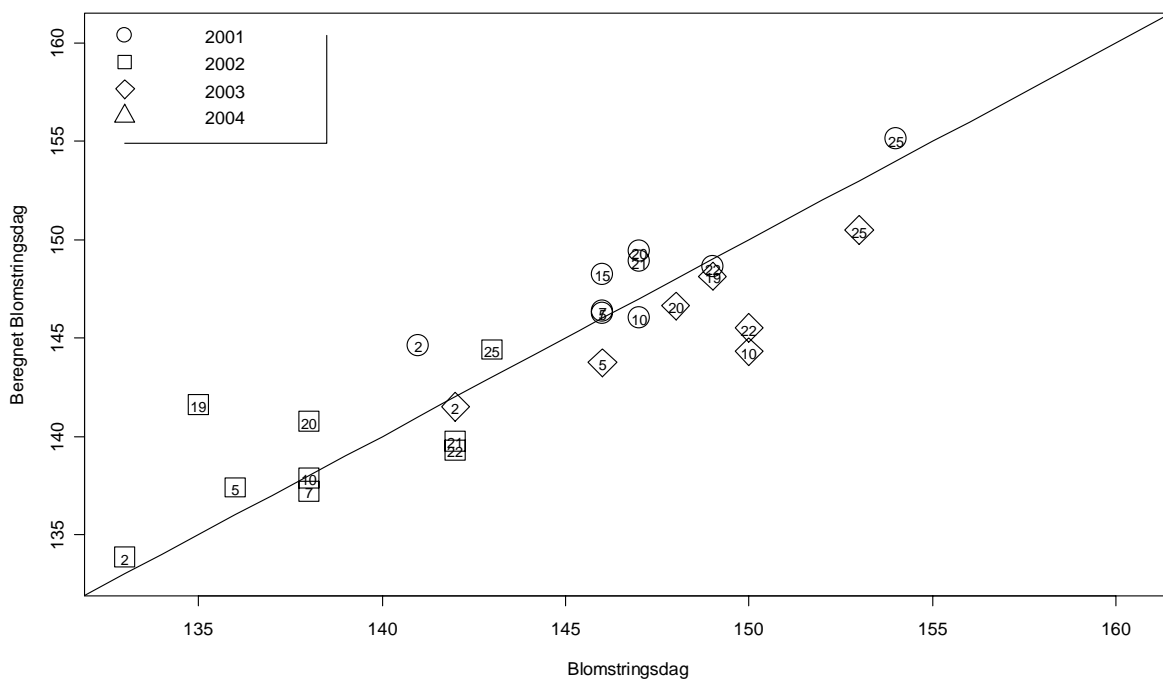
Refraktometerverdien viser i denne undersøkelsen en annen trend enn det vi har sett i tidligere undersøkelser. Den øker fra de lavestliggende til de høyestliggende lokalitetene. Dersom vi går inn i datamaterialet og skiller mellom de tidlige og sene sortene, viser det seg at refraktometerverdien hos de tidlige og nøysomme sortene er ganske lik på alle høyder over havet (i området 11,0 - 11,5) bortsett fra de høyeste lokalitetene over 400 m o. h. der tallet er litt høyere (litt over 12). Ser vi på tallene for de mer kravfulle sortene ligger de på litt under 12 opp til ca. 100 m o. h., ca. 12,5 fra 100 til 200 m o. h., stiger til ca. 14,5 over 200 m o. h. og videre til over 15 når vi kommer opp i ca. 400 meters høyde. Dette kan ha en viss sammenheng med at det på de lavestliggende lokalitetene stort sett er kommersiell drift med unge trær, regelmessig beskjæring, ugrasbekjempelse og optimal gjødsling, mens det på de høyestliggende lokalitetene er til dels eldre trær i privathager som står i grasvoll og er lite beskåret.

Tallene for grunnfarge i tabellen er litt overraskende. I direkte sammenligninger ved prøvetaking var inntrykket at eplene var dårligere farget (grønnfargen hadde i mindre grad gått over til gult) på de høyestliggende lokalitetene. Spesielt for den mest kravfulle sorten som var med på lokalitetene høyt over havet, Gravenstein, virket eplene grønne og dårlig utviklet. De beregnede middelverdiene som vises i tabellen viser imidlertid best fargeutvikling på de høyestliggende lokalitetene. Dette har trolig sammenheng med det spinkle og til dels manglende datagrunnlaget for de kravfulle sortene på de høyestliggende lokalitetene.

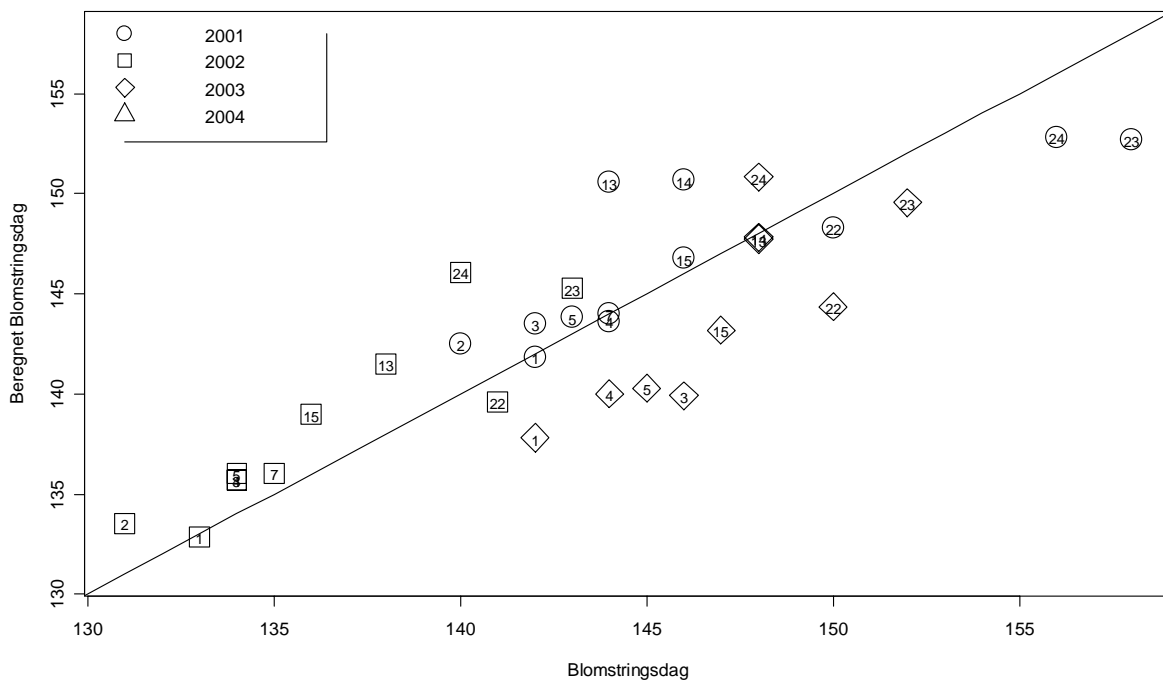
Også når det gjelder fruktvekt er det i de beregnede middelverdiene blitt høyere tall for de høytliggende lokalitetene enn inntrykket var ved prøvetaking. For eksempel for Gravenstein var vekten i 2002 70-80 gram på de høyestliggende prøvestedene mens den på de lavestliggende stedene veide rundt 250 gram. Tendensen i tabellen er likevel klar. Eplene er tyngst og størst på de lavestliggende stedene mens fruktstørrelsen gradvis avtar med økende høyde over havet.

Både kvantitet og kvalitet er av betydning for den totale tørrstoffproduksjonen i fruktene på lokaliteter i ulik høyde over havet. Ved å multiplisere refraktometerverdi og fruktvekt får vi en indeks for dette som er vist i kolonnen lengst til høyre i tabellen. Disse tallene synes å vise en svært nær negativ sammenheng med høyden over havet (som er vist i Tabell 2).

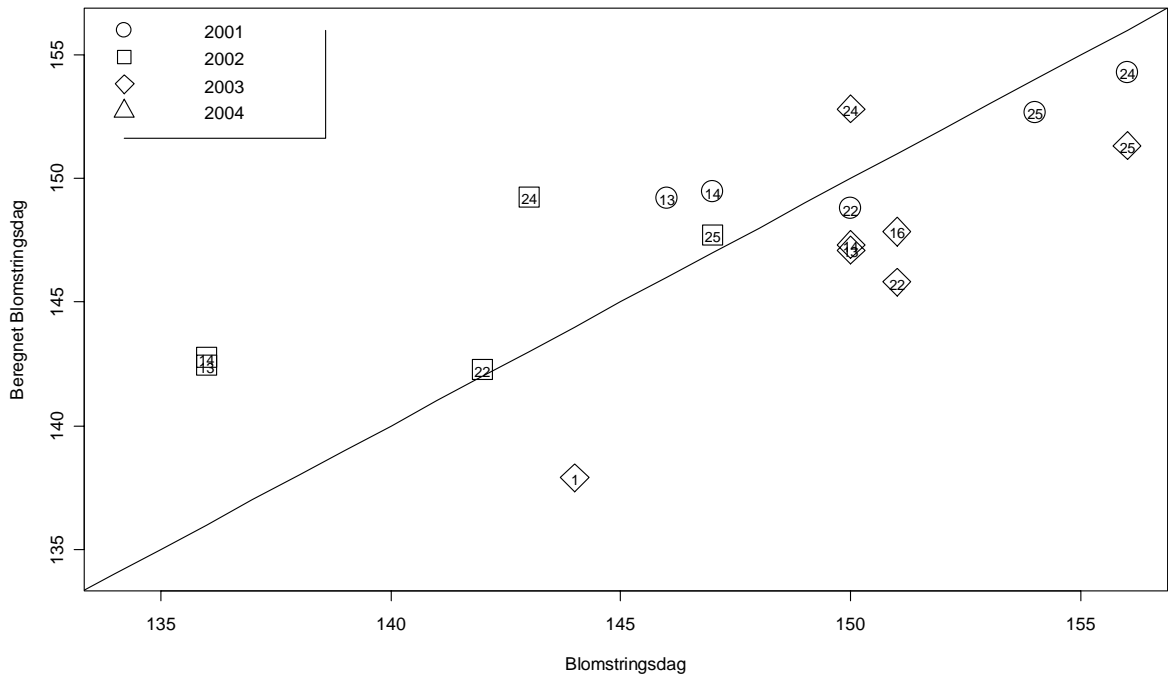
Blomstringsdag - sort 1



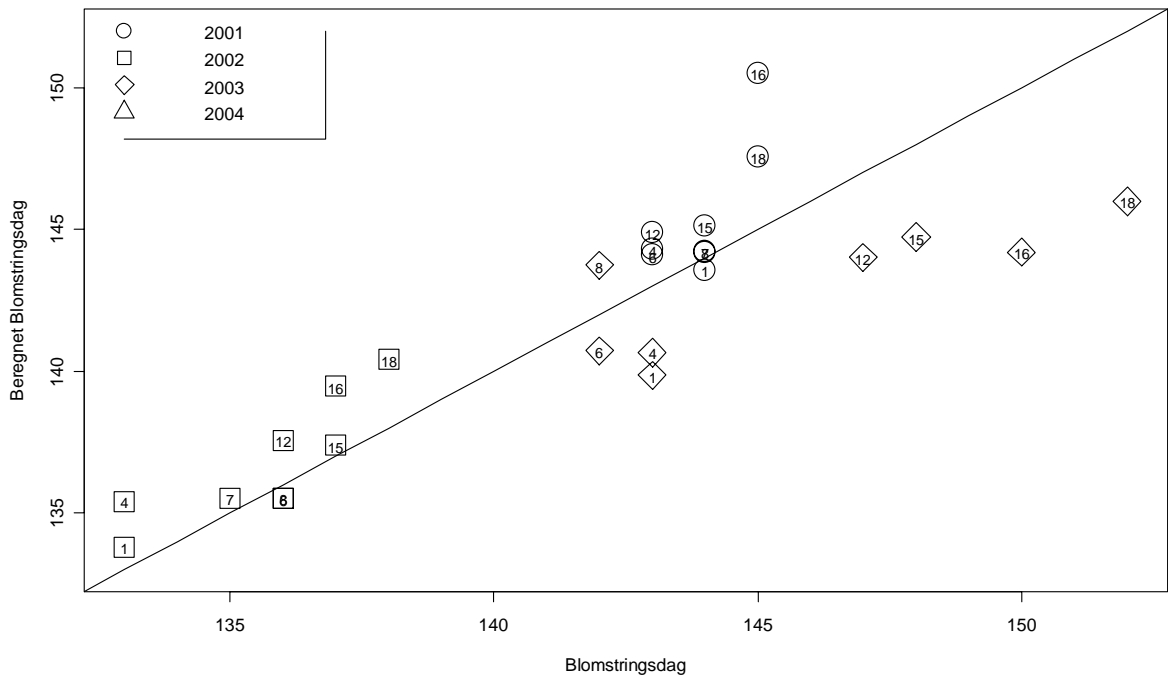
Blomstringsdag - sort 2



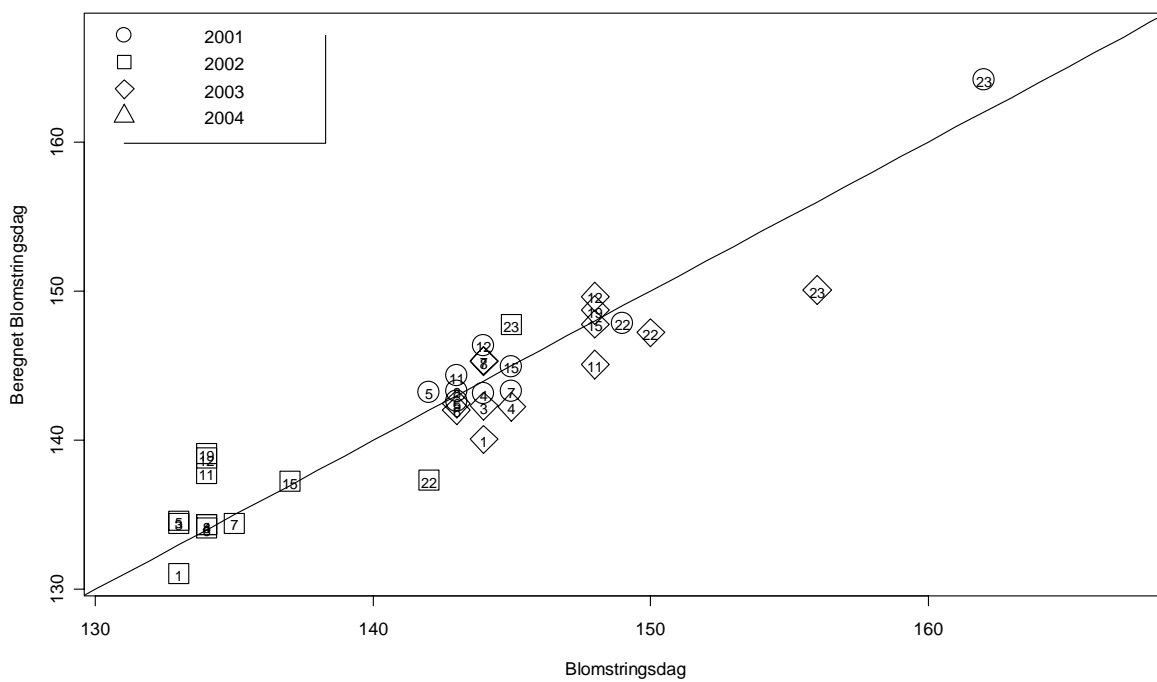
Blomstringsdag - sort 3



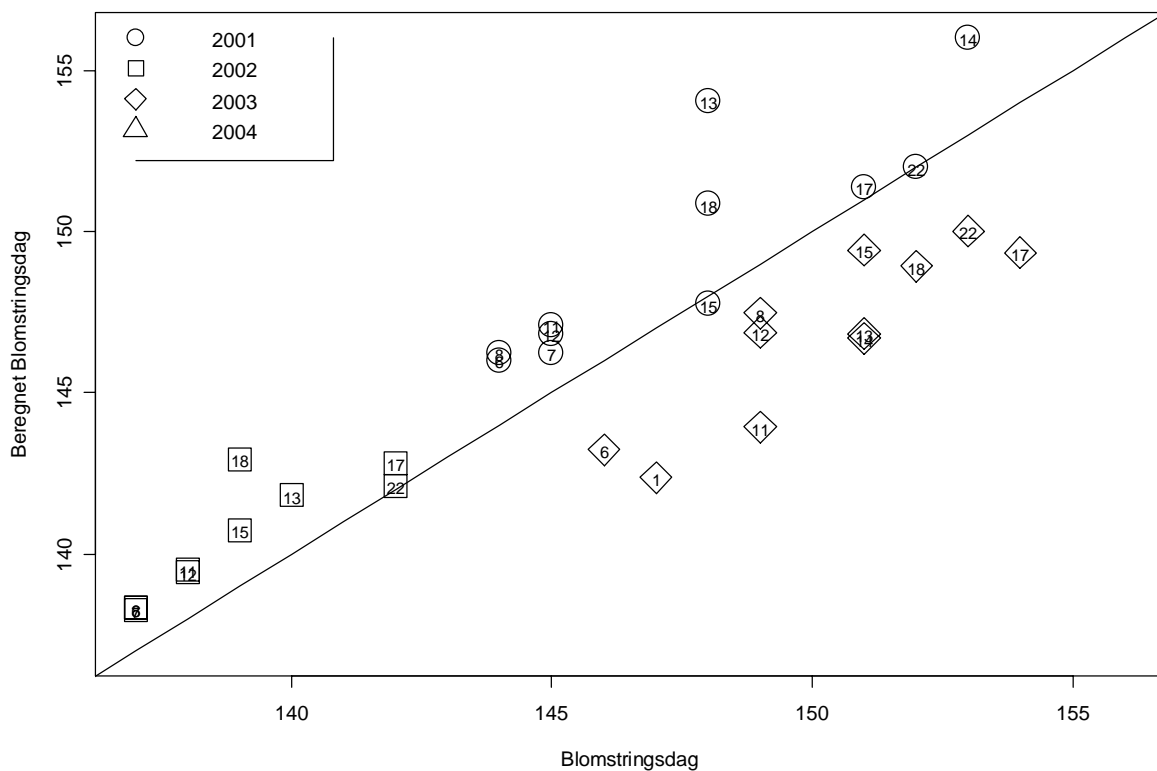
Blomstringsdag - sort 4



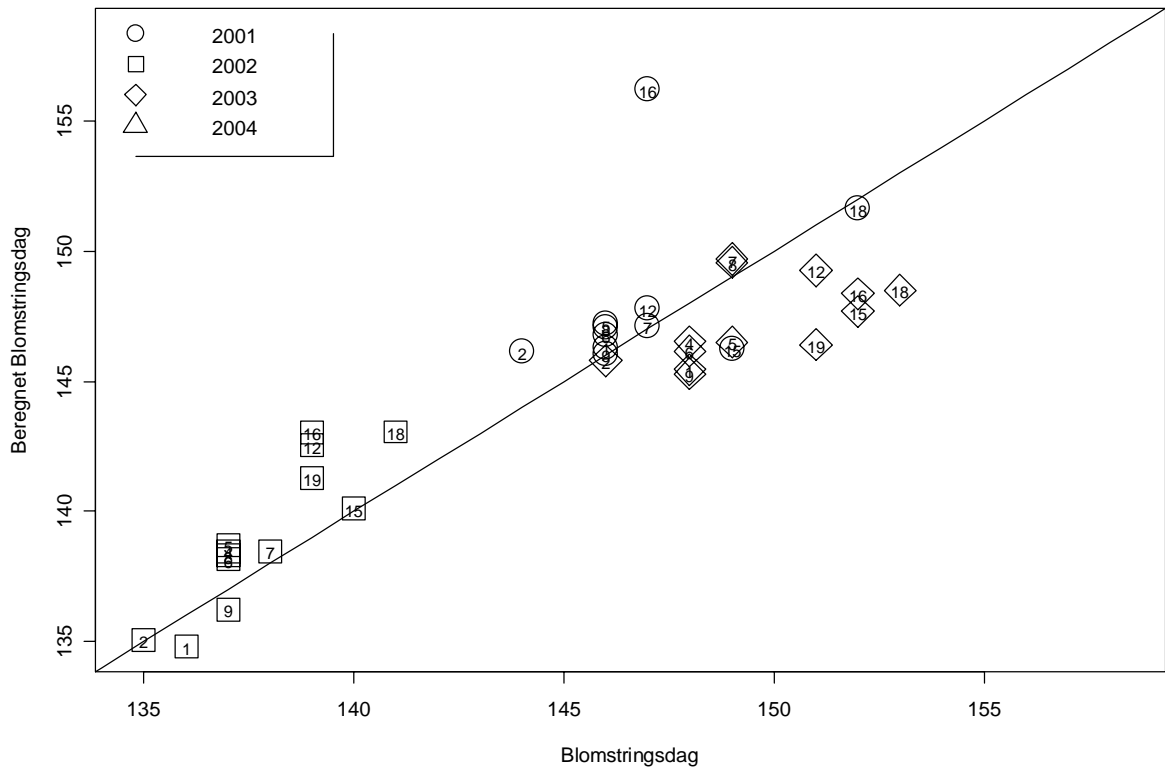
Blomstringsdag - sort 5



Blomstringsdag - sort 6

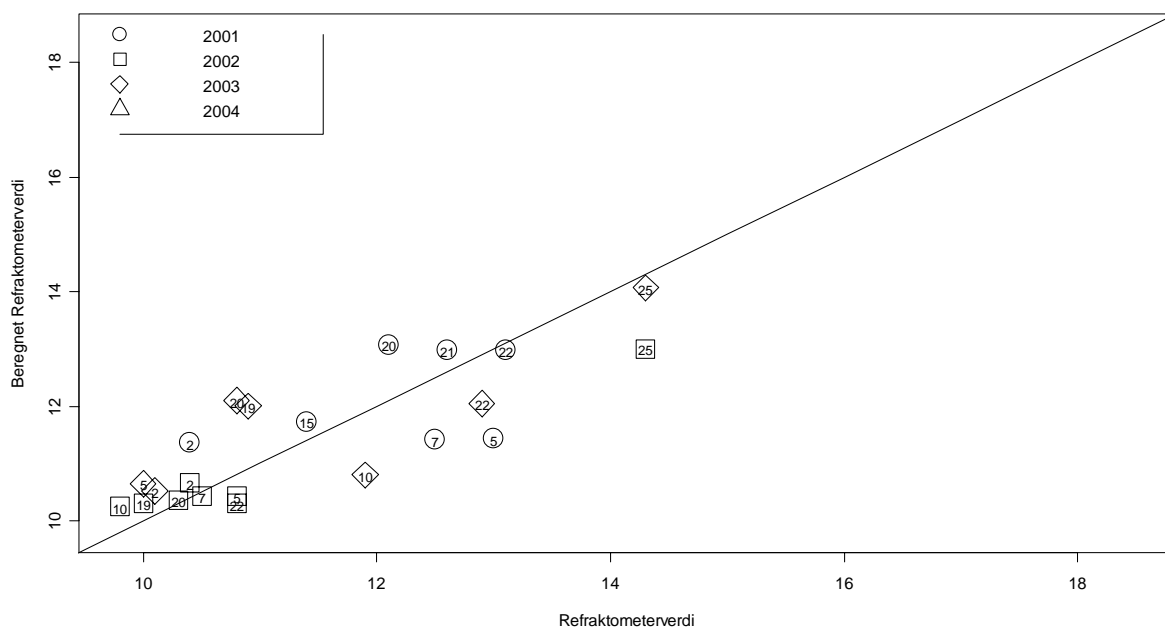


Blomstringsdag - sort 7

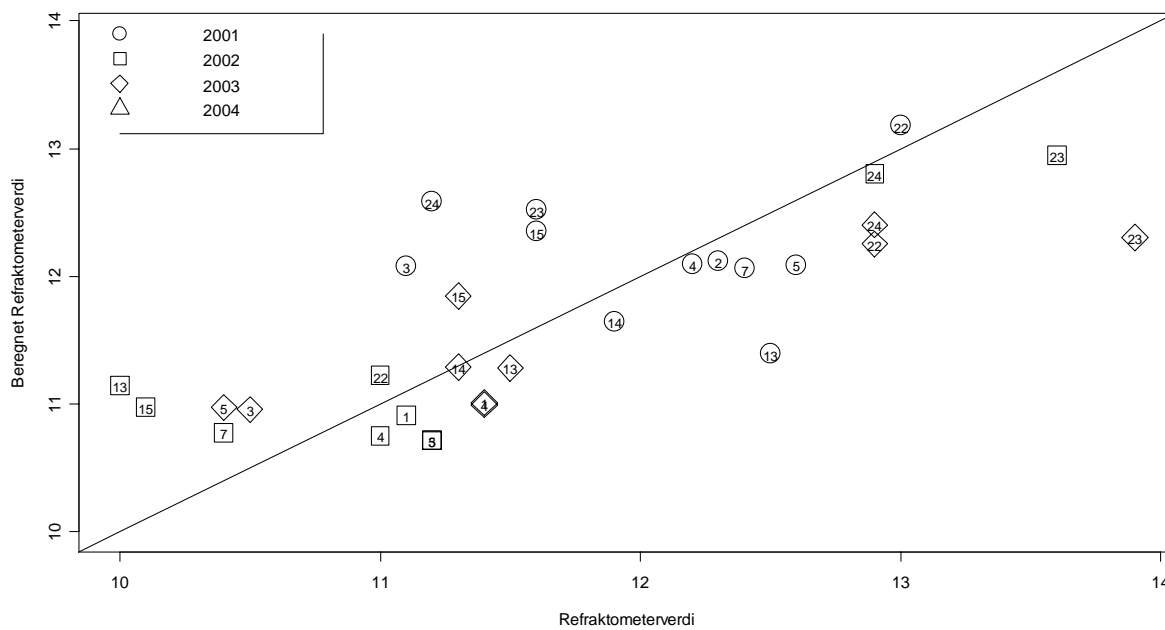


Figur 22 Validering av regresjonsmodell for blomstringsdag for de ulike sortene.

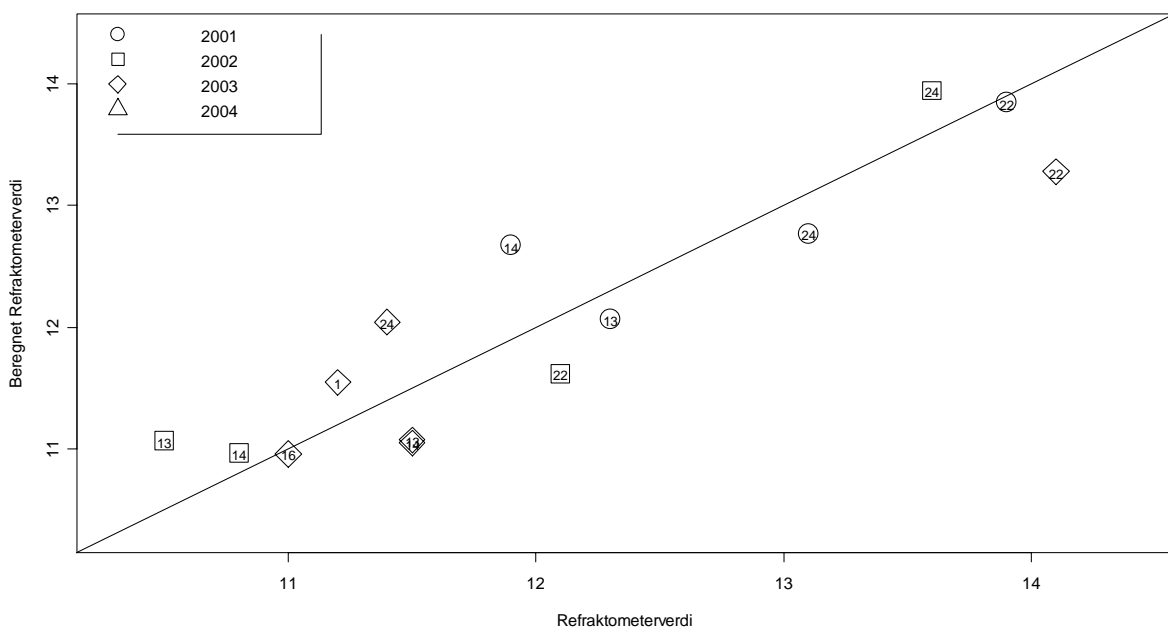
Refraktometerverdi - sort 1



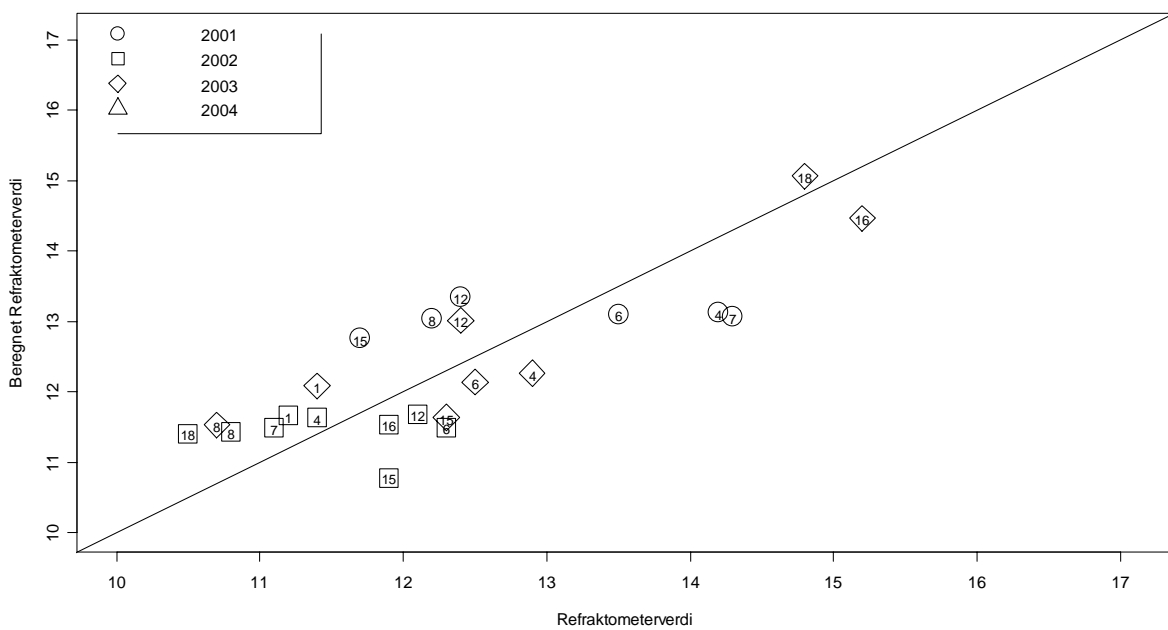
Refraktometerverdi - sort 2



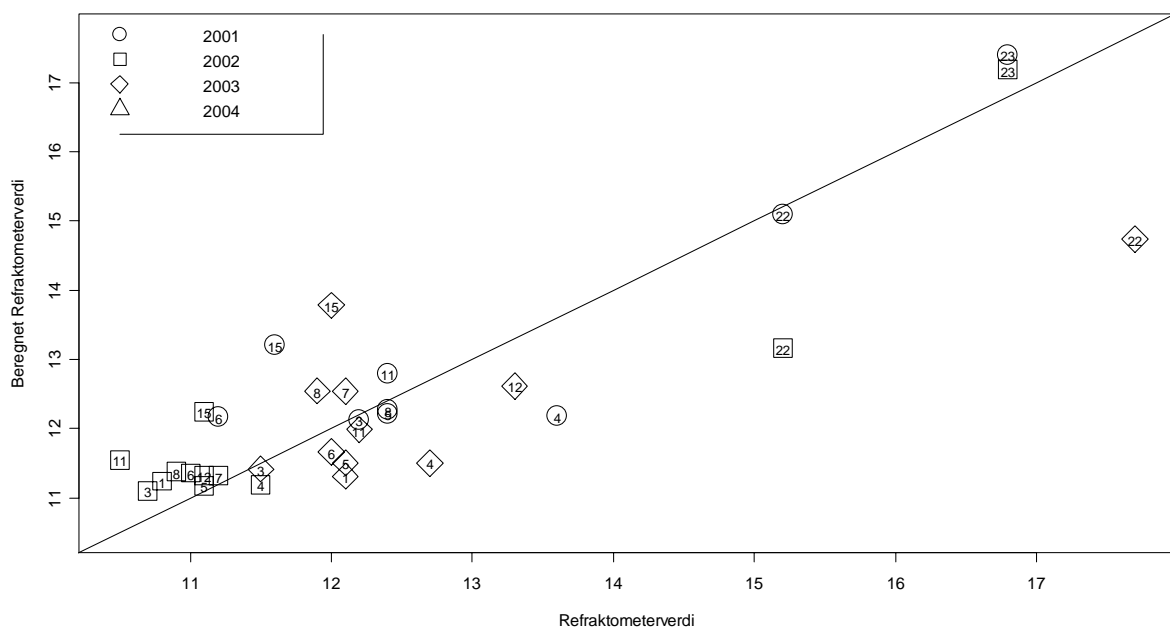
Refraktometerverdi - sort 3



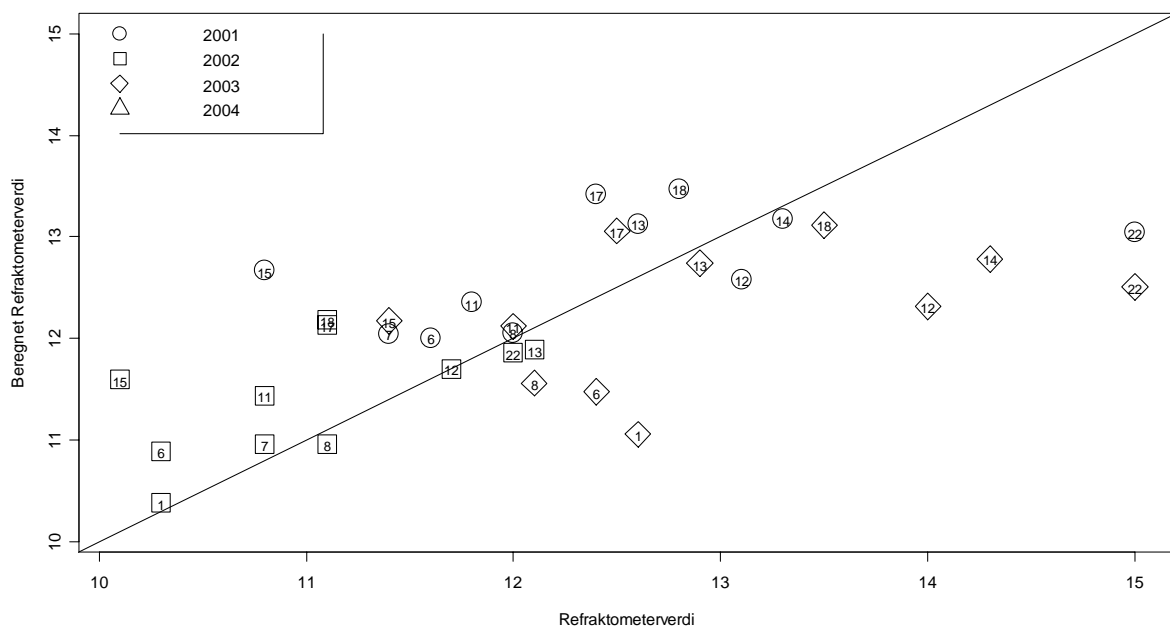
Refraktometerverdi - sort 4

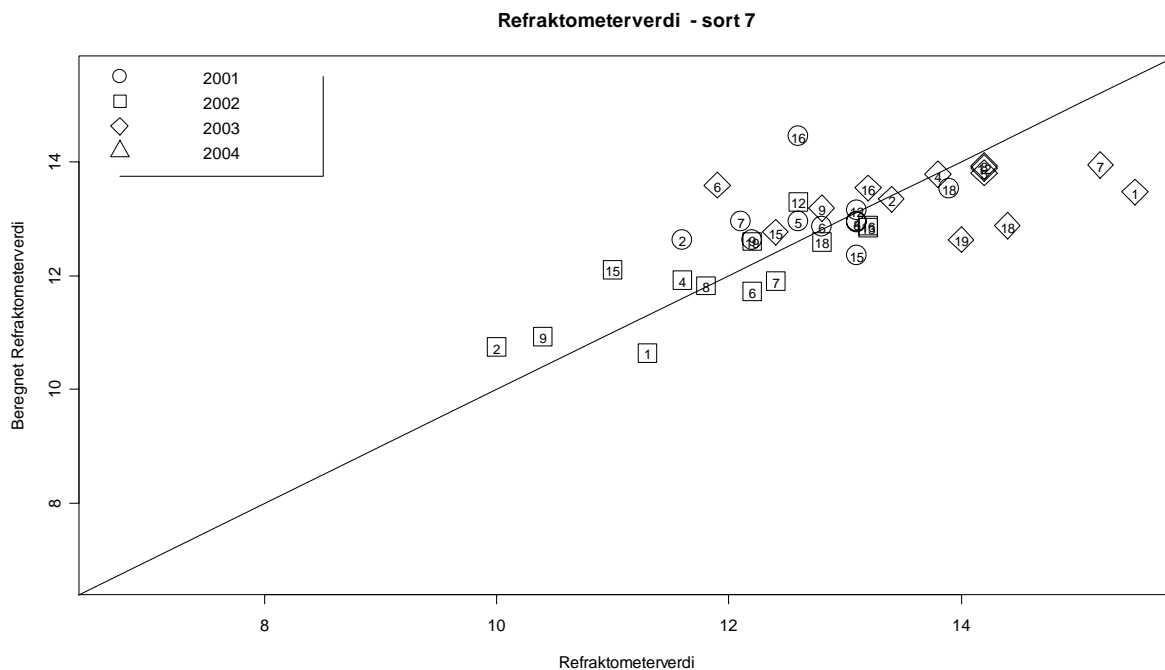


Refraktometerverdi - sort 5



Refraktometerverdi - sort 6





Figur 23 Validering av regresjonsmodell for refraktometerverdi for de ulike sortene.

6. Klimasonekart for Buskerud.

Modellene diskutert i forrige avsnitt er benyttet til å lage eksempler på klimasonekart for epledyrking for Buskerud. De første forsøkene viste at høyde over havet var en forklarende variabel som gir kunstig gode betingelser for epledyrking i høyereliggende områder. Siden høyde over havet også er benyttet til å estimere temperaturkartene som er benyttet i denne analysen valgte vi å lage nye modeller kun basert på de fire klimaelementene som også ble benyttet for modellene beskrevet i forrige kapittel.

Kartene er fremkommet ved at modellene for blomstringsdag er benyttet for å estimere blomstringsdag i hver enkelt rute i et 100 x 100 meter rutenett som dekker hele Buskerud. Basert på estimert dato for blomstring beregnes dato for høsting ved å benytte følgende erfaringstall for antall dager fra blomstring til høsting:

Sort 1	Transparente Blanche	97 dager
Sort 2	Sävstaholm	104 dager
Sort 3	Haugmann	108 dager
Sort 4	Summerred	120 dager
Sort 5	Gravenstein	120 dager
Sort 6	Åkerø	125 dager
Sort 7	Aroma	130 dager

For å bestemme klimasonene er informasjon om høstedataer benyttet. Normal høstedata de siste årene (kommersiell dyrking) for de ulike sortene er:

Sort 1	Transparente Blanche	18. august (dag 230)
Sort 2	Sävstaholm	23. august (dag 235)
Sort 3	Haugmann	25. august (dag 237)
Sort 4	Summerred	11. september (dag 254)

Sort 5 Gravenstein	12. september (dag 255)
Sort 6 Åkerø	17. september (dag 260)
Sort 7 Aroma	21. september (dag 264)

Tilsvarende er seneste aktuelle tidspunkt for høsting (kommersiell dyrking):

Sort 1 Transparente Blanche	28. august (dag 240)
Sort 2 Sävsstaholm	2. september (dag 245)
Sort 3 Haugmann	4. september (dag 247)
Sort 4 Summerred	21. september (dag 264)
Sort 5 Gravenstein	22. september (dag 265)
Sort 6 Åkerø	27. september (dag 270)
Sort 7 Aroma	1. oktober (dag 274)

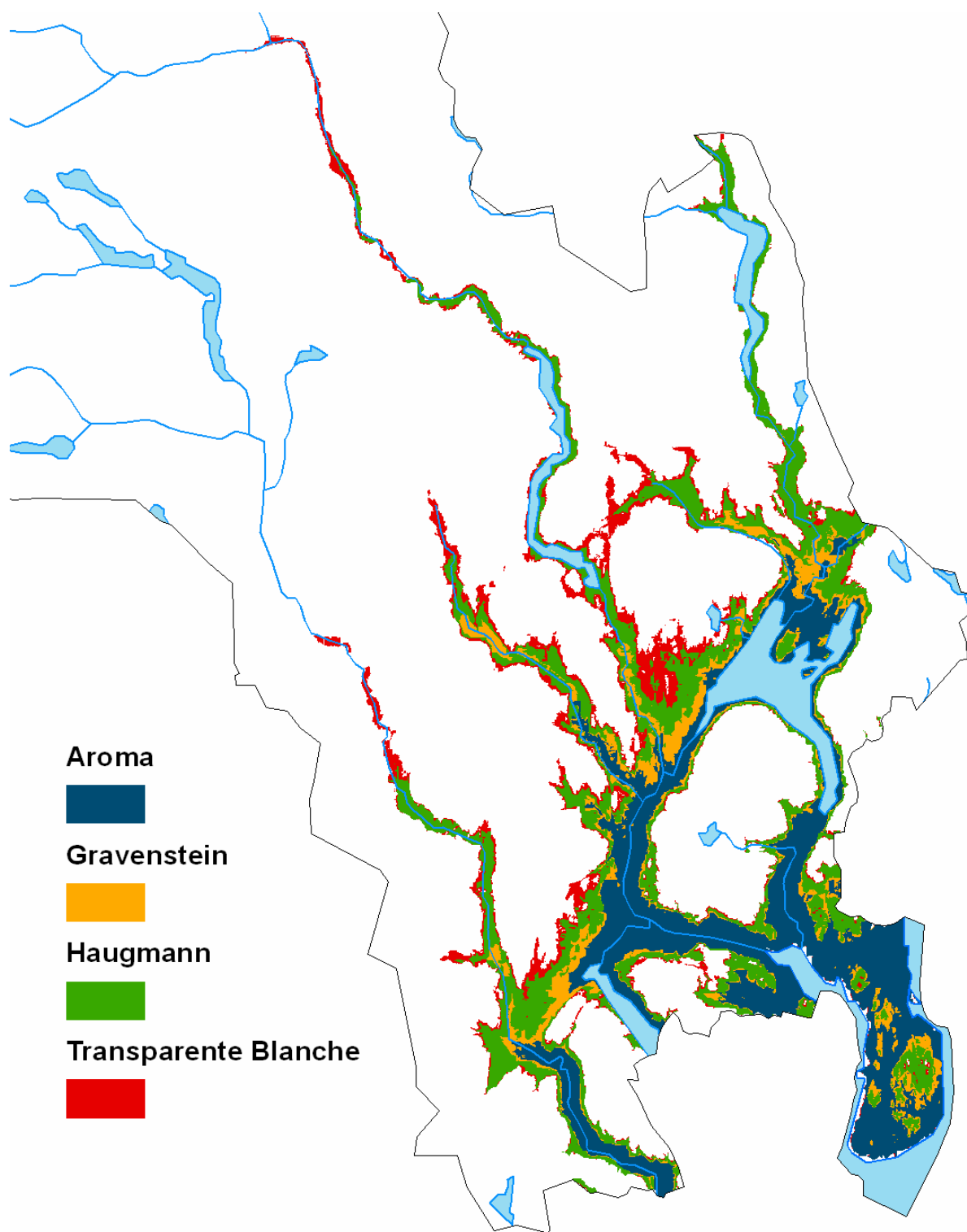
Disse datoene er ca 1. uke tidligere enn det som ble regnet som normalt for 20-30 år siden.

Modellene for blomstringsdag viser at denne estimeres noe for sent, spesielt for de lavereliggende lokalitetene. Dette har litt sammenheng med at kun sommerklima er benyttet som forklaringsvariabler. Her er det et forbedringspotensial ved at for eksempel mer informasjon om vinter- og vårklima kunne vært benyttet. Konsekvensen av at blomstringsdag estimeres for sent er at områder som får høsting innenfor kravene spesifisert ovenfor blir for små. Bl.a. vil det ikke kunne dyrkes Aroma i Buskerud med denne modellen og disse kravene. Dette er løst ved at blomstringsdag er forskjøvet noe fram etter å ha studert forskjellen mellom registrerte og beregnede blomstringsdatoer.

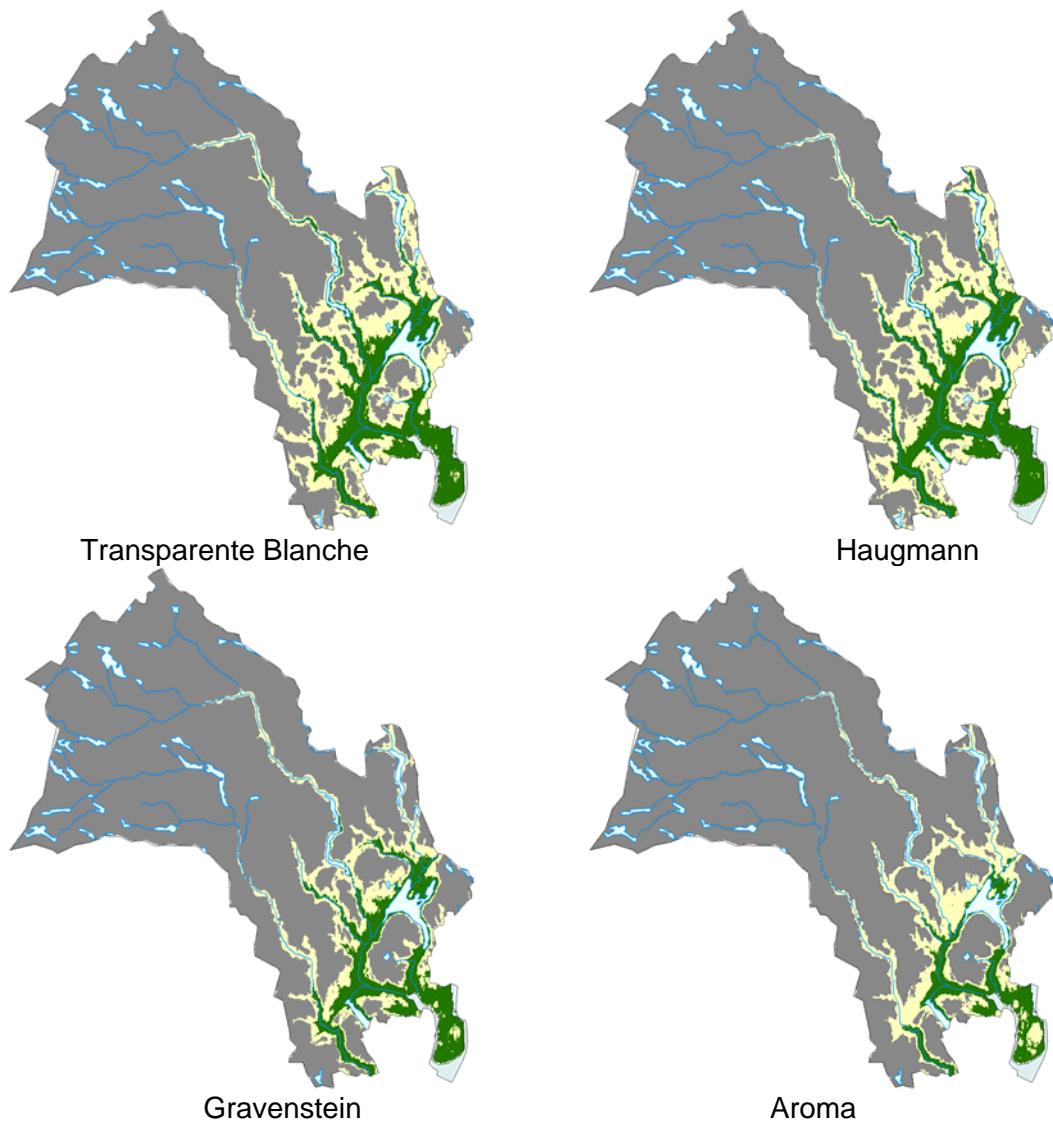
Områdene der en kan forvente å høste epler innenfor en normalperiode slik som det er beskrevet ovenfor, blir beregnet for hver enkelt av fire sorter som vi har valgt å bruke som eksempel for et klimasonekart. Disse representerer forskjellige herdighetsklasser og er også ulikt varmekjære. De vil derfor være godt egnet til å lage et eksempel på et klimasonekart. Sortene er Transparente Blanche, Haugmann, Gravenstein og Aroma. I figur 24 vises det endelige eksemplet for et klimasonekart for disse fire eplesortene. Her vises de normale utbredelsesområdene for hver sort, og de mest kravstore sortene legges øverst i kartet, slik at de mindre kravfulle sortene blir skjult under disse. Kartet gir en indikasjon på hvor det er mulig å dyrke de ulike sortene kommersielt. Utover det kan det også lages kart over områder som er mer marginale for hver enkelt sort, som for eksempel kan benyttes til å beskrive områder der en kan dyrke de ulike sortene for hobbybruk. Kartet i figur 25 viser dette for de fire sortene hver for seg. Det grønne området er det samme som i figur 24, mens det i det gule området er mulig å dyrke sortene for hobbybruk.

I figur 26 er samme kart som i figur 24 vist, men i tillegg er det lagt på to nye soner som viser potensielle dyrkingssoner for sorter enda mer varmekjære enn Aroma. Områdene er bestemt ved å forelenge vekstperioden til Aroma med bortimot en uke.

Klimasonekartene vist i figur 24-26 er kun basert på sommerbeskrivelser. Forhold om vinteren, og sortenes vinterherdighet er ikke vurdert. Derfor vil enkelte områder med strengt vinterklima, for eksempel ved Sokna og også oppover i dalførene fremstå som gunstigere enn de i realiteten er. Også i dalbunnen og i forsenkninger i terrenget, både i Lierdalen og andre



Figur 24 Eksempel på Klimasonekart for fire eplesorter i Buskerud. Kartet er basert på data fra et begrenset antall lokaliteter for årene 2001-2003, og kan derfor ikke betraktes som allmenngyldig.



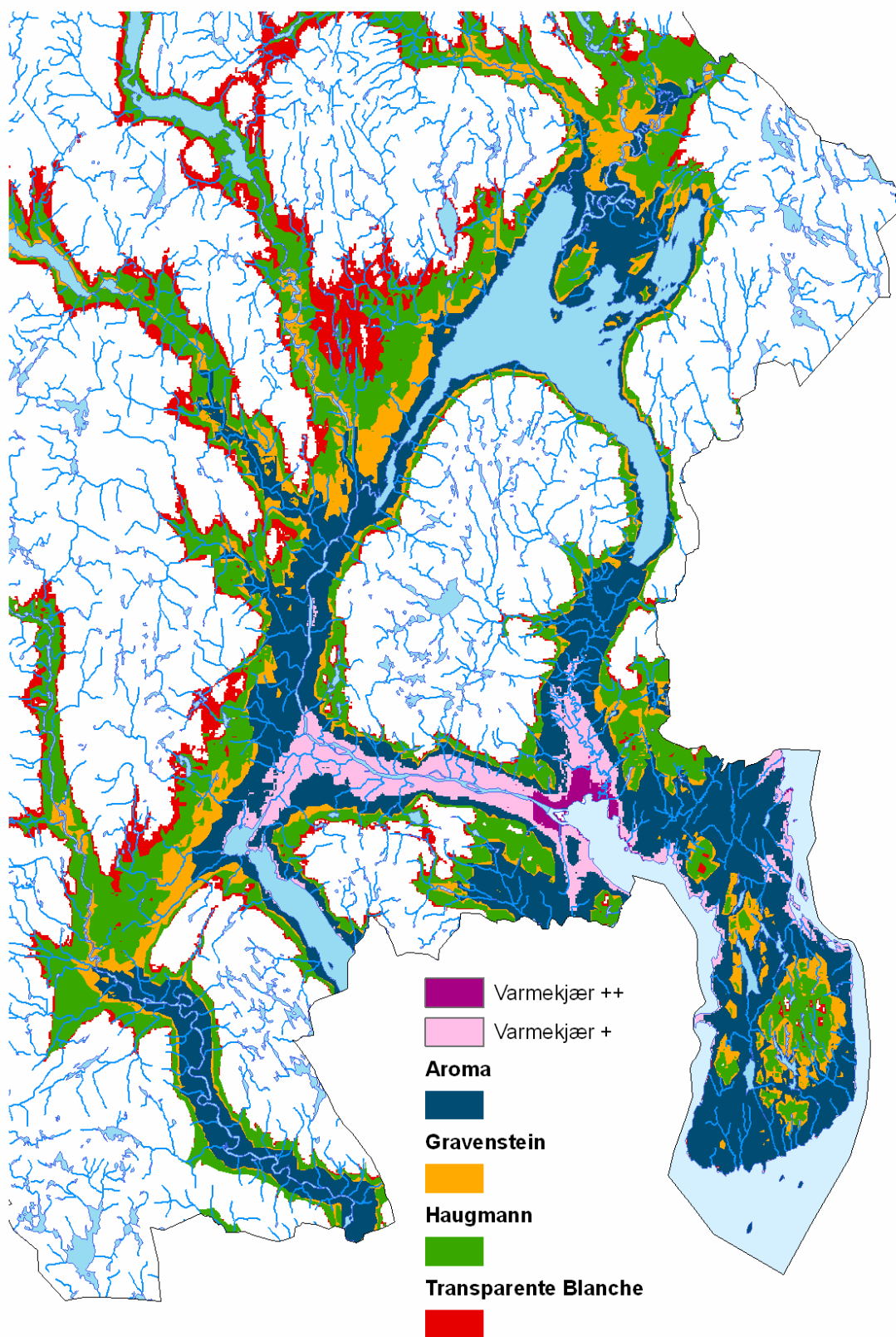
Figur 25 Eksempel på klimasonkart for de enkelte sortene. Kartene er basert på data fra et begrenset antall lokaliteter for årene 2001-2003, og kan derfor ikke betraktes som allmenngyldige.

steder, vil det samle seg kaldluft i kuldeperioder. Dette kan føre til vinterskader på flerårige vekster som for eksempel frukttrær. Slike steder som ser gunstige ut på våre kart egner seg best for varmekjære, ettårige vekster, for eksempel grønnsaker.

7. Diskusjon og konklusjoner

I dette prosjektet er fenologiske data for syv ulike eplesorter og ulike klimaelement analysert for å finne sammenhenger mellom klima og eple dyrking. Formålet har vært å undersøke om slike data kan benyttes til å utarbeide klimasonkart (dyrkingssonkart) for epler.

I prosjektet har data for tre sesonger (2001-2003) vært benyttet. Fenologiske data har vært tilgjengelig fra 25 ulike lokaliteter i Buskerud. I tillegg er data fra Meteorologisk institutt sine griddete datasett benyttet for å bestemme klimastatistikk for hvert av disse prøvestedene.



Figur 26 Eksempel på Klimasonekart for fire eplesorter pluss to tenkte mer varmekjære sorter i søndre deler av Buskerud. Kartet er basert på data fra et begrenset antall lokaliteter for årene 2001-2003, og kan derfor ikke betraktes som allmenngyldig.

Analysen viser at det til tross for at datagrunnlaget er begrenset, finnes tydelige sammenhenger mellom klima og enkelte av de fenologiske registreringene. Imidlertid er datagrunnlaget såpass begrenset at usikkerheten i sammenhengene er store. Små variasjoner i fenologi- og/eller klimavariablene vil kunne gjøre store utslag, og endre kraftig på sammenhengene. I tillegg er ikke datagrunnlaget homogent ved at ulike kultiveringstiltak på prøvestedene også vil påvirke sammenhengene.

Et utbredt måleprogram på fenologi ville derfor vært ønskelig for å sikre et større datagrunnlag for å gjennomføre studier av sammenhenger mellom epleproduksjon og klima. I tillegg må det utarbeides bedre klimabeskrivelser, spesielt for vinterforhold (Tveito, 2007). Dette er nødvendig for å gi en god beskrivelse av vinterherdighet for planter. Dagens klimabeskrivelser er ikke i stand til å gi god beskrivelse av veldig lokale variasjoner i klima, noe som er spesielt viktig om vinteren der temperaturen kan variere flere grader over svært korte avstander. Bl.a. beskrives ikke såkalte kuldehull på en god måte i de kartene som produseres i dag, og noen av de gunstigste områdene på våre klimasonekart vil derfor passe vel så godt for ettårige som for flerårige varmekjære vekster.

Den fenologiske variabelen som viste seg å ha best sammenheng med klima var blomstringsdag. Uttrykk for denne er, sammen med erfaringer om vekstperiode og høstpraksis benyttet for å utarbeide eksempler på klimasonekart for epler for Buskerud. Disse kartene, selv om de inneholder stor grad av usikkerhet, demonstrerer på god måte potensialet i å kombinere fenologi, klima og tilhørende fagkunnskap med analyser i et geografisk informasjonssystem (GIS) for å utarbeide temakart for landbruksformål.

8. Litteratur

- Govasmark, E. (2000) Modellering av vanninnhold hos bygg etter gulmodning. Hovedoppgave, NLH, Institutt for jord og plantefag 2000, 80 s.
- Haugse, L. (1980) Fruktdyrking. Lærebok og handbok. Landbruksforlaget, Oslo, 158 s.
- Hjeltnes, S. H. og E. Skaar. (2002) Naturgjevne tilhøve for frukt- og grøntproduksjon i Sogn og Fjordane. Planteforsk Grønn forskning nr. 25.
- Jansson, A., Tveito, O.E., Pirinen, P., Scharling, M. (2007) NORDGRID – a preliminary investigation on the potential for creation of a joint Nordic gridded climate dataset, met.no report 03/2007 Climate
- Kollányi, L. (2000) GIS utilization in the site selection of a new fruit plantation. International Journal of Horticultural Sciences Vol. 6 (1): 140-142.
- Kronenberg, H. G. (1988) Temperature requirements for growth and ripening of apples. Netherlands Journal of Agricultural Science 36: 23-33.
- Kvåle, A. (1963) Kan frukt kvalitet mælast? Frukt og bær 1963: 34-40.
- Kvåle, A. (1979) Rett sort på rett stad. Frukt- og bær dyrking på Vestlandet. Aktuelt fra SFFL nr. 3: 31-37.
- Landfald, R. (1972) Sammenhengen mellom refraktometerverdi og smakspoeng hos eple. Meld.Norg.LandbrHøgsk. 51 (18).
- Landsberg, J. J. (1980) Effects of weather on apple productivity. Long Ashton Research Station report 1978: 196-212.
- Liu, C. and Y. Pu. (1987) Studies on the relationship between apple fruit quality of 'Delicious' strains and meteorological conditions. Acta Horticulturae Sinica 14: 73-80.
- Ljones, B. and R. Landfald. (1966) Composition and quality of Gravenstein apples grown under different environments in Norway. Meld.Norg.LandbrHøgsk. 45 (5).
- Ljones, B. (1970) Ved Gravensteins nordgrenser. Frukt og bær 1970: 119-132.
- Nilsson, F. (1967) Frukt kvalitet och klimat. Nordisk Jordbrugsforskning 49: 274.
- Rafoss, T. og H. de Wit. (2002) Grunnlag for verdsetting av innmark. NIJOS-rapport 03/02, 57 s.
- Redalen, G. (1977) Kvalitetsvurdering av eplekultivarer. Meld.Norg.LandbrHøgsk. 56 (9).
- Redalen, G. (1983) Frukt- og bær dyrking i Nord-Italienske fjellbygder. Gartneryrket 73: 204-206.

- Redalen, G. (1986) Quality tests of apple cultivars grown in Norway. *Gartenbauwissenschaft* 51: 207-211.
- Redalen, G. (1988) Quality assessment of apple cultivars and selections. *Acta Horticulturae* 224: 441-447.
- Redalen, G. og S. Vestrheim. (1991) *Lær å dyrke frukt*. Hageselskapet, Oslo, 181 s.
- Redalen, G., M. Lindhagen and I. Huntrieser. (1993) Fruit and shoot development in apple as affected by temperature, light, humidity and a possible greenhouse effect in simulated latitudes. *Acta Horticulturae* 326: 65-71.
- Redalen, G., K. Grønnerød, S. Hansen and S. Vestrheim. (1996) Fruit quality of early ripening apple cultivars grown in Norway. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10: 95-100.
- Redalen, G. (Red.) (2005) *Hageselskapets sortsliste*. Hageselskapet, Oslo, 284 s.
- Thorsrud, J. (1963) Om klima og fruktdyrking. *Frukt og bær* 1963: 12-18.
- Tveito, O.E. (2007) Spatial distribution of winter temperatures in Norway related to topography and large-scale atmospheric circulation, PUB Kick off meeting, Brasilia, Brazil 20-22.November 2002 (<http://www.cig.ensmp.fr/~iahs/redbooks/a309/309021.pdf>) , IAHS Publication no. 309, 186-194
- Tveito, O.E., E.J.Førland, R.Heino, I.Hanssen-Bauer, H.Alexandersson, B.Dahlström, A.Drebs, C.Kern-Hansen, T.Jónsson, E.Vaarby-Laursen and Y.Westman. (2000) *Nordic Temperature Maps*, DNMI Report Klima 9/00 KLIMA
- Tveito, O.E., E.J.Førland, H.Alexandersson, A.Drebs, T.Jonsson, E.Vaarby-Laursen (2001) *Nordic climate maps*, DNMI report 06/01 KLIMA
- Tveito, O.E., Bjørdal, I., Skjelvåg, A.O., Aune, B. (2005) A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology, *Meteorological Applications*, 12:1:57-68