



Grunnlag for verdsetting av innmark

Trond Rafoss og Heleen de Wit



Hovedkontor:

1432 Ås
Tel. : 64 94 94 20
Fax.: 64 94 22 29
Besøksadr.: Raveien 2
Internett: www.planteforsk.no

Hovedkontor:

1432 Ås
Tel.: 64949748
Fax.: 64949786
Besøksadr.: Raveien 9
Internett: www.nijos.no

Tittel:

GRUNNLAG FOR VERDSETTING AV INNMARK

Rapport fra prosjekt for bruk av planteforsøksdata, klimadata og jorddata i verdsetting i oppdrag av Jordskifteretten.

Forfatterere:

Trond Rafoss, Heleen de Wit og Arne Oddvar Skjelvåg

<i>Dato:</i> 04.02.2002	<i>Tilgang:</i> Open (til) / Lukka	<i>Prosjekt nr.:</i> ???	<i>Arkiv nr.:</i> Arkiv nr. ????
<i>Rapport nr.:</i> NIJOS-rapport nr.: 03/2002	<i>ISBN-nr.:</i> 82-7464-291-0	<i>Antall sider:</i> 47	<i>Antall vedlegg:</i> 4

Oppdragsgiver:

Jordskifteverket

Kontaktperson(er):

Olav Stølen, Trons Rafoss, Heleen de Wit, Arne O. Skjelvåg, Inge Bjørdal

Stikkord:

Verdsetting, innmark, planteproduksjonsforsøk

Fagområde:

Agroøkologi, verdsetting

Samandrag:

Avlingsmengde og arealproduktivitet er viktige faktorer ved verdsetting av et jordskifte. I dette prosjektet, som er et samarbeid mellom NIJOS, Planteforsk og NLH, har formålet vært å styrke grunnlaget for verdsetting av jord ved å undersøke sammenhenger mellom avlingsmengde, jord og klima. Avlingsdata for korn, eng og potet, fra verdiprøvningsforsøk utført i regi av Planteforsk ble koblet til jordsmonndata fra NIJOS og klimadata fra både Planteforsk og DNMI. Analysen av datamaterialet bekreftet velkjente effekter av jordsmonn på avlingsmengde. Avlingstall for bestemte jordtyper i gitte regioner ble beregnet. Imidlertid viste det seg at datamaterialet var for begrenset til å komme fram til generelt gyldige modeller for jordsmonnegenskaper og avlingsnivå. Det kom også fram at det er nødvendig med en bedre organisering av klima- og plantedata. Tilrettelegging av dataene til dette prosjektet tok derfor relativt mye tid, slik at noen analysemetoder forble uprøvd.

<i>Land/fylke:</i> Norge	<i>Kart 1:50 000:</i>
<i>Kommune:</i> .	<i>Økon. kart 1:5 000:</i>
<i>Sted/Lokalitet:</i>	<i>UTM-koordinater</i>

.....
Olav Stølen
Prosjektleder, NIJOS/Planteforsk

.....
Øystein Simonsen
Forskningsjef, Planteforsk

GRUNNLAG FOR VERDSETTING AV INNMARK

Rapport om bruk av plante-, klima- og jorddata ved verdsetting av innmark.

En rapport fra NIJOS og Planteforsk på oppdrag fra Jordkifteretten.

Trond Rafoss og Heleen de Wit har vært hovedsekretærer ved utarbeidingen av rapporten.

Forord

Dette prosjektet er gjennomført etter oppdrag fra Jordskifteretten som et samarbeid mellom Planteforsk og NIJOS, med faglig støtte fra professor Arne Oddvar Skjelvåg, Institutt for Plantefag, NLH og Are Halvor Aastveit, Institutt for Matematiske fag, NLH. Prosjektet er gjennomført etter forutgående anbudsinnbydelse fra Landbruksdepartementet og betydelig egeninnsats fra Planteforsk og NIJOS. Prosjektet har hatt en varighet på ½ år.

Prosjektlederen vil gjerne benytte anledningen til å takke professor Arne Olav Skjelvåg professor Are Halvor Aastveit, tidligere direktør ved NIJOS Kristen Øyen, senioringeniør Eivind Solbakken (NIJOS), forsker Mauritz Åssveen (Planteforsk Apelsvoll), forsker Trond Rafoss (Planteforsk), forsker Per Jarle Møllerhagen (Planteforsk, Apelsvoll), forsker Bjørn Molteberg (Planteforsk, Apelsvoll), forsker Heleen de Wit (NIJOS) og rådgiver Inge Bjørdal (NIJOS) som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Formålet med prosjektet var å forbedre grunnlaget for verdsetting av innmark gjennom utvikling av objektive metoder og kriterier basert på data fra plantedyrking, jord og klima. Angrepsmetoden var å benytte data som allerede var generert i andre prosjekter ved de to organisasjonene, og dermed også å øke nytteverdien av eksisterende jordsmonn-, plante- og klimadata.

Erfaringene som nå er gjort viser at denne arbeidsmetoden absolutt er en farbar veg. Data fra verdiprøvingen av plantesorter kunne kobles mot jordsmonndata som forelå for dyrkingsarealene, og værdata for de aktuelle dyrkingsperiodene/-årene kunne innhentes fra Planteforsk sine klimastasjoner og DNMI. Imidlertid er det også gjort den erfaring, at tilgjengeligheten til disse data med hensyn til organisering er langt fra tilstrekkelig. Dette blir nærmere utdypet i rapporten, men det bør tas med her at spesielt plantedata og klimadata bør organiseres i enklere databaser.

Samlet sett representerer resultatene fra dette prosjektet et nytt og viktig skritt i retning av utvikling av et objektivt grunnlag for verdsetting av innmark basert på data fra plantedyrking, jord og klima.

Ås, januar 2002

Olav Stølen
- prosjektleder -

Sammendrag

Avlingsmengde og arealproduktivitet er viktige faktorer ved verdsetting av arealer i et jordskifte. De naturgitte betingelser for avlinger som kan oppnås på et areal, består først og fremst av klima og jordsmonn. I dette prosjektet som er gjennomført av NIJOS, Planteforsk, Institutt for plantefag og Institutt for matematiske fag, NLH har formålet vært å styrke grunnlaget for verdsetting av jord ved å undersøke sammenhenger mellom avlingsmengde for forskjellige vekster, jord og klima. Plantedata i form av avlingsdata er hentet inn fra verdiprøvningsforsøk i korn, eng og potet som utføres i regi av Planteforsk. Disse forsøkene er stedfestet og knyttet til eksisterende jordsmonndata fra NIJOS. Klimadataene er hentet fra værstasjoner tilhørende både Planteforsk og Det norske meteorologiske institutt (DNMI).

For korn brukes forsøksresultatene fra Apelsvoll forskingssenter og Bjørke, Staur, Vollebekk og Rød forsøksgårder, alle lokalisert på Østlandet, for arts- og sortsgruppene tidlig og seint bygg, tidlig og sein havre, samt vårhvete fra perioden 1995-2000. For eng benyttes data for artene timotei, engsvingel og rødkløver i perioden 1990-2000 fra forsøkslokalitetene Apelsvoll, Særheim, Kvithamar og Holt forskingssenter og Vågønes forskingsstasjon. For potet benyttes resultatene fra forsøksserien for seine/halvseine poteter i perioden 1990-2000 fra de samme forsøkslokalitetene som for eng unntatt Vågønes og med data fra Solør-Odal forsøksring.

Alle forsøksfeltene ble kartfestet og koblet mot jordsmonndatabasen på NIJOS. Relevante jordparametere som jordtype, geologisk avsetning, tekstur, vannlagringsevne, dreneringsgrad og innhold av plantetilgjengelig vann ble hentet ut. For å framskaffe mest mulig representative data for værforholdene i vekstsesongen, ble det innhentet data fra den værstasjonen som lå nærmest forsøksstedet, og som hadde målinger av de aktuelle parametrene temperatur, innstråling, nedbør og vind.

Avlinga hos de ulike vekstene ble analysert i forhold til jordsmonnet og været i vekstsesongen. For korndata ble været i vekstsesongen aggregert over plantenes utviklingsfaser.

Jordtypene på dyrkingsarealene det ble brukt avlingsdata fra var sjelden representert på flere enn ett forsøkssted. Effekter av jordtype på avling vil derfor i noen grad være sammenblandet (confounded) med andre eventuelle effekter av forsøkslokalitet. Dette representerer et problem som det er viktig å være oppmerksom på ved tolkning av resultatene.

En variansanalyse av avlingsmengde for faktorene forsøkssted og vekstsesong viste at variasjonen mellom forsøkssteder var større enn variasjonen mellom vekstsesonger for alle vekstslag. Dette er et spesielt viktig resultat når det gjelder kornmaterialet siden alle fem forsøkssteder var lokalisert på det sentrale Østlandet. Det neste steget i variansanalysen var å splitte opp denne stedeffekten i variasjon som kunne tilskrives henholdsvis jordsmonn og klima. Dette lot seg ikke gjennomføre på grunn av nevnte sammenblandingproblemer.

Værets betydning for avlingsvariasjon var generelt slik at forklaringsgraden var størst for stasjoner med de største sesongsvingningene i avling. I korndatamaterialet varierte forklaringsgraden som kunne tilskrives værforhold fra 10-50%. Forsøkene i eng og potet ble ikke analysert med aggregerte værvariabler, men resultatene bekreftet velkjente effekter av vær, jordsmonn og overvintringsforhold for avlingsmengde hos engvekster. Eksempelvis for rødkløver ble dekningsgraden redusert i påfølgende engår.

Det var generelt store forskjeller i gjennomsnittsavlinga av korn, eng og potet på ulike jordtyper. Datamaterialet var ikke balansert i forhold til år og jordtype, slik at gjennomsnittsavling per jordtype ble påvirket av værvariasjoner over år. Likevel viste en analyse av datamaterialet splittet opp etter år og jordtype eksempelvis at:

- den høyere kornavlinga på Bjørke sammenliknet med Apelsvoll delvis kunne forklares med Bjørke-jordtypenes større lagringsevne for plantetilgjengelig vann
- engproduksjonen på Særheim var mer stabil og litt høyere på en noe dårligere drenert jordtype enn på en godt drenert jordtype
- potetavlinga var betydelig lavere på grunne siltjordtyper enn på dype siltjordtyper noe som sannsynligvis har sammenheng med vannlagringsevne og evne til etterfylling av vann

Datamaterialet fra Planteforsk, NIJOS og DNMI som nå er klargjort og ligger i databaser er ikke ferdig behandlet. Blant annet må koblingen av avling med værvariabler i ulike vekstfaser gis en grundigere analyse. I en slik analyse blir avlingstallene korrigert for effekter av været, slik at restvariasjonen i materialet lettere kan relateres til jordtypeegenskaper.

I utgangspunktet er det ikke optimalt å benytte et datamateriale basert på forsøk som er planlagt for å undersøke sorts-/artsforskjeller, der det søkes å minimere effekter av jordvariasjon, til nettopp å avsløre effekter av jordsmonn på avling. Datamaterialet som her er benyttet er dog det beste og største som foreligger der avling hos korn, eng og potet er undersøkt gjennom mange år og på flere steder.

Analysen av datamaterialet viste etter hvert at utvalget var begrenset med hensyn på antall observasjoner i forhold til antall kombinasjoner av vekstslag, jordtype og klima som vi ønsket å estimere avlingstall og -stabilitet for. For å komme fram til generelt gyldige modeller for relasjoner mellom avling og jordas egenskaper kreves det et større omfang av datamaterialet med hensyn på jordtyper fra flere forsøksår. Spesielt må jordtypeutvalget være slik at data kan hentes inn fra forsøk utført på lignende jordtyper, men på ulike forsøkssteder. Dette vil gjøre det mulig å splitte opp stedeffekten i faktorene klima og jord.

I denne sammenheng kan det nevnes at forsøksringene hvert år gjennomfører flere hundre forsøk innen de vanligste planteartene. Forsøkene er spredt over mange lokaliteter, jordtyper og klimasoner. Formålet med disse forsøkene er dels utprøving av nye sorter og dels veiledning. Det vil være et stort potensial i å utnytte informasjon fra disse forsøkene, sammen med informasjon om jord og klima som basis for verdsetting.

Avlingstall for korn, gras og potet som presenteres for bestemte jordtyper i en gitt region vil være nyttige opplysninger for verdsetting i tilsvarende områder.

Erfaringene fra dette prosjektet er generelt positive, men arbeidet har også vist at det er nødvendig med en bedre organisering av de ulike datakildene, spesielt for klima- og plantedata. En bedre organisering og tilrettelegging vil kunne øke tilgjengeligheten til disse data for forskingsformål betraktelig. Siden både klima og plantedata ikke var organisert i en hensiktsmessig database, tok det forholdsvis mye tid å tilrettelegge datamaterialet slik at analyser kunne foretas. Det medførte at tiden som ble igjen til analysearbeidet ble såpass knapp innenfor de oppsatte rammer, at en del analysemetoder forble uprøvd. Når det gjelder jorddata har arbeidet gitt nyttige erfaringer med hensyn til hvordan rådata, som allerede er

godt organisert i databasesystemer, bedre kan organiseres og grupperes i forhold til jordtypenes egenskaper for planteproduksjon.

Det er et mål å kunne tallfeste relativ verdi av jordtyper under varierende værforhold. Når en har etablert en pålitelig sammenheng for avling som funksjon av innstråling, temperatur, vannhusholdning og jordtype, bør denne sammenhengen brukes på en representativ serie av værobservasjoner, f.eks. en rekke på 30 år. På dette stadiet i prosjektet er det uavklart når et slikt mål kan nås.

Viktige framtidige oppgaver for videreføring av verdsettingsprosjektet vil være:

1. Etablere databaser for feltforsøksdata som kan kobles mot jorddataene ved NIJOS, klimadataene ved DNMI og Planteforsk.
2. Etablere en utvidet standard for verdiprøvningsforsøk som inkluderer koordinatfesting og bruk av innsatsfaktorer
3. Videreføre utvikling av analysemetoder og modeller for bruk i verdsetting.

INNHold

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
1. INTRODUKSJON	7
2. KORT HISTORIKK OM UTVIKLINGA I VERDSETTINGSFAGET	7
3. PROSJEKTET	10
3.1. MÅL	10
3.2. MATERIALE.....	10
3.2.1. <i>Plantedata</i>	10
3.2.3. <i>Værdata</i>	14
3.3 BESKRIVELSE AV FORSØKSLOKALITETER	15
3.4 METODER.....	17
3.4.1. <i>Bearbeiding og analyse av data</i>	17
3.4.2. <i>Vannhusholdningsmodell</i>	18
4. RESULTATER	20
4.1. KORN	20
4.1.1. <i>Avling og avlingsvariasjon</i>	20
4.1.2. <i>Avling relatert til jordtype</i>	23
4.1.3. <i>Regresjonsanalyse</i>	27
4.2. ENG.....	27
4.2.1. <i>Avling og avlingsvariasjon</i>	27
4.2.2. <i>Avling relatert til jordtype</i>	29
4.2.3. <i>Jordegenskaper som påvirker avling</i>	31
4.3. POTET	33
4.3.1. <i>Avling og avlingsvariasjon</i>	33
4.3.2. <i>Avling relatert til jordtype</i>	35
4.3.3. <i>Jordegenskaper som påvirker potetavling</i>	36
4.4. DISKUSJON	39
4.4.1. <i>Korn</i>	40
4.4.2. <i>Eng</i>	41
4.4.3. <i>Potet</i>	42
5. KONKLUSJON	43
6. DATA FRA NIJOS OG PLANTEFORSK - ET FRAMTIDIG GRUNNLAG FOR VERDSETTING? .	44
7. LITTERATUR	47
VEDLEGG	48

1. Introduksjon

Ved verdsetting av innmark er jordas produksjonspotensial for plantedyrking et avgjørende element. Et objektivt grunnlag for verdsetting må derfor bygge på sikre, dokumenterte relasjoner mellom jord og plantedyrkingspotensial, i særlig grad samspillet mellom jord, planter og klima.

Planteforsk med forsøksstasjoner i alle landsdeler har omfattende datamengder om avlingsnivå, kvalitet, fenologisk utvikling m.m. av korn, gras, potet og andre vekstslag. NIJOS har gjennom jordsmonnskartleggingen foretatt jordregistreringer i store deler av landets jordbruksområder. Gjennom en sammenkobling av Planteforsk, NIJOS og DNMI's data kan man lage analyser av det kompliserte samspillet og dermed få et bedre grunnlag for verdsetting.

I et tidligere arbeid med tittel "Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark" (Christensen, 1998), anbefales en sammenstilling av jorddata fra NIJOS med plantedata fra verdiforsøk under Planteforsk for å få et bedre grunnlag for verdsetting..

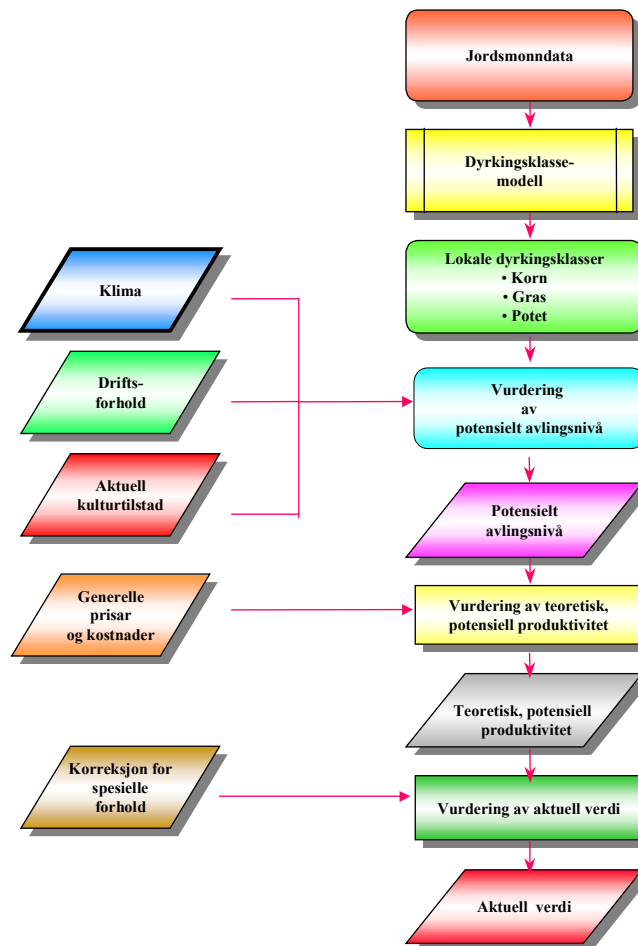
Formålet med dette prosjektet var å benytte eksisterende datamateriale fra plantedyrkingsforsøk, jordregistreringer og værdata, og sammenstille det slik at det kunne analyseres for å klarlegge effekter av jord og klima på planteproduksjon.

2. Kort historikk om utviklinga i verdsettingsfaget

Bonitering og verdsetting har alltid blitt sett på som viktige deler av jordskiftearbeidet. Praksisen ved verdsetting av dyrka mark har i prinsippet vært den samme gjennom 150 år. For å regne ut bruksverdi skal en finne nettoverdien av jord ved normal drift i et gjennomsnittså. Arbeidet har vært todelt. Først har en funnet *produksjonsevnen*, deretter *verdien*. I utgangspunktet har jorda blitt klassifisert etter viktige kjennetegn som jordart, matjordlagets dybde, karakter av undergrunnen, mold- og leirinnhold, vannkapasitet, stein- og blokkinnhold og tekstur. Etter reglementet fra 1859 og inn i dette hundreåret skulle en legge ut et rutenett for å grave systematiske groper for jordtaksten, senere grave profil og ta prøver i alle ensarta figurer. På dette grunnlaget, med utgangspunkt i klimaet på stedet og med tillegg av de erfaringsdata som retten skaffet seg, skulle en avgjøre produksjonsevne per arealenhet. Selv om en i teorien skal vurdere de naturgitte forutsetningene ved vurdering av produksjonsevnen, velger en likevel i mange tilfeller å se bort fra disse ved å gjøre en forutsetning om at de er like innen hele det aktuelle prosjektområdet (Christensen, 1998).

Det teoretiske grunnlaget for å fastsette produksjonsevne har således eksistert i lang tid, men vi har manglet datagrunnlaget og verktøyet for å kunne utføre praktisk verdsetting fundert på et objektivt datagrunnlag basert på detaljerte opplysninger om jord, plantevekst og klima. I dag er om lag 40 % av jordbruksarealet i Norge dekt med digitale jordsmonndata, og vi er i ferd med å etablere ei nasjonal klimasoneinndeling. I dag er om lag 40 % av jordbruksarealet i Norge dekt med digitale jordsmonndata, og vi er i ferd med å etablere ei nasjonal klimasoneinndeling. Dette kombinert med at vi har fått geografiske informasjonssystem (GIS-verktøy) gjør at det praktiske fundamentet for denne delen av verdsettingsfaget nå endelig er til stede. I prosjektet "Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark" (Christensen, 1998) blir ei rekke brukte metoder for verdsetting av innmarksareal omtalt. I rapporten blir også

bruk av jordsmonndata, enten som basis jordtypekart, eller som dyrkingsklassekart vurdert. I det prosjektet konkluderer en med at jordsmonndata er brukbare til mange verdsettingsformål. Det blir pekt på at det er nødvendig å komme fram til utregningsmåter for avlingsnivå og arealproduktivitet. Jordsmonndata og data om avlingsnivå vil da danne en viktig basis for skjønnet i jordskifteretten. Figur 2.1 er hentet fra Christensen (1998), og viser en prinsippskisse for verdsetting av innmark basert på eksisterende jordsmonndata og data om potensielt avlingsnivå.



Figur 2.1 Prinsippskisse for verdsetting av innmark (Christensen, 1998).

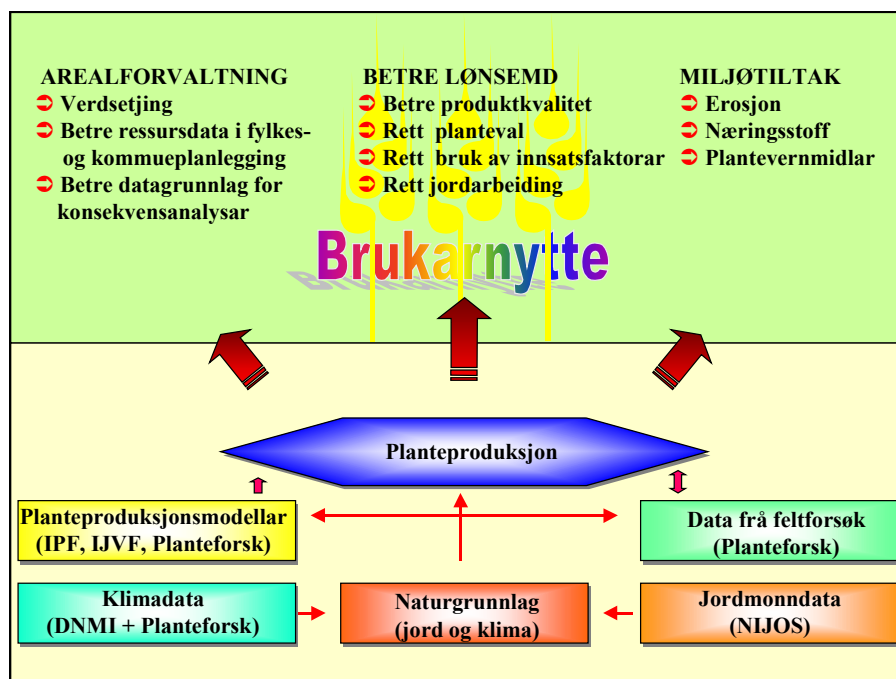
Gjennom arbeidet i prosjektet "Verdsetting av innmark" (oppstart 1999) prøver en å komme over fra produksjonsevne-modeller som bygger på kriterium for kvalitets- og bruksegenskaper (som f.eks. kornfordeling og naturlig dreneringsgrad) til modeller som bygger på potensielt avlingsnivå i kg per dekar/melkeføreheter. Et kart som er delt inn etter potensielt avlingsnivå vil være et svært godt grunnlag for verdsetting av innmark. Men alt nå gir jordtypekartet og temakart som kan avledes fra dette, et vesentlig bedre grunnlag både for jordskifte- og skjønnsrett enn før.

I agroøkologiprogrammet er tanken at en også skal trekke inn resultater fra plantevekstforsøk i verdsettingsproblematikken. Figur 2.2 under viser hvordan dette er tenkt brukt i det

gjeldende konseptet for programmet. Prosjektet er en oppfølging av tilrådingene i rapporten "Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark" (Christensen, 1998).

Dagens praksis bygger på manglende data om avlingsnivå. I skogbruket har en utviklet et system for taksering som bygger på eksakte målinger av tilvekst på et gitt areal. Et tilsvarende system har en ikke for jordbruksareal. Årsakene kan være flere, men taksering av jord er vesentlig mer komplisert enn for skog.

For taksering av jord ligger utfordringen i første rekke i å skaffe fram data om avling og kvalitet, som så kan koples direkte til jordegenskaper som tekstur, struktur og organisk materiale.



Figur 2.2 Konseptet for agroøkologiprogrammet (hentet fra informasjonsfolder om agroøkologiprogrammet, NIJOS 2000).

3. Prosjektet

3.1. Mål

Avlingsmengde og arealproduktivitet er avgjørende faktorer i verdsetting av arealer i et jordskifte. Formålet med dette prosjektet som er gjennomført av NIJOS, Planteforsk, Institutt for plantefag, NLH og Institutt for matematiske fag, NLH er å styrke grunnlaget for verdsetting av jord ved å undersøke og vurdere sammenhengen mellom avlingsmengde for forskjellige vekster, klima og jord. Data for plantevekst er hentet inn fra verdiprøvningsforsøk i korn, eng og potet som utføres av Planteforsk og forsøksringene. Disse forsøkene er stedfestet og knyttet til eksisterende jordsmonndata fra NIJOS. Klimadataene er hentet fra værstasjoner tilhørende både Planteforsk og Det norske meteorologiske institutt (DNMI).

NIJOS har kartlagt i overkant av 40% av dyrka mark i Norge. I denne databasen finnes det detaljerte data om jordsmonnegenskaper som er av betydning for plantevekst. Kobling av denne databasen mot det store datamaterialet som foreligger for avlingsmengde, kvalitet, fenologisk utvikling m.m. i korn, gras og potet fra forsøksstasjoner i alle landsdeler gir store muligheter for å studere jordas egnethet for dyrking av forskjellige planteslag.

Dette prosjektet må også sees i et mer langsiktig perspektiv. Erfaringene fra arbeidet utført i dette prosjektet kan også bidra til å gi grunnlag for fornyede standarder for feltforsøk som blant annet omfatter stedfesta avlingsdata og data om innsatsfaktorer. Slike data bør løpende samles i en sentral database. Potensialet til en slik database, som kan samkjøres med NIJOS og DNMI's databaser, vil være av meget stor verdi for arealforvaltning, forskning og rådgivning.

Prosjektet er en oppfølging av det arbeidet som ble utført i regi av Fylkesjordskiftekontoret i Hedmark (*Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark*, 1998) og tilrådingene for videre oppfølging i denne utredningen.

3.2. Materiale

For plantedyrkingen er opplysninger om klima og jordsmonn, samt hvilke vekster som egner seg under de respektive forhold, alle viktige faktorer for å oppnå et godt resultat. I Norge er det faglige hovedansvaret for hvert av disse tre fagfeltene tillagt hver sin nasjonale institusjon: Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Norsk institutt for jord og skogkartlegging (NIJOS) og Norsk institutt for planteforskning (Planteforsk). Når det gjelder klima og værforhold i viktige jordbruksdistrikter har Planteforsk opprettet et nettverk bestående av mer enn 50 automatiske værstasjoner. Disse stasjonene er satt i gang for å skaffe bedre data først og fremst til bruk ved varsling av skadedyr- og sykdomsangrep for jordbruket. I dette prosjektet ble det benyttet klimadata fra Planteforsk der de var tilgjengelige og klimadata fra DNMI der hvor Planteforsk værstasjoner manglet dekning. Jorddataene i denne rapporten kommer fra NIJOS, og plantedataene kommer fra Planteforsk. Et kart over benyttede planteforsøkslokaliteter og værstasjoner vises i Figur 3.2.1.

3.2.1. Plantedata

Plantedata ble hentet fra verdiprøvingen av planteslag/plantesorter. Verdiprøvingen gjennomføres etter forskrifter om prøving og godkjenning av plantesorter, gitt av Landbruksdepartementet, og etter nærmere retningslinjer for verdiprøving av plantesorter,

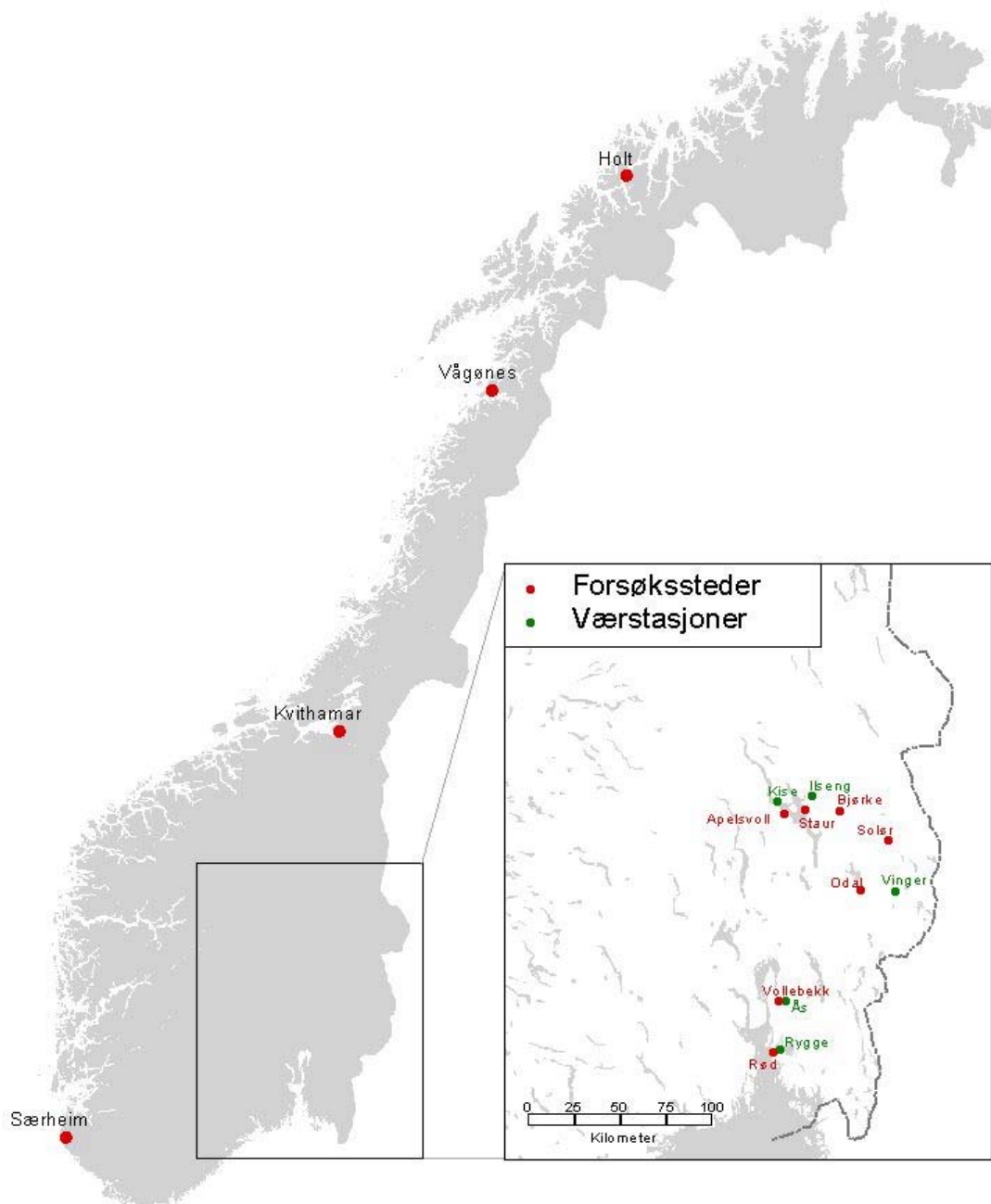
fastsatt av Statens Landbrukstilsyn (Anonym, 2000). Formålet med verdiprøvingen er å klarlegge om en sort har en dyrkings- og bruksverdi som er tilfredsstillende for å kunne godkjenne sorten for offisiell norsk sortliste. Det gjennomføres verdiprøving i vekstgruppene korn og oljevekster, fôrvekster, poteter og gras til grøntanlegg. I dette prosjektet ble det brukt plantedata fra vekstgruppene korn, eng og potet.

For korn gjennomføres det verdiprøvingforsøk både på Østlandet og i Midt-Norge (Trøndelag). På Østlandet utføres hvert år forsøk i artene tidlig bygg (10), seint bygg (10), tidlig havre (10), sein havre (10), vårhvete (10), høsthvete (10), høstrug (10) og rughvete (10). I Midt-Norge gjennomføres forsøk i artene tidlig bygg (8), seint bygg (7) og tidlig havre (6). Tallene i parentes indikerer antall forsøkslokaliteter for hver art. I dette prosjektet brukes resultatene fra fem lokaliteter på Østlandet for artene tidlig og seint bygg, tidlig og sein havre, samt vårhvete i perioden 1995-2000. Lokalitetene er Apelsvoll forskingssenter og forsøksgårdene Bjørke, Staur, Vollebekk og Rød. Materialet for korn består av i alt 840 *observasjoner*, der en *observasjon* er definert som gjennomsnittlig avling oppnådd for sorten på forsøksstedet i den aktuelle vekstsesong. Antallet forsøksruter bak hver observasjon kan imidlertid variere noe, men vil i alle tilfeller være minimum to.

For eng blir artene som hovedregel prøvd i fem distrikter: Østlandet, Fjellbygdene i Sør-Norge, Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge. I dette prosjektet benyttes data for artene timotei, engsvingel og rødkløver i perioden 1990-2000. Utvalgte forsøkslokaliteter er Apelsvoll, Særheim, Kvithamar og Holt forskingssenter og Vågønes forskingsstasjon. Materialet består av i alt 2870 *observasjoner*.

For poteter gjennomføres det forsøk på Østlandet, Sør-Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge for tidlige, halvtidlige og halvseine/seine sorter. I dette prosjektet brukes resultatene fra den halvseine/seine forsøksserien i perioden 1990-2000. Utvalgte forsøkslokaliteter er Apelsvoll, Særheim, Kvithamar og Holt, forskingssenter og Vågønes forskingsstasjon og Solør-Odal forsøksring. Materialet består av i alt 388 *observasjoner*.

For flere detaljer om fordelinger av *observasjoner* over forsøkssted, art, år og jordtype henvises til Vedlegg 1.



Figur 3.2.1 Kart over forsøkssteder og klimastasjoner.

3.2.2. Jorddata

I jordsmonnkartlegginga ved NIJOS skaffes det informasjon om jordegenskaper som har direkte eller indirekte betydning for plantevekst. Viktige faktorer som bestemmer jordas egenskaper er geologisk opphav, klima, topografi, vegetasjon, menneskelige aktiviteter og tid. Kartleggingsmetodikken ved NIJOS bygger på den amerikanske "Soil Survey Manual" (1993) men er tilpasset nasjonale behov.



Figur 3.2.2.1. Eksempel på jordtyper utviklet på forskjellig opphavsmateriale

Den grunnleggende enheten ved jordsmonnkartleggingen er jordtype. I signaturen på jordtypekartet er jordtypene kodet med to bokstaver og ett tall ('Di3', 'Kp7'). Bokstavene Di og Kp identifiserer her jordserien som reflekterer opphavsmateriale, lagdeling, jordsmonnutvikling, humusinnhold, naturlig dreneringsgrad og jorddybde. Bokstavene har ingen betydning utover å være en kode for en jordserie. Tallene 3 og 7 er en kode for kornstørrelsegruppe i øverste sjikt (plogsjiktet) (se Tabell 3.2.2.1). En jordserie kan derfor omfatte flere jordtyper som har like egenskaper med unntak av tekstur i ploglaget. Figur 3.2.2.1 viser to forskjellige jordtyper som inngår i NIJOS databasen.

Jordsmonndatabasen ved NIJOS omfatter i dag omtrent opplysning fra fire millioner dekar dyrka mark. Hovedtyngden av disse dataene stammer fra Sør-Norge. Alle forsøkstedene, med unntak av Bjørke, er tidligere kartlagt av NIJOS. For de fleste stedene forelå jordsmonnkartene i digitalform. For Særheim, Kvithamar og Vågønes som hadde eldre, analoge data ble det gjort en spesiell korrelering til nye "digitale jordtyper". Planteforsk Holt ble kartlagt ordinært i løpet av prosjektperioden, mens det for Bjørke ble foretatt en begrenset kartlegging av forsøksområdene.

Alle forsøksfeltene ble kartfestet og digitalisert. For å finne jordtypen på feltene ble det kjørt en overlay mellom det digitale jordsmonnkartet og forsøksfeltene. Dette dannet grunnlaget for å hente ut relevante jordparametere for videre analyse. Figur 3.2.2.2 viser et utsnitt av et jordtypekart for Apelsvoll med forsøksfeltene innplottet.

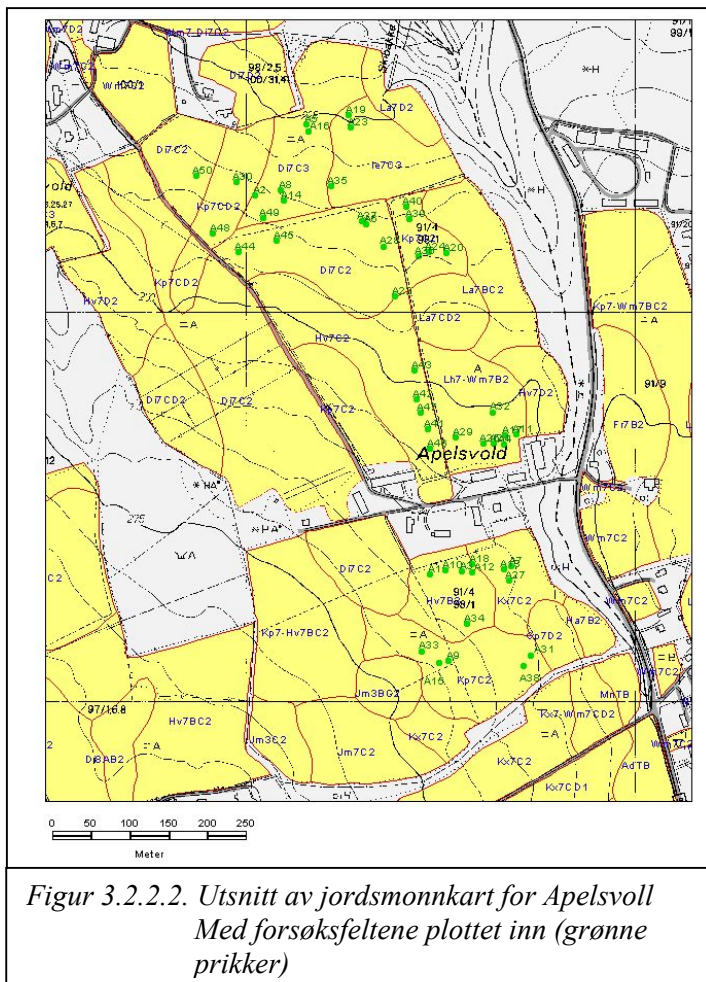
TABELL 3.2.2.1. Teksturkoder for plogsjiktet

Kode	Beskrivelse
0	grusholdig sand, grusrik sand, grusrik siltig sand og grus
1	mellomsand og grovsand
2	finsand
3	siltig mellomsand, siltig grovsand, grusholdig siltig mellomsand, og grusholdig siltig grovsand
4	siltig finsand
5	sandig silt og silt
6	siltig lettleire
7	letteire, sandig lettleire, grusholdig siltig lettleire, grusholdig lettleire og grusholdig sandig lettleire
8	siltig mellomleire, mellomleire og sandig mellomleire
9	stiv leire og svært stiv leire
T	torv (organisk jord)

Ved jordsmonnkartleggingen er vanligvis minstestørrelsen på ”kartfigurene” fire dekar. Jordtyper som har mindre utbredelse enn dette vil normalt ikke komme ut som egne polygoner på jordsmonnkartet. Ofte vil slike jordtyper inngå i et kompleks der et polygon kan

bestå av inntil 3 jordtyper. Jordtypen som står først i signaturen, vil være den som dominerer arealmessig innenfor figuren. I en kartfigur tåles det også et visst innslag av ”fremmede jordtyper” uten at det vil framgå av kartsignaturen.

Etter stedfestingen av forsøksseriene har det vist seg at noen forsøksfelt har falt innenfor komplekser med to jordtyper. I slike tilfeller er det ikke mulig å avgjøre sikkert hvilken jordtype forsøket faktisk er utført på. I noen tilfeller referer stedfestingen seg til et større skifte uten at en har den nøyaktige plasseringen innen skiftet det enkelte år. For store skifter der det er jordtypeforskjeller, har en ingen garanti for at forsøket alltid er plassert på ”hovedjordtypen”.



3.2.3. Værdata

For å framskaffe mest mulig representative data for værforholdene i vekstforsøkene, ble det innhentet data fra den værstasjonen som lå nærmest forsøksstedet, og som hadde målinger av de aktuelle parametrene temperatur, stråling, nedbør og vind. For å oppnå dette ble det benyttet værdata både fra DNMI og Planteforsk. Siden værstasjonene i noen grad er ulikt

utrustet med hensyn til instrumentering, måtte man i ett tilfelle ty til data fra nest-nærmeste værstasjon for å få data for alle aktuelle parametere.

Ulikhetene i utrustning av værstasjonene hadde også betydning for hvilke metoder som kunne benyttes for utregning av beregnede parametere som potensiell fordamping. I dette arbeidet ble det valgt å gjøre slike beregninger så likt som mulig for de forskjellige stasjonene, i stedet for å velge den best mulige metoden for hver enkelt stasjon. For enkelte år og noen stasjoner manglet det data for en dag, eller en eller flere dager. I så fall ble de manglende dataene beregnet som middeltall fra dagen før og etter, eller som middel fra flere år tilbake dersom det var mange dager som manglet.

3.3 Beskrivelse av forsøkslokaliteter

Klimaet på forsøksstedene varierer med geografisk lokalisering og fra år til år. I Vedlegg 2 vises nedbør- og varmesummer gruppert etter de værstasjoner som inngikk i analysene av korn-, eng- og potetdata.

Værstasjonene på Østlandet viste et mønster slik det kunne forventes ut fra deres geografiske lokalisering. Det vil si at varmesummen avtok etter en gradient mot nord, mens nedbørsummene viste et noe mer brokete bilde. Vekstsesongen i 1997 var utpreget tørt med den desidert største varmesummen og relativt lite nedbør, mens 1996 var den vekstsesongen med minst nedbør.

For de stasjonene som ble benyttet i eng- og potetanalyser var variasjonen i gjennomsnittstemperaturene på forsøksstasjoner i Sør-Norge nokså lik. Solør-Odal hadde hvert år den høyeste middeltemperaturen. Middeltemperaturen på Apelsvoll lå i alle år omtrent 0,5 til 1 grad under Solør-Odal, mens temperaturen på Særheim lå stort sett nær, eller litt under, temperaturen på Apelsvoll. Forskjellen mellom Solør og Apelsvoll skyldes nok hovedsakelig at Solør ligger lavere over havet enn Apelsvoll. Temperaturen på Vågønes og Holt var lavest sammenliknet med de andre stasjonene. Gjennomsnittstemperaturen på Kvithamar var noe lavere enn i Særheim, unntagen i 1993, 1996 og 1998. Nedbøren fra mai til september varierte fra 164 mm på Holt i 1991 til 525 mm på Særheim i 1998. Nedbørsmengden på Holt var alltid lavere enn på Vågønes og Kvithamar, og var i 7 av 11 år lavere enn på Apelsvoll og Solør-Odal. Nedbøren på Apelsvoll og Solør-Odal var i gjennomsnitt omtrent like høy, men spesielt i 1993 og 1998 var det store forskjeller i den totale nedbørsmengden fra mai til august, til tross for den relativt korte avstanden mellom stasjonene. De høyeste nedbørsmengdene forekom på de kystnære lokalitetene Særheim og Kvithamar.

Været på Holt kunne altså grovt karakteriseres som kjølig men tørt. Været på Vågønes var noe varmere enn på Holt og hadde i gjennomsnitt omtrent 150 mm nedbør mer i månedene fra mai til august. Dette gjorde Vågønes til den stasjonen med gjennomsnittlig høyest nedbørmengde. Vekstsesongen på Særheim begynner betydelig tidligere enn på noen av de andre stasjonene på grunn av stort sett mildere vintre på Sør-Vestlandet, samtidig som at det var få år med lite nedbør. Tørkeår forekom flere ganger på nittitallet i Solør-Odal: 1992, 1994 og 1997. Den samme trenden fantes på Apelsvoll, men noe mindre synlig i 1992. Året 1997 var også på Kvithamar preget av lite nedbør og høye temperaturer.

Jordtypene som er representert i verdiforsøkene i eng, korn og potet favner over et bredt spekter av egenskaper. I Vedlegg 3 og 4 finnes tabeller med utvalgte karakteristika av

jordtypene på de utvalgte forsøksstedene. Nede følger en kort beskrivelse av jordsmonnet på forsøksstedene.

Planteforsk Apelsvoll ligger på Østre Toten og domineres av jordserier som hovedsakelig er dannet i næringsrik, tettpakket morene, men forvittringsjord forekommer også. Vannlagringsevnen for disse jordseriene varierer fra middels til relativt stort.

På *Bjørke forsøksgård* som ligger i Stange kommune, er variasjonen i geologisk opphavsmateriale større enn på Apelsvoll. I tillegg til næringsrike morener som på Apelsvoll forekommer også alunskifermorene og områder med innsjøavsetninger. Alle jordtypene på Bjørke har relativt stor vannlagringsevne

Staur forsøksgård ligger også i Stange kommune. Alle forsøkene er utført på samme jordserie, som også forekommer på Apelsvoll. Til forskjell fra Apelsvoll er tekturen i ploglaget noe grovere. Denne jordtypen har middels til stor vannlagringsevne.

Vollebekk forsøksgård ligger i Ås kommune. Forsøksområdet består av marine hav- og strandavsetninger. Dårlig drenert marin leirjord dominerer, men innslag av sand forekommer. Vannlagringsevnen til jordtypene er forholdsvis stor, med unntak av jordtypen med en sandig tekstur, som har middels vannlagringsevne.

Forsøksgården Rød ligger i Råde kommune i Østfold. Jordsmonnet består av marine hav- og strandavsetninger. I likhet med Vollebekk er en del av forsøkene utført på dårlig drenert leirjord, men ellers er innslaget av sandjord større på Rød enn på Vollebekk. Vannlagringsevnen for disse jordtypene er relativt god.

Forsøkene i potet er utført hos medlemmer av *Solør-Odal forsøksring*. Forsøkene har foregått i områder som hovedsakelig består av siltjord, enten som elveavsatt sandig silt/silt langs dagens vassdrag, eller som flomavsatt silt/sandig silt etter uttappingen av "Nedre Glømsjø" for ca 9200 år siden ("Romeriksmjele"). På grunn av høyt siltinnhold har alle disse jordtypene svært høy vannlagringsevne.

Planteforsk Særheim ligger i Klepp kommune på Jæren. Jordsmonnet domineres av glimmerrike morener. På grunn av høyt humusinnhold i ploglaget og en sandig tekstur med forholdsvis høyt siltinnhold har også disse jordtypene stor vannlagringsevne.

Forsøkene ved *Planteforsk Kvithamar* er utført i Stjørdal, som hovedsakelig ligger på marin leire, og på Værnes prestegård som ligger på ei flat elveslette. De marine leirene har stor vannlagringsevne, spesielt i jordtyper med ploglag som er svært humusrike. Elveavsetningene har bare middels vannlagringsevne som følge av grov tekstur.

Planteforsk Vågønes i Bodø er lokalisert på strandavsetninger som hovedsakelig består av sand og organisk jord. Jordseriene på Vågønes viser stor variasjon i vannlagringsevne: svært stor i de organiske jordtypene, og liten for sandjorda.

Planteforsk Holt i Tromsø er lokalisert på strandavsetninger eller organisk jord. Som på Vågønes varierer vannlagringsevnen for disse jordseriene mellom liten for den groveste strandavsetningen til svært stor der en har organisk jord. Den fineste strandtypen har relativt stor vannlagringsevne i forhold til de grovere strandavsetningene.

3.4 Metoder

3.4.1. Bearbeiding og analyse av data

Datamaterialet beskrevet i foregående kapittel ble bearbeidet og analysert med den hensikt å finne fram til karakterer ved jordbruksarealene som for det første var viktige for den plantedyrkingsmessige verdien og for det andre var mulige å måle på en objektiv og enkel måte. I denne omgang ble det tatt utgangspunkt i en enkelt karakter i plantedatamaterialet, nemlig avlingsmengde. I rapporten av Christensen (1998) anses også estimering av jordas avlingspotensial som en hovedutfordring.

Plantedataene inneholdt imidlertid også informasjon om bl.a. sjukdomsangrep og flere kvalitetsmål utover avlingsnivå. Dette er data som kan benyttes i framtidige forbedringer av metoder for verdsetting. Avlingsnivået for de ulike vekstene ble analysert i forhold til været i vekstsesongen og jordsmonnet på dyrkingsstedet. Innledningsvis ble det laget oversikter over hvordan avlingsnivået fordeler seg på forsøkssted, forsøksår, plantearter og jordtype. En grafisk framstilling ble også laget for å studere eventuelle samspill mellom disse faktorene.

For å beregne mer sikkert hvilken variasjon som kan tillegges henholdsvis variasjon mellom steder og mellom år, ble dette beregnet med en varianskomponentmodell. Videre ble det benyttet regresjonsanalyse til å undersøke direkte sammenhenger mellom jordsmonn og værforhold.

For å kunne analysere været's betydning for et avlingstall fra et forsøk, ble det beregnet aggregerte variable i form av summer eller midler av værvariable over bestemte perioder. Dette ble gjort ved å aggregere værdata fra vekstsesongen til fem utviklingsfaser hos korn. Ved å gjøre det på denne måten, i stedet for over gitte dato-intervall, vil været i vekstsesongen i større grad kunne analyseres slik det påvirker plantene i de ulike stadier, samtidig som det gir oss informasjon om i hvilke utviklingsfaser en værfaktor har størst betydning. De ulike vekstfasene er angitt i Tabell 3.4.1.1.

TABELL 3.4.1.1. Beskrivelse av fenologiske faser for korn.

Fase	Fase nr	Definert ved
Såing til spring	1	Temperatursum regnet fra sådag
Spiring til begynnende stråstrekking	2	Temperatursum regnet fra sådag
Beg. stråstrekking til skyting	3	Dato for aksskyting er observert
Skyting til gulmodning	4	Gulmodningsdato er observert
Gulmodning til høsting	5	Høstedata er observert

Tidspunktene for de ulike vekstfasene ble hentet fra registreringer av utviklingstrinn i plantedataene. I de tilfellene det manglet slike opplysninger, ble de beregnet på grunnlag av temperaturdata og tommelfingerregler for planteutvikling i forhold til temperatursum. Plantedataene inneholdt også opplysninger om vanning, dvs. ved hvilket tidspunkt og mengden vann tilført. Vanningsmengde ble lagt til nedbøren.

Jordsmonnsdata, det vil si jordtypene som forekommer på forsøkslokalitetene, fordeler seg slik at en gitt jordtype sjelden er representert på mer enn en forsøkslokalitet. Effekter av jordtype på avling vil derfor i noen grad være sammenblandet (confounded) med andre eventuelle effekter av forsøkslokalitet. Dette representerer et problem som det var viktig å

være oppmerksom på i dataanalysen og ved tolkning av resultatene. For øvrig har hver jordtypekategori en rekke definerte egenskaper som ble trukket inn både direkte i regresjonsanalysen og indirekte via en vannhusholdningsmodell (se neste avsnitt).

3.4.2. Vannhusholdningsmodell

En vannhusholdningsmodell er brukt for å tallfeste vannforsyninga i forsøka. Vanning er tatt med i vannregnskapet. Modellen bygger på en delmodell av Ritchie (1972), som tallfester fordamping fra jord og planter hver for seg. Denne delmodellen er påbygd av Skjelvåg (1981) og Baadshaug (upublisert) til et vannregnskap for et rotsjikt av gitt dybde. Dybden kan velges for hvert enkelt felt og hver art, og hele rotsjiktet er delt i seks lag med hvert sitt delregnskap for vanninnhold.

Det daglige vannforbruket fra jord og planter til sammen, potensiell evapotranspirasjon, blir beregnet ved Penmans (1956) formel på grunnlag av netto innstråling, temperatur, luftfuktighet og vind. Nedbør legges til i vannlaget ved at de seks jordlagene fylles opp til metning i rekkefølge ovenfra. Det regnes ikke med overflatavrenning, og kapillær tilførsel fra dybder under rotsjiktet er heller ikke tatt med. Vann i fuktspenningsområdet fra metning til feltkapasitet holdes i vannlaget inntil tre dager før det får renne av fra rotsjiktet.

Fordamping fra jord beregnes som funksjon av potensiell evapotranspirasjon, bladarealindeks, maksimal akkumulert fordamping i fase I og stigningskoeffisient for akkumulert fordamping i fase II fra jord. Fase II inntre når jord i en uttørkingsomgang etter oppfukning er blitt tørr i overflata. Potensiell evapotranspirasjon fra planter beregnes som differansen mellom potensiell evapotranspirasjon og potensiell fordamping fra jord. Inngangsvariablene til vannhusholdningsmodellen er oppsummert i Tabell 3.4.2.1.

TABELL 3.4.2.1. Inngangsvariabler til vannhusholdningsmodellen

Klimaparameter		Jordparametere		Biologiske parametere	
Globalstråling	MJ/m ²	Maksimal fordamping i fase 1, fra jord med våt jordoverflate	mm	Sjudagersmiddel for lufttemperatur for vekststart	°C
Nedbør	mm	Stigningskoeffisient for akk. fordamping i fase 2, tørr jordoverflate	mm	Ekstinksjonskoeffisient for lysoppfangning hos bladverket	
Potensiell fordamping	mm	Dybde av jordsjikt 1-6	cm	Maksimal bladarealindeks, nådd ved definert stadium	
Temperatur	°C	Vasskapasitet ut over feltkapasitet i jordsjikt 1-6	mm	Maksimal rottybde, nådd ved definert stadium	cm
1, 2 og 3 vatning	dagnr.	Vasskapasitet lett tilgjengelig vatn i jordsjikt 1-6	mm	Sådag, spiredag, gulmodningsdag og høstetid	dagnr.
1, 2 og 3 vatning	mm	Vasskapasitet tungt tilgjengelig vatn i jordsjikt 1-6	mm		

Så lenge det finnes lett tilgjengelig vann innenfor aktuell rottybde, som økes gradvis fra vekststart til et gitt utviklingsstadium og deretter holdes konstant, vil aktuell evapotranspirasjon (E_a) fra planter være lik den potensielle (E_p), $E_a/E_p = 1,0$. Når vanninnholdet i rotsjiktet er tungt tilgjengelig for plantene, det vil si at vannet regnes å være bundet tilsvarende fuktspenning mellom pF 3,0 og 4,2 (visnepunktet), blir E_a/E_p satt til forholdet: (gjenværende, tungt tilgjengelig vannmengde)/(maksimal, tungt tilgjengelig vannmengde). Vannforsyningen til plantene karakteriseres på denne måten ved E_a/E_p , som varierer fra 1,0 til 0,0, og hvor lågere tallverdier betyr sterkere tørke. Vannhusholdningsmodellen beregner denne indeksen for hver enkelt utviklingsfase hos

plantene fra vekststart til høsting. Utgangsvariablene til vannhusholdningsmodellen er oppsummert i Tabell 3.4.2.2.

Utviklingsfasene hos korn er definert ved tidspunkter for såing, setting, høsting og passering av visse fenologiske utviklingssteg som spiring, skyting og modning (se Tabell 3.4.1.1).

Vannhusholdningsmodellen var fra før skrevet i et SAS-program. Dette programmet ble utvidet fra å kunne beregne vannhusholdning i ett kornforsøk per kjøring til å kunne beregne for flere forsøk om gangen. Aggregering av værdata ble også foretatt i det samme SAS-programmet.

TABELL 3.4.2.2 Utgangsvariabler for vannhusholdning og for vær, aggregert over utviklingsfaser for ulike planteslag (se Tabell 3.4.1.1).

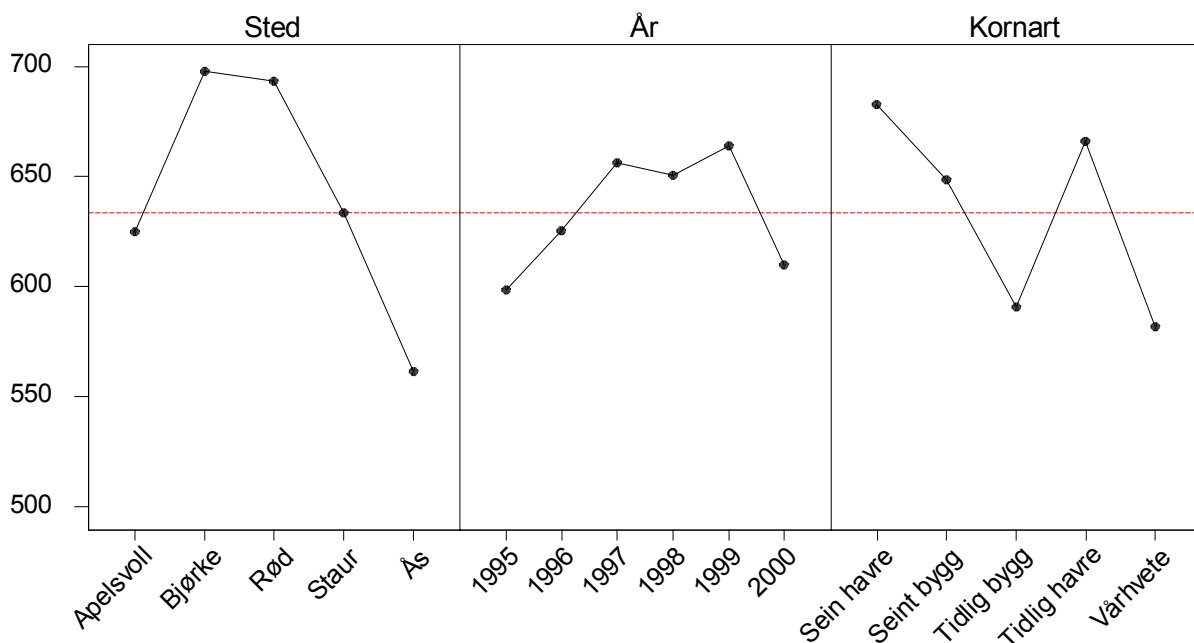
Fasesummer (fase 1 – 5)	Fasemiddel (fase 1 – 5)
Globalstråling	Globalstråling
Temperatur	Temperatur
Oppfanget lys til fotosyntese	Aktuell/potensiell evapotranspirasjon
Nedbør (inkl. vanning)	Oppfanget lys til fotosyntese
Potensiell evapotranspirasjon	Tilgjengelig vann
Evapotranspirasjon fra planter	Bladarealindeks
Potensiell evapotranspirasjon, jordoverflate	Antall dager i de ulike faser
Evapotranspirasjon fra jord	
Antall dager i de ulike faser	

4. Resultater

4.1. Korn

4.1.1. Avling og avlingsvariasjon

Gjennomsnittstall for kornavling fordelt på faktorene forsøkssted, vekstsesong og kornart er grafisk framstilt i Figur 4.1.1.1. Rangert etter avlingsnivå er det lokaliteten på Bjørke som har høyest avlingsnivå, etterfulgt av lokaliteten på Rød (data fra kun 3 vekstsesonger). Staur, med data fra 4 vekstsesonger ligger akkurat på gjennomsnittet mens Apelsvoll kommer så vidt under. Forsøkslokaliteten på Ås har det markert laveste avlingsnivået.



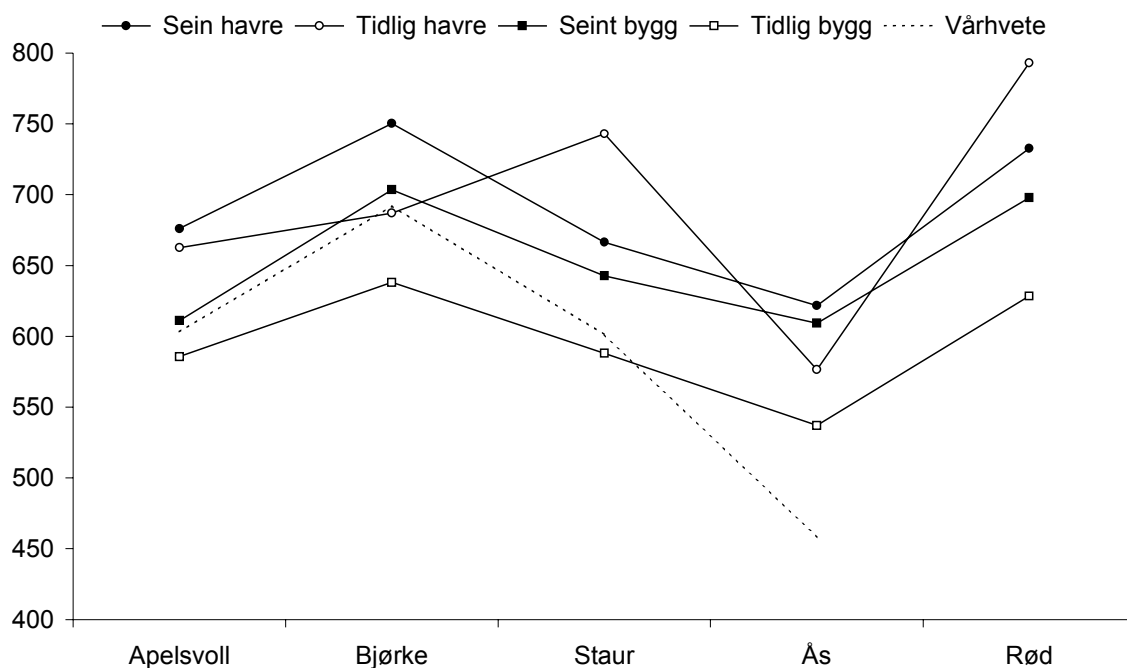
Figur 4.1.1.1. Gjennomsnittstall eller såkalte hovedeffekter av faktorene forsøkssted, vekstsesong og kornart for kornavling i kg per dekar (15% vann).

I disse resultatene, samt i den videre analysen, er én sort av kornarten tidlig havre trukket ut av datamaterialet fordi den gjennomgående bare yter om lag 60% av avlingsnivået til de andre sortene av denne kornarten. Dette reduserte antallet observasjoner i korndatamaterialet fra 840 til 823. For mer detaljerte opplysninger omkring antall observasjoner vises det til Tabell 1 i Vedlegg 1. Figur 4.1.1.1 viser at det er betydelige forskjeller i avlingsnivå på de ulike forsøksstedene. Samtidig indikerer den en større variasjon mellom forsøkssteder enn mellom år. At variasjonen mellom forsøkssteder i dette datamaterialet er større enn variasjon mellom år ble bekreftet ved bruk av en varianskomponentmodell.

Når det kan slås fast at det i dette datamaterialet var betydelige forskjeller i avlingsnivå mellom forsøksstedene, var neste steg å lete etter hvilke underliggende faktorer som forårsaket disse resultatene. Allerhelst var det ønskelig å kunne finne fram til forklaringer som var generelt gyldige slik at de kunne benyttes direkte som grunnlag for verdsetting.

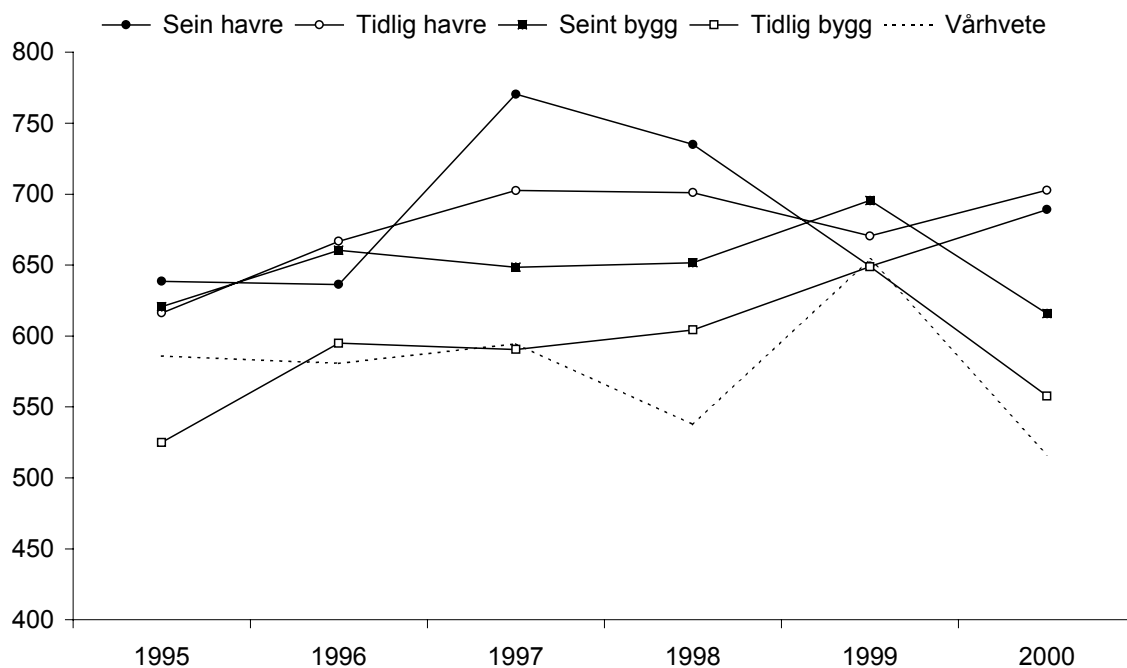
Ved en første vurdering kan avlingstallene for de ulike stedene virke relativt overraskende i forhold til den geografiske beliggenheten til forsøksstedene. I utgangspunktet ville man forvente en avtagende avlingstrend fra sør mot nord. Imidlertid var ikke disse resultatene overraskende for de som har ansvaret for den årlige sammenstillingen av data fra verdiprøvingen av plantesorter. I den sammenheng var det fra før kjent at kornavlingene i verdiprøvningsforsøk gjort på Nord-Østlandet, ofte(re) kunne ligge høyere enn avlingene fra stasjonene på Sør-Østlandet. Jordbruksarealene på Nord-Østlandet domineres av morenejordtyper, mens Sør-Østlandet har store områder med leire fra havavsetninger. Dette støtter opp om en hypotese om at det er jordsmonnet som ligger bak stedseffekten. Sett i en større sammenheng vil det være slik at det klimatiske potensialet for plantedyrking i Norge vil avta mot nord. Denne regelen er ikke uten videre gyldig i en mindre skala. Eksempelvis er det en ulempe for korndyrking i Norge at temperaturstigningen på forsommeren er rask, noe som medfører en dårlig buskning og ugunstig videreutvikling. I en tidlig vekstfase ville således et kystklima være bedre enn et innlandsklima. I modningsfasen derimot og under høsting vil et innlandsklima vanligvis være mest fordelaktig.

Før vi går videre i undersøkelsen av stedseffekten, skal vi se litt nærmere på avlingsnivå i forhold til kornart. I Figur 4.1.1.2 avtegnet det seg to klare forhold mellom kornarter. Det ene var at havre gav større avling enn bygg, og det andre var at seine sorter gav større avling enn tidlige sorter av disse kornartene. I en tallfesting av avling vil det derfor være interessant å vite hvilken kornart som egner seg best på et gitt jordbruksareal. Før vi kan gå inn på enkeltarter, vil det være nødvendig å undersøke om det kan påvises noen slike forskjeller eller samspill i det hele tatt. Grafisk ble dette gjort slik det er vist i Figur 4.1.1.2, der hver linje representerer gjennomsnittsavlinger for hvert faste "nivå" av faktoren kornart, plottet mot ulike forsøkssteder. Dersom linjene er parallelle, slik det er for kornartene sein havre og seint og tidlig bygg i Figur 4.1.1.2, tyder det på fravær av samspill. De to andre kornartene, tidlig havre og vårhvete bryter med dette mønsteret, hvilket tyder på samspilleffekt. En formell test for samspilleffekt kan gjøres i en standard variansanalyse. Betingelsen er at man har data for alle kombinasjoner av nivåer av de to faktorene. Av Figur 4.1.1.2 framgår det at vi ikke har data for vårhvete fra forsøksstedet Rød. En variansanalyse med samspillsledd der vårhvetedata var utelatt viste at det var signifikant ($P < 0.01$) samspill mellom forsøkssted og kornart.



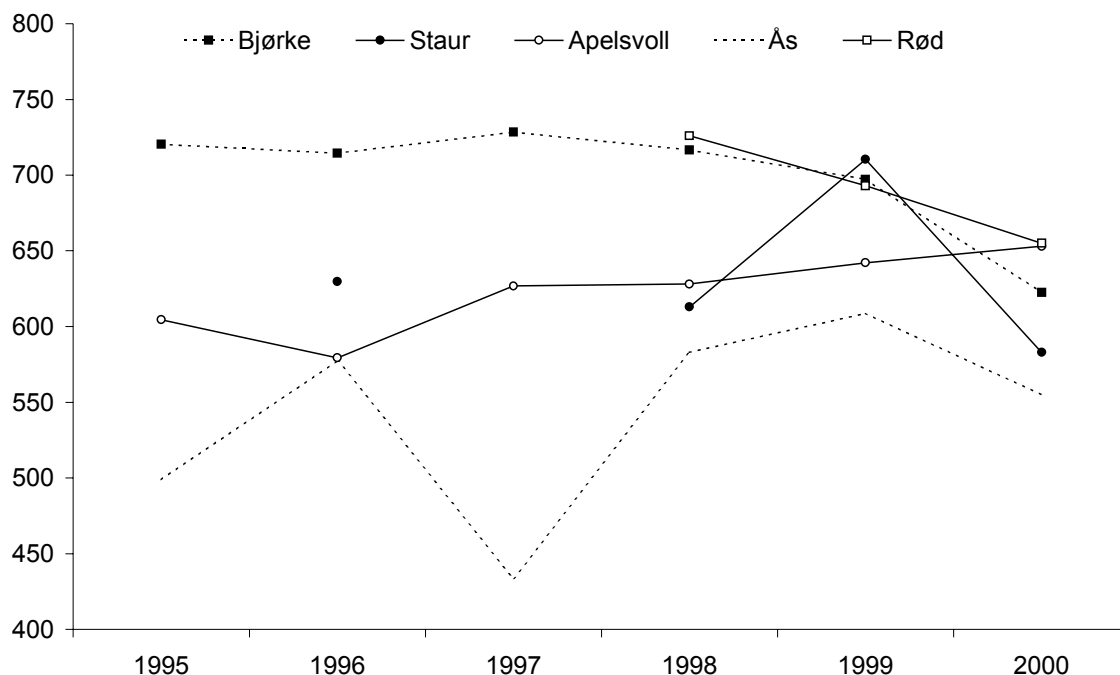
Figur 4.1.1.2. Kornavling i kg per dekar av ulike kornarter per forsøkssted.

De to neste figurene viser sesongvariasjoner for henholdsvis kornarter og forsøkssteder og gir et bilde av følsomhet for variasjon i vekstbetingelsene i de ulike sesongene for de to faktorene. Figur 4.1.1.3 gir også informasjon om de enkelte vekstsesongene, der tre av sesongene (1997, 1998 og 2000) viser stor spredning i avlingsnivå for de ulike kornartene, mens de tre andre sesongene (1995, 1996 og 1999) har mindre spredning.



Figur 4.1.1.3. Kornavling over år i kg per dekar, for alle kornarter.

Årsvariasjonen i kornavling på de fem forsøksstedene var størst på Ås og minst på Apelsvoll. Variasjonen var stor også på Rød, men her inneholder materialet data bare fra 3 vekstsesonger. I tolkningen av disse resultatene må man være oppmerksom på at ulikhet også



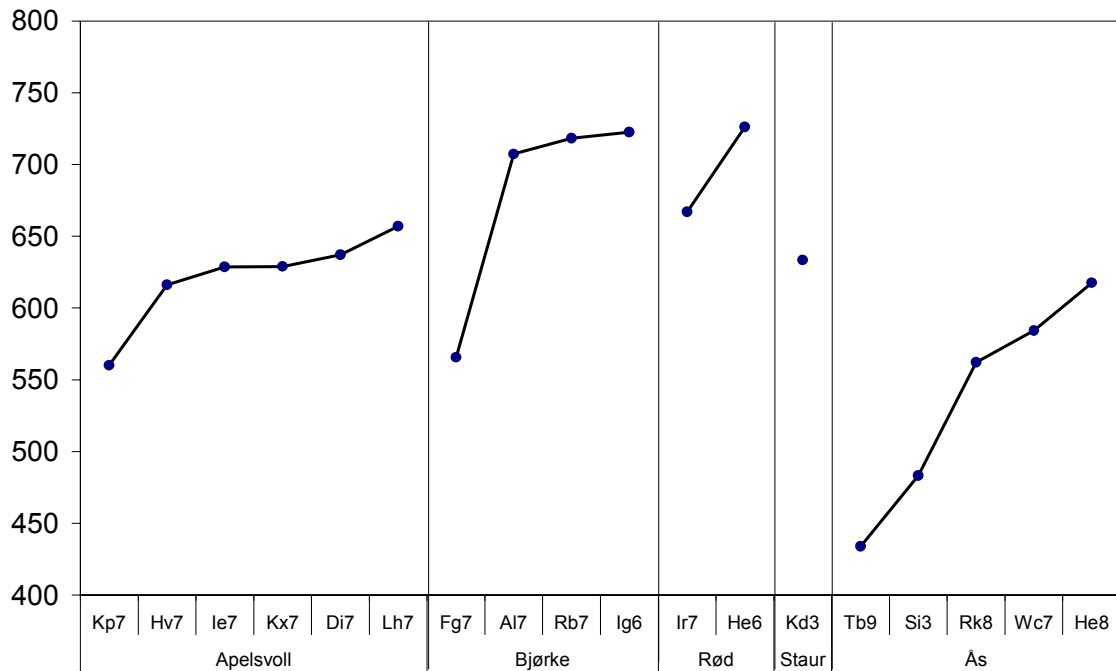
Figur 4.1.1.4 Kornavling over år i kg per dekar, på de fem forsøksstedene.

kan skyldes forskjeller i driftsbetingelser. Generelt må det også bemerkes at resultatene som kommer ut av dette datamaterialet, først og fremst er gyldige for de arealene forsøkene er utført på, og de kan derfor ikke uten videre generaliseres til å være gjeldende for omkringliggende områder.

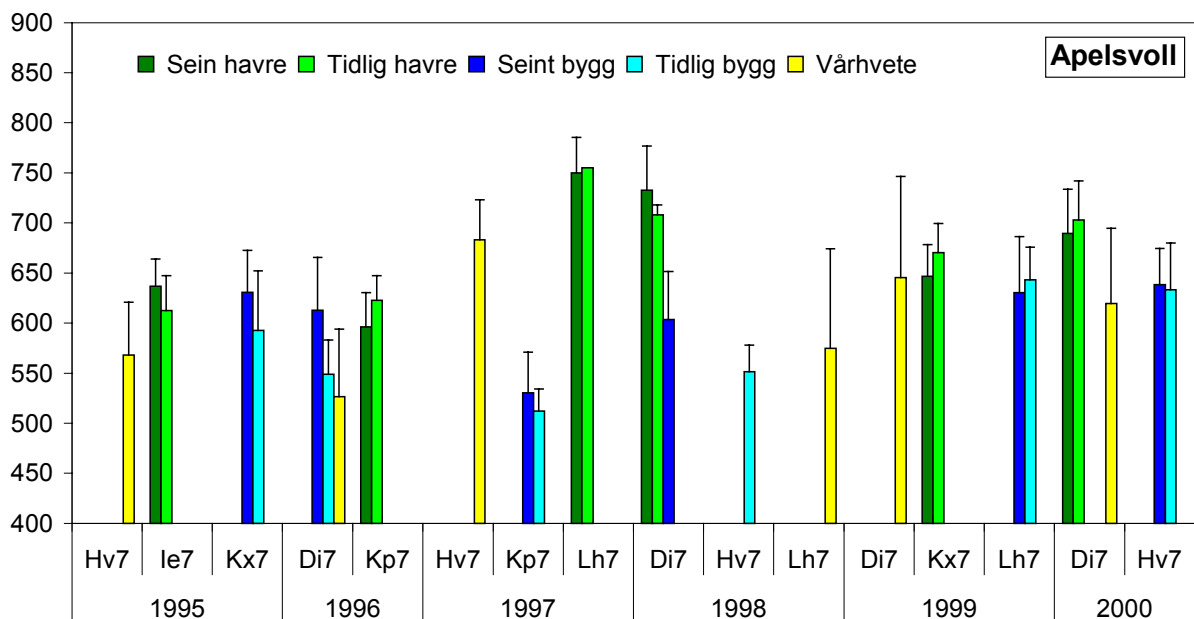
4.1.2. Avling relatert til jordtype

For alle plantedata som inngår i denne undersøkelsen, er det kjent hvilken jordtype hvert forsøksfelt har ligget på. Bak en jordtype ligger opplysninger om en rekke kvaliteter som er av betydning for plantevekst. Som nevnt i Avsnitt 3.4.1 forekommer ingen enkelt jordtypekode i korndatamaterialet på mer enn ett sted. Dette gjør at jordsmonnet beskrevet med disse fullstendige jordtypekodene ikke kan skilles fra sted med hensyn til eventuelle påviste effekter av "jordtypekode" i forhold til sted. Nå betyr ikke nødvendigvis en ulik jordtypekode at jordtypene er veldig forskjellige. Jordtypene under "He" avviker eksempelvis bare med hensyn til kornstørrelsesklasse i øverste jordsjikt på Rød og Ås. Det er også slik at noen av jordtypene er meget like hverandre selv om de har ulik bokstavbetegnelse.

Figur 4.1.2.1 viser gjennomsnittlige kornavlinger på ulike jordtyper gruppert etter forsøkssted.

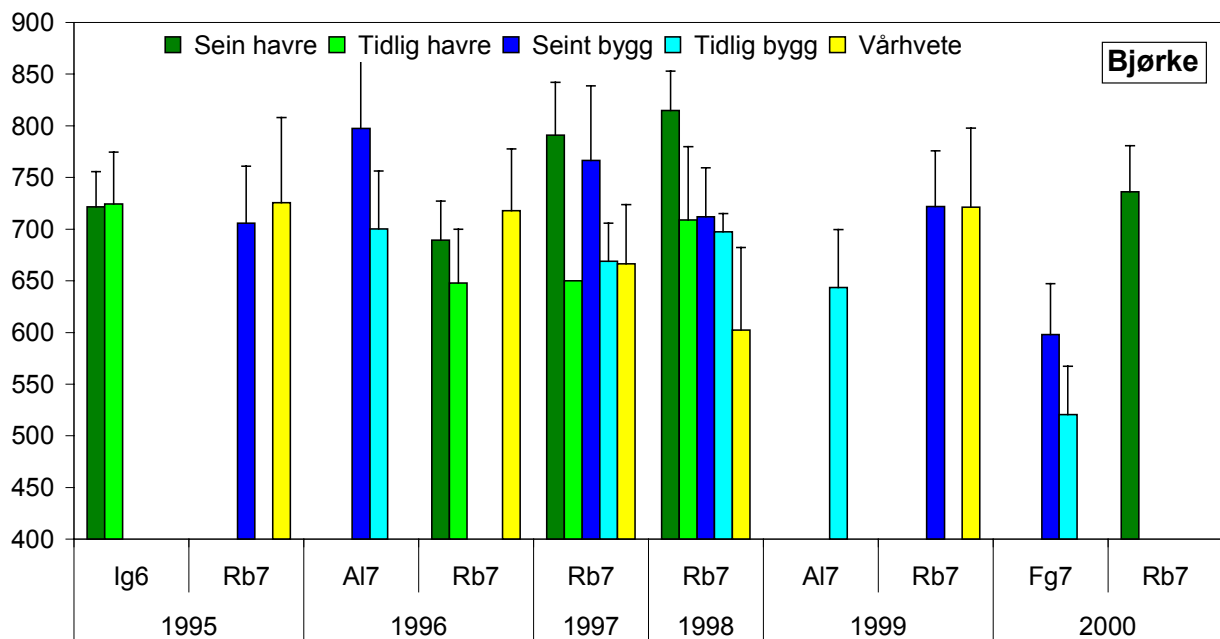


Figur 4.1.2.1 Kornavling i kg per dekar på ulike jordtypekoder og forsøkssteder.

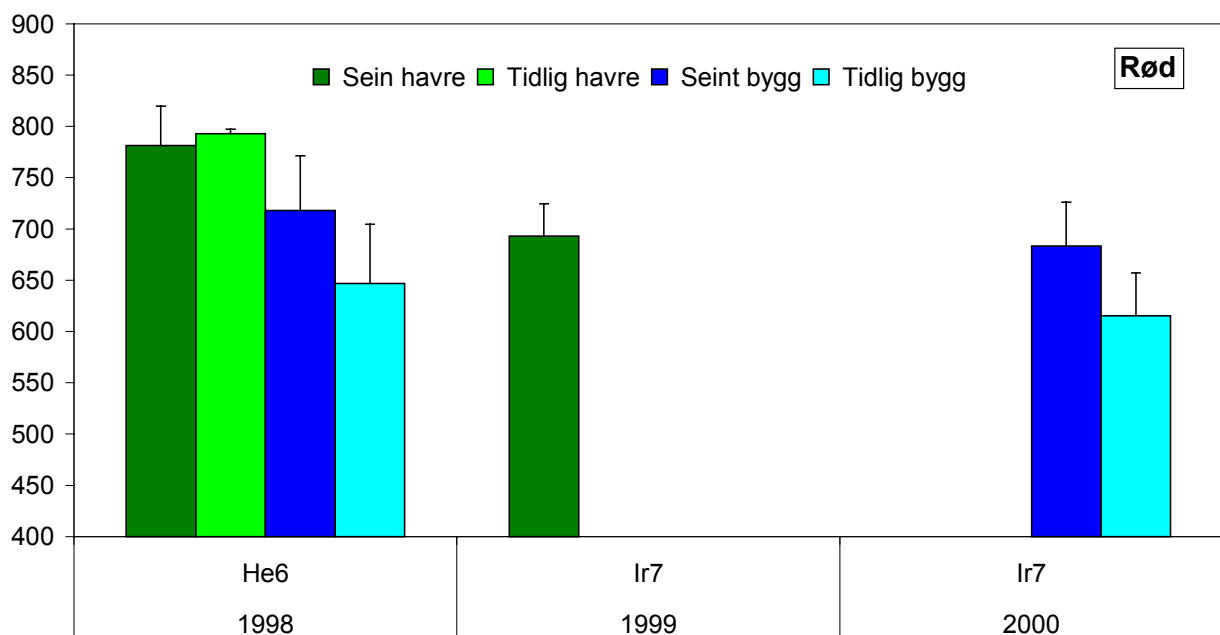


Figur 4.1.2.2 Kornavlinger på Apelsvoll, i kg per dekar angitt ved gjennomsnitt og standardavvik for kornart og vekstår per jordtype, samt jordtypen det ble dyrket på.

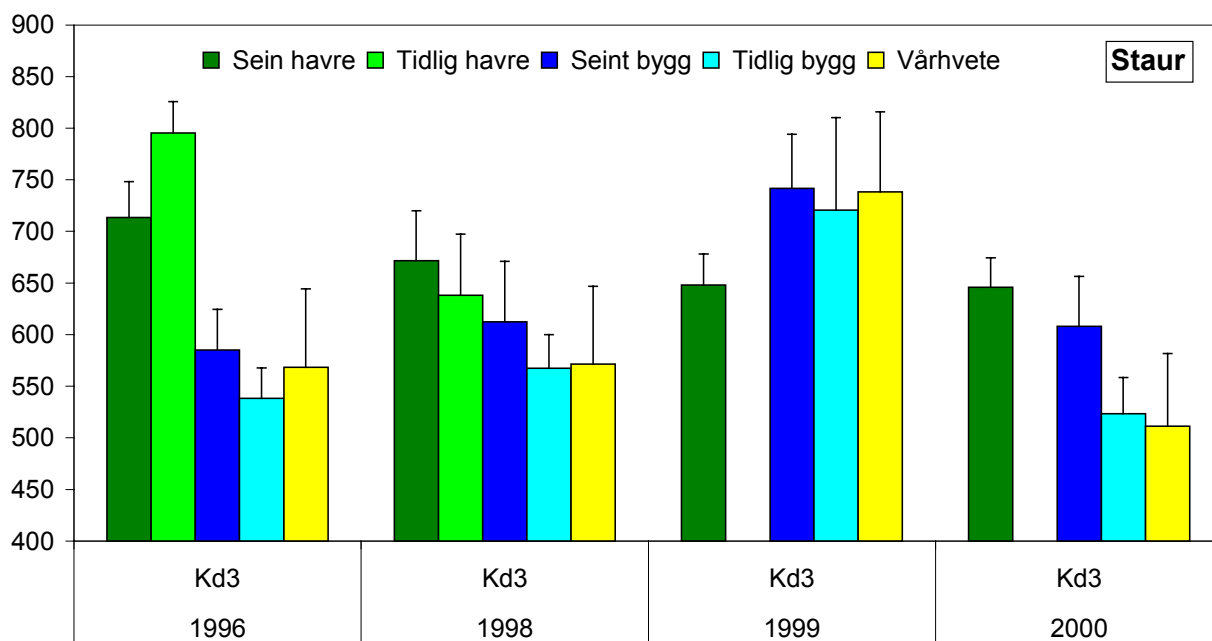
Siden datamaterialet er slik at jordtypene i liten grad forekommer på flere steder, og forventede effekter derfor vanskelig lar seg påvise generelt, kan en mer detaljert undersøkelse av data være nyttig for å vurdere i hvorvidt jordtype påvirker andre generelle trender i dataene. I Figurene 4.1.2.2-6 er avlingsmengde per jordtype videre oppsplittet både på kornart og vekstår, og med en figur for hver forsøksstasjon.



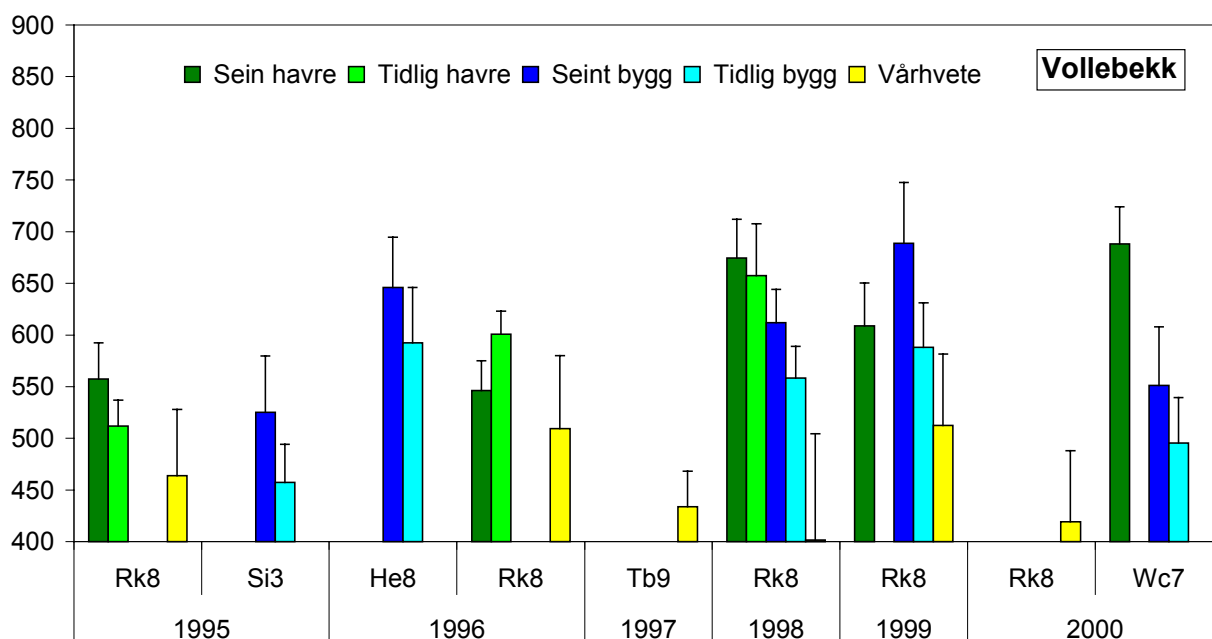
Figur 4.1.2.3 Kornavlinger på Bjørke, i kg per dekar angitt ved gjennomsnitt og standardavvik for kornart og vekstår per jordtype, samt jordtypen det ble dyrket på.



Figur 4.1.2.4 Kornavlinger på Rød, i kg per dekar angitt ved gjennomsnitt og standardavvik for kornart og vekstår per jordtype, samt jordtypen det ble dyrket på.



Figur 4.1.2.5 Kornavlinger på Staur, i kg per dekar angitt ved gjennomsnitt og standardavvik for kornart og vekstår per jordtype, samt jordtypen det ble dyrket på.



Figur 4.1.2.6 Kornavlinger på Vollebakk, i kg per dekar angitt ved gjennomsnitt og standardavvik for kornart og vekstår per jordtype, samt jordtypen det ble dyrket på.

Figur 4.1.2.2 (Apelsvoll) viser at for året 1997 er forskjellen i avlingsmengde mellom havre og bygg uvanlig stor. Havre og bygg ble dyrket på forskjellige jordtyper dette året, som var et utpreget tørkeår (Avsnitt 4.2.2 og Vedlegg 2). Begge jordtyper er dannet i næringsrike morener (Vedlegg 3 og 4) med lettleire som dominerende tekstur. Hovedforskjellen mellom jordtypene er at Lh7 (havre) er en moderat til ufullstendig drenert jordtype, mens Kp7 (bygg) er godt til moderat godt drenert. Ut fra disse opplysningene om jordtype og værforhold kan vi

anta at denne avvikende observasjonene skyldes at bygget ble mer utsatt for tørke enn havren på Apelsvoll i 1997. Figuren for Bjørke viser at havren i året 1996 har mye lavere avling enn bygget. Denne gangen er begge dyrket på alunskifermorener, men havren er dyrket på en variant med dårligere drenering (Rb7 ufullstendig) enn bygget (A17 godt-moderat godt). Hvilke jordegenskaper som eventuelt har gjort seg gjeldende i dette tilfellet er mer usikkert.

Fra figurene for de andre forsøksstedene kan man dra en annen og mer grunnleggende slutning: nemlig at selv om datamaterialet inneholder mange avlingsobservasjoner, så blir materialet likevel lite for en grundig analyse av effekten av jordsmonn på avling. For flere av jordtypene foreligger det bare dyrkingsresultater for ett år, og i dette ene året er det gjerne bare prøvd en eller to kornarter.

4.1.3. Regresjonsanalyse

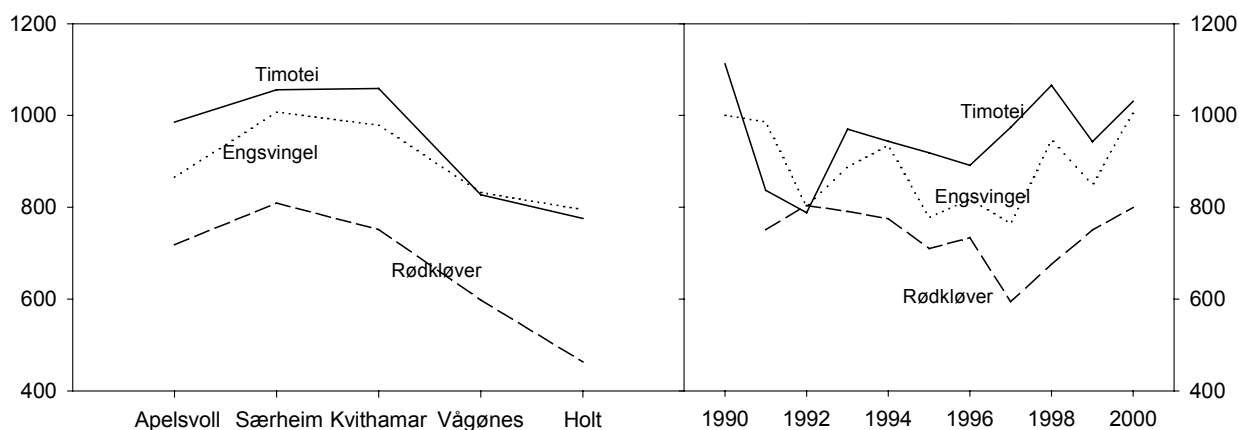
I en regresjonsanalyse tilpasses en lineær funksjon mellom uavhengige variabler som man antar kan ha betydning for variasjon i en variabel vi er interessert i å studere. I denne sammenheng ønsker vi å se på hva værforholdene i vekstsesongen, og da spesielt hva tørkestress kan forklare av avlingsvariasjon hos korn. I disse analysene er det i første omgang bare benyttet enkle lineære modeller uten kvadratiske ledd og lignende. Analysen er også begrenset til effekter i enkelte utviklingsfaser på sluttavlinga. Sluttavlinga er resultatet av en lang historie fra såing til høsting. Det skal således litt spesielle forhold til for at enkeltparametere i enkeltfaser alene kan stå for en stor del av forklaringsgraden.

Værets forklaringssevne i regresjonsanalysene var varierende på de ulike forsøksstedene. For to av stedene, Ås og Rød, var forklaringsgraden av værvariabler for avlingsnivå over 50 %. Det var spesielt forholdet mellom aktuell og potensiell fordamping i buskingsfasen som slo sterkest negativt ut for avlingsnivået. For lokalitetene rundt Mjøsa (Apelsvoll og Bjørke) var forklaringsgraden generelt lavere. På Bjørke var den 27%. Her var det økende temperatursum i buskingsfasen som virket negativt på kornavlinga. I stråstrekingsfasen falt nedbørsummen negativt ut og fordamping fra jord positivt. På Staur var det en forklaringsgrad på 22%, der tørke i buskingfasen virket negativt, mens nedbørssum i perioden fra såing til spiring gav et positivt bidrag til avlinga. På Apelsvoll var forklaringsgraden lavest av alle (12%). Dette sammenfaller med at årsvariasjonen i avlingsgjennomsnittet også var minst på Apelsvoll.

4.2. Eng

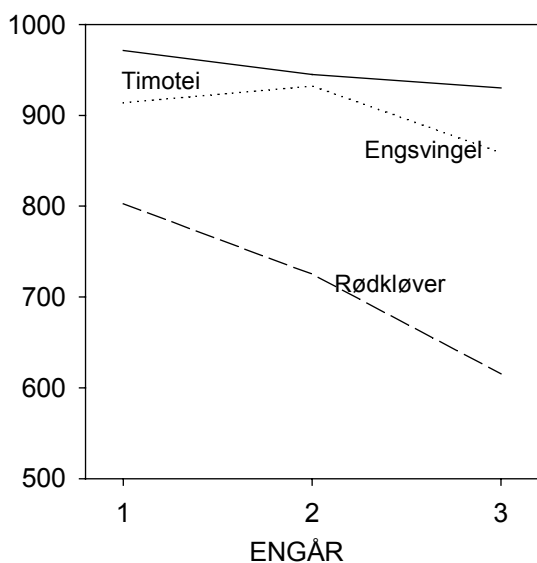
4.2.1. Avling og avlingsvariasjon

Gjennomsnittsavlinga for timotei, engsvingel og rødkløver per forsøkssted og år er vist i Figur 4.2.1.1. Variasjonen mellom forsøkssteder er større enn variasjonen mellom år. Avlinga følger stort sett det samme mønsteret med hensyn på forsøkssted for alle engvekster: høyest på Særheim og Kvithamar, og lavest på Holt. Timotei gir den høyeste avlingen i Sør- og Midt-Norge, men er tilnærmet lik engsvingel i Nord-Norge, mens rødkløver gir gjennomgående lavere avlinger enn timotei og engsvingel.



Figur 4.2.1.1 Gjennomsnittlig tørrstoffavling hos engvekster i sum for alle høstinger, gitt som hovedeffekter av faktorene forsøkssted og vekstsesong (år) i kg per dekar.

Årsvariasjonen er stor for alle vekster. Dette er blant annet forårsaket av spesifikke værforhold som gjaldt i bestemte år, men også av det ubalanserte datamaterialet: det ble ikke gjennomført forsøk hvert år på hvert sted. Det kan for eksempel medføre et relativt stort antall observasjoner fra stasjoner i nord i ett gitt år, mot relativt få observasjoner fra stasjoner i sør.



Figur 4.2.1.2 Gjennomsnittlig tørrstoffavling hos engvekster i sum for alle høstinger for engår 1, 2 og 3 i kg per dekar.

En annen grunn til variasjon i avlingsmengde er at verdiforsøkene i eng blir utført over tre år (Figur 4.2.1.2). For flerårige vekster spiller overvintringsforholdene en stor rolle for avlinga. Skader på eng som oppstår på grunn av vinteren, kan føre til at forsøket må avbrytes. På Holt gikk et helt forsøk i timotei ut i det tredje engåret på grunn av vinterskader. Hvorvidt det oppstår skader er til dels avhengig av sortsegenskaper som overvintringsevne. Effekten av overvintring illustreres i Tabell 4.2.1.1 som viser dekningsgrad av den sådde sorten per engår. Nedgangen i dekningsgraden av den sådde sorten var bestandig størst på forsøksstedene

lengst nord. Engsvingel syntes til å vise mindre variasjon i dekningsgraden, noe som kan ha sammenheng med overvintring men også med senere etablering. Rødkløver hadde på alle stasjoner unntatt Holt en betydelig reduksjon i dekningsgrad, mens det på Holt var en veldig lav dekningsgrad alt fra det første engåret av. En lav dekningsgrad betyr at tørrstoffavlinga for det aktuelle forsøket bare for en liten del blir bestemt av sorten som ble sådd, og for en stor del av ugras.

TABELL 4.2.1.1 Dekningsgrad om våren (i %) av sådd sort i engår 1, 2 og 3 for timotei, engsvingel og rødkløver for alle forsøkssteder.

Engår	Apelsvoll			Særheim			Kvithamar			Vågønes			Holt		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Timotei	91	90	88	84	87	85	97	94	75	95	86	70	65	42	35
Engsvingel	97	94	90	95	91	78	93	82	84	94	91	93	89	85	69
Rødkløver	90	71	49	84	80	64	75	62	24	57	55	41	12	18	10

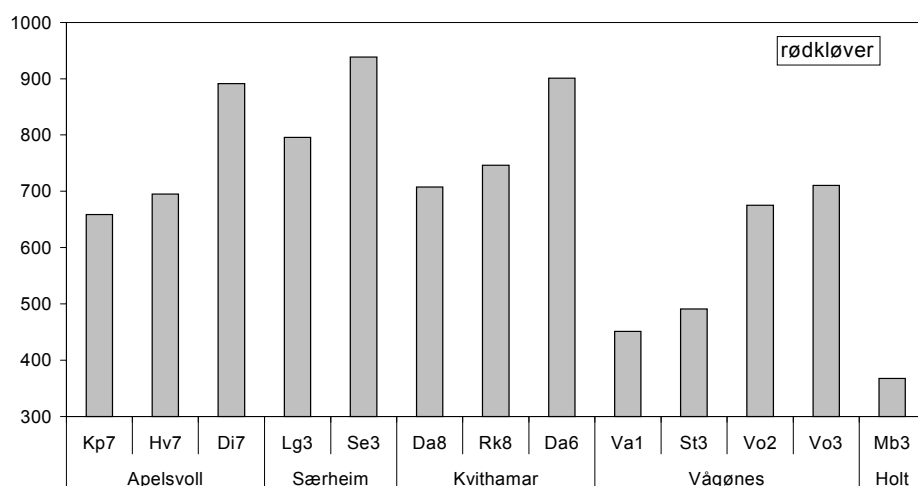
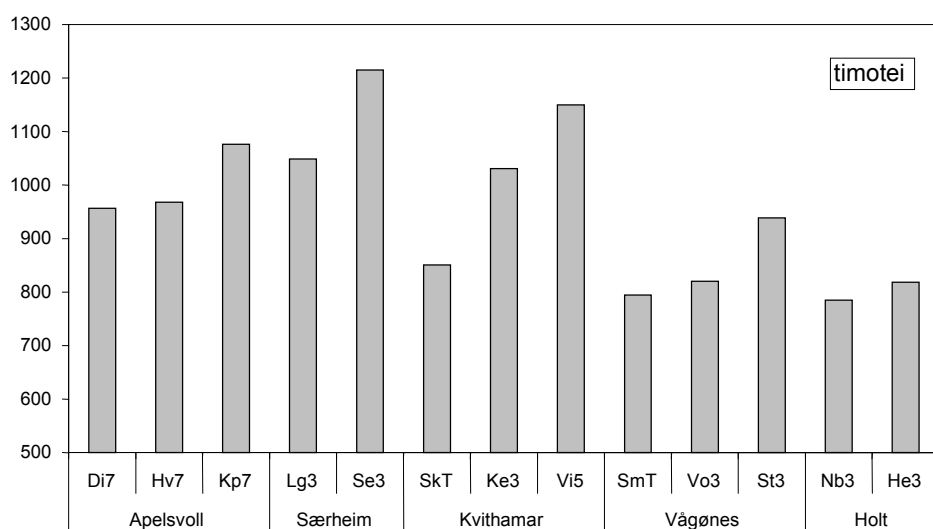
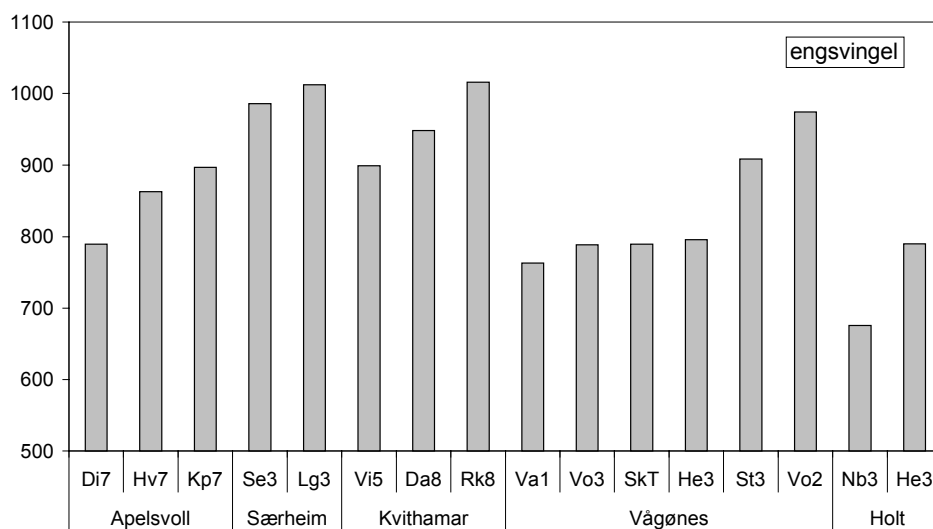
Også antall høstinger per vekstsesong påvirker avlingsutvikling. Antall høstinger var stort sett to, unntatt for rødkløver og engsvingel på Særheim hvor det ble foretatt tre høstinger i de fleste år. I tillegg var det ett år på Apelsvoll hvor engsvingelforsøket ble høstet tre ganger, og ett år på Holt hvor timoteiforsøket ble høstet kun en gang. I de årene det var foretatt tre høstinger per vekstsesong, var avlinga noe høyere enn når det ble foretatt to høstinger. Antall høstinger blir i hovedsak bestemt av lengden på vekstsesongen, og er altså en faktor som er klimarelatert. I dataanalysen er ikke videre tatt hensyn til antall høstinger.

4.2.2. Avling relatert til jordtype

Forskjellene i gjennomsnittlig avlingsmengde mellom forsøksstedene som kom fram i Figur 4.2.1.1, kan skyldes klima, drift og jordsmonn. I dette avsnittet ser vi litt nærmere på avling i eng relatert til jordtyper. Jordtypene er stort sett representert på ett sted. I første omgang vil vi derfor se på forskjeller i avling på jordsmonntyper for hver enkelt forsøkssted. Sammenlikning av produksjon mellom jordtyper på ulike forsøkssteder ville inkludere variasjon på grunn av ulike klimasoner og drift.

Det kommer fram klare forskjeller i gjennomsnittsavling på ulike jordtyper innen et forsøkssted. For timotei (Fig. 4.2.2.1) er forskjellen mellom den laveste og den høyeste avlingsmengden på omtrent 120 (Apelsvoll), 160 (Særheim), 300 (Kvithamar) og 140 (Vågønes) kg per dekar. På Holt er forskjellene minst (35 kg per dekar).

For engsvingel (Fig. 4.2.2.2) er forskjellen mellom den laveste og den høyeste avlingsmengden på omtrent 110 (Apelsvoll), 120 (Kvithamar), 200 (Vågønes) og 110 (Holt) kg per dekar. For engsvingel er forskjellene minst på Særheim (35 kg per dekar). Til tross for et gjennomgående lavere avlingsnivå for rødkløver (Fig. 4.2.2.3) er forskjellene i produksjon mellom jordtyper omtrent like store som for timotei og engsvingel. Den største forskjellen mellom lav og høy avling er på Vågønes (260), fulgt av Apelsvoll (230), Kvithamar (190) og Særheim (150 kg per dekar). På Holt var kun en jordtype representert.

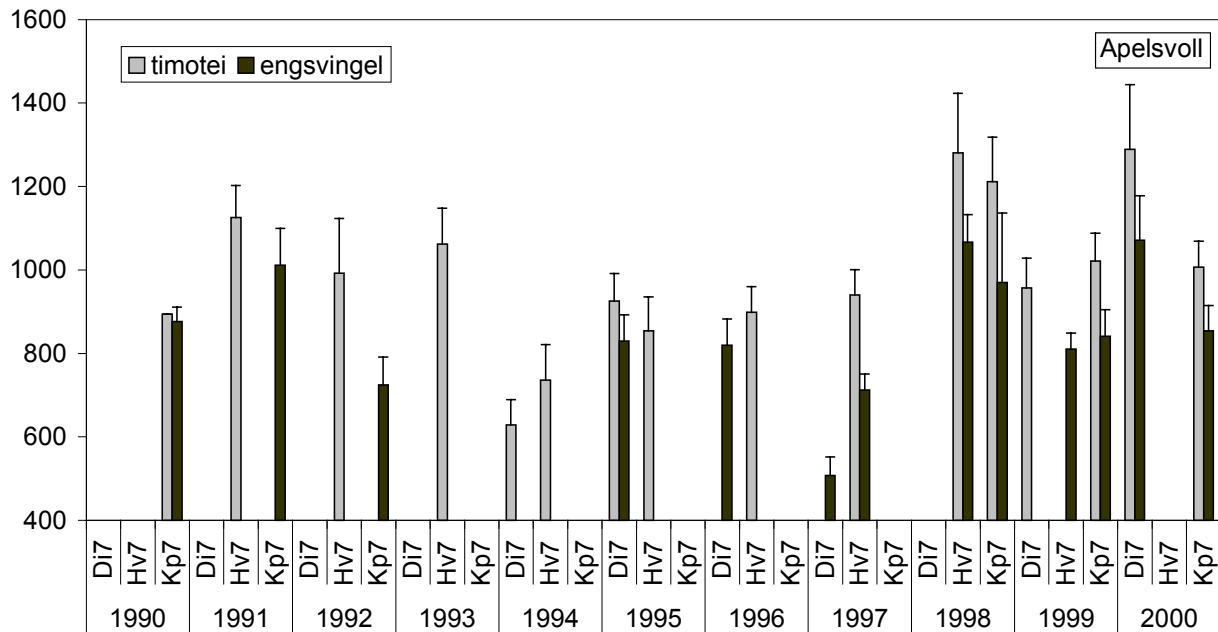


Figur 4.2.2.1, 4.2.2.2 og 4.2.2.3. Gjennomsnittsavling (alle høstinger og alle engår) av timotei (øverst), engsvingel (i midten) og rødkløver (nederst) per jordtype i kg tørrstoff per dekar.

Forskjellene som er observert kan skyldes jordsmonnegenskaper, men kan også forårsakes av værvariasjoner og vinterskader. Slik det er nevnt før, er datamaterialet ikke balansert. Spesielt på forsøksstedene i nord, og for rødkløver generelt, er vinterskader en årsak til variasjon i avlingsnivå. I den videre analysen på å skille effekt av jordtype og værvariasjoner reduseres derfor datamaterialet til å omfatte timotei og engsvingel for alle forsøkssteder utenom Holt.

4.2.3. Jordegenskaper som påvirker avling

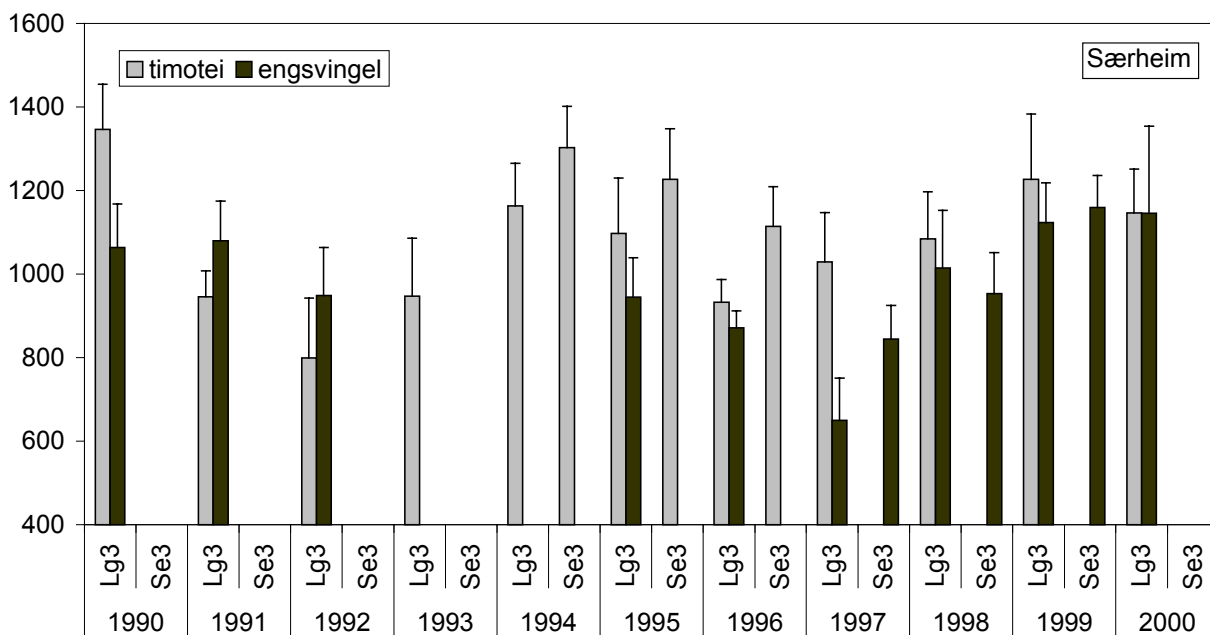
I Figurene 4.2.3.1 – 4.2.3.4 vises årlige gjennomsnittsavlinger per jordtype for timotei og engsvingel. Det første som kommer fram er at det mangler plantedata for mange jordtyper og



Figur 4.2.3.1 Årlig gjennomsnittsavling per jordtype på Apelsvoll (alle høstinger og alle engår) av timotei og engsvingel i kg tørrstoff per dekar. Feilfeltet refererer til ett standardavvik.

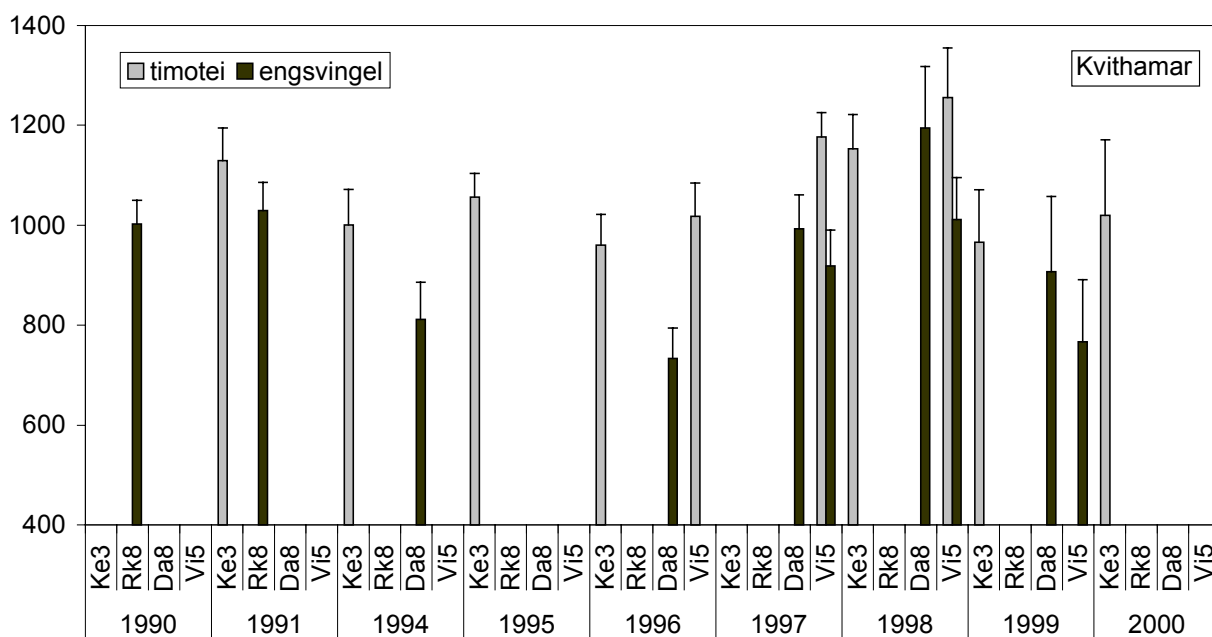
år. Med andre ord, kravene til en variansanalyse er ikke oppfylt. Det er likevel mulig å se på jordas betydning for avlingsmengde ved å se på trender i enkelte år, spesielt i år med ekstreme værforhold. I 1994 er timoteiavlinga på Hv7 høyere enn på Di7. Det samme er tilfellet for engsvingelavlinga i 1997. Begge år var tørkeår på Østlandet (se Figur 4.2.2.3 og 4.2.2.4). I 2000 var både timotei- og engsvingelavlinga lavest på jordtype Kp7, sammenliknet med Di7. Jordtypene Di7, Hv7 og Kp7 er alle dannet i næringsrik, tett pakket morene. Hovedskilnaden mellom jordtypene er dreneringsgrad og rotsperredybde. Rotsperredybden i jordtype Hv7 er lavere enn 1 m i motsetning til Kp7 og Di7 hvor rotsperredybden ligger på rundt en halv meter dybde, henholdsvis på 70 cm. I tillegg er Kp7 bedre drenert enn Di7 og Hv7.

Trendene i sammenhengen mellom avling og jordtype er konsistente med en forklaring som trekker inn tørkestress. Vekstene er sannsynligvis mindre utsatt for tørkestress når rotveksten ikke sperres, og på ufullstendig drenert jord.



Figur 4.2.3.3 Årlig gjennomsnittsavling per jordtype på Særheim (alle høstinger og alle engår) av timotei og engsvingel i kg tørrstoff per dekar. Feilfeltet refererer til ett standardavvik.

På Særheim er en gjennomgående trend at avlinga på Se3 er høyere enn på Lg3, unntatt i 1998 for engsvingel. Også på Særheim var 1994 og 1997 relativt varme år. Forskjellen mellom Lg3 og Se3 er dreneringsgraden: Se3 er noe dårligere drenert enn Lg3. Også her er trendene konsistent med en forklaring som peker på tørkestress som hovedfaktor som styrer den noe lavere avlinga på Lg3.

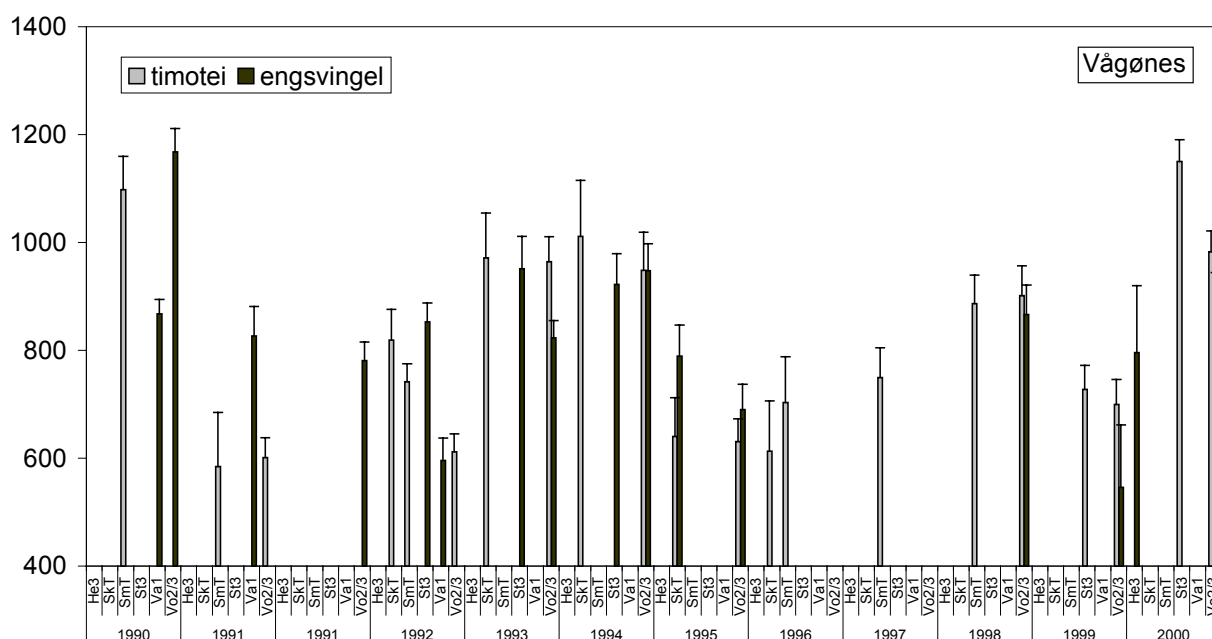


Figur 4.2.3.3. Årlig gjennomsnittsavling per jordtype på Kvithamar (alle høstinger og alle engår) av timotei og engsvingel i kg tørrstoff per dekar. Feilfeltet refererer til ett standardavvik.

På Kvithamar (Figur 4.2.3.3) foregikk det fra 1996 til 1999 verdiprøvningsforsøk hvor to jordtyper var representert per art. For engsvingel var avlinga på Vi5 lavere enn avlinga på Da8 i 1997, 1998 og 1999. For timotei er avlinga på Vi5 noe høyere enn på Ke3 i 1996 og 1998. Jordtypene på Kvithamar er mye mer forskjellige fra hverandre enn på Apelsvoll og Særheim. Hovedforskjellen mellom jordtypene Vi5 og Ke3 er at Vi5 har sandig silt i plogsjiktet, mens Ke3 er en litt grovere jordtype bestående av siltig mellomstrand i plogsjiktet. Det er mulig at vannforsyningen er noe bedre på Vi5. Jordtype Da8 er en dyp leirjord, mot Vi5 som er en grunn siltjord. Den bedre vannhusholdningen på Da8 er en logisk forklaring for den høyere avlinga som oppnåes sammenliknet med Vi5.

Verdiprøvningsforsøkene i engsvingel og timotei foregikk på 6 forskjellige jordtyper på Vågønes (Figur 4.2.3.4). Fra 1992 til 1994 var jordtypene Vo2/Vo3 og SkT representert i timoteiforsøk. Hvert år var avlinga på SkT mye (1992) eller noe høyere enn på Vo2/Vo3. Jordtype SkT er en dårlig drenert torvjord over sand, mens Vo2/Vo3 er grunne, godt drenerte sandjordtyper som er utsatt for tørke.

Sammenlikningen av timotei- og engsvingelavling innen år støtter hypotesen at det er jordsmonnegenskaper som påvirker vannhusholdning som er viktige for engavling.



Figur 4.2.3.4 Årlig gjennomsnittstørstoffavling per jordtype på Vågønes (alle høstinger og alle engår) av timotei og engsvingel i kg per dekar. Feilfeltet refererer til et standardavvik.

4.3. Potet

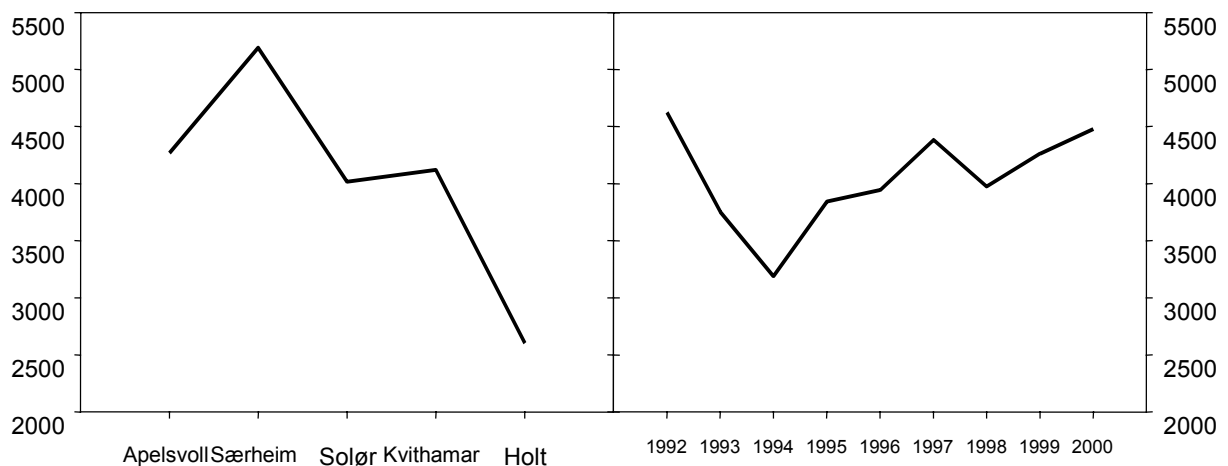
4.3.1. Avling og avlingsvariasjon

Forsøkssted og vekstsesong er viktige faktorer som styrer potetavling (Figur 4.3.1.1). Den gjennomsnittlige potetavlinga var høyest på Særheim og lavest på Holt, mens Solør-Odal, Kvithamar og Apelsvoll var i midten, og nokså like. Forskjellene mellom forsøkssteder er

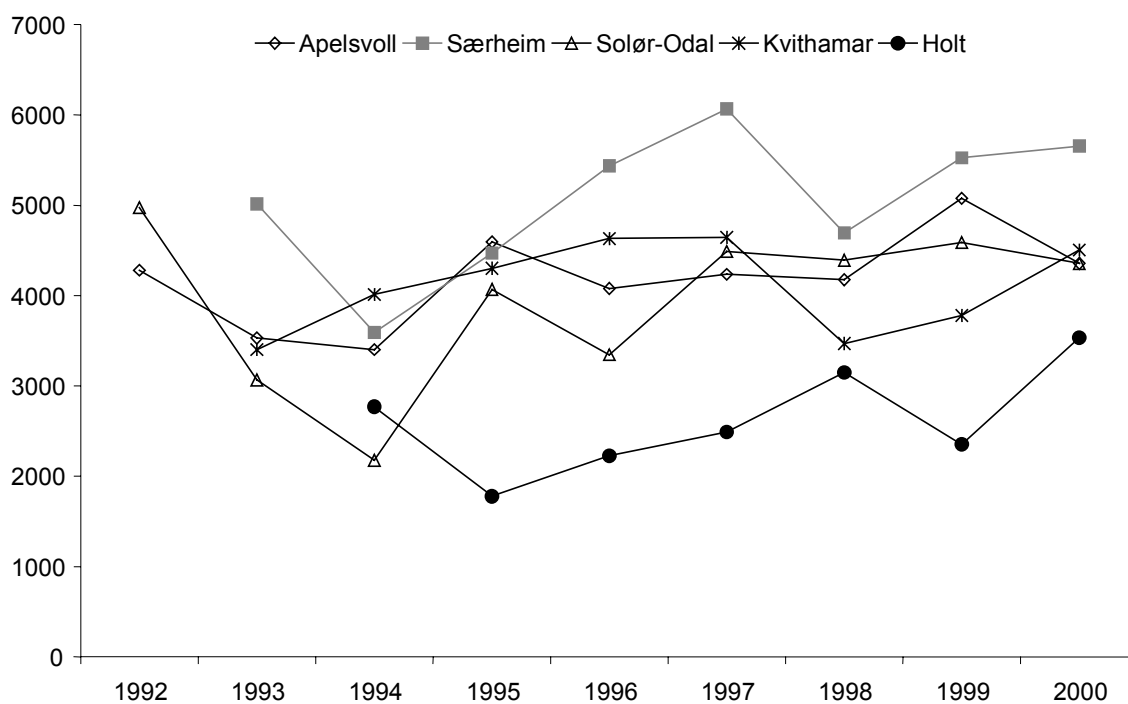
større enn de årlige variasjonene. Underliggende faktorer som styrer variasjoner i avlingsmengde er blant annet været, jordsmonnfaktorer og driftsforhold på forsøksstedene. Den årlige variasjonen i Figur 4.3.1.1 skyldes også en ubalanse i datamaterialet, nemlig årlige forskjeller i antall forsøk utført på hver enkelt forsøkssted.

For å illustrere samspillet mellom enkeltfaktorene sted og år vises årlige gjennomsnittsavlinger per forsøkssted (Figur 4.3.1.2). Mangel på samspill kan avledes fra parallelle linjer i figuren. Den årlige variasjonen i avling på Apelsvoll og i Solør-Odal viser et relativt likt mønster, trolig fordi forsøksstedene befinner seg i den samme klimasonen. Avlingsnivået på Apelsvoll er i gjennomsnitt omtrent like høyt som i forsøksringen i Solør-Odal, men varierer betydelig mindre fra år til år. En forklaring på det relativt konstante avlingsnivået på Apelsvoll er at forsøkene vannes der, i motsetning til andre stasjoner. For Apelsvoll bidrar altså drift til en forholdsvis stabil potetavling.

Den høyeste potetavlingen er på Særheim i 5 av 8 år, mens det laveste avlingsnivået er på Holt i alle år unntatt 1994, som var et tørkeår på Østlandet. Den store forskjellen i potetavling mellom Særheim og Holt skyldes nok for en stor del de mye gunstigere klimaforhold på Sør-Vestlandet i forhold til Nord-Norge, men også jordsmonnet kan være en årsak til forskjellene.



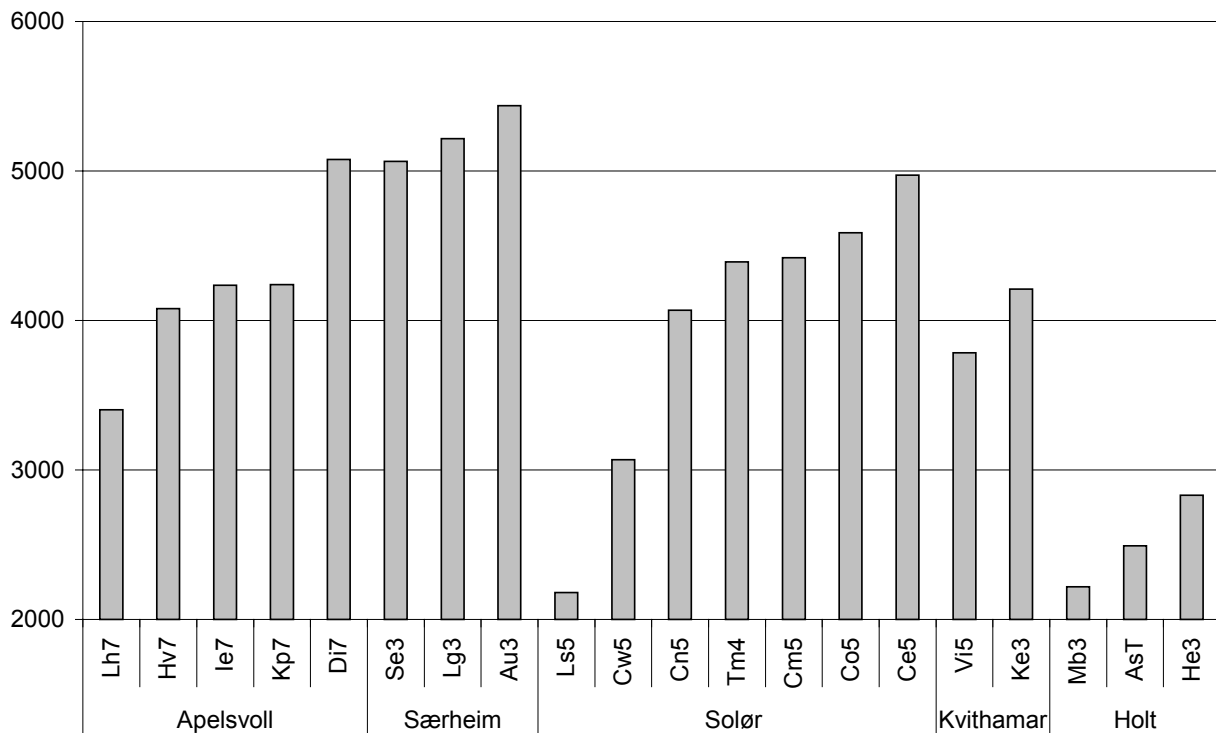
Figur 4.3.1.1. Gjennomsnittlig potetavling i kg per dekar per forsøkssted og vekstsesong (år) i plantedatamaterialet for potet.



Figur 4.3.1.2 Årlig gjennomsnitt i potetavling per forsøkssted i kg per dekar.

4.3.2. Avling relatert til jordtype

Forskjellene mellom forsøksstedene i gjennomsnittlig avlingsmengde kan skyldes klima, drift og jordsmonnfaktorer. I dette avsnittet ser vi nærmere på avlingsvariasjon relatert til jordtype på forsøksstedene (Figur 4.2.2.1). Den største forskjellen mellom den mest produktive og den minst produktive jordtypen er i Solør-Odal – 2800 kg per dekar. På Apelsvoll er forskjellen mellom den mest og minst produktive jordtypen 1600 kg per dekar, mens på Særheim, Kvithamar og Holt er denne forskjellen mye mindre, henholdsvis 400, 400 og 600 kg per dekar. Disse forskjellene kan skyldes heterogene jordtyper, spesielt der hvor variasjonen i gjennomsnittlig potetavling per jordtype er stor, men det kan også skyldes ubalansen i datamaterialet. På noen jordtyper ble det kun gjennomført ett forsøk, hvilket betyr at det ikke er mulig å skille mellom vøreffekten og jordsmonneffekten på avlinga.



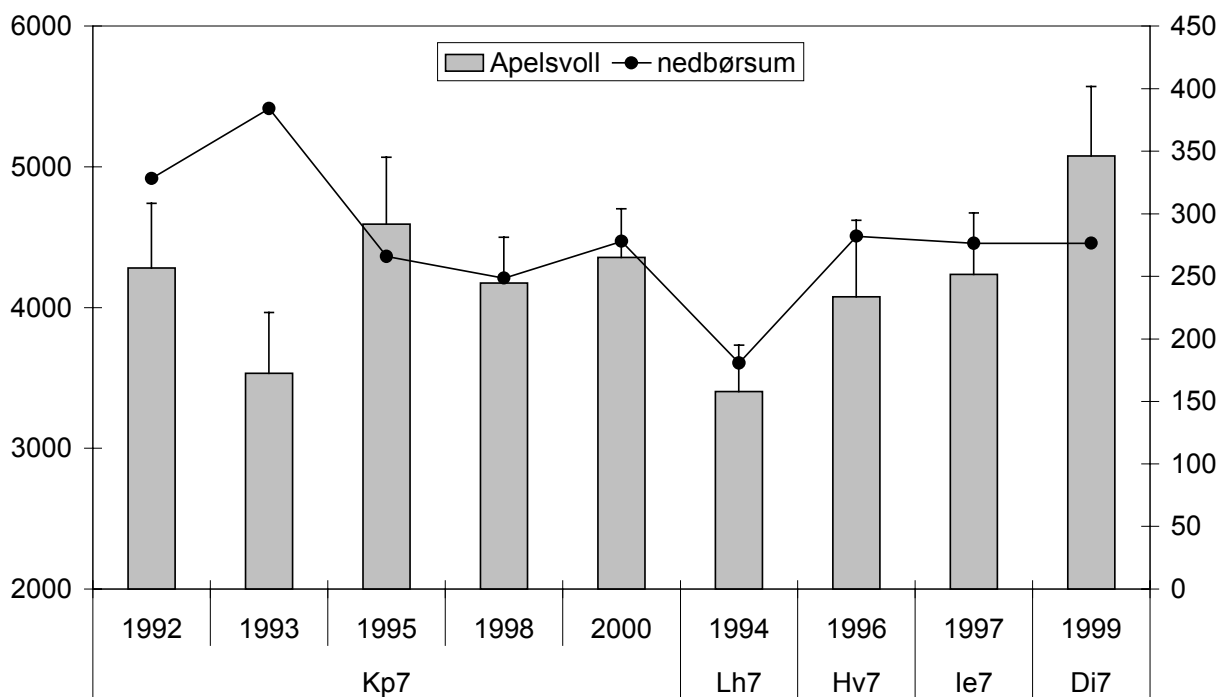
Figur 4.3.2.1. Potetavling i kg per dekar på ulike jordtyper.

4.3.3. Jordegenskaper som påvirker potetavling

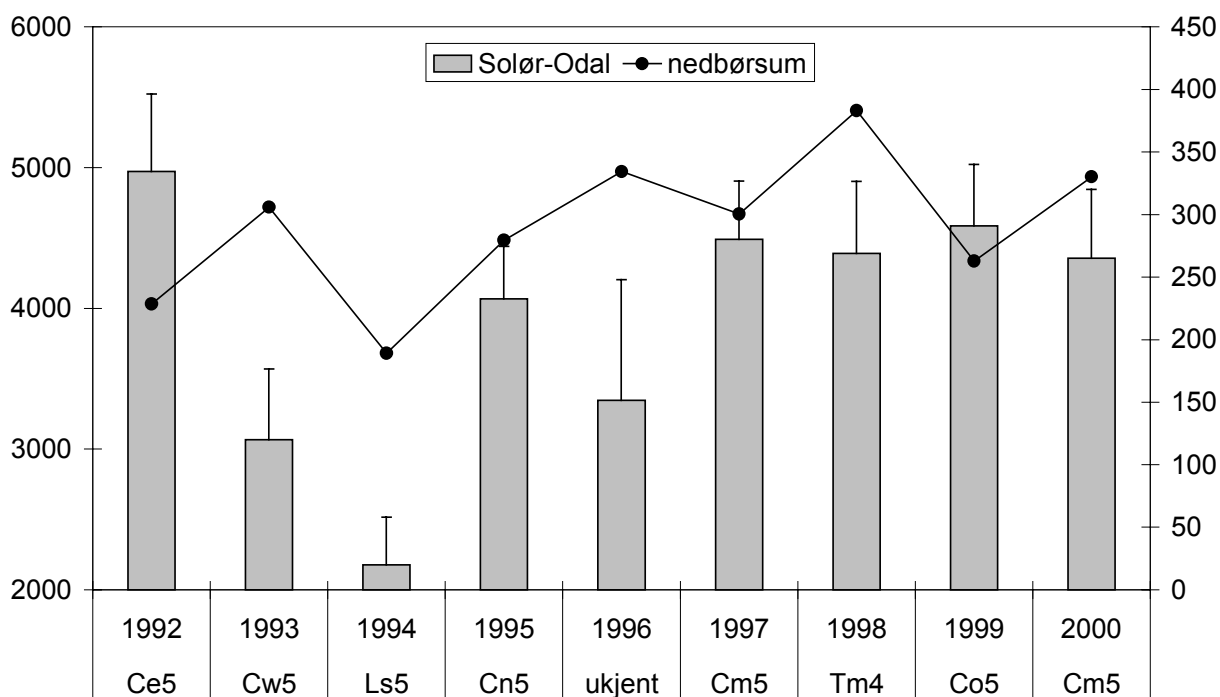
I Figurene 4.3.3.1-4.3.3.4 vises årlige gjennomsnitt for potetavling per jordtype og den årlige nedbørssummen for perioden fra mai til august.

På Apelsvoll var det betydelige svingninger i avlinga fra jordtype Kp7 fra år til år. Jordtype Kp7 har et rotsperresjikt på omtrent 50 cm og er godt drenert, og kan dermed betegnes som relativt tørkesvak sammenliknet med de andre jordtypene som er representert. Potetforsøkene ble vannet på Apelsvoll, slik at det ville redusere utslaget som tørkesvake jordtyper kunne ha på avlingsmengde. Nedbørsmengde er ikke godt korrelert med avling for Kp7. Den laveste avlinga ble funnet i 1993, hvilket var den kaldeste vekstsesongen i årene 1992 til 2000. I tørkeåret 1994 (jordtype Lh7) var det en lavere avling enn i tørkeåret 1997 (jordtype Ie7). Jordtype Lh7 har et rotsperresjikt i motsetning til jordtype Ie7, og har et lavere innhold av plantetilgjengelig vann.

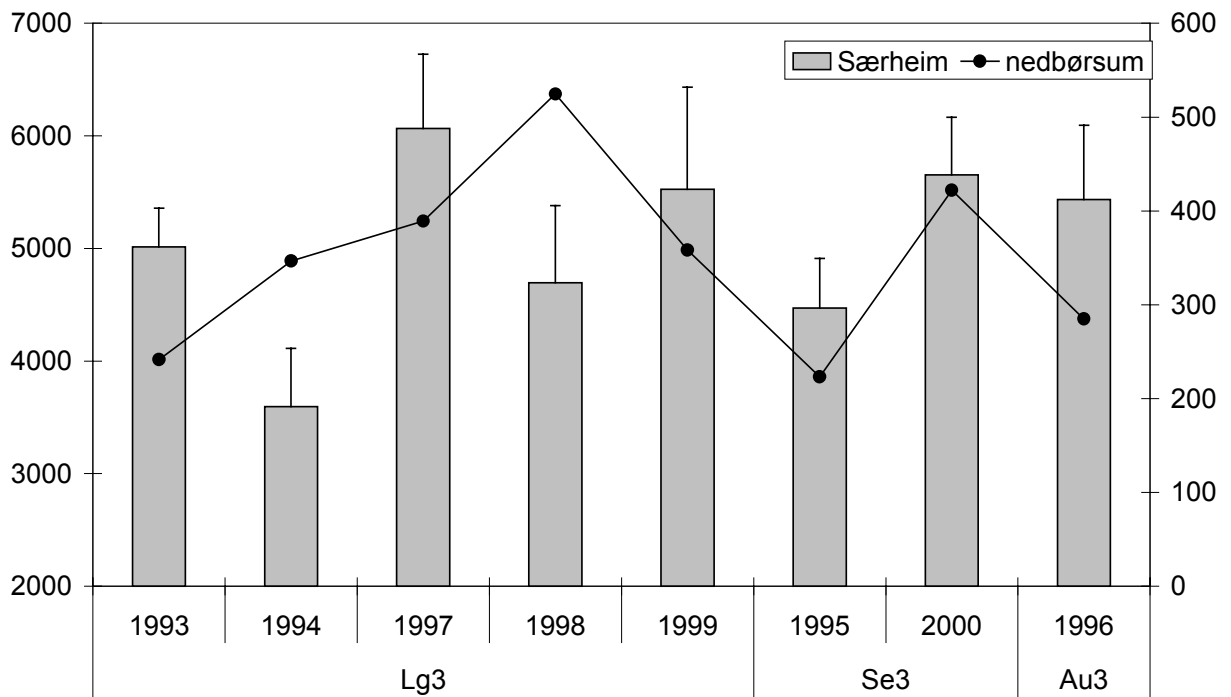
Variasjonene i potetavlingen (Figur 4.3.3.2) var størst i Solør-Odal. Noen forskjeller kan forklares med et samspill mellom jordegenskaper og værforhold. De laveste avlingene ble oppnådd på jordtyper med et tynt siltlag over grovere materiale (Ls5, Cw5). Spesielt i tørkesommeren 1994 var avlingen lav (jordtype Ls5). På disse jordtypene er vannforsyning ved kapillær ledningsevne begrenset, i motsetning til den dype siltjordtypen (Co5, Cm5, Ce5) hvor bra avlinger ble registrert, også tørkesommeren 1997 (jordtype Cm5).



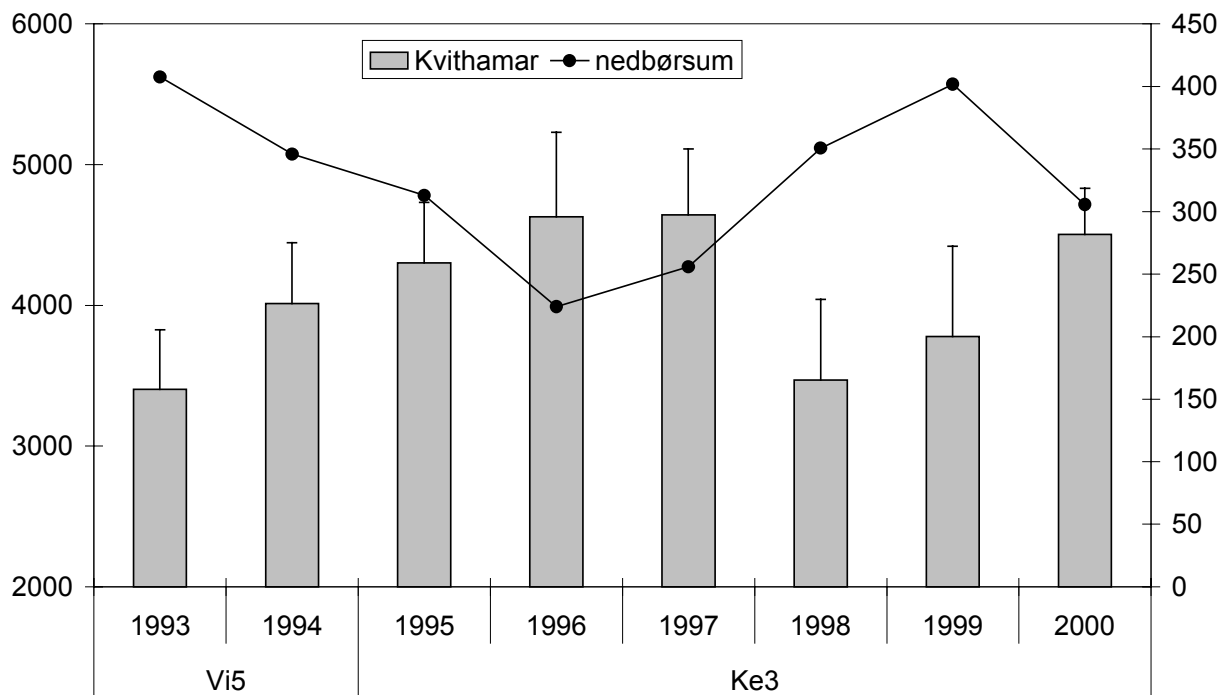
Figur 4.3.3.1 Gjennomsnittlig årlig potetavling per jordtype i kg per dekar på Apelsvoll. Feilfeltet refererer til ett standardavvik. På høyre akse står nedbørssum fra mai til august i mm.



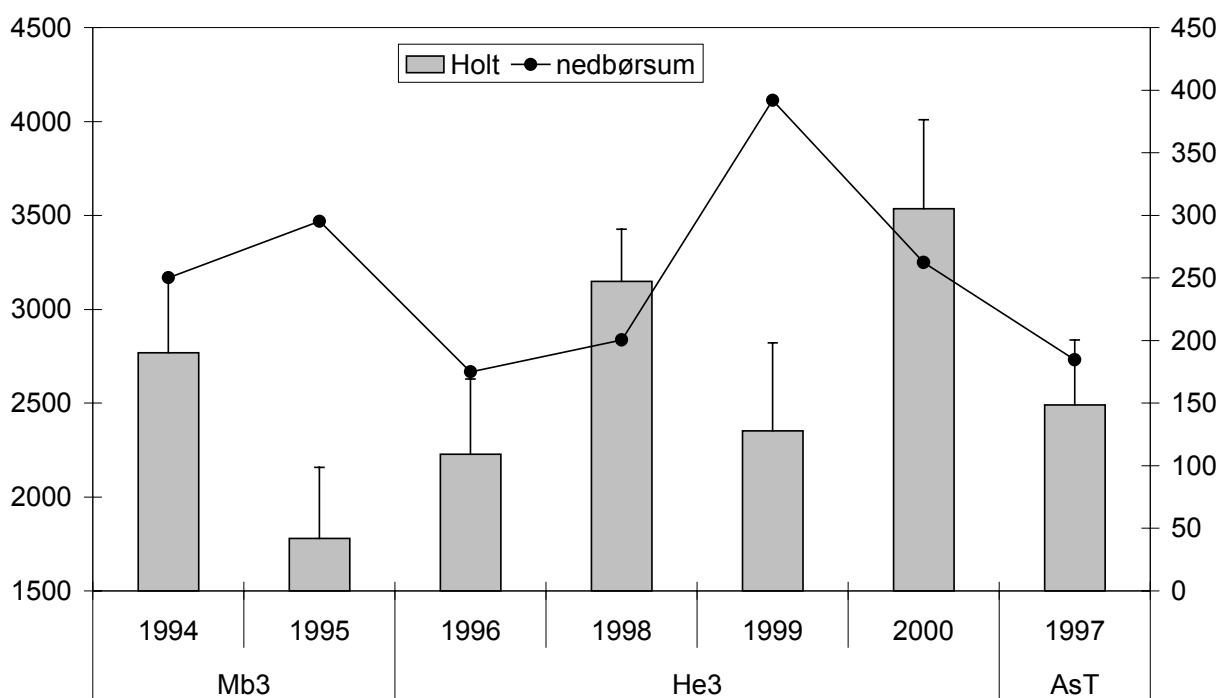
Figur 4.3.3.2 Gjennomsnittlig årlig potetavling per jordtype i kg per dekar i forsøksringen Solør-Odal. Feilfeltet refererer til ett standardavvik. På høyre akse står nedbørssum fra mai til august i mm.



Figur 4.3.3.3 Gjennomsnittlig årlig potetavling per jordtype i kg per dekar på Særheim. Feilfeltet refererer til ett standardavvik. På høyre akse står nedbørssum fra mai til august i mm.



Figur 4.3.3.4 Gjennomsnittlig årlig potetavling per jordtype i kg per dekar på Kvithamar. Feilfeltet refererer til ett standardavvik. På høyre akse står nedbørssum fra mai til august i mm.



Figur 4.3.3.5. Gjennomsnittlig årlig potet avling per jordtype i kg per dekar på Holt. Feilfeltet refererer til ett standardavvik. På høyre akse står nedbørssum fra mai til august i mm.

For jordtype Lg3 på Særheim var det en betydelig variasjon i potetavling. Det foregikk forsøk på Lg3 i begge tørkesommene 1994 og 1997. Overraskende nok er avlinga lav i den ene tørkesommere og høy i den andre tørkesommere. Nærmere undersøkelse av stedfestinga viser at forsøket i 1997 lå på et skifte som inneholdt to jordtyper. Under sammenkobling av forsøksfelt og jordtype ble alltid den dominerende jordtypen valgt, slik det er beskrevet i Avsnitt 4.2.3. Det er fullt mulig at forsøket faktisk foregikk på jordtype Se3 i stedet for Lg3, men det er altså ikke mulig å avlede fra jordsmonnkartet. En slik usikkerhet kan være en viktig feilkilde i dette materialet, og noe av forklaringen på variasjonen i avlingsmengde.

Værvariasjonene, i Figur 4.3.3.3 illustrert med nedbørssum, var betydelige og gjør det vanskelig å koble variasjoner i avlingsnivå til jordsmonnegenskaper. Det samme problemet gjelder Kvithamar (Figur 4.3.3.4) og Holt (Figur 4.3.3.5). For å kunne hanske med dette problemet bør en trekke inn klimaets betydning for potetavling, for eksempel gjennom å produsere værvariabler med vannhusholdningsmodellen beskrevet i Avsnitt 4.4.2., for så å se på jordegenskaper som kan forklare restvariasjonen i datamaterialet.

4.4. Diskusjon

Verdiprøvningsforsøkene i korn, eng og potet er planlagt for å undersøke sortsforskjeller, og ikke for å avsløre effekter av jordsmonn på avling. Datamaterialet har mange hull når det gjelder representasjon av jordtype per år og per forsøkssted (se Vedlegg 1 for en oversikt over forsøk fordelt over forsøkssted, år og jordtype), hvilket gjør det vanskelig å finne klare statistiske sammenhenger mellom jordtype og avlingsmengde. Dette er likevel det beste datamaterialet som foreligger der avlinga hos ulike vekster er undersøkt gjennom mange år og på flere steder. Resultatene fra analyser av avlingsmengde på ulike jordtyper viste at det,

isolert sett, var store forskjeller i avling på ulike jordtyper. Problemet i denne analysen var, som tidligere nevnt, at ulike jordtyper bare i liten grad er representert på flere steder. Dette medfører at en effekt av jordtype automatisk vil inneholde andre eventuelle effekter av vekstforhold knyttet til stedet der jordtypen fantes.

Noe av hensikten med analysen av varianskomponenter for forsøkssteder og år var å studere hvilken del av avlingsvariasjonen som kunne tillegges årsvariasjoner i vekstbetingelser og hva som kunne tillegges den stedvise variasjonen. Selv om resultatet for korndataene var at stedsvariasjonen var større enn årsvariasjonen, vil ikke det si at effekten av voksested er fri for effekter av vær. En eventuell effekt av gjennomsnittlige værforhold, det vil si lokalt klima, vil fortsatt være med i stedseffekten.

Resultatene har vist at en viss del av variasjonen i avlinga, ikke uventet, kan tilskrives værforhold. Væreffekten for korn lot seg bare påvise i en stedvis analyse, og ikke dersom data ble analysert samlet for alle forsøkssteder. Den stedvise analysen av værets betydning for avlingsmengde påviste også at ulike værfaktorer hadde ulik betydning for avlingsnivået. Forhold som kan ha forstyrret effekten av naturgitte betingelser for plantedyrkingen er driftsrutiner ved den enkelte forsøkslokalitet, samt ugras- og sjukdomsproblemer. Ingen av disse forhold er tatt hensyn til i analysen av datamaterialet. Et eksempel på driftsrutiner var den hyppige vanningen av potetforsøkene på Apelsvoll, noe som var med på å øke avlinga betraktelig samtidig som det reduserte effekten av jordegenskaper på avlingsmengde.

En viktig del av dette prosjektet har vært å skille ut effekter av jordsmonnegenskaper på plantevekst fra, og i samspill med, effekter av vær. Samspillet mellom jordegenskaper og vær er viktig for eksempel fordi tørke kan gi et sterkt negativt utslag på avlinga på tørkesvake jordtyper, mens avlinga i nedbørrike år kan være like høy på tørkesvak og tørkesterk jord.

Erfaringene fra dette prosjektet har vist at sammenkobling av data fra Planteforsk, NIJOS og DNMI gir mulighet til å kunne foreta grunnleggende vurderinger av samspillet mellom plantevekst, jord og klima. Kort sagt får man en bedre utnyttelse av eksisterende data. Siden både klima- og plantedata ikke var organisert i en hensiktsmessig database, tok det forholdsvis mye tid å tilrettelegge datamaterialet slik at analyser kunne foretas. Det medførte at tiden som ble igjen til analysearbeidet ble såpass knapp innenfor de oppsatte rammer, at en del analysemetoder forble uprøvd. Dette gjelder først og fremst datamaterialet for gras og potet. Men også for korn måtte en nyutviklet metode som er brukt på tilsvarende problemstillinger i Storbritannia (Theobald m.fl., 2001), forbli uprøvd.

Nedenfor diskuteres resultatene per vekstslag.

4.4.1. Korn

Datamaterialet for korn er hentet fra et begrenset område på Østlandet. Klimavariasjonen som ligger bak korndataene er derfor liten i forhold til datamaterialet for eng og potet som er hentet fra forsøkssteder over hele Norge. Det er likevel betydelig variasjon i vær og det framkommer klare forskjeller i resultatene over kornavlingsnivå på de fem lokalitetene. Klimaet på lokalitetene (Avsnitt 4.2.2 og Vedlegg 2) var slik at middeltemperaturen avtok mot nord. De observerte forskjellene i avling går i stor grad på tvers av temperaturbetingelsene, hvilket taler for betydningen av andre faktorer enn temperatur ved forsøkstedene for kornproduksjon. I denne sammenheng er det interessant å trekke inn noen resultater fra avlingsstatistikken i tidligere tider.

Strand (1989) gir en oversikt over kornavlinger i utvalgte deler av landet i perioden 1939-1986. Der framgår det at kornavlingene i gjennomsnitt var høyest i regionen Hedmark/Oppland fram til omkring 1955. Regionen Østfold/Vestfold hadde det laveste avlingsnivået fram til avslutningen av annen verdenskrig. Kornavlingene i Østfold/Vestfold lå til og med lavere enn i Trøndelag, men omkring 1947 gikk Østfold/Vestfold forbi Trøndelag, og siden 1955 har kornavlingene i Østfold/Vestfold også vært større enn i Hedmark/Oppland. I de siste tiårene er det de klimatiske forholdene som slår sterkt igjennom i avlingsstatistikken ved at Sør-Østlandet utvilsomt viser de høyeste avlingene. Dette kan også ha med sortvalg å gjøre. Før annen verdenskrig var altså kornavlingene lengst sør lavere enn lenger nord, på tross av de gunstigere klimaforholdene lenger sør. Dette bekrefter for det første at jordbruksarealenes kvalitet for korndyrking ikke automatisk går langs en nord-sør akse. For det andre tyder både dette historiske materialet, og resultatene fra analysen av verdiprøvningsdata i 1990-åra, på at jordsmonnet spiller en viktig rolle for avlingsmengden hos korn.

Det er også rimelig at jordsmonnsforholdene hadde en større betydning for avlingene før annen verdenskrig enn etter, siden innføringen av kunstgjødsel kompenserte for naturgitte begrensinger i jordas næringsstatus. I dagens situasjon antar man at gjødslinga er optimal slik at plantene i liten grad er avhengige av det naturgitte næringsinnholdet i jorda. Dagens forskjeller i jordas fruktbarhet skyldes heller variasjoner i jordas evne til å supplere vekstene med vann under ulike værforhold.

Det er nærliggende å tenke seg at forhold i driften og driftsrutiner ved den enkelte forsøkslokalisitet også kan være med på å forstyrre effekten av de naturgitte betingelser for plantedyrking. I den sammenheng er det interessant å merke seg at Bjørke forsøksgård som er den eneste lokaliteten uten vanningsanlegg er den lokaliteten som viser det høyeste avlingsnivået. En sannsynlig forklaring ligger i den relativt store vannlagringsevnen som er en egenskap av alle jordtypene på Bjørke.

4.4.2. Eng

Forsøkene i eng ble utført på forsøkssteder i nord, vest og øst og følgelig under større forskjeller i klima enn forsøkene i korn. I disse flerårige vekstene spilte foruten vær og jordsmonnegenskaper også overvintringsforholdene en stor rolle for avlinga. Skader på eng som oppstår om vinteren kan føre til at forsøket må avbrytes. Hvorvidt det oppstår skader er til dels avhengig av sortsegenskaper. På Holt gikk et helt forsøk i timotei ut i det tredje engåret på grunn av vinterskader. Nedgangen i dekningsgraden av den sådde sorten var bestandig størst på forsøksstedene lengst nord. Rødkløver hadde på alle stasjoner unntatt Holt en betydelig reduksjon i dekningsgrad, mens det på Holt var en lav dekningsgrad fra det første engåret av.

Datamaterialet for engsvingel og timotei, hvor forsøkene utført på Holt ble utelatt, gav best grunnlag for å bedømme jordas betydning for plantevekst fordi det ble minst påvirket av overvintringsforhold. Et gjennomgående problem som hindret en statistisk analyse av datamaterialet var at, i likhet med korn- og potetdataene, datamaterialet for eng var begrenset når det ble splittet opp etter faktorene år og jordtype.

Datamaterialet ble i første omgang analysert etter hovedfaktorer forsøkssted og år. I alle engvekster forklarte forsøkssted en større del av variasjonen enn år, i likhet med korn. Manglende tid gjorde at en dataanalyse for å forklare engsvingel- og timoteiavlinga ut ifra

klimavariabler og å forklare restvariasjonen med hjelp av jordegenskaper ikke ble utført. Datamaterialet er altså ikke ferdigbehandlet.

En annen metode for å vurdere jordas betydning var gjennom å se på trender i avling per jordtype, og koble disse trendene opp mot jordegenskaper og været. Ulempen med denne metoden er at den er lite systematisk, og gir ingen allmenngyldige og statistisk signifikante sammenhenger mellom jordegenskaper og avlinga. Likevel er det mulig å bekrefte betydningen av noen jordegenskaper for plantevekst på denne måten.

Det var klare forskjeller i avlingsmengde i engsvingel og timotei for ulike jordtyper på ett forsøkssted (Holt utelatt). Nedgangen i avling med økende engalder ble ikke tatt med i vurderinga, siden det ikke så ut til å spille en avgjørende rolle i forhold til været.

På Særheim var både timotei- og engsvingelavlinga noe større på ufullstendig drenert jord enn på godt drenert jord, muligens på grunn av mindre tørkestress. Dette støttes av at engsvingelavlinga var klart lavest på den best drenerte jordtypen i den varme sommeren 1997 på Særheim. På Apelsvoll var engavlinga lavest på en jordtype som var relativt tørkesvak, det vil si med begrenset rottdybde og relativt bra dreneringsgrad. Selv om det foregikk hyppig vanning på Apelsvoll, kunne den altså ikke helt kompensere for jordas naturlige 'tørkesvakhet'. Siden både dreneringsgrad, og rotsperredybde var faktorer som skilte jordtypene fra hverandre, var sammenhengen mellom dreneringsgrad og avling ikke så entydig som på Særheim. På Kvithamar var timoteiavlinga på en grunn siltjord høyere enn avlinga på grunn sandjord, og engsvingelavlinga var høyere på dyp leirjord enn på den nevnte grunne siltjorda. På Kvithamar virker det sannsynlig at kapasiteten til å holde på plantetilgjengelig vann var utslagsgivende for forskjellene i avlinga.

4.4.3. Potet

Forsøkene i potet ble utført på forsøkssteder i nord, vest og øst og følgelig under større forskjeller i klima enn forsøkene i korn. Det var kun en jordtype representert per år per forsøkssted, i motsetning til engforsøkene hvor det i noen år pågikk flere forsøk samtidig, på ulike jordtyper. Mangel på observasjoner av plantevekst for ulike jordtyper på ett forsøkssted for et gitt år gjorde dataanalysen vanskelig, spesielt der hvor jordtypene var veldig ulike som på Kvithamar og Holt.

I potet spilte foruten vær og jordsmonnegenskaper også vanning en rolle for avlinga. På Apelsvoll foregikk vanning av potetforsøkene. Det er mulig at vanning av potetforsøkene også forekom i forsøksringen Solør-Odal, men her foreligger ingen sikre opplysninger. Sannsynligvis har vanningen på Apelsvoll bidratt til å jevne ut naturgitte forskjeller i jordas produktivitet.

Variasjonen i potetavlingen var størst i Solør-Odal. Noen forskjeller kan forklares med et samspill mellom jordegenskaper og værforhold. De laveste avlingene, blant annet i tørkesommer 1994, ble oppnådd på jordtyper med et tynt siltlag over grovere materiale. På disse jordtypene er vannforsyning ved kapillær ledningsevne begrenset, i motsetning til de dype siltjordtypene hvor bra avlinger ble registrert, også i tørkesommeren 1997.

5. Konklusjon

I dette prosjektet som er utført etter oppdrag fra Jordskifteretten er det benyttet data fra verdiprøvningsforsøk som utføres av Planteforsk, data fra NIJOS' jordsmonnkartlegging og klimadata fra DNMI og Planteforsk sine klimastasjoner.

På grunnlag av begrensninger i det foreliggende datamateriale og den korte tiden som har stått til rådighet til beregninger og analyser har vi i første omgang ikke kommet fram til generelt gyldige modeller for relasjoner mellom avling og jordas egenskaper. Analysen av datamaterialet har imidlertid bekreftet at spesielt de jordsmonnegenskapene som påvirker vannforsyningen er av betydning for plantevekst både hos korn, eng og potet. I tillegg bør de konkrete avlingstallene for bestemte jordtyper i en gitt region som presenteres i denne rapporten, være nyttige opplysninger for verdsetting områder med tilsvarende jordsmonn- og klimaforhold. Arbeidet så langt viser at koblingen av plante-, jord- og klimadata har et stort potensial til å forbedre grunnlaget for verdsetting av jord.

I det foreliggende prosjektet er en kommet langt med å finne frem til relevante statistiske metoder og beregningsmodeller og med å få det omfattende datamaterialet i en database på en slik form at de kan kobles sammen i beregninger av samspillet mellom plantevekst, jordsmonnegenskaper og klimaforhold. Dette arbeidet har krevd mye tid, men verktøyet er nå på plass og det vil være langt lettere å komme videre.

I utgangspunktet ble det i dette prosjekt startet med en stor datamengde fra verdiforsøkene under Planteforsk. Likevel viste det seg gjennom analyse av materialet at det ikke var stort nok. Det er spesielt for få forsøk på ensarta jordtyper som setter begrensninger.

Dette forhold må tas i betraktning når det hentes inn nytt datamaterial fra Planteforsk og fra forsøksringene som nevnt ovenfor.

6. Data fra NIJOS og Planteforsk - et framtidig grunnlag for verdsetting?

For arealforvaltning på et overordnet nivå er det av stor betydning å få objektive verdsettingsmetoder og -kriterier for innmark. En mulig form som disse kriteriene kan ta er jordressurskart og kart og statistikk over planteproduksjon. NIJOS arbeider med dette også i andre prosjekter, f.eks. prosjekt Jordressurskart der et samarbeid mellom LD, DNMI, IPF-NLH og NIJOS ble etablert. I samarbeid med Jordforsk har NIJOS også forsøkt å koble avlingsdata, fra oversikten over leverte kornavlinger fra SLF, med jordsmonndata fra NIJOS. Videre gjennomførte NIJOS i 2001 et prosjekt hvor plantevekstmodellen WOFOST ble brukt i framstilling av jordressurskart for bygg på Østlandet. Disse prosjektene til sammen utgjør en stor grunnlagsinvestering som har ført oss nærmere det sentrale målet om at verdivurderinger av jordbruksareal skal skje på grunnlag av et såkalt produksjonspotensial (jevnfør Stortingsmelding 1996-1997).

Prosjektet som her er rapportert, bygger på et felles initiativ fra NIJOS og Planteforsk etter forutgående anbudsinnbydelse fra Jordskifteretten. Målet var å øke nytteverdien av data som genereres i ulike forskningsaktiviteter ved de to instituttene. De store mengder med data om planter, klima og jord som innhentes i regulære og enkeltstående prosjekter, kan ha stor verdi utover det primære formålet de samles inn for. I så måte representerer dette prosjektet et av de første systematiske forsøk på å sammenstille og koble jorddata fra NIJOS med plante- og klimadata fra Planteforsk, og klimadata fra DNMI. Resultatene av en slik analyse synes å kunne imøtekomme noen av de behov som er uttalt av Christensen (*Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark*, 1998) i forbindelse med verdsetting av jordbruksareal.

I undersøkelsen som her foreligger, har en bygd på avlingsdata fra verdiprøvinga i korn, eng og potet. Observasjonene er hentet fra forsøk som er gjennomført gjennom mange år og på flere steder, koordinert av Planteforsk. Avlingstalla ble deretter koblet mot klimadata og jordsmonninformasjon. Plantedata er basert på forsøk som er planlagt for å undersøke sortsforskjeller, og prinsipielt ikke for å avsløre effekter av jordsmonn på avling. Derfor har forsøkene ofte ligget på god og jamn jord og ikke på spesielt utvalgte steder med sikte på å sammenlikne jordtyper. Likevel er data fra disse forsøkene det beste en har på det nåværende tidspunkt.

Det store datamaterialet som ble innhentet viste seg likevel å være for begrenset til å kunne fastsette jordas produksjonsevne for ulike vekstslag basert på jordas fysiske egenskaper. Likevel kom det fram flere sammenhenger mellom avling og jordsmonnegenskaper. Datamaterialet som nå er sammenstilt er ikke ferdigbehandlet. Blant annet er det nødvendig å analysere samspillet mellom avling og været i ulike vekstfaser grundigere. En slik analyse kan forklare variasjonen som skyldes været, og restvariasjonen i materialet kan da lettere relateres til jordsmonnegenskaper.

Som nevnt ovenfor er det foreliggende datamaterialet begrenset til hovedsakelig å gjelde forsøk fra Planteforsk sine forsøksstasjoner. Hvert eneste år utføres i Forsøksringene flere hundre forsøk rundt omkring i Norge. Dette er sortsforsøk og veiledningsforsøk i de mest vanlige kulturvekstene. Forsøkene er spredt over mange lokaliteter, jordtyper og klimasoner. Mange av disse forsøkene er koordinert av Planteforsk og data fra disse kan med fordel være med på å danne et grunnlag for verdsetting av jord. Ved å utnytte disse forsøkene til et prosjekt omkring verdsetting av jord vil en kunne oppnå mye sikrere resultater, siden en hvert år vil finne kombinasjoner av ulike forsøk i ulike klima og på ulike jordtyper. Det vi har hittil

klart å utnytte vil imidlertid kunne danne en mal for det videre arbeidet. Vi mener derfor at det ligger et mye større potensial i data fra tidligere og pågående planteforsøk enn det som vi har klart å få med i dette prosjektet.

Arbeidet som er gjennomført i dette prosjektet har vist at det vil være en stor forskningsmessig fordel med en bedre koordinert datainnsamling og lagring i databaser. Det vil også være viktig at forsøksfeltene fra verdiprøving koordinatfestes og at forsøksresultater kvalitetssikres i en felles database. Arbeidet har også gitt nyttige erfaringer med hensyn til hvordan jorddata, som allerede er godt organisert i databasesystemer, bedre kan organiseres og grupperes i forhold til jordtypenes egenskaper for planteproduksjon.

Det er flere metoder for å tilnærme seg en beregning av planteproduksjon. En metode er å bruke dynamiske plantevekstmodeller som har plante-, jord- og klimadata som input. I Ås-miljøet har man brukt for eksempel modellene SOILN-NO (Vold et al. 1994), WOFOST (NIJOS rapport 09/2001, under forberedelse), og IPF-modellene ENGNOR (Baadshaug, unpubl.) og KONOR (Bleken 2001). Slike modeller bygger delvis på estimerer fra forsøksvirksomheten i de områder der en tenker utnytte dem for å predikere for eksempel avling. Uttesting og kalibrering for norske forhold med hensyn til sorter, jord og klima vil være helt nødvendig før modellene kan brukes. Det må også gjøres omfattende studier av hvor robuste resultater en vil få dersom en har usikre eller manglende inngangsverdier av ulike slag. Tida er ennå ikke moden for en full utnytting av slike avanserte modeller til formål som her diskuteres.

En annen tilnæringsmåte for å tallfeste planteproduksjon kan være å bruke stedfestet informasjon fra den jordsmonnsdatabasen som NIJOS bygger opp. Videre må det innhentes observasjoner fra værdatabasene til Planteforsk og DNMI. Disse bør fortrinnsvis omformes til indekser som er relevante for vekst og utvikling hos aktuelle planteslag, framfor å brukes i observert form. Sist, men ikke minst, må det bygges opp en database med informasjon om vekst og utvikling herunder skadegjørere hos ulike arter og sorter. Sammenholdt kan denne informasjonen brukes som basis i en statistisk modell for prediksjon av planteproduksjon. Ved hjelp av simulering bør en også kunne si noe om usikkerheten ved den predikerte verdien. En tenker seg her et mye enklere system enn de dynamiske modellene, og vil forutsi avlingspotensial ut fra jord- og værdata og resultater fra nærliggende forsøk. Det er opplagt at en ikke klarer å oppnå perfekte resultat på denne måten, men resultatene vil antagelig være mer robuste med hensyn på modellantakelser enn de dynamiske modellene.

Uansett framgangmåte er det et mål å kunne tallfeste relativ verdi av jordtyper under varierende værforhold. Om en går fram gjennom en dynamisk eller statistisk vei, vil en måtte nytte resultater fra ulike jordtyper kombinert med ulike vekstsesonger (vær) for å få kalibrert sammenhengene på en god måte. Når dette er gjort, tenker en seg at en for verdsetting av jord i de aktuelle områder bruker en representativ serie av værobservasjoner, for å få gode langtidsmidler og mål for årsvariasjonen. Dette kan for eksempel være den siste 30-års-normalen.

På dette stadiet i prosjektet er det et godt stykke igjen før et slikt mål kan nås. Sluttresultatet av framtidig arbeid må likevel lede fram til en kombinasjon av prosessmodeller og statistiske simuleringsmodeller. Det vil sette oss i stand til å produsere kart som viser avlingsnivå for de viktigste vekstslag etter jordsmonntype og klima.

Veien videre

I dette avsnittet er det gjort noen vurderinger av overordnet karakter, uten at de nødvendigvis bygger på resultatene i rapporten.

Erfaringene fra dette prosjektet har vist at koblingen mellom plantedata, jordsmonndata og klimadata har et stort potensial for å bedre grunnlaget for verdsetting av jord. Skal en kunne sette de systemer som her er skissert ut i livet, må det arbeides videre med en rekke forhold.

Det vil være viktig at en kan sette i gang arbeidet med å systematisere resultater først og fremst fra verdiprøvningsforsøk utført av forsøksringene og Planteforsk i en **felles database**. Dette vil føre til at nevnte forsøk lett vil kunne kobles til jord- og klimadatabaser og derfor kunne danne grunnlag for mer omfattende studier enn det som lar seg gjøre nå. I tillegg til dette må det gjøres noe arbeid for å etablere en passende klimadatabase, det være seg på Planteforsk eller DNMI.

Viktige framtidige oppgaver for videreføring av verdsettingsprosjektet vil være:

4. Etablere databaser for feltforsøksdata som kan kobles mot jorddataene ved NIJOS, klimadataene ved DNMI og Planteforsk. Databasene ved NIJOS og DNMI er allerede operative.
5. Etablere en utvidet standard for verdiprøvningsforsøk som inkluderer koordinatfesting og bruk av innsatsfaktorer. De samme kravene bør også gjelde feltforsøk som drives av forsøksringene.
6. Videreføre utvikling av analysemetoder og modeller for bruk i verdsetting.

Disse tiltakene vil ikke bare gi bedre grunnlagsdata for verdsetting, men vil også i stor grad bidra til:

- Mer effektiv og målrettet dyrkingsrådgivning og arealforvaltning fordi forsøksresultatene kan relateres direkte til naturgitte vilkår (jord og klima)
- Bedre grunnlag for å utvikle jordvernkart med dokumentasjon av produksjonsevne
- Mer effektiv og målrettet forsøksvirksomhet

De tiltakene som her er skissert vil være blant de mest målrettede og lønnsomme som kan settes i verk innen planteforskning og arealforvaltning.

Grunnlagsmateriale for framtidige jordskifte på innmark bør være:

- Egnethetskart for ulike vekster til bruk både ved verdsetting og skifteplanlegging
- Avlingsdata med tilhørende data om innsatsfaktorer for hver kartfigur
- Risikokart for erosjon og næringsstoffavrenning til bruk ved skifteplanlegging

7. Litteratur

- Anonym. 1997. Stortingsmelding nr. 29 (1996-97). Regional planlegging og arealpolitikk.
- Anonym. 1999. Forskrift om prøving og godkjenning av plantesorter. Landbruksdepartementet.
- Anonym. 1999. Agroøkologi-programmet. Eit nytt tiltak i norsk landbruk for næringsutvikling, arealforvaltning og miljøtiltak. NIJOS.
- Anonym. 2000. Retningslinjer for verdiprøving av korn og oljevekster; fôrvekster; gras til grøntanlegg; potet. Landbrukstilsynet.
- Bleken, M.A. 2001. Konor: a modell for simulation of cereal growth. Documentation. Agricultural University of Norway. Rapport no: 2/2001.
- Baadshaug, O. H. ENGNOR: a modell for simulation of grassland growth. Documentation. Agricultural University of Norway. (Under utarbeiding).
- Christensen, T. Rapport fra prosjektet "Bruk av data fra NIJOS til verdsetting av innmark". Jordskifteverket og Norsk institutt for jord og skogkartlegging.
- Penman, H.L. 1956. Evaporation: an introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 4: 9-29.
- Ritchie, J. T. 1972. Model for prediction evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resources Research* 8(5), pp1204-1213.
- Skjelvåg, A.O. 1981. Experimental and statistical methods of plant experiments used in an agroclimatic investigation in Aust-Agder, Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica* 31: 343-357.
- Skjelvåg, A. O. and Kuchar, L. 1993. Improved calculation of normal yields of cereals. Department of Crop Science, Agricultural University of Norway.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Manual*. USDA, Washington.
- Strand, E. 1989. Resultater fra jord- og plantekulturforskningen. s.115-164 i: *Den grønne evolusjon. Jord- og plantekulturforskning i 100 år*. Landbruksforlaget.
- Theobald, C.M., Talbot, M. and Nabugoomu, F. 2001. *A Bayesian Approach to Regional and Local-Area Prediction from Crop Variety Trials*. Biomathematics and Statistics Scotland. Manuskript (upublisert)
- Vold, A., L.R. Bakken and J. Sørensen. 1994. *The SOILN-NO Modell. A Guide to The User*. Economics and Ecology/RMPA Working Paper no. 22. Agricultural University of Norway.
- World Reference Base for Soil Resources. 1998. *World Soil Resources Report 84*, FAO, Roma
- Åssveen. M. 2001. *Virksomhetsplan 2001 for verdiprøving av plantesorter*. Norsk institutt for planteforskning – Planteforsk 2001

Vedlegg

Vedlegg 1. Oversikt over antall 'observasjoner' i verdiforsøkene i korn, eng og potet fordelt over forsøkssted, kornart, år og jordtype.

Tabell 1 Verdiforsøkene i korn

Tabell 2 Verdiforsøkene i eng

Tabell 3 Verdiforsøkene i potet

Vedlegg 2 Oversikt over temperatur- og nedbørsforhold i vekstsesongen ved forsøkslokalitetene

Figur 1 Varmesummer for lokalitetene det ble benyttet korndata fra.

Figur 2 Nedbørssummer for lokalitetene det ble benyttet korndata fra.

Figur 3 Middeltemperaturer for forsøksstasjoner som inngikk i gras- og potetforsøk.

Figur 4 Nedbørssum for forsøksstasjoner som inngikk i gras- og potetforsøk.

Vedlegg 3 Utvalgte egenskaper til jordtyper på forsøkssteder, inkludert klassifikasjon i henhold til World Reference Base for Soil Resources (WRB), FAO, 1998.

Tabell 1 Apelsvoll og Staur

Tabell 2 Bjørke

Tabell 3 Vollebekk

Tabell 4 Rød

Tabell 5 Solør-Odal

Tabell 6 Særheim

Tabell 7 Kvithamar

Tabell 8 Vågønes

Tabell 9 Holt

Vedlegg 4 Kort beskrivelse av jordtyper på forsøksstasjonene.

Vedlegg 1

TABELL 1 Oversikt over antall 'observasjoner' (sortsgjennomsnitt av 2 eller 3 gjentak) i verdiforsøkene i korn fordelt over forsøkssted, kornart, år og jordtype

Antall		Lokaliteter og jordtypekoder																		Totalt
Observasjoner		Apelsvoll						Bjørke				Rød		Staur	Vollebekk					
År	Kornart	Di7	Hv7	le7	Kp7	Kx7	Lh7	Al7	Fg7	Ig6	Rb7	He6	Ir7	Kd3	He8	Rk8	Si3	Tb9	Wc7	
1995	Sein Havre			8						8						8				24
	Seint bygg					5					5						5			15
	Tidlig bygg					8											8			16
	Tidlig havre			5							5						5			15
	Vårhvete		9									9					9			27
1996	Sein Havre				9						9				9	9				36
	Seint bygg	7						7							7	7				28
	Tidlig bygg	8						8							8	8				32
	Tidlig havre				5						5				5		5			20
	Vårhvete	6									6				6		6			24
1997	Sein Havre						9				9									18
	Seint bygg				8						8									16
	Tidlig bygg				7						7									14
	Tidlig havre						2				2									4
	Vårhvete		6								6							6		18
1998	Sein Havre	9									9	9		9		9				45
	Seint bygg	10									10	10		10		10				50
	Tidlig bygg		7								7	7		7		7				35
	Tidlig havre	3									3	3		3		3				15
	Vårhvete						6				6			6		6				24
1999	Sein Havre					11							11	11		11				44
	Seint bygg						12				12			12		12				48
	Tidlig bygg						9	9						9		9				36
	Tidlig havre				3															3
	Vårhvete	8									8			8		8				32
2000	Sein Havre	13									13			13					13	52
	Seint bygg		14						14				14	14					14	70
	Tidlig bygg		10						10				10	10					10	50
	Tidlig havre	5																		5
	Vårhvete	8												8		8				24
Totalt		77	46	13	29	27	38	24	24	13	134	29	35	155	15	125	13	6	37	840

Vedlegg 1

TABELL 2 Oversikt over antall 'observasjoner' (sortsgjennomsnitt av 2 eller 3 gjentak) i verdiforsøkene i eng fordelt over forsøkssted, art, år og jordtype

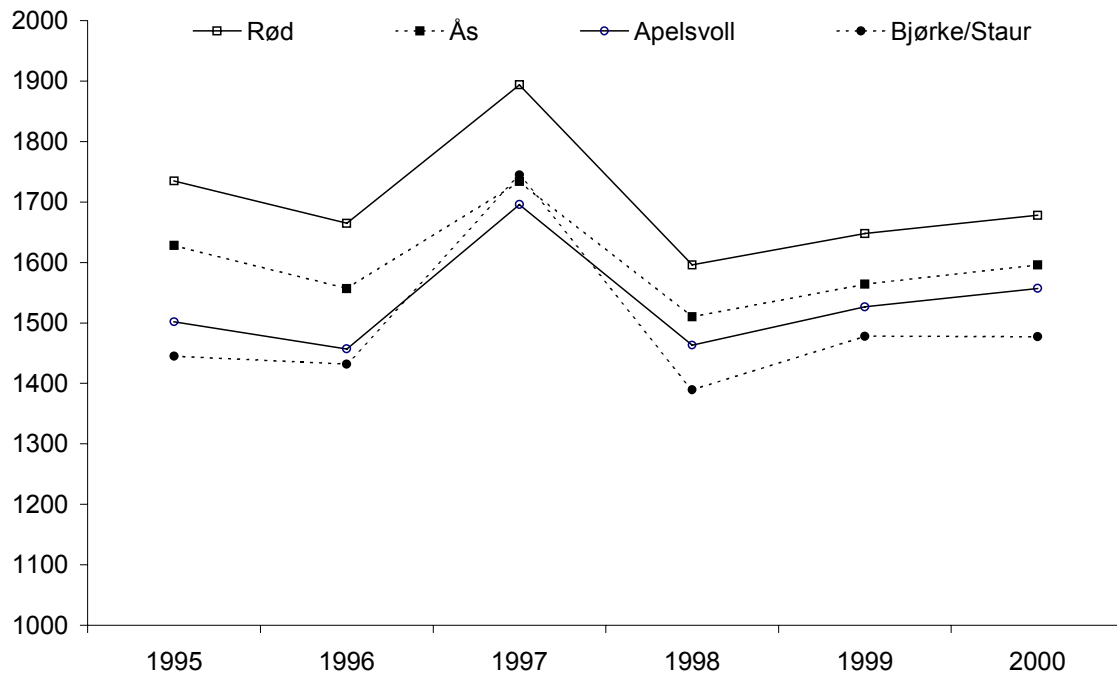
År	engvekst	Forsøkssted og jordtypekoder																				Totalt		
		Apelsvoll			Særheim		Kvithamar					Vågønes					Holt							
		Di7	Hv7	Kp7	Lg3	Se3	Da6	Da8	Ke3	Rk8	Vi5	ukjent	He3	SkT	SmT	St3	Va1	Vo2	Vo3	He3	Nb3	ukjent		
1990	timotei			1	9										10									20
	engsvingel			34	34					17		17					17	17		17				153
	rødkløver																							
1991	timotei		12		21				12						10					12		12		79
	engsvingel			34	34					17		17					17	27						146
	rødkløver		11		11		11										11							44
1992	timotei		27		36									15	10					12		12		112
	engsvingel			17	17							17				8	17							76
	rødkløver		11		11		11										11							44
1993	timotei		41		41									15						26	14	12		149
	engsvingel															8				8				16
	rødkløver		23		24		11			13							11			13				95
1994	timotei	13	29		29	13			13					28						14	14			153
	engsvingel															8				8				16
	rødkløver		13		13					13										13				52
1995	timotei	13	14		14	13			13					13						14				94
	engsvingel	12			12			12						12						8	12			68
	rødkløver	9	13		22					22									9	13				88
1996	timotei		9		9	13			13		9			13	9									75
	engsvingel	12			12			12													12			48
	rødkløver	9	11		20			11		9														60
1997	timotei		9		9						9				9									36
	engsvingel	12	17		12	17		12			17										12	17		116
	rødkløver		23		20	12		23			9													87
1998	timotei		9	18	27				18		9				9					18		18		126
	engsvingel		17	11	11	17		11			17									11		17	11	123
	rødkløver		23	15	26	12		23			15					15								129
1999	timotei	14		18	32				32							14				18		18		146
	engsvingel		17	11	11	17		11			17									11		17	11	123
	rødkløver		12	15	15	12		12			15													81
2000	timotei	14		18	32				32							14				18		18		146
	engsvingel	9		11		20		11				9	9							11			11	91
	rødkløver	12		15	27					12										12				78
	totalt	129	341	218	591	146	33	138	133	103	117	60	9	96	57	67	84	53	240	81	141	33	2870	

Vedlegg 1

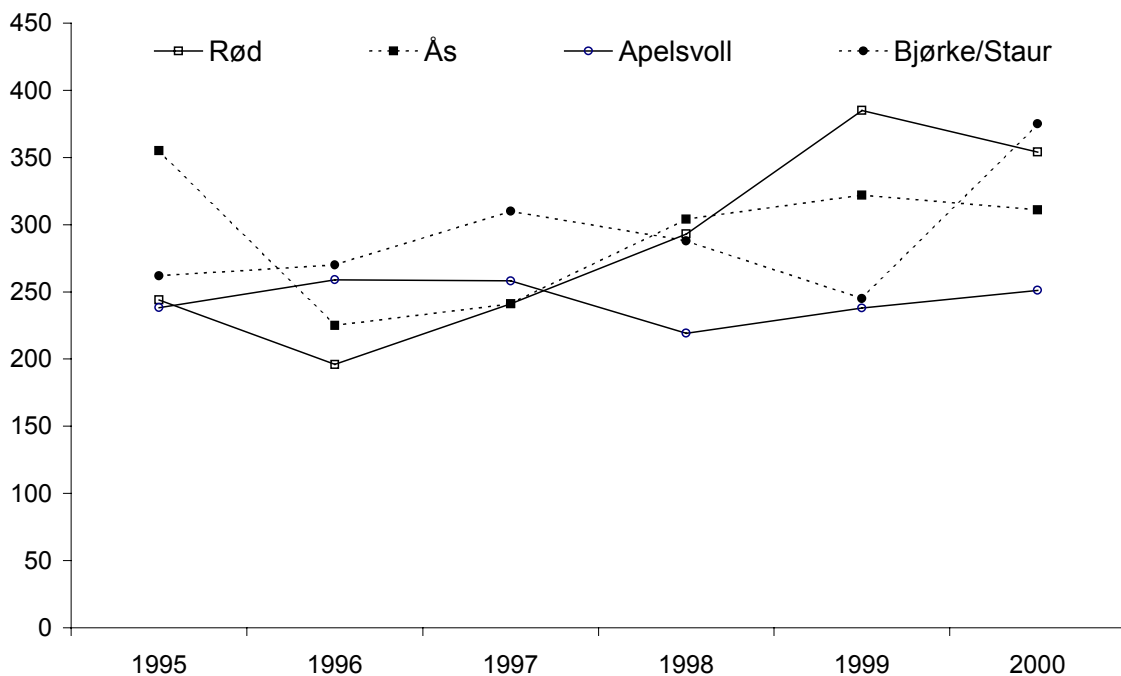
TABELL 3 Oversikt over antall 'observasjoner' (sortsgjennomsnitt av 2 eller 3 gjentak) i verdiforsøkene i potet fordelt over forsøkssted, år og jordtype

År	Apelsvoll					Særheim			Solør-Odal							Kvithamar		Holt			Total	
	Di7	Hv7	Ie7	Kp7	Lh7	Au3	Lg3	Se3	Ce5	Cm5	Cn5	Co5	Cw5	Ls5	Tm4	ukjent	Ke3	Vi5	AsT	He3		Mb3
1992				7					7									7				21
1993				7			4						7					8				26
1994					8		4								8			10			8	38
1995				11				10			11							1			10	43
1996		9					7										9	8			9	42
1997			12						12									12		9		57
1998				12					11						12			11			9	55
1999	13							9				10						10			8	50
2000				13				10			13							11			9	56
	13	9	12	50	8	7	40	20	7	25	11	10	7	8	12	9	62	16	9	35	18	388

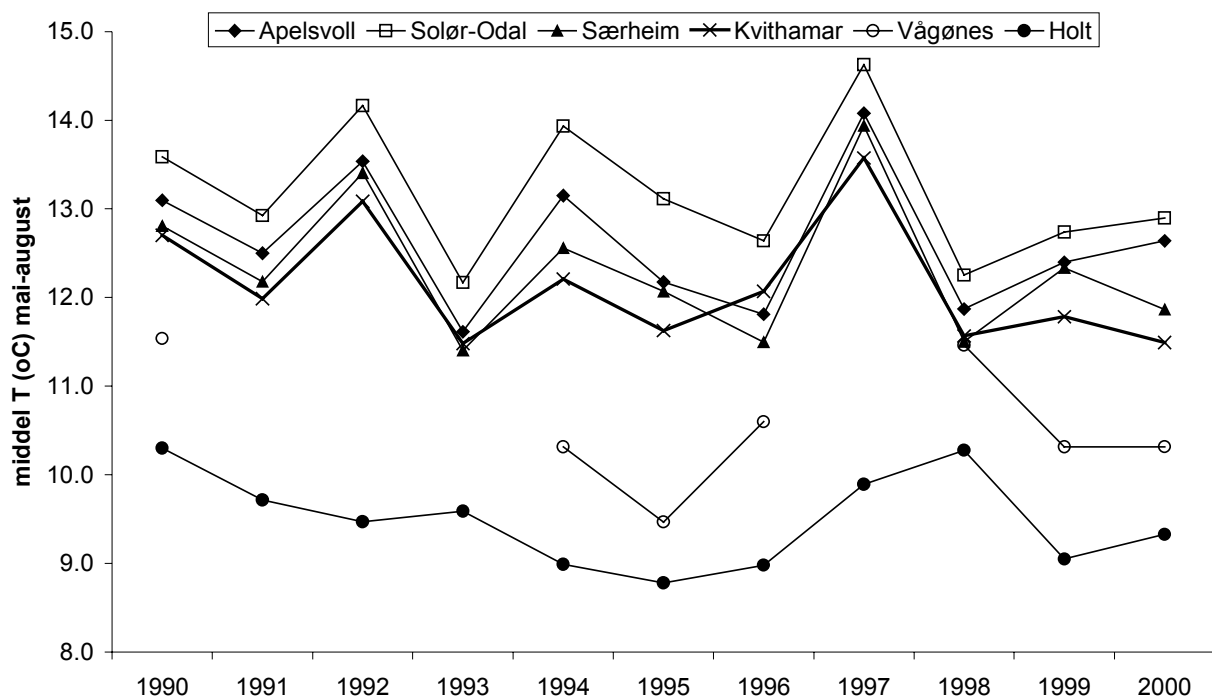
Vedlegg 2 Oversikt over temperatur- og nedbørsforhold i vekstsesongen ved forsøkslokalitetene



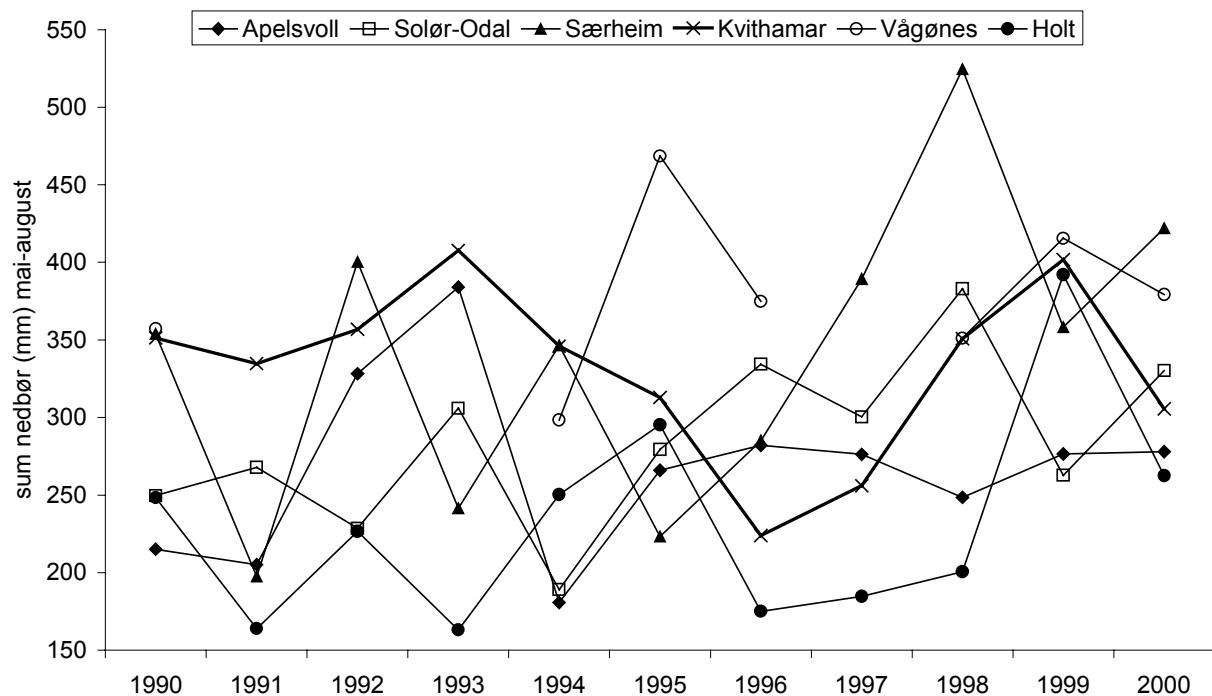
Figur 1 Varmesummer basert på dagtemperaturer (°C) over perioden mai til august for lokalitetene det ble benyttet korndata fra.



Figur 2 Nedbørsummer (i millimeter regn) over perioden mai til august for lokalitetene det ble benyttet korndata fra.



Figur 3 Middeltemperatur (°C) i perioden fra mai til august for seks planteforsøksstasjoner som inngår i gras- og potetforsøk.



Figur 4 Nedbørssum fra mai til august for seks planteforsøksstasjoner som inngår i gras- og potetforsøk.

Vedlegg 3 Utvalgte egenskaper til jordtyper på forsøkssteder, inkludert klassifikasjon i henhold til World Reference Base for Soil Resources (WRB), FAO, 1998.

TABELL 1. Jordtyper på Apelsvoll og Staur

Seriekode	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	Klassifikasjon etter WRB (1998)
Kp	Morene	Grusholdig lettleire	Godt til moderat	Endeutric Cambisol
Kd	Morene	Siltig mellomandsand	Ufullstendig	Eutri-Stagnic Cambisol
Lh	Morene	Grusholdig lettleire/siltig mellomandsand over fjell dypere enn 50 cm	Ufullstendig	Stagni-Endoleptic Cambisol
Hv	Morene	Grusholdig lettleire	Ufullstendig	Dystri-Hypostagnic Cambisol
Di	Morene	Lettleire	Dårlig	Gleyic Phaeozem
Ie	Morene	Grusholdig siltig mellomandsand	Dårlig	Mollic Gleysol
Kx	Forvitring	Grusholdig lettleire	Ufullstendig til moderat	Endoleptic Phaeozem

TABELL 2. Jordtyper på Bjørke

Seriekode	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifikasjon
Fg	Morene	Grusholdig lettleire	Ufullstendig	Stagnic Phaeozem
Al	Alunskifer-morene	Lettleire	Godt til moderat	Haplic Phaeozem
Rb	Alunskifer-morene	Lettleire	Ufullstendig	Stagnic Phaeozem
Ig	Innsjø	Siltig lettleire - siltig mellomleire	Dårlig til ufullstendig	Haplic Gleysol

TABELL 3. Jordtyper på Vollebekk

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifikasjon
He	Hav	Siltig mellomleire	Dårlig	Gleyic Luvisol
Rk	Hav	Siltig mellomleire	Dårlig til ufullstendig	Stagnic Albeluvisol
Wc	Hav	Siltig lettleire	Ufullstendig	Endostagni-Hortic Anthrosol
Tb	Hav	Stiv leire	Dårlig til svært dårlig	Mollic Gleysol
Si	Strand	Siltig mellomandsand	Godt til moderat	Anthric Umbrisol

TABELL 4. Jordtyper på Rød

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifisering
He	Hav	Siltig mellomleire	Dårlig	Gleyic Luvisol
Ir	Strand	Siltig mellomsand	Ufullstendig til moderat	Endostagnic Umbrisol

TABELL 5. Jordtyper i Solør-Odal

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifisering
Ce	Flom	Sandig silt/silt	Moderat til godt	Dystric Cambisol
Cn	Flom	Sandig silt	Moderat	Dystri-Endostagnic Cambisol
Cm	Flom	Sandig silt/silt som gradvis går over i siltig finsand	Ufullstendig til moderat	Stagnic Cambisol
Cw	Flom	Sandig silt/silt overgrovere materiale	Moderat	Endostagnic Cambisol (Ruptic)
Co	Flom over hav	Ca 50 cm silt/sandig silt over leire	Dårlig	Gleyic Cambisol (Ruptic)
Tm	Elv	Siltig finsand/finsand	Godt til moderat	Fluvisol Cambisol
Ls	Elv	Sandig silt over mellomsand på ca 60 cm	Godt til moderat	Fluvisol Cambisol
Gl	Elv	Sandig silt	Godt	Fluvisol Cambisol

TABELL 6. Jordtyper på Særheim

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifisering
Lg	Morene	Siltig mellomsand	Moderat	Anthric Podzol
Se	Morene	Siltig mellomsand	Ufullstendig	Molli-Stagnic Cambisol
Au	Morene	Siltig mellomsand	Dårlig	Mollic Gleysol

TABELL 7. Jordtyper på Kvithamar

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilet	Naturlig drenering	WRB-klassifisering
Rk	Hav	Siltig mellomleire	Dårlig til ufullstendig	Stagnic Albeluvisol
Da	Hav	Siltig mellomleire	Dårlig	Mollic Gleysol
Vi	Elv	Sandig silt over grusholdig mellomsand	Godt	Endoskeletal Regosol
Ke	Elv	Siltig mellomsand	Godt	Fluvisol Cambisol

TABELL 8. Jordtyper på Vågønes

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilen	Naturlig drenering	WRB-klassifikasjon
Va	Strand	Mellomsand	Godt	Anthric Podzol
Vo	Strand	Finsand-mellomsand	Moderat	Anthri-Endostagnic Podzol
St	Strand	Siltig finsand	Ufullstendig	Anthri-Gleyic Podzol
He	Strand over hav	Siltig mellomsand-mellomsand	Dårlig	Dystric Gleysol (Ruptic)
Sk	Organisk over strand	Formoldet torv (<40 cm) over finsand mellomsand	Svært dårlig	Histic Gleysol (Ruptic)
Sm	Organisk over strand	40-100 cm sterkt omdannet torv over mellomsand	Svært dårlig	Sapric Histosol (Ruptic)

TABELL 9. Jordtyper på Holt

Jordserie	Geologisk avsetning	Dominerende tekstur i jordprofilen	Naturlig drenering	WRB-klassifikasjon
Mb	Strand	Mellomsand	Godt til moderat	Arenic Regosol
Nb	Strand	Sandig silt- siltig finsand	Dårlig	Eutric Gleysol
Ru	Strand over hav	Siltig mellomsand over leire	Ufullstendig til moderat	Endostagnic Umbrisol (Ruptic)
He	Strand over hav	Siltig mellomsand-mellomsand	Dårlig	Dystric Gleysol (Ruptic)
As	Organisk over strand	Middels omdannet torv (<40cm) over sand med leire i dypere lag	Svært dårlig	Histic Gleysol (Ruptic)

Vedlegg 4 Kort beskrivelse av jordtyper på forsøksstasjonene.

Stasjon	Jordtype- Avsetningstype Kode	Drenering	Plantetilgj. vann (mm)	Rotsperre- dybde (cm)
Apelsvoll	Hv7	Næringsrik morene	mod-ufullst	75 100
Apelsvoll	Ie3	Næringsrik morene	dårlig	114 100
Apelsvoll	Ie7	Næringsrik morene	dårlig	117 100
Apelsvoll	Kp7	Næringsrik morene	godt-mod godt	88 50
Apelsvoll	Kx7	Forvittringsjord	mod-ufullst	88 100
Apelsvoll	Lh7	Næringsrik morene	mod-ufullst	46 70
Apelsvoll	Wm7	Næringsrik morene	godt-mod godt	96 100
Apelsvoll, Bjørke	Di7	Næringsrik morene	dårlig	90 70
Bjørke	Al7	Alunskifer morene	godt-mod godt	94 100
Bjørke	Fg7	Næringsrik morene	mod-ufullst	80 100
Bjørke	Ig6, Ig8	Leire (innsjøavsetning)	dårlig	109 100
Bjørke	Mh7	Alunskifer morene	dårlig	114 100
Bjørke	Rb7	Alunskifer morene	ufullstendig	110 100
Holt	AsT	Torvjord	sv dårlig	202 100
Holt	Mb3	Sand (strandavsetning)	godt-mod godt	43 20
Holt	Nb3	Leirholdig sand (strand)	dårlig	126 100
Holt	Ru3	Sand over leire(strandavsetning)	mod-ufullst	75 100
Kvithamar	Da6, Da8	Marin leire	dårlig	128 100
Kvithamar	Ke3	Sand over grovsand (elv)	godt-mod godt	90 50
Kvithamar	Rk8	Marin leire	dårlig	108 100
Kvithamar	Vi5	Siltig sand over sand og grus (elv)	godt-mod godt	86 25
Rød	He6	Marin leire	dårlig	104 100
Rød	Ir7	Lettleire over sand (strandavsetning)	mod-ufullst	109 100
Rød	Yg7	Leirholdig sand (strand)	dårlig	80 100
Solør-Odal	Ce5	Sandig silt (flomsilt)	godt-mod godt	166 100
Solør-Odal	Cm5	Sandig silt (flomsilt)	mod-ufullst	163 100
Solør-Odal	Cn5	Sandig silt (flomsilt)	godt-mod godt	152 100
Solør-Odal	Co5	Sandig silt (flomsilt)	dårlig	159 100
Solør-Odal	Cw5	Sandig silt over sand (flomsilt)	godt-mod godt	183 70
Solør-Odal	Gl5	Sandig silt (elveavs.)	godt-mod godt	153 100
Solør-Odal	Ls5	Sandig silt over sand (elv)	godt-mod godt	153 65
Solør-Odal	Tm4	Finsand (elv)	godt-mod godt	108 100
Staur	Kd3	Næringsrik morene	mod-ufullst	91 100
Særheim	Au3	Glimmerrik morene	dårlig	107 100
Særheim	Lg3	Glimmerrik morene	godt-mod godt	111 100
Særheim	Se3	Glimmerrik morene	mod-ufullst	118 100
Vollebekk	He8	Marin leire	dårlig	103 100
Vollebekk	Rk6, Rk8	Marin leire	dårlig	112 100
Vollebekk	Si3	Sand over leire(strandavsetning)	godt-mod godt	76 100
Vollebekk	Tb9	Marin stiv leire	sv dårlig	109 100
Vollebekk	Wc7	Marin lettleire	mod-ufullst	126 100
Vågønes	SkT	Torvjord over sand	sv dårlig	153 40
Vågønes	SmT	Torvjord over sand	sv dårlig	130 25
Vågønes	St3	Moldrik sand (hav)	mod-ufullst	135 100
Vågønes	Va1	Sand (strandavsetning)	godt-mod godt	44 22
Vågønes	Vo2	Sand (strandavsetning)	godt-mod godt	74 37
Vågønes	Vo3	Sand (strandavsetning)	godt-mod godt	72 37
Vågønes, Holt	He3	Moldrik sand over leire (hav)	dårlig	60 22