

250 ehv. mvt. 90



**NILF**

Norsk institutt for  
landbruksøkonomisk forskning

Rapport  
C-005-90

# KONSEKVENSER FOR JORDBRUKSPRODUKSJONEN AV ØKTE KLIMAGASS- UTSLIPP

Bidrag til den interdepartementale klimautredningen



**Tidligere meldinger i denne serien:**

**C-001-88 EDB i landbruket. Rapport fra seminar 1986**

**C-002-89 EDB-situasjonen i landbrukets  
ytre etater sommeren 1988**

**C-003-89 Gjeldssituasjonen i landbruket**

**C-004-90 Gjeldssituasjonen i landbruket 1990**

NORSK INSTITUTT FOR LANDBRUKSØKONOMISK FORSKNING

Rapport  
C-005-90

---

**KONSEKVENSER FOR JORDBRUKSPRODUKSJONEN  
AV ØKTE KLIMAGASSUTSLIPP**

Bidrag til den interdepartementale  
klimautredningen

---

Oslo 1990



ISBN 82-7077-077-9  
ISSN 0802-2577

## FORORD

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag av Den interdepartementale klimagruppen. Sammen med en rekke andre nasjonale og internasjonale utredninger vil rapporten være en del av det faglige grunnlaget for klimagruppens videre arbeid. Den endelige rapporten fra Den interdepartementale klimagruppen vil foreligge våren 1991, og denne utredningen vil da bli et vedlegg til hovedutredningen.

I brev av 14.02.90 fra Landbruksdepartementet fikk Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning i oppdrag å være ansvarlig for koordinering og gjennomføring av et utredningsprosjekt om konsekvensene av eventuelle klimaendringer på landbruksproduksjonen i Norge. Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Institutt for plantekultur og Institutt for hagebruk ved Norges landbrukshøgskole, Jordforsk, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging og Statens plantevern. En referansegruppe bestående av Arne O. Skjelvåg (leder), Arne Grønlund, Anton Haglerød, Finn Måge, Bengt Rognerud og Kåre Årsvoll har deltatt i planlegging og gjennomføring.

Miljøverndepartementet har finansiert utredningsarbeidet og trykkingen av rapporten.

De enkelte deler av rapporten er skrevet av:

- Kapittel 1: Innledning. Eirik Romstad.
- Kapittel 2: Venta endringer i klima og vekstvilkår. Arne O. Skjelvåg.
- Kapittel 3: Fordelingen av jordbruksarealer i ulike klimasoner. Arne Grønlund.
- Kapittel 4: Avlingsnivå og val av vekstar. Finn Måge og Arne O. Skjelvåg.
- Kapittel 5: Plantevernmiddelbruk. Kåre Årsvoll.
- Kapittel 6: Erosjon og tap av næringsstoffer. Bengt Rognerud.
- Kapittel 7: Planteproduksjon i utlandet. Arne O. Skjelvåg.
- Kapittel 8: Tilpassing av jordbruksproduksjonen til de endra klimavilkåra - økonomiske utrekninger. Jon Løyland og Eirik Romstad.
- Kapittel 9: Sammendrag og vurderinger, samt Abstract. Anton Haglerød, som også har redigert rapporten.
- Vedlegg 2: Lineære programmeringsmodeller. Eirik Romstad.
- Vedlegg 3: Nye vekster. Eirik Romstad.

De enkelte kapitler er i rapporten trykket i den målform som forfatterne har nyttet.

Siri Fauske har hatt ansvaret for tekstbehandling og layout. Referansegruppen og de øvrige medarbeiderne i utredningen takkes herved for konstruktivt samarbeid under utredningsarbeidet. Klimasekretariatet i Miljøverndepartementet og Landbruksdepartementet takkes for oppdrag og tilrettelegging.

Oslo, oktober 1990

Kjell Aksnes

## UTDRAG

Haglerød, A., red. 1990. Konsekvenser for jordbruksproduksjonen av økte klimagassutslipp. NILF Rapport C-005-90

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning har i 1990 i samarbeid med Institutt for plantekultur, Institutt for hagebruk, Jordforsk, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging og Statens plantevern utredet konsekvensene for jordbruksproduksjonen av økte klimagassutslipp. Prognosene for klimaendringen som vil følge av økningen i klimagassutslipp fram til år 2030, utarbeidet for Den interdepartementale klimagruppen, er lagt til grunn for utredningsarbeidet. Utredningen dekker virkningene på planteproduksjonen,- på fordelingen av jordbruksareal på klimasoner,- på jordtap og tap av plantenæringsstoffer,- på bruk av plantevernmidler og mulige økonomiske konsekvenser av klimaendringen, herunder konsekvensene for behovet for jordbruksareal, arbeidskraft og øvrige innsatsfaktorer,- for konkurransevne og i noen grad for geografisk fordeling. De økonomiske beregningene er utført ved hjelp av en lineær programmeringsmodell, Selvforsyningsmodellen, som er tilpasset formålet.

Utredningen viser at en forholdsvis sikkert kan regne med en betydelig avlingsøkning som følge av økningen av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i luft. I tillegg kommer virkningen av temperaturøkningen og lengre vekstsesong. Denne vil variere med vekst og geografisk plassering og være størst i områder med mindre gunstige temperaturforhold. Disse to faktorer kan føre til en avlingsøkning i størrelsesorden 15-100 prosent avhengig av vekst. Størst økning kan ventes for de mest kravfulle eple- og pæresorter.

Jorderosjonen og tap av næringsstoffer vil isolert sett øke, spesielt utenfor vekstsesongen. Avlingsøkningen vil redusere behovet for jordbruksareal, og særlig et redusert åpenåkerareal vil trekke i motsatt retning. Utviklingen i produksjonsvolumet vil bli avgjørende for nettovirkningen på jordtap og tap av fosfor. I tillegg vil mottiltak som er i ferd med å bli tatt i bruk, virke inn. Nitrogenomsetningen i jorda vil øke betydelig grunnet temperaturøkningen og sannsynligvis føre til en sterk økning i nitrogenavrenning.

Behovet for bruk av plantevernmidler vil isolert sett øke sterkt. Dette gjelder midler til bekjemping av ugras, sopp og skadedyr. Uten økt bruk av plantevernmidler vil avlingsøkningen ikke kunne tas ut. Ulike tiltak er blitt satt i verk for å redusere bruken av plantevernmidler. Disse vil motvirke økningen i behovet som følger av klimaendringen.

De økonomiske modellberegningene viser at ved uendret produksjonsvolum i jordbruket vil behovet for jordbruksareal gå betydelig ned som følge av avlingsøkningen. Dette gir muligheter for å nytte arealer med stor avkastning og liten erosjonsfare. Nedgangen i arealbehov og bruk av areal vil medføre en ikke ubetydelig nedgang i arbeidskraftbehovet. De totale kostnadene i jordbruket vil også gå klart ned, selv om kostnadene til plantevernmidler og handelsgjødsel pr. dekar vil øke. Nedgangen i kostnader vil øke jordbrukets konkurransevne. Økningen vil isolert sett likevel ikke være tilstrekkelig til at norsk jordbruk vil kunne konkurrere med verdensmarkedets priser. Økning av den



invertdøstete produksjon til full dekning av behovet for korn og en betydelig økning for frukt og bær, vil imidlertid kunne finne sted uten stor økning i de samfunnsøkonomiske kostnader.

Emneord: Klimaendringer - Konsekvenser - Planteproduksjon - Erosjon - Plantevernmidler - Økonomi.

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Schweigaardsgt. 33 b, 0030 Oslo 1.

## ABSTRACT

Haglerød, A., ed. 1990. Consequences of Increased Emissions of Climate Gases for Agricultural Production.

The Norwegian Agricultural Economics Research Institute has in cooperation with the Department of Crop Science, Department of Horticulture, Centre for Soil and Environmental Research, the Norwegian Institute of Land Inventory and the Norwegian Plant Protection Institute have investigated the consequences of increased emissions of climate gases for agricultural production in Norway. The interdepartmental climate group's forecasts for the climate changes due to increased emissions of climate gases serve as basis for the study. The effects on plant production, the distribution of cropped area on agroclimatic zones, losses of soil and of plant nutrients, and the use of pesticides are investigated. Possible economic consequences of these changes are also analyzed. These potential consequences comprises the factor demand for arable land and labour, effects on costs, international competitiveness and to some extent the geographical distribution of the agricultural production. These calculations are done by a linear programming model -- the Self Sufficiency Model -- which has been modified for the present analysis.

According to the study, significant increases in yields due to increased levels of atmospheric CO<sub>2</sub> is very likely. Additional yield increase comes from increased temperature and prolonged growing season. This combined amounts to 15 to 100 percent yield increase depending upon crop. The largest increases are expected in fruits. Geographical location is an other factor causing variation. Areas where temperature is the most limiting factor of plant growth will experience the largest relative increases in yield levels.

There will be a partial increase in soil erosion and loss of nutrients, particularly beyond the growing season. Higher yields will reduce factor demand for arable land in general and also of field crops; and thus, soil and nutrient losses may be counteracted. The net effects on soil and phosphorus losses will depend on the extent and type of agricultural production and recently introduced measures to reduce these losses. Soil nitrogen turnover will increase and probably lead to increased nitrogen runoff.

The factor demand for pesticides -- comprising herbicides, fungicides and insecticides -- will increase strongly. Higher yields are not obtainable without increased use of pesticides. Various measures have been and will be introduced to reduce the use of pesticides. These measures will counteract the increased factor demand due to the climate changes.

The economic model calculations show that under unchanged production levels in Norwegian agriculture, the factor demand for farm land will decrease strongly due to the climate changes. This makes it possible to utilize areas with high yields and low pollution risks. A decrease in utilized farm land will also decrease the need for labour.

Thus the total production costs in Norwegian agriculture will fall, despite increased costs for pesticides and fertilizers per hectare. The lower production costs will increase the competitiveness of Norwegian agriculture, but not sufficiently to be able to compete under the current world market food prices. Full coverage of the domestic demand for grains and increased coverage for fruits and berries is possible without any large increases in societal costs.

Key words: Climate changes, consequences, plant production, erosion, pesticides, economics.

Norwegian Agricultural Economics Research Institute,  
Schweigaardsgt. 33 B, N-0030 Oslo 1, NORWAY

## INNHOLD

Side

## FORORD

## UTDRAG

## ABSTRACT

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b>	13
<b>2</b>	<b>VENTA ENDRINGAR I KLIMA OG VEKSTVILKÅR</b>	16
2.1	<u>Klimaprognose for år 2030</u>	16
2.2	<u>Vilkåra for planteproduksjon - klimasoneinndeling etter temperatur</u>	18
<b>3</b>	<b>FORDELINGEN AV JORDBRUKSAREALER I ULIKE KLIMASONER</b>	21
3.1	<u>Dyrka jord</u>	22
3.2	<u>Dyrkbar jord</u>	25
<b>4</b>	<b>AVLINGSNIVÅ OG VAL AV VEKSTAR</b>	26
4.1	<u>Endringar i ytre faktorar for planteproduksjonen</u>	26
4.2	<u>Jordbruksvekstar</u>	27
4.2.1	Talfesting av avlingsnivå i ymse klimasoner	27
4.2.2	Merknader til einsskilde grupper av jordbruksvekstar	30
4.3	<u>Hagebruksvekstar</u>	32
4.3.1	Talfesting av avlingsnivå i ymse klimasoner	32
4.3.2	Merknader til dei einsskilde hagebruksvekstar	34
4.3.3	Eigenskapar som blir påverka av klimaendringa	35
4.3.4	Klimagrenser for fruktdyrking	36
4.3.5	Nye sortar og nye planteslag	36
4.3.6	Vilkår for økologisk dyrking	37
4.3.7	Konklusjon	37



	Side
<b>5 PLANTEVERNIMIDDELBRUK</b> .....	38
5.1 <u>Generell vurdering av verknader på skadegjerarutviklinga</u> .....	38
5.2 <u>Ugras</u> .....	38
5.2.1 Verknader på ugrasutviklinga .....	38
5.2.2 Konsekvensar for bruken av ugrasmiddel .....	38
5.3 <u>Plantesjukdomar</u> .....	39
5.3.1 Verknader på utviklinga av plantesjukdomar .....	39
5.3.2 Konsekvensar for bruken av soppmiddel .....	39
5.4 <u>Skadedyr</u> .....	41
5.4.1 Verknader på skadedyrutviklinga .....	41
5.4.2 Konsekvensar for bruken av skadedyrmiddel .....	41
5.5 <u>Konsekvensar for bruken av vekstregulerande middel</u> .....	43
5.6 <u>Konsekvensar ved fastfrysing av plantevernmiddelbruken til dagens nivå</u> .....	43
5.7 <u>Handlingsplan for redusert bruk av kjemiske plantevernmiddel</u> .....	43
<b>6 EROSJON OG TAP AV NÆRINGSSTOFFER</b> .....	44
6.1 <u>Innledning</u> .....	44
6.2 <u>Virkning på erosjon</u> .....	44
6.2.1 Nedbør .....	44
6.2.2 Temperatur .....	45
6.2.3 Modellsimulering .....	46
6.3 <u>Tiltak som kan motvirke erosjon</u> .....	46
6.4 <u>Sammenfattende om virkningen på erosjon</u> .....	50
6.5 <u>Virkning på tap av næringsstoffer</u> .....	50
6.5.1 Generelt .....	50
6.5.2 Nedbryting av organisk materiale i jord .....	51
6.5.3 Tap av nitrogen grunnet økt gjødselbehov .....	52
6.5.4 Tap av fosfor .....	53
6.6 <u>Tiltak som kan motvirke tap av næringsstoffer</u> .....	53
6.7 <u>Sammenfattende om virkningen på tap av næringsstoffer</u> .....	55
6.8 <u>Sammenfattende vurdering</u> .....	55

	Side
<b>7 PLANTEPRODUKSJON I UTLANDET</b> .....	57
7.1 <u>Europa</u> .....	57
7.2 <u>Andre verdensdelar</u> .....	58
7.3 <u>Konklusjon</u> .....	59
<b>8 TILPASSING AV JORDBRUKSPRODUKSJONEN TIL DE ENDRA KLIMAVILKÅRA - ØKONOMISKE UTREKNINGER</b> .....	60
8.1 <u>Innledning</u> .....	60
8.2 <u>Kort om sjøforsyningsmodellen</u> .....	61
8.3 <u>Nye vekster som følge av endra klima</u> .....	63
8.4 <u>Resultata av utrekningene</u> .....	63
8.4.1 Grunnlaget for utrekningene .....	63
8.4.2 Tilpassing ved uendra produksjon i omfang og slag for hvert fylke .....	66
8.4.2.1 Produksjonsareal .....	66
8.4.2.2 Sysselsetting .....	68
8.4.2.3 Totale produksjonskostnader .....	69
8.4.3 Uendra produksjonsomfang for heile landet -- frigjøring av regionale bindinger .....	70
8.4.3.1 Produksjonsareal .....	70
8.4.3.2 Husdyrproduksjon .....	72
8.4.3.3 Sysselsetting .....	73
8.4.3.4 Totale produksjonskostnader .....	74
8.4.4 Større dekning av etterspørselen på det innenlandske markedet for viktige produkt det er mulig å produsere i Norge .....	74
8.4.5 Effekter av høyere mjølkeytelse pr. ku .....	78
8.4.6 Mulighetene for eksport av norske landbruksprodukter .....	78
8.4.7 Etterspørselseffekter av endringer i relative produksjonskostnader .....	79
8.5 <u>Drøfting og sammendrag</u> .....	80

	Side
<b>9 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	82
9.1 <u>Planteproduksjon</u> .....	82
9.2 <u>Jordbruksarealet</u> .....	84
9.3 <u>Bruk av plantevernmidler</u> .....	84
9.4 <u>Virkning av klimaendringen på erosjon og tap av næringsstoffer</u> ...	86
9.5 <u>Planteproduksjonen i utlandet</u> .....	87
9.6 <u>Økonomiske beregninger</u> .....	88
 <b>10 REFERANSER</b> .....	 89
 <b>VEDLEGG 1</b>	
<u>Vedleggstabeller</u> .....	92
 <b>VEDLEGG 2</b>	
<u>Lineære programmeringsmodeller</u> .....	106
 <b>VEDLEGG 3</b>	
<u>Nye vekster</u> .....	108

## 1 INNLEDNING

Landbruksdepartementet har tatt på seg å utføre tre utgreiingsprosjekt for Den interdepartementale klimagruppa med omsyn til auka CO<sub>2</sub>-utslipp og -opphoping i atmosfæren:

1. Konsekvenser av eventuelle klimaendringer på landbruksproduksjonen.
2. Skog og skogproduksjon som virkemiddel mot CO<sub>2</sub>-opphoping i atmosfæren.
3. Nitrogenomsetting i landbruket.

Denne rapporten omfatter det første prosjektet, og er som nevnt i forordet et samarbeidsprosjekt mellom flere forskningsinstitusjoner.

### Klimaendringar

Utgangspunktet for arbeidet er utrekninger som indikerer ei "mest sannsynlig" klimaendring som vil gi både høgere temperatur ved kysten og i innlandet sommer og vinter. Om sommeren er den forventa temperaturauken 1,5 grader ved kysten og 2,0 grader i innlandet. Dette innebærer at vekstsesongen blir lengre, noe som kan gjøre det mulig å velge andre sorter og vekster enn de som dyrkes i dag. Samtidig vil nedbøren auke noe.

I tillegg til det "mest sannsynlige" scenariet, er det rekna med et "større endring" alternativ, der temperaturen auker ytterligere, og auken i nedbøren om hausten og vinteren er antatt å bli ennå større.

### Målsettingene for prosjektet

Hovedoppgaven i prosjektet er å rekne ut hva slags konsekvenser disse klimaendringene får for landbruksproduksjonen i Norge. I følge klimagruppa skal prosjektet, "Konsekvenser av eventuelle klimaendringer på landbruksproduksjonen i Norge":

"Gi en samlet oversikt over kunnskapsstatus på området. Prosjektet vil sammenstille og sannsynliggjøre konsekvensene for planteproduksjonen under de to utarbeidede klimascenarier. Siktemålet er å "koble" klimadata med nivåer for planteproduksjon i landbruket. Prosjektet skal også analysere klimaendringens betydning for landbruksproduksjonen på nasjonalt nivå. Dette gjelder regional fordeling av produksjoner, bruk av innsatsfaktorer, arealdisponering m.m. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) vil bruke en lineær programmeringsmodell for landbrukssektoren for å analysere konsekvensene for landbruksproduksjonen av klimaendringer."



I oppdragsbrevet til NILF har Landbruksdepartementet føyd til at det også skulle pekes på eventuelle andre problemstillinger som krever nærmere oppmerksomhet. Forurensning -- særlig av vatn -- og produksjon av rein mat blir i dag tillagt betydelig vekt, og det er rimelig å rekne med ytterligere vektlegging i framtida. Konsekvensene for bruken av plantevernmidler og for erosjon og tap av næringsstoffer er derfor også drøfta i prosjektet.

Siden skog og skogproduksjon er omhandla i et anna prosjekt og utrekningsmodellen som blir nytta for analysene ikke omfatter skog, er det bare konsekvensene for den delen av landbruket som omfatter jord- og hagebruk som er analysert i denne rapporten.

Klimaendringene vil biologisk sett slå mest ut i planteproduksjon. Hovedvekta av utredningsarbeidet er derfor lagt på planteproduksjonen. Endringene i planteproduksjonen kan føre til endringer i fôrproduksjonen. I tillegg kan temperaturøkningen føre til reduksjon i kostnadene til husdyrbygg. Disse forhold kan innebære at enkelte husdyrproduksjonsgreiner bedrer sin konkurranseevne økonomisk på bekostning av andre. Dette er omhandla i de økonomiske utrekningene.

#### Hva rapporten omfatter

Denne rapporten omfatter en oversikt over de forventede endringene i klima og vekst-vilkår. Disse endringene har konsekvenser for:

- (i) fordelinga av jordbruksarealet for de ulike klimasonene i Norge
- (ii) avlingsnivået og valget av mulige vekster i Norge
- (iii) bruken av plantevernmidler
- (iv) forurensning

Punkta (i) til (iii) danner det biologiske grunnlaget for landbruksproduksjonen i Norge, mens punkt (iv) avgrensar produksjonen.

Effekten av klimaendringene på planteproduksjonen ellers i verden vil påvirke matvare-prisene på verdensmarkedet. Derfor vil de globale klimaendringene være en indirekte faktor som bestemmer hvilke landbruksvarer det kan lønne seg å produsere innenlands og hvilke landbruksvarer det fortsatt kan lønne seg å importere. Effekten av klimaendringene for planteproduksjonen i Europa og verden ellers er søkt analysert for å klarlegge dette.

I de økonomiske utrekningene er det tatt sikte på å vise den regionale fordelinga av produksjonsformene under de to klimascenariene under følgende tre produksjonsmål for det norske landbruket:

1. Uendra produksjonsmål.
2. Full dekning av det innenlandske markedet med produkt det norske landbruket kan produsere og der det norske landbruket kan konkurrere.
3. Målsetting 2, der det i tillegg tillates produksjon for eksport for de vareslaga der norsk landbruk kan konkurrere.

Under alle de tre produksjonsmåla er det forutsatt at lønnsomheten for landbruket skal være lik lønnsomheten i alternative sektorer.

Effekten på landbruksforurensningen fra det norske landbruket og Norges evne til fortsatt å produsere rein mat under de ulike scenariene er bare drøfta verbalt. Årsaka til at dette ikke er søkt tallfesta i modellberekningene er usikkert grunnlag for kvantifisering av klimaeffektene; vidare at valget av vekster og den regionale fordelinga av de ulike produksjonene, og dermed effekten på forurensningen fra - og bruken av sprøytemiddel i det norske landbruket vil avhenge av prisene på verdensmarkedet.

## 2 VENTA ENDRINGAR I KLIMA OG VEKSTVILKÅR

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) har ved hjelp av modellar utarbeidd prognosar for klimaendringar i heile verda slik dei kan verta som følgje av klimagassutsleppa. Den interdepartementale klimagruppa har på grunnlag av resultatata frå desse modellane (t.d. Washington & Meehl, 1989) fått gjort prognosar for endringar i temperatur, nedbør og jordråme i Noreg (Eliassen og Grammelvedt, 1990). Prognosane for Noreg er omtala nærmare nedanfor, og dei er lagde til grunn for det vidare arbeidet.

Klimaendringane vil føra til heller store endringar i vilkåra for jordbruksproduksjonen, særleg gjennom temperaturendringane og planteproduksjonen. Det er tidlegare utarbeidd ei vekstsonelinndeling av landet etter temperatur. For å få eit grunnlag for å rekna ut verknadene av klimaendringar har ein utvida soneinndelinga og kopla temperaturprognosane til den utvida vekstsonelinndelinga. Denne inndelinga er seinare nytta til utrekning av avlings- og arealtal for einskilde vekstar og fylke.

Jordråmen er i delar av landet også no avgrensande for planteproduksjonen tidleg i veksetida. Han er elles ein samansett funksjon av nedbør, temperatur, vind og innstråling. Ved hjelp av enkle vassushaldsmodellar har ein vurdert prognosane for jordråmen nærmare.

### 2.1 Klimaprognose for år 2030

Ein auke i klimagassane som svarer til ei dobling av karbondioksidinnhaldet, er jamført med i dag rekna å gi dei endringane som er oppførte nedanfor. Det er skilt mellom ei mest sannsynleg endring og ei stor endring, som ein ikkje kan sjå bort frå. Vurderinga av følgjene for planteproduksjonen i landbruket byggjer på desse talfestingane.

Tabell 2.1 Prognosar for klimaendring fram til år 2030 som følgje av klimagassutsleppa (Eliassen og Grammelvedt, 1990)

	Mest sannsynleg endring:		Stor endring:	
	Kyst	Innland	Kyst	Innland
Temperaturauke, °C				
- Vinter	3,0	3,5	3,5	5,0
- Sommar	1,5	2,0	2,5	3,0
Nedbørauke, %				
- Vår	15	10	15	15
- Sommar	10	10	15	15
- Haust	5	5	20	20
- Vinter	5	5	15	15
Auka jordråme, mm				
- Vår	10	10	15	15
- Sommar	-5	0	0	0
- Haust	15	10	15	15
- Vinter	20	20	30	30

Prognosane er utan tvil usikre. Difor er skiljet mellom kyst og innland i utrekningane i denne rapporten gjort så enkelt at fylka frå og med Vest-Agder og nordetter langs kysten til og med Finnmark er rekna som kystområde. Resten av landet er rekna som innland heilt ut til sjøen.

Tala for endring i jordråmen, oftast auke, må truleg gjelda markvatn i rotsona. I Noreg kan jordråmen helst ikkje auka om vinteren, for oftast er jorda da metta med vatn. Haust og vår kan ein ikkje på same måten seia noko visst om. Tala for sommaren eller veksetida er freista verifiserte ved å nytta vêrobservasjonar i kortare eller lengre tidsrekker mellom 1957 og 1989 frå vêrstasjonar i Tromsø, Øyum i Orkdal, Sola, Landvik ved Grimstad, Rygge, Kise i Hedmark og Sæter i Kvikne. Utfallet rettar seg etter dei valde føresetnadene, og tre sett vilkår vart valde.

I første settet vart berre døgnmiddeltemperatur og nedbørmengd endra. Potensiell fordamping auka da litt på grunn av auka mettingsdefisit. Potensielt nedbørunderskott i mai, juni og stundom juli minka likevel med inntil 4 og 6 mm pr. måned. Nedbør-overskott i august, september og stundom juli auka oftast med 4-8 mm eller 7-14 mm pr. måned for stor endring. Dette tyder at fordampinga hadde auka jamt over litt mindre enn nedbøren.

Dersom ein rekna at berre den nedbøren som skal til for å fylla jorda til feltpasitet, kjem plantane til nytte, vart utfallet av modellrekninga jamt over dårlegare vassstilgang åt plantar i mai, juni og juli. Endringa vart ikkje stor, og truleg vil nedgangen i vass-



kapasitet i jorda som følgje av mindre organisk materiale etter klimaendring verka sterkare på vasshushaldet.

I det tredje alternativet tok ein omsyn til at ein større del av nedbøren er venta å komma som byger (NILU, 1990). Nedbørauken i kvar måned vart lagd inn i dei tørraste periodane. Uttørkinga av jorda i mai og juni kom likevel frå ei til tre veker tidlegare, alt etter stad og om klimaendringa vart rekna som den mest sannsynlege eller stor. Oppfuktinga om ettersommaren og hausten vart anten uendra eller kom litt tidlegare.

Ingen av dei valde alternativa er heilt realistiske, men helst ekstreme på kvart sitt vis. Ein realistisk modell måtte kunna talfesta moglege endringar i skydekket, strålingsbalanse, vind og lufråme forutan nedsett vasskapasitet åt jorda og kanskje betre rotutvikling. Reknedøma tyder likevel på at det helst er grunn til å venta dårlegare vass-tilgang om forsomnaren og jamt meir metta jord om hausten. Det har ikkje vore råd å talfesta dette nærmare.

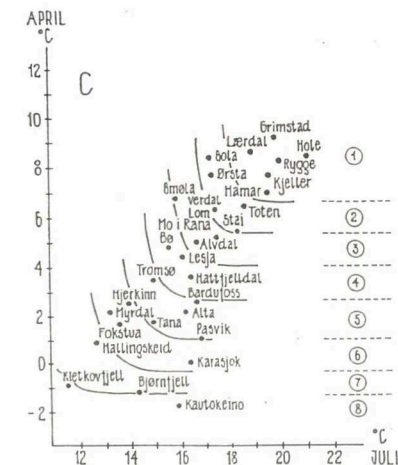
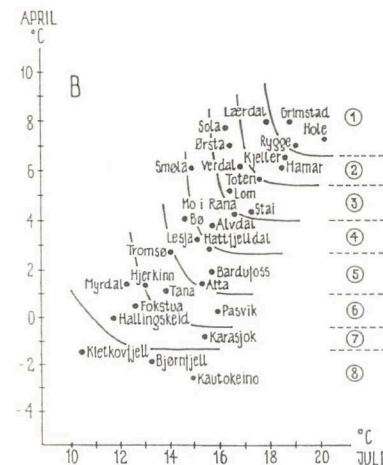
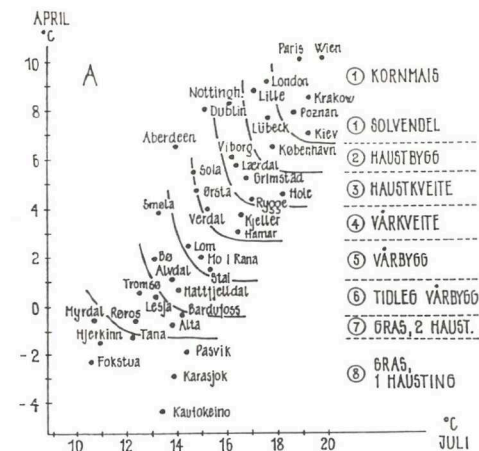
Klimagruppa har ikkje fått talfest moglege endringar i vindstyrke og skydekke. Begge desse variablane har følgjer for planteproduksjon, og dei vart kommenterte i einskilde høve nedanfor.

## 2.2 Vilkåra for planteproduksjon - klimasonerinddeling etter temperatur

På grunnlag av tidlegare arbeid, som ikkje er publisert, er landet delt i seks klimasoner med omsyn på plantedyrking. Inndelinga byggjer på månadsmiddeltemperaturar for april og juli i 1931-60, og ho kan lettast knytast til temperaturvilkåra for dyrking av korn og gras (fig. 2.1A).

Flyttinga av nokre utvalde stader i Noreg til nye soner etter ei klimaendring er vist i figur 2.1B og 2.1C. Da er det rekna med ei endring i julitemperaturen som oppgitt for sommaren i tabellen ovanfor. Apriltemperaturen er justert med midlet for sommar og vinter, t.d. 2,25°C for kyststrøk ved den mest sannsynlege endringa.

Vurderinga av vilkåra for plantedyrking etter ei klimaendring er gjord ved å jamføra med dei stadene i Nord-Europa som no har eit temperaturklima om lag som det ein kan venta seg ymse stader i Noreg. Frå den noverande situasjonen og til den mest sannsynlege endringa inneber dette oftast eit skifte på snaut to soner. Ei stor endring vil innebera ei flytting på om lag tre soner. Difor vart heile variasjonsområdet utvida til åtte soner der sone 1 og 2 i figur 2.1A er representerte ved stader i Danmark, Polen og vestover til Normandie og Storbritannia. Sone 1 vart enda litt rømsleg, men enda etter ei stor klimaendring vert det så små areal som kjem i beste delen av denne sona, at ein ikkje fann det føremålstenleg å utvida med i alt tre soner.



Figur 2.1. Månadsmiddeltemperatur i april og juli etter normalen 1931-60 på valde stader i Noreg og i utlandet

- A: normalen for 1931-60.
- B: etter den 'mest sannsynlege' klimaendringa
- C: etter ei 'stor' klimaendring

Sonenummer og karakteristisk grensesonevekst

I figur 2.1A er det også ført opp ymse vekstar som kan dyrkast til og med den sona dei er skrivne inn ved. Alle desse vekstane kan sjølvsagt dyrkast i betre soner enn den grensesona dei står i. Sone 7 og 8 høver berre for førvekstar. I sone 8 kan ein vanlegvis rekna med berre ein slått pr. år på fleirårig eng.

Figur 2.1 viser at temperaturauken etter det mest sannsynlege alternativet kan gi områda langs Sørlandskysten, Oslofjorden og på Ringerike liknande temperaturtilhøve om våren og sommaren som rundt Poznan og Kiev i dag, der den etter måten varmekjære solvendelen vert dyrka. Vidare ser ein at haustbygg, som i dag ikkje vert dyrka i Noreg, vil kunne brukast i dei beste korndistrikta i Sør-Noreg, haustkveite kan verta årsikker langt opp i dalane og i Trøndelag og tidleg vårbygg heilt opp til dei beste områda i Finnmark. Sukkerbete kan verta meir aktuell.

Etter ei meir ekstrem klimaendring kan temperaturauken verta såvidt stor at korn kan dyrkast over heile landet, at gras kan haustast to gonger også i Finnmark og at varmekjære vekstar som kornmais kan dyrkast i dei beste områda på Austlandet. Også sukkerbete vil kunna gi større utbyte da.

### 3 FORDELINGEN AV JORDBRUKSAREALER I ULIKE KLIMASONER

På grunnlag av den foran angitte soneinndeling har NIJOS beregnet fordelingen av jordbruksarealet på de enkelte soner.

Beregningen av jordbruksareal i ulike klimasoner er gjort på grunnlag av data NIJOS tidligere har framskaffet på oppdrag for Miljøverndepartementet, for å få bedre data over jordressursene i Norge. Dataene er skaffet ved punktsampling, hovedsakelig på økonomisk kartverk og bonitetskart. Flybilder har vært brukt i områder som ikke er dekket av økonomisk kartverk.

For de viktigste jordbruksområdene på Østlandet, Sør-Vestlandet og i Trøndelag er dataene samlet i et rutenett på 1 x 1 km. For resten av landet er det benyttet tidligere samlede data fra Statistisk Sentralbyrå (6 230 punkter for hele landet). Tabell 3.1 viser at antall observasjoner på dyrka jord varierer sterkt mellom fylkene. For de områdene som i hovedsak er samlet med stor tetthet (1 x 1 km), kan resultatene presenteres på fylkesnivå.

Tabell 3.1 Antall observasjoner pr. fylke

Østfold	790
Akershus og Oslo	779
Hedmark	711
Oppland	455
Buskerud	392
Vestfold	470
Telemark	145
Aust-Agder	67
Vest-Agder	84
Rogaland	300
Hordaland	6
Sogn og Fjordane	9
Møre og Romsdal	9
Sør-Trøndelag	474
Nord-Trøndelag	473
Nordland	9
Troms	4
Finnmark	2
Sum, hele landet	5 179



### 3.1 Dyrka jord

Arealer av dyrka jord på landsbasis fordelt på klimasoner under dagens klimaforhold og etter de to prognosealternativer er presentert i tabell 3.2. I klassen dyrka jord inngår fulldyrka og overflatedyrka jord. I følge grunnslagmaterialet utgjør overflatedyrka jord 308 km<sup>2</sup>. Kulturbeite (gjødsla beite), som vanligvis regnes som jordbruksareal i landbruksstatistikk, er ikke medregnet i dette materialet.

Tabell 3.2 Dyrka jord i Norge fordelt på klimasoner

Klima- sone	Arealer med ulik klimaendring					
	Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
1	.	.	1 344	15	3 908	44
2	.	.	2 746	31	2 372	27
3	1 198	14	2 403	27	1 124	13
4	3 367	38	918	10	797	9
5	2 418	27	938	11	626	7
6	810	9	513	6	36	0
7	800	9	.	.	.	.
8	269	3	.	.	.	.
Sum	8 863	100	8 863	100	8 863	100

Med dagens klima forekommer bare klimasoner 3 til 8 i Norge. De to beste sonene (sone 1 og 2) finnes ikke i Norge i dag. Sone 4 har størst areal (38 %), deretter følger sone 5 og 3 (hvh. 27 % og 14 %).

Etter den mest sannsynlige klimaendring vil de fleste arealene rykke opp 2 klimasoner. Dyrka jord vil dermed tilhøre sone 1 til 6. Ellers vil fordelingsmønsteret mellom klimasoner bli omtrent det samme som med dagens klima. Sone 7 og 8 vil ikke være representert på nåværende dyrka jord.

En stor klimaendring vil føre til opprykk med ytterligere en sone i forhold til sannsynlig klimaendring, slik at dyrka jord vil tilhøre sone 1 til 5. Nesten halvparten av den dyrka jorda (44 %) vil tilhøre sone 1. Sone 6, 7 og 8 vil omtrent ikke forekomme på nåværende dyrka jord.

Klimasoner gir ikke fullstendige opplysninger om potensialet for dyrking av jordbruksvekster. Både jord- og terrengkvalitet kan være begrensende i tillegg til klima. En har ikke sikre data for hvor stor del av arealene som har begrensninger i jordkvalitet (vannkapasitet, grøftebehov, bæreevne, gjødselbehov, erosjons- og forurensningsrisiko m.m.).

Arealer av dyrka jord på landsbasis fordelt på terrengkvalitet (driftsvilkår) er presentert i tabell 3.3. I tabell 3.4 er arealet for landet fordelt mellom klimasoner og driftsvilkår. Tabell 3.1 - 3.13 i vedlegget viser samme fordeling på fylkesnivå. Driftsvilkår er gradert i 3 klasser etter følgende retningslinjer:

- L = lettbrukt areal (helling < 1:5)
- M = mindre lettbrukt areal (helling 1:5 - 1:3)
- T = tungbrukt areal (helling > 1:3)

Etter definisjonene av klassene for terrengkvalitet vil mesteparten av arealet (79 %) tilhøre klassen lettbrukt. Andelen av lettbrukt jord er større enn landsgjennomsnittet i Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Vestfold og Nord-Trøndelag. Mindre lettbrukt og tungbrukt areal er dårlig egnet for kornproduksjon. En betydelig del av det som er klassifisert som lettbrukt areal, som kan ha helling inntil 1:5, har også begrenset terrengkvalitet for åkerbruk. Denne klassen kan deles videre i svært lettbrukt (helling mindre enn 1:8) og middels lettbrukt (helling mellom 1:8 og 1:5). På grunnlag av tallmateriale fra Statistisk sentralbyrå er disse klassene estimert til henholdsvis 82 % og 18 % av lettbrukt dyrka jord i landet. Dette er basert på beregning av gjennomsnittlig helling ut fra kotene på økonomisk kartverk. På grunn av at småkuperting ikke vil bli registrert ved en slik beregning, vil klassen svært lettbrukt areal bli overestimert. Med dette forbeholdet vil arealet av svært lettbrukt og middels lettbrukt jord for landet totalt kunne estimeres til hhv. 5 765 km<sup>2</sup> (65 %) og 1 266 km<sup>2</sup> (14 %).

Klassen tungbrukt dyrka jord omfatter også overflatedyrka jord som ikke fulldyrkes. Denne klassen utgjør 297 km<sup>2</sup> i følge grunnslagmaterialet.

Tabell 3.3 Dyrka jord i Norge fordelt på driftsvilkår

Driftsvilkår	km <sup>2</sup>	Prosent
L	7 031	79
M	1 292	15
T	540	6
Sum	8 863	100

Arealet av dyrka jord på fylkesnivå fordelt på klimasoner og driftsvilkår er presentert i tabellene 3.1-3.13 i vedlegget. På grunn av få observasjoner pr. fylke er Telemark og Agderfylkene slått sammen. Av tabell 3.1-3.13 går det fram at de beste klimatiske områdene for korndyrking fins langs Oslofjorden og i flatbygdene på Østlandet. Rogaland og Trøndelag vil i gjennomsnitt ha en sone dårligere klima. Årsaken til at Rogaland ikke vil ha bedre klima for korndyrking enn Trøndelag, er den relativt lave sommertemperaturen.

Tabell 3.4 Dyrka jord i Norge fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
1	L	.	.	1 078	12	3 356	38
1	M	.	.	205	2	396	4
1	T	.	.	61	1	156	2
2	L	.	.	2 458	28	1 662	19
2	M	.	.	193	2	489	6
2	T	.	.	96	1	221	2
3	L	954	11	1 690	19	824	9
3	M	187	2	492	6	219	2
3	T	57	1	221	2	80	1
4	L	2 715	31	621	7	609	7
4	M	402	5	218	2	142	2
4	T	249	3	79	1	46	1
5	L	1 893	21	754	9	544	6
5	M	419	5	137	2	46	1
5	T	106	1	46	1	36	0
6	L	591	7	430	5	36	0
6	M	139	2	47	1	.	.
6	T	81	1	36	0	.	.
7	L	645	7	.	.	.	.
7	M	109	1	.	.	.	.
7	T	46	1	.	.	.	.
8	L	232	3	.	.	.	.
8	M	37	0	.	.	.	.

## 3.2 Dyrkbar jord

Norge har betydelig skogs- og utmark som kan dyrkes opp for jordbruksproduksjon. Hvis klimaendringene fører til vanskeligere matvaresituasjon internasjonalt, kan oppdyrking bli aktuelt.

NIJOS har foretatt registreringer og beregninger av fordelingen av det dyrkbare areal på klimasoner. Se tabell 3.5.

Tabell 3.5 Dyrkbart areal fordelt på klimasoner. Landet

Klima- sone	Dagens klima		Sannsynlig klimaendring		Stor klimaendring	
	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
1	0	0	247	3,0	1 561	18,9
2	0	0	1 345	16,3	1 329	16,1
3	197	2,4	1 412	17,1	1 712	20,7
4	1 537	18,6	1 800	21,8	1 911	23,1
5	1 548	18,8	1 684	20,4	1 178	14,3
6	2 231	27,0	1 595	19,3	526	6,4
7	1 478	17,9	134	1,6	36	0,5
8	1 262	15,3	36	0,5	-	-
I alt	8 253	100,0	8 253	100,0	8 253	100,0

Det framgår at vel 8 mill. dekar skog- og utmark kan dyrkes opp i Norge. Svært lite av dette arealet ligger i den beste klimasone, sone 3. I alternativet med den mest sannsynlige klimaendring vil ca. 3 mill. dekar bli liggende i sone 3 eller bedre, og ha tilnærmet like gode eller bedre temperaturbetingelser enn de beste arealer i dag. I alternativet med stor endring vil 4,5 mill. dekar ligge i disse soner. Hovedtyngden av dette arealet ligger i fylkene rundt Oslofjorden. Se vedleggstabell 3.14.

Ved siden av mulighetene for utviding av jordbruksproduksjonen, hvis den internasjonale matvaresituasjon skulle tilsi dette, vil de relativt store oppdyringsarealer gi gode muligheter for å erstatte tungtdrevne og erosjonsutsatte arealer med lettbrukte og lite erosjonsutsatte.



#### 4 AVLINGSNIVÅ OG VAL AV VEKSTAR

##### 4.1 Endringar i ytre faktorar for planteproduksjonen

Dei tre klimatiske faktorane som er mest avgjerande for planteproduksjon, er lys, temperatur og nedbør. Med omsyn til klimaendring er berre dei to sistnemnde faktorane talfesta for Noreg (Eliassen & Grammelvedt, 1990). Daglengda vert uendra, medan fleirdimensjonale klimamodellar reknar helst med noko redusert skymengd (NILU, 1990). Dette er likevel ikkje freista drege inn i vurderinga av vilkåra for planteproduksjon.

Eit auka innhald av karbondioksid i lufta har ein direkte, fysiologisk verknad på produksjonen. Hos plantar som står fritt, er vektauken oftast monaleg, jamvel om det er funne stor variasjon mellom artar. Også i plantesetnader kan avlingsauke påvisast (Kimball, 1983, Patterson & Flint, 1990). Både litteraturoversyn og modellrekning har komme til om lag same talfesting av den direkte verknaden. Auken er litt større når større assimilatmengder vert investerte i busking, bladtal eller bladstorleik, enn når assimilata vert lagra som stive i blad eller knollar (Goudriaan & Unsworth, 1990). Men ein kan venta høgare avling uavhengig av kva for planteorgan som vert hausta (Acock, 1990).

Hovudprognosen reknar med at drivhuseffekten på grunn av klimagassar i år 2030 har auka så mye, at det svarer til ei dobling av karbondioksidkonsentrasjonen (NILU, 1990). Her er fleire klimagassar med, og karbondioksidkonsentrasjonen er rekna å ha stige frå 354 ppm i 1990 til 450 ppm i år 2030 (NILU, 1990). Ein slik auke i karbondioksidkonsentrasjonen gir etter talfestingane ovanfor 12 til 17 % større avlingar. Det synest rimeleg å setja avlingsauken på grunn av den direkte, fysiologiske verknaden av auka karbondioksidinnhald til 15 % i middel. Vekstar som mais, sukkerrør og andre såkalla C4-plantar gir ikkje så mye att for høgare karbondioksidkonsentrasjon (Cure, 1985), kanskje 4-5 % for auken til 450 ppm.

Verknaden av auka karbondioksidinnhald vil gjelda også plantar som ikkje er optimalt forsynte med vatn. Mengd produsert plantemateriale pr. eining vatn, aukar med stigande karbondioksidkonsentrasjon. Auka konsentrasjon kan såleis i ein viss monn kompensera for dårlegare vasstilgang. Derimot kan skort på næringsemne føra til at den direkte, fysiologiske verknaden ikkje gir auka assimilasjon. Men ein slik situasjon er ikkje venta på dyrka mark i hevd.

Høgare temperatur er positivt for planteproduksjonen ved at veksetida vert lengre og ved at dei delane av veksetida som no har underoptimal temperatur, vert meir produktive. Dei fleste jord- og hagebruksvekstane har helst liten nytte av temperaturauke over høgsummaren i dei varmaste delane av landet, men for somme varmekjære artar kan det vera avgjerande. Overvintringsvilkåra vil truleg oftast verta betre.

Veksetida vert tradisjonelt definert som tal dagar med døgnmiddeltemperatur høgare enn 6 °C. Ho varierer i Noreg frå 100 til 200 dagar. I dei største jordbruksområda er veksetida frå 140 til 180 dagar. Etter den mest sannsynlege klimaendringa vil veksetida verta om lag ein månad lengre. Ei stor klimaendring vil enda leggja til frå ei til tre veker, men oftast snaut to veker. Med lengre veksetid vert det høve til å nytta seinare sortar av eittårige vekstar, som vanlegvis gir større avling, og fleirårige artar kan vera i produksjon ei lengre tid kvart år.

Forlenginga av veksetida vil særleg om hausten skje inn i ei tid med stadig dårlegare lystilgang. Ein strålingsindeks for planteproduksjon etter Torrsell et al. (1982) vart nytta på véobservasjonar mellom 1957 og 1989 frå Landvik ved Grimstad, Sola, Trømsø og Kvikne til å talfesta lystilgangen mot slutten av veksetida for kvar stad. Etter den mest sannsynlege endringa vart strålingsindeksen ved vekseavslutning mellom ein femdel og ein firedel lågare enn no. Ved klimaendring som det store alternativet vart nedgangen mellom ein firedel og ein tredel. Dei strøka av landet der temperaturen er lågast i veksetida, vil få størst nytte av lengre veksetid, mellom anna også for di dei har den beste lystilgangen mot slutten av veksetida. Det er stader langs kysten lengst sør i landet som får dårlegast lysklima for herding av engvekstar og urtevorne hagebruksvekstar som skal overvintra, men overvintringspåkjeningane vert òg mindre. Det er difor helst uråd å talfesta verknader av slike endringar.

Ein auke i nedbøren vil oftast verka positivt i juni og juli, men sjeldan seinare i veksetida. Mange vekstar vil òg kunna produsera meir om vasstilgangen i mai vert betre, men auka nedbør i mars, april og mai kan føra til vanskar for våronna, alt etter stad i landet. Auka nedbør om hausten vil med det overskottet som alt er, vera ei ulempe.

Ozon kjem delvis frå brenning av fossilt brensel. I det siste har det komme fleire forskingsresultat som kan tyde på stor nedgang i produktivitet hos plantar på grunn av auka innhald av ozon i jordnære luftlag. Resultata er likevel enno så ferske og talfestingane så pass usikre at ein ikkje har valt å ta dette med i utrekningar eller vurderingar her.

#### 4.2 Jordbruksvekstar

##### 4.2.1 Talfesting av avlingsnivå i ymse klimasoner

Klimasonene i figur 2.1 gir uttrykk for eit klimatisk produksjonspotensial, som aukar med temperaturen. Tabell 4.1 syner eit samband mellom klimasone og avling. Dette sambandet ymsar noko med vekstslaget. For soner der vekstane er uaktuelle i yrkesdyrking, er det ikkje ført opp tal. Tala i tabell 4.1 gjeld avlingar med noverande CO<sub>2</sub>-innhald i luft. I utrekningane for år 2030 må ein gjera tillegg i avlingsmengd for den auka produktiviteten som følgjer større karbondioksidinnhald i atmosfæren. Denne avlingsauken er ovanfor talfest til rundt 15 prosent.

Når gjødsling og vassføring er tolleg optimale, kan 'moglege' avlingar verta som oppført i tabell 4.1. Tala gjeld såleis for praktisk jordbruk og elles ein dyrkingsteknikk som i dag. Det er tilfellet også for sone 1 og 2, som no ikkje finst i landet. Der er det bygd på avlingar på stader i utlandet med tilsvarende temperaturklima i dag. Slik jamføring med andre geografiske område er ein framgangsmåte som er vorten brukt også av andre som har studert følgjer av klimaendring (t.d. Parry & Carter, 1989). Blant framgangsmåtar i bruk (Potter, 1988), var analogiane den moglege her. Skiljet mellom kyst og innland for frøgrøder byggjer på at sommartemperaturen jamt over er litt lågare i kystområde enn i innlandet.

Gjødslinga til jordbruksvekstar kan stort sett aukast lineært med avlingsnivået, men til potet kan ein spara noko på mengda i dei beste klimasonene. I hagebruksvekstane treng ein ikkje i same grad rekna med å måtta auka gjødslinga med avlingsnivået. Det kjem blant anna av at sorteringsreglar i mange høve ikkje gir høgast pris for dei største fruktene og grønnsakene.

Tabell 4.1 Avlingar i kg tørrstoff (ts), korn med 15 % vatn, knollar av potet eller fôr-einingar pr. dekar av ymse vekstar i klimasoner som definert i figur 2.1 når tilgangen på vatn og næring ikkje er avgrensande for produksjonen, og når dyrkingsteknikken er som i dag, men tilpassa klimasona. ( ): lite aktuell i sona

Grøde	Klimasoner							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bygg, innland	450	425	400	350	300	250		
Bygg, kyst	500	450	400	350	300	250		
Havre, innland	450	440	420	370	320	100		
Havre, kyst	500	460	420	370	320	100		
Vårkveite	525	500	475	400	150			
Haustkveite, innland	575	540	500	400	100			
Haustkveite, kyst	600	560	525	400	100			
Haustraps, innland	500	400	200					
Haustraps, kyst	550	450	200					
Ert, innland	325	300	275	250	100			
Ert, kyst	350	325	300	250	100			
Mais, innland	500	400	200					
Rybs, innland	170	170	160	150	50			
Rybs, kyst	200	180	160	150	50			
Raps, innland	225	200	170	50				
Raps, kyst	250	220	170	50				
Haustraps, innland	300	240	100					
Haustraps, kyst	350	300	100					
Potet, knollar	3 400	3 200	2 900	2 600	2 300	2 000	1 700	1 400
Sukkerbete								
-røter, ts	1 200	1 000	700					
-rot+70% blad, fe	1 400	1 200	900					
-raf. sukker, kg	800	600	400					
Førsukkerbete								
-røter, ts	1 200	1 100	1 000	700				
-rot+70% blad, fe	1 400	1 300	1 200	900				
Førkålrot								
-røter, ts	(1 100)	1 000	1 000	900	700	400		
-rot+70% blad, fe	(1 150)	1 150	1 150	1 050	850	550		
Førnepe								
-røter, ts	(800)	(800)	(800)	800	800	600	400	
-rot+70% blad, fe	(950)	(950)	(950)	950	950	750	550	300
Mais								
-kolbemix, fe	1 000	800						
-silofôr, fe	1 000	1 000						
Solvendel								
-silofôr, fe	1 000	900						
Førmergkål								
-silofôr, fe	1 200	1 100	1 000	800	500			
Førrips								
-med raigras, fe	1 200	1 100	900	800	600	500	400	200
Førrips.								
-ein slått, fe			800	800	700	500	400	200
lt. raigr., fe	1 200	1 100	950	800	600			
Westerwoldsk								
raigras, fe			900	800	650	450	300	200
Korngrønfor med								
blandingar, fe	1 000	1 000	700	600	500	400	300	200
Fleirårig eng, ts	1 250	1 200	1 150	1 050	900	750	600	450



Tabell 4.1 viser at avlingane for dei fleste vekstane aukar monaleg med stigande temperatur. Til dømes for bygg, der storparten av dyrkinga no går føre seg i sone 4 og med ei avling på 350 kg pr. dekar, vil avlinga auka til 425 kg (sone 2) i det mest sannsynlege alternativet og til 450 kg (sone 1) i alternativet med stor klimaendring. I tillegg kjem avlingsauken på 15 prosent (om lag 60 kg pr. dekar) som kan tilskrivast auka produktivitet på grunn av eit høgare karbondioksidinnhald i lufta. Tabellen viser òg at avlingane av einskilde vekstar, til dømes havre i innlandet, aukar meir med stigande temperatur i område med låge temperaturar enn i dei med høge, jamfør auken frå sone 5 til 4 med auken frå sone 2 til 1. Temperaturstigninga frå det mest sannsynlege alternativet og til alternativet med stor klimaendring vil slå lite ut i avlingar og økonomisk resultat. Ein kjem attende til dette i dei økonomiske utrekningane i kapittel 8.

Bruken av plantevernmidde er rekna å måtta auka med stigninga i temperaturen og opprykk i klimasoner. Dette er nærmare vurdert i bolken om plantevern.

Når samanhengen mellom avlingsnivå og klimasone er gitt, kan ein rekna ut totalproduksjonen om ein kjenner arealfordelinga på klimasoner. Fordelinga av jordbruksarealet vårt på klimasoner i dag kjenner ein, og fordelinga etter ei talfest klimaendring kan ein rekna seg fram til. Denne framskrivinga byggjer da på såkalla 'moglege' avlingar. Dei 'verkelege' avlingane etter statistikken kjenner ein fylkesvis, og framskrivinga av 'verkelege' avlingar etter klimaendring byggjer på at høvestalet mellom 'verkelege' og 'moglege' avlingar er det same som føre endringa. Når denne framgangsmåten vert nytta fylkesvis, ligg verknader av jordsmonn, nedbør, dyrkingsmåtar osv. i høvestalet. Dette tyder m.a. at teknologisk utvikling fram til da den talfeste klimaendringa er skjedd, ikkje er lagd inn i prognosen. Det er forresten vanleg i dei overslaga av produktivetsendring som er gjorde, også ved hjelp av ymse reknemodellar (IPCC, 1990).

#### 4.2.2 Merknader til einskilde grupper av jordbruksvekstar

##### Engvekstar

Avlingstala for fleirårig eng byggjer på eit høveleg artsval i kvar klimasone. For sone 1 og 2 vil det seia at fleirårig raigras kan få eit stort rom. Elles vert det generelt betre høve til å nytta engskolmvekstar etter ei klimaendring. Lengre veksetid gir også rom for eit utvida beitebruk.

Stader som no er i dei kaldaste sonene, kan i ein viss monn få høgare proteininnhald i gras (Schjelderup, 1984). Melteleg energi pr. kg tørrstoff kan heller gå litt ned ved stigande temperatur. Høgare temperatur fører òg til snøggare utvikling av engplantane og dermed raskare nedgang i kvalitet. Det er likevel i høg grad eit spørsmål om val av grasart og dyrkingsteknikk om ein kan få den førkvaliteten som ein treng.

Mildare vintrar fører generelt til betre overvintringsvilkår for engvekstar. Overvintringsskadar som kjem av isdekke og skiftande frysing og tining av marka, vil venteleg komma til å syna seg lenger inn i landet og høgare mot fjellet enn no. Dei

stadene som no er mest plaga med dette, får mindre risiko for slike skadar. Som nemnt ovanfor vil temperaturar som fører til herding av engvekstane, verta nådd seinare om hausten når lystilgangen er dårlegare. Kva for følgjer dette kan ha for overvintringa er helst uvisst, ikkje minst av di herdinga også rettar seg sterkt etter driftsmåten, og dessutan vert overvintringspåkjeningane helst noko mindre.

##### Korn og oljevekstar

Det vil følgja mindre risiko med å dyrka seine sortar, som gir større avling. Middelavlingar på høgd med t.d. Nederland kan ein likevel ikkje venta på grunn av raskare temperaturstigning om våren, lengre dag og meir jord med dårlegare vassforsynings- evne.

Korndyrking vil kunna breia seg nordover og høgare mot fjellet. Vårkveiteareala kan auka og dermed sjølvforsyninga. Lengre veksetid og mildare vintrar fører til auka haustkorndyrking, som òg kan auka sjølvforsyninga. På grunn av bakekvaliteten må det likevel vera monalege areal med vårkveite. Haustbygg og haustoljevekstar vil også verta viktigare, jamvel om slik dyrking må føra til auka bruk av plantevernmidde.

Kvaliteten på korn og oljevekstar rettar seg hos oss mest etter innhaustingsvilkåra. Meir nedbør om hausten er ei ulempe, men høgare temperatur gir raskare opptørking. Det er såleis uvisst om kvaliteten vert særleg annleis enn i dag.

##### Potet

I dei beste strøka av landet er det lite truleg at monaleg seinare sortar vert tekne i bruk, jamvel om veksetida vert lengre. Dei sortane ein alt har, vil også gi større avling da.

Tørrstoffinnhaldet i knollane vil auka, og dette betrar oftast kvaliteten både som matpotet og til industriell bruk. Lengre veksetid gir betre mogning av knollane, temperaturen vert høgare i opptakingstida, og mekaniske skadar med etterfølgjande lagringssjukdomar vert mindre.

Høgare temperatur i veksetida vil gjera tørrøte til eit problem i mest heile landet, og faren for bladlusoverførte virussjukdommar aukar. Setjepotetdyrkinga vert truleg flytt nordover i landet.

##### Rotvekstar

Hos rotvekstane er det helst byte av artar, t.d. frå nepe til kålrot og vidare til bete, som gir grunnlag for avlingsauke når veksetida vert lengre. Dette gir også meir lagringsføre rotvekstar, som kan nyttast i ein lengre del av inneføringssesongen. Varmare klima gir òg høve til større veksling mellom artar for å unngå opphoping av sjukdommar og skadedyr.

### Grønforvekstar

Lengre veksetid gir som i rotvekstar høve til å ta i bruk meir yteføre artar, t.d. fôrmergkål i område som no ikkje har veksetid til meir enn fôrraps, og å bruka blandingar som gir meir ettervekst etter slått, og til å ta fleire slåttar. Høgare temperatur i dei klimatiske beste jordbruksområda gir grunnlag for å dyrka silomais med hell. Solvendel vil òg kunna dyrkast til silofôr.

## 4.3 Hagebruksvekstar

### 4.3.1 Talfesting av avlingsnivå i ymse klimasoner

For eittårige vekstar er klimaet i vekstsesongen avgjerande. Frukt og bærvækstar dannar blomsterknoppene året før dei ber fram avlinga. Slike planter er avhengige av vêret i avlingsåret og vêret året i førevegen. Dessutan er overvintringa ein faktor som må vurderast. Av viktige eigenskapar hos frukt, bær og grønnsaker som kan bli påverka av ei eventuell klimaendring, kan nemnast:

Avlingsnivået  
Stabiliteten av avlingane  
Tidlegheit på marknaden  
Overvintring

### Avlinga

Avlinga vil stort sett stige med stigande temperatur. For vintereple og pærer, som er kravfulle vekstar, og i dag blir dyrka i sone 3, vil avlinga stige sterkt til sone 2 og 1.

Derimot bærsлага, og ein del grønssakslag, som vi har gode vekstvilkår for i dag, blir ikkje stiginga stor. Somme vekstar tek skade av høg sommartemperatur, og her vil avlinga bli mindre i sone 1 og 2, enn i sone 3. Blomkål og kinakål er typiske døme på slike artar.

### Stabiliteten av avlingane

Avlingane vil bli meir stabile når temperaturen blir høgare. For frukt og bærvækstar skuldast dette både temperaturen i avlingsåret og i året i førevegen. Høg sommartemperatur fører til at det blir danna fleire blomsterknoppar, og såleis potensialet for større avling neste år. Høg temperatur i avlingsåret gjev betre fruktsetjing og større frukter. For fleirårige vekstar vil dette slå sterkest ut på dei mest kravfulle artene.

Eittårige vekstar vil også stort sett gje meir stabile avlingar når sommartemperaturen stig.

Tabellen nedafor viser avlingsnivå for hagebruksvekstar i ulike klimasoner. Det er gått ut frå ei normalavling i dei sonene desse vekstane blir dyrka i i dag. Avlingsnivået i dei nye klimasonene er delvis oppsett etter kalkulasjonar ut frå mangeårige avlingsrekker, etter kva avlingsnivå som blir oppnådd i dag i tilsvarande soner lenger sør, og etter beste skjøn og vurderingar. Handelsdyrking av hagebruksvekstar vil truleg ikkje skje i soner med dårlegare klima enn sone 5. I tabellen er det ikkje korrigert for auken i karbondioksid.

Tabell 4.2 Avlingsnivå for hagebruksvekstar i ymse klimasoner

Grøde	1	2	3	4	5	
Blomkål	1 400	1 600	1 400	1 200	800	kg/daa
Sommar og haustkvitkål	2 800	3 000	3 000	3 000	1 500	
Vinterkål	5 000	5 000	4 000	3 000	-	
Rosenkål	1 200	1 000	800	-	-	
Kinakål	2 000	2 500	2 500	2 000	1 000	
Annan kål	3 000	3 000	3 000	3 000	-	
Gulrot	4 500	4 000	3 500	3 000	1 500	
Purre	3 500	3 000	2 500	2 000	-	
Kepaløk	3 500	3 500	3 000	-	-	
Tomat, veksthus som før			202	-	-	
Agurk, veksthus som før			307	-	-	
Agurk, friland	3 000	-	-	-	-	
Bønner	1 000	-	-	-	-	
Konservert	600	600	-	-	-	
Knollselleri	3 000	2 500	2 000	1 000	-	
Raubete	3 500	3 000	2 500	1 500	-	
Kålrot til mat	3 500	3 500	3 500	3 000	-	
Sommareple	280	230	185	150	30	kg/10 tre
Vintereple	330	260	190	150	-	"
Pærer	330	250	170	130	-	"
Plommer	210	180	160	120	-	"
Kirsebær	220	195	170	80	30	"
Rips	70	65	60	45	30	"
Stikkelsbær	80	75	65	45	20	"
Solbær	45	40	35	25	20	"
Jordbær	1 100	1 050	1 000	850	500	kg/daa
Bringebær	1 050	950	800	600	400	"



#### 4.3.2 Merknader til dei einiskilde hagebruksvekstar

##### Varmekrevjande grønsaker

Med høgare temperatur, vil vekstvilkåra for bønner og frilandsagurk bli mykje betre, men desse kulturane bør helst dyrkast i sone 1. I denne sona vil også frilandstomat kome inn, og suktermais vil få utvida dyrkingsområde. Bruken av fiberduk og plast vil bli redusert.

##### Grønsaker som krev lang vekstsesong

Knollselleri og purre vil gje utslag for auka temperatur. Rosenkål krev lang haust, men treng ikkje høgare sommartemperatur. Kपालøk kan gje større avling dersom det blir utvikla sortar som toler høg sommartemperatur i kombinasjon med lang dag.

##### Vekstar som tek skade av høg sommartemperatur

For somme vekstar kan det bli aktuelt å ha produksjonen i same sona som dei blir dyrka ved i dag. Dette gjeld særleg blomkål og kinakål. Vi tek også store avlingar av konserverter i dag, men her vil truleg produksjonen programmerast betre, slik at tilførselen til fabrikkane kan spreiest, og teknisk utstyr som haustemaskinar kan bli betre utnytta.

##### Andre vekstar

For gulrot, rødbete og matkålrot blir ikkje endringane store, men i dei noverande marginalområde for gulrot dyrking vil avlinga auke ein god del.

##### Eple

Kalkulasjonar der total epleavling ved fleire fruktlager i ein tredveårsperiode er med, viser at avlinga aukar med omtrent 30 prosent når temperaturen stig med ei grad. Tidlegeple er mindre kravfulle, og regresjonslinja er flatare. På stader med høgast sommartemperatur er heller ikkje stiging så sterk.

##### Pærer

Pærene i Noreg blir stort sett produserte i dei midtre og indre fjordbygder på Vestlandet. Avlinga av pærer ved Leikanger fruktager i ein tredveårsperiode, korrelert med temperaturdata, viste at når temperaturen stig med ei grad, så stig avlinga med om lag 50 prosent. Pærer er den mest kravfulle kulturen vi har, og det er sannsynleg at avlinga vil bli dobla ved ein temperatúrauke på to grader.

##### Jordbær

Jordbæravlinga i Noreg er omtrent på same nivå som i andre land rundt Nordsjøen, og kvaliteten er minst like høg. Lengre vekstsesong, særleg mildare haust, vil gje fleire blomsterknoppar for neste vår. Høgare temperatur i juni og juli fører til mindre enkeltbær, men auka nedbør kan til ein viss grad oppheve dette.

Avlingsauken for jordbær er kalkulert til fem prosent for kvar grad temperaturen stig. Dette er delvis rekna ved hjelp av regresjonsanalyse.

##### Andre bærslag

Rips, solbær, bringebær og stikkelsbær, gjev gode avlingar av høg kvalitet under dei klimavilkår vi har i landet i dag. Avlingsauken ved stigande temperatur vil bli liten, på same nivå som for jordbær, eller kanskje litt større for solbær og stikkelsbær. Bringebær vil bli mindre utsett for overvintringsskade. Dyrkingsområdet blir stort, sone 1, 2, 3 og 4.

##### Steinfrukter

Søte og sure kirsebær og plommer har også gode vekstvilkår i Noreg i dag, og ein auke i temperaturen vil ikkje slå svært sterkt ut, men noko meir enn for bæra. Meir regn i mogningstida kan føra til meir sprekkning av fruktene.

#### 4.3.3 Eigenskapar som blir påverka av klimaendringa

##### Lagringsevna

Lagringsevna hos seine fruktslag kan blir forlenga for di godt utvikla frukter har høgare lagringspotensial etter somrar med høg temperatur. Dessutan kan det dyrkast sortar med betre lagringsevne. Slike er for kravfulle for det klimaet vi har i dag. For eple kan det forlengje sjølvforsyninga med to til fire månader.

Høgare temperatur gjev lengre haustar, og haustinga av grønsaker kan somme stader utsetjast til november. Dermed blir lagringssesongen kortare, og det blir betre resultat av lagring fram mot neste haustsesong. For grønsaker kan også meir lagringsdyktige sortar kome inn.

##### Tidlegheit på marknaden

Tidlegare mogning fører til at norske grønsaker, frukter og bær kan koma på marknaden to til tre veker tidlegare enn i dag. Tida for sjølvforsyning blir altså utvida.

Som døme kan nemnast at plommene mogna tre veker tidlegare i dei varme somrane 1988 og 1989, enn i den kjølige sommaren 1987. Temperaturskilnaden var litt over 2 °C.

Dårlige lysforhold i januar og februar kan fordyre oppalet av eittårige planter, og det kan vera vanskeleg å få ferdige planter til utplanting i mars.

#### Kvalitet

Kvaliteten hos kravfulle planter vil stige på grunn av høgare sommartemperatur. Seine eple og pærer vil bli meir velutvikla med høgare sukkerinnhald. Fruktena blir større og ein større del går i dei beste sorteringsklassane.

Kvaliteten både hos frukter, bær og grønnsaker kan dessutan stige for di vi kan få inn nye sortar, som nå er for kravfulle.

#### 4.3.4 Klimagrenser for fruktdyrking

Overvintringa hos fleirårige vekstar vil bli betre dersom vintertemperaturen blir høgare. Vilåret er at det ikkje blir altfor store svingingar, med svært låge minimumstemperaturar etter milde periodar. Vi har inga stabil fruktdyrking i dag der normaltemperaturen i dei to kaldaste månadene er lågare enn -5 til -6 °C. Det bør ikkje dyrkast frukt for sal på stader der gjennomsnittstemperaturen i dei to kaldaste månadene er lågare enn minus 4 til 5 °C.

Salsproduksjonen av eple og pærer bør ikkje utvidast i takt med klimaendringa. Den bør for framtida vera i sone 1 og 2. Steinfukt kan også produserast i sone 3, og bær kan i tillegg dyrkast i sone 4 på same måten som i dag.

Med desse forutsetningane vil området for handelsdyrkinga bli noko utvida som følgje av klimaendringa. Fruktdyrking til den lokale marknaden og for privatbruk kan utvidast sterkt.

#### 4.3.5 Nye sortar og nye planteslag

Høgare temperatur vil føra til at vi kan dyrka sortar med betre kvalitet og betre lagrings- evne. Av grønnsaker vil tomat på friland og sukkermais bli nye kulturar i sone 1. Innan frukt og bær vil det ikkje bli nye arter i yrkesmessig produksjon. For privathagar og hobby vil fersken, aprikos, nektarin og druer bli vanlege, og kiwi på dei aller beste stadene.

#### 4.3.6 Vilkår for økologisk dyrking

Det er vanskeleg å talfeste vilkåra for økologisk dyrking etter ei eventuell klimaendring, men slik produksjon vil truleg by på noko større problem enn i dag. Sjå også kapittel 6 om plantevernmiddelbruk nedanfor.

#### 4.3.7 Konklusjon

For hagebruksvekstar er sjølvforsyningsgraden ikkje berre avhengig av avlingsnivået. For levande produkt som blir etne i frisk tilstand er stabilitet av avlingane, lagringsevne og kvalitet minst like viktige. Særleg kvalitetskravet er sterkt stigande i samfunn med høg levestandard.

Hagebruksvekstar blir i dag stort sett dyrka i sone 3, og noko i sone 4. Ved ei eventuell klimaendring, vil desse vekstane bli dyrka i sonene 1, 2, 3 og 4. Dyrkingsområdet vil såleis bli sterkt utvida.

Avlingsauken på grunn av høgare temperatur, vil bli stor for dei mest kravfulle vekstane. Desse bør i framtida berre dyrkast i dei beste sonene, slik at vi kan ta store og stabile avlingar av god kvalitet.

Ein del vekstar, som til dømes blomkål, skal ikkje ha for høg sommartemperatur, og slike skal også i framtida for det meste dyrkast i sone 3 og delvis 4, iallfall det som skal haustast midtsommars.



## 6 PLANTEVERNMIKDELBRUK

### 6.1 Generell vurdering av verknader på skadegjerarutviklinga

Del klimaendringar som hovudscenariet skisserer, vil generelt sett føre til auka skadegjerarproblem, som vil krevje auka innsats i bekjempinga.

Stigande temperatur og meir nedbør vil føre til gunstigare utviklingsvilkår for dei fleste alvorlege skadegjerarane (gunstigare overvintringstilhøve, snøggare utvikling, for enkelte arter fleire generasjonar pr. år m.v.).

Skadegjerarar som i dag opptre i skadeleg omfang berre i avgrensa område og berre enkelte år, eller som ikkje er etablerte på friland hos oss, vil kunne få større utbreiingsområde eller opptre med årvisse eller sterkare angrep. Dessutan aukar faren for at vi får inn nye arter/rasar av skadegjerarar som i dag har sin nordgrense på kontinentet.

Utviding av dyrkingsområdet for meir kravfulle kulturar og dyrking av nye, meir varme-kjære kulturar, vil føre til auka skadegjerarproblem og skape nye problem. Dette gjeld til dømes mogleg utviding av haustkornarealet, introduksjon av haustbyggdyrking, utvida oljevekstdyrking, dyrking av haustoljevekstar, mais og sukkerbete.

### 5.2 Ugras

#### 5.2.1 Verknader på ugrasutviklinga

Dei skisserte klimaendringane vil føre til at ugraset får sterkare vekst med større konkurranseevne overfor kulturplantene. Lengre veksetid utover hausten, vil gi større og kraftigare planter av fleirårige arter, spesielt kveke, og av toårige og vintereittårige arter. Ein del arter som er sommareittårige, kan bli vintereittårige (til dømes klengjemaure) og følgeleg bli relativt større innan våren kjem. Nye ugras, først og fremst grasarter, vil dessutan kunne komme inn og skape nye problem.

#### 5.2.2 Konsekvensar for bruken av ugrasmiddel

Endringane i ugrassituasjonen vil krevje større bekjempingsinnsats. Dersom vi samstundes får restriksjonar på stubbharving og haustpøying for å redusere erosjonsfaren, vil denne ekstra innsatsen krevje endå meir bruk av ugrasmiddel. Mekanisk reinsking i radkulturar blir på grunn av meir nedbør vanskelegare å få gjennomført til rett tid, og verknaden av kvar radreinsking vil av same årsak bli mindre. Dette vil føre til auka behov for bruk av ugrasmiddel.

I grasmark, vårkorn, potet og konkurransesterke grønssakkulturar i høve til ugras, til dømes kålvekstane, vil sterkare og jamnare utvikling av kulturplantene dels kunne motverke auka ugrasvekst, det vil gi om lag same ugrasmiddelbehovet som i dag.

Haustkorndyrking krev ugrassprøyting både haust og vår. Utviding av haustkornarealet vil såleis auke behovet for ugrassprøyting. Det same gjeld dyrking av haustoljevekstar, som er mindre konkurransesterke enn våroljevekstane. Dyrking av vårraps i staden for vårryps, gir av same grunn auka behov for ugrassprøyting. Mais er mindre konkurransesterk enn til dømes korn, og sukkerbete er mindre konkurransesterk enn til dømes potet. Både mais og sukkerbete har følgeleg større behov for ugrasreinhald enn tradisjonelle kulturar og vil derfor krevje meir bruk av ugrasmiddel, dels også behov for andre middel enn dei som er godkjende hos oss i dag. Mindre konkurransesterke grønssakkulturar, som til dømes laukvekstar og gulrot, vil også få auka behov for bruk av ugrasmiddel på grunn av sterkare konkurranse frå ugraset.

### Oppsummering

Totalt sett vil auka bekjempingsbehov på grunn av gunstigare vilkår for ugrasutviklinga, mogleg overgang til meir dyrking av mindre konkurransesterke kulturar, kanskje også vanskelegare forhold for mekanisk Reinhald, føre til at behovet for bruk av ugrasmiddel truleg vil bli 50-100 % høgare enn dagens behov.

### 5.3 Plantesyjukdomar

#### 5.3.1 Verknader på utviklinga av plantesyjukdomar

Stigande temperatur og meir nedbør i veksetida, vil føre til betre vilkår for utvikling av soppsyjukdomar på kulturplantene våre. Som eit døme på det, er potettørråte i dag sjeldan i Nord-Noreg og i fjellbygdene i Sør-Noreg på grunn av at temperaturen i veksetida er for låg. I innlandsfylka Hedmark og Oppland er behovet for sprøyting mot tørråte langt mindre enn i dei meir nedbørrike distrikta på Sørlandet og Vestlandet. Epleskurv er eit anna døme på ein soppsyjukdom som treng nedbør og høg luftråme for spreiding og smitting av bladverk og eplefrukt.

Eit varmare og fuktigare klima vil dessutan føre til auka problem med bakteriesjukdomar. Det same gjeld for virusjukdommar, først og fremst på grunn av gunstigare vilkår for smitteoverføring med vektorar som bladlus.

#### 5.3.2 Konsekvensar for bruken av soppmiddel

##### Eng og beite

I dag blir det ikkje brukt soppmiddel i eng og beite, og det er liten grunn til å vente sprøyting mot soppsyjukdomar i desse kulturane i eit endra klima.



### Korn

Det blir før tida sprøyta 1-2 gonger med soppmiddel i kornåker. Haustkorndyrking krev fleire sprøytingar. I Danmark og Tyskland blir såleis haustkorn sprøyta mot stråknækkar både om hausten og om våren og 2-3 gonger mot blad- og akssjukdomar i veksetida. Auka haustkorndyrking vil dessutan føre til auka smittepress og auka sprøytebehov mot visse soppjukdomar også i vårkorndyrkinga, til dømes mjøldogg og rustsjukdomar. Det er såleis sannsynleg at behovet for bruk av soppmiddel i kornåker kan auke med 100-200 %.

### Oljevekstar

Det er i dag lite soppsprøyting i oljevekstar. Utvida oljevekstdyrking, og spesielt introduksjon av haustoljevekstar, vil føre til auka behov for soppsprøyting. Etter røynslar frå Danmark, Tyskland, Nederland og Storbritannia kan det bli nødvendig med 1-2 sprøytingar.

### Potet

Som alt nemnt vil behovet for tørråtesprøyting auke drastisk. Tørråteutsette område vil utvidast til å omfatte også indre og høgareliggjande strok i Sør-Noreg og dessutan Nord-Noreg, der tørråte sjeldan er noko problem i dag. Det vil kunne bli nødvendig med minst dobbelt så mange sprøytingar (4-6) mot potettørråte i høve til dagens behov (2-3).

Grønsaker og rotvekstar vil bli meir utsette for soppjukdomar i eit varmare og fuktigare klima. Lengre vekstsesong, to årlege avlingar og "lagring" i åkeren vil forsterke sjukdomsproblema. Det er rimeleg å vente minst 100 % auke i behovet for soppmiddel i desse kulturane. Eventuell sukkerbetedyrking vil dessutan krevje relativt mykje sprøyting mot bladflekksjukdomar.

### Frukt og bær

Her må vi rekne med at behovet for soppmiddel vil auke med 100-200 %.

Veksthuskulturar vil truleg bli lite påverka av eit klimaskifte. Det vil såleis knapt bli vesentlege endringar i bruken av soppmiddel til veksthus-grønsaker og prydplanter i kontrollert klima.

## Oppsummering

Totalt sett må vi rekne med at gunstigare vilkår for sjukdomsangrep og overgang til dyrking av meir sjukdomsutsette kulturar vil føre til at behovet for soppmiddel vil auke med minst 100 % i høve til dagens behov.

### 5.4 Skadedyr

#### 5.4.1 Verknader på skadedyrutviklinga

Temperaturstiginga vil gi skadedyra gunstigare utviklingstilhøve, bl.a. lengre angreps-tid, fleire generasjonar pr. år og sikrere overvintring. Mange arter vil få utvida sitt utbreiingsområde innan landet, og vi må rekne med å få inn arter som i dag har nord-grensa si på kontinentet. Vi har i dag 15-20 skadedyr (insekt og middar) som ikkje høyrer til vår frilandsfauna, men som er etablerte i våre veksthus. Ein reknar med at transport med planter er den viktigaste årsaka til denne innvandringa, men vi kjenner også døme på naturleg spreiring via luftvegen. Dei skadedyra som har fått fotfeste i veksthusa våre, er organismar som frå naturen si side, på grunn av levevis og naturleg motstandskraft, er vanskelege å bekjempe med kjemiske middel. Nokre av desse innvandrarane kan også etablere seg og leve på planter utandørs om sommaren. Det er grunn til å tru at enkelte av dei organismane som lever på planter utandørs om sommaren, også kan overvintra utandørs, dersom vi får eit frostfritt vinterklima eller temperaturar rundt 0 °C. Veksthusmjøllus som overvintra utandørs på Sørlandet 1988-89 er eit døme på dette.

#### 5.4.2 Konsekvensar for bruken av skadedyrmeddel

##### Eng og beite

I dag blir det sjeldan brukt skadedyrmeddel i grasmark til fôr, og det er liten grunn til å vente endring i dette. I frøproduksjon vil klimaendringa føre til auka behov for skadedyrmeddel. Areala til grasfrø vil imidlertid også etter klimaendringa vere små.

##### Korn

Dei viktigaste skadedyra i dag er bladlus, bladminerfluger og trips. Klimaendringa vil særleg gjere vilkåra gunstigare for bladlus. Bladlus kan overvintra i haustkorn, noko som i sin tur kan føre til auka smittespreiring av virus. Bl.a. gallmygg vil gjere seg vesentleg meir gjeldande enn i dag. I haustkorn må vi rekne med brakkfluge som ein ny betydeleg skadegjerar.



### Oljevekstar

I dag er jordlopper og glansbille dei einaste skadedyra som det er behov for å bekjempe kjemisk. Her vil vi i tillegg få ei snutebille og ein gallmygg som betydelege skadegjerarar.

### Grensaaker og rotvekstar

Viktige skadedyr som gulrot-, lauk- og kålfluger må ein vente vil kunne utvikle 2-3 mot i dag 1-2 generasjonar pr. år. Dermed blir det behov for fleire sprøytingar. Arter som i dag berre førekjem i sørlege distrikt, vil få større geografisk utbreiing.

### "Nye kulturar"

Bladlus er eit særst brysamme skadedyr som virusvektor i sukkerbete, som derfor er ein kultur det vert brukt mykje skadedyrmiddel i.

### Frukt

Klimaendringa vil truleg føre til at skadedyrproblema i frukt vil bli langt større enn i dag og med tida bli nokså like dei som i dag finst i Nord-Tyskland, Nederland og England. Vi må rekne med at til dømes epleviklar vil gi årvisse angrep og krevje årvisse sprøytingar. I dag gjer dette insektet skade berre i år der kveldstemperaturen er over 15-16 °C. Dessutan aukar faren for at vi får inn nye arter/rasar som vi i dag ikkje har.

### Bær

Lengre veksesesong vil truleg føre til større utbreiing av rotsnutebiller i jordbær. Frostfrie vintrar kan gjere at enkelte sugande skadedyr blir større problem.

### Veksthus

Den viktigaste spreinga innanlands av innvandra skadedyr skjer i dag med transport av plantemateriale frå gartneri til gartneri. Dersom desse innvandra skadedyra kan leve utandørs heile året, vil dette føre til eit større smittepress på veksthuskulturane og større behov for bekjemping.

### Oppsummering

Totalt sett må vi rekne med at gunstigare utviklingstilhøve for skadedyra og overgang til dyrking av meir skadedyrutsette kulturar vil føre til at behovet for skadedyrmiddel vil auke med minst 100 % i høve til dagens nivå.

## **5.5 Konsekvensar for bruken av vekstregulerande middel**

Det aller meste av vekstregulerande middel blir brukt i korn. Bruken er knytta til bestemte sortar for å kunne ta ut mest mogleg av avlingspotensialet. Gunstigare utviklingsvilkår for kornplantene og overgang til meir haustkorn dyrking vil, isolert sett, kunne føre til auka behov for vekstregulerande middel. Men utviklinga og tilpassinga av nye sortar vil likevel truleg heller føre til at behovet for slike middel i korn vil bli kraftig redusert i framtida.

## **5.6 Konsekvensar ved fastfrysing av plantevernmiddebruken til dagens nivå**

Med det auka bekjempingsbehovet som ei klimaendring vil føre til, er det liten grunn til å rekne med nokon særleg avlingsauke som følgje av betra veksevilkår dersom plantevernmiddebruken vert fastfrosen til dagens nivå. I mange høve vil planteproduksjonen truleg bli ulønsam på grunn av for store tap etter angrep av eller konkurranse frå skadegjerarar med dagens relativt sette låge plantevernmiddebruk. Denne vurderinga er gjort ut frå dagens kunnskapar og teknologi.

## **5.7 Handlingsplan for redusert bruk av kjemiske plantevernmidde**

Ei arbeidsgruppe nedsett av Landbruksdepartementet i samråd med Miljøverndepartementet for redusert bruk av kjemiske plantevernmidde har vurdert miljømessige og agronomiske sider ved dagens bruk av kjemiske plantevernmidde (Del I, 1989) og utarbeidd forslag til 5-årig handlingsplan (Del II, 1990). Handlingsplanen tek sikte på å redusere bruken av kjemiske plantevernmidde så langt det er forsvarleg, slik Stortinget har bede om. Eit overordna mål i handlingsplanen er å fremje eit plantevern utan risiko for helse og miljø.

I tillegg til forslag om endra rammevilkår for godkjenning, omsetning og bruk av plantevernmidde, skisserer handlingsplanen ei rekkje tiltak for å auke innsatsen i FOU-verksemda, bl.a. på skadetersklar, prognosar og varsling av skadegjerarar, tilpassing av meir resistente/konkurransesterke sortar og utvikling av andre ikkje-kjemiske bekjempingsmetodar. Vidare er det fremja forslag om utbygging av funksjonstesting av plantevernutstyr og eit intensivert rådgivingsprogram.

Desse tiltaka, som alt er sette i gang, vil truleg kunne medverke til ei halvering av dagens bruk av kjemiske plantevernmidde. Eit auka bekjempingsbehov som følgje av klimaendringar, vil såleis ikkje føre til eit tilsvarande auka behov for bruk av kjemiske plantevernmidde. Truleg vil vi kunne makte å møte eit auka bekjempingsbehov grunna klimaendringa med ein innsats av kjemiske plantevernmidde tilsvarande dagens nivå, men likevel med ein monaleg redusert risiko for helse og miljø.



## 6 EROSIJON OG TAP AV NÆRINGSSTOFFER

### 6.1 Innledning

En fullstendig behandling av dette spørsmålet er en meget omfattende og til dels komplisert oppgave. Erosjon og næringsstofftap varierer innen vide grenser over korte avstander. I dette kapitlet gis en kort beskrivelse av de prosesser som virker inn og i hvilken retninger utviklingen forventes å gå. Etter hvert som en får resultatet av flere undersøkelser og bedre modeller for å simulere ulike klimaregimer, kan kvantifiseringen av prosessen bli bedre.

### 6.2 Virkning på erosjon

Under de klimaforholdene vi har nå, varierer erosjon innen meget vide grenser fra år til år og fra sted til sted. Å beskrive en endring i kg pr. dekar vil derfor ha liten mening sjøl med middeltall for relativt små områder. Å angi endringer i prosent vil også kunne bli misvisende da en neppe får økt erosjon på lite utsatte arealer, men samtidig en mer drastisk forverring på erosjonsutsatte arealer. Hvor mye erosjonen øker er også avhengig av bl.a. jordart, terrengform og driftsmåte. Klimaet er likevel en utløsende faktor i erosjonsprosessen.

En skal først kort omtale de viktigste enkeltfaktorene som forårsaker endringer i erodert mengde jord i den nye klimasituasjonen.

#### 6.2.1 Nedbør

Vurderingsgrunnlaget er en nedbørmengdeøkning på 15 % om våren, 10 % om sommeren og 5 % høst og vinter i innlandet. Nå er det ikke regnet med at jordfuktigheten vil endre seg nevneverdig om sommeren i og med at vegetasjonens forbruk av vann vil øke som følge av en temperaturstigning. Avrenningene, regnet som differansen mellom nedbør og forbruk av vann vil neppe øke nevneverdig. Enkelte nedbørepisoder kan imidlertid bli mer intense enn tidligere.

I dagens situasjon er det vanligvis liten erosjon om sommeren når jorda er dekket av planter. Jord med radkulturer vil imidlertid også da være mer utsatt når radene går på langs av fallet. Hvis klimaendringen fører til at en får større arealer av f.eks. mais, vil erosjonsrisikoen derfor likevel kunne øke også i vekstperioden. En omlegging av produksjonen til større areal radkulturer, vil derfor gi økt erosjonsrisiko.

Det er forventet at en kan få økt bygenedbør (konvektiv nedbør) i vekstperioden. Bygenedbøren har ofte en høy intensitet som overstiger jordas infiltrasjonsevne og vil dermed føre til økt overflateavrenning i korte perioder. Dette kan igjen føre til økt erosjon på utsatte arealer.

Nedbørsituasjonen utenom vekstperioden har stor betydning da forbruket av vann er lite og store arealer ligger ubeskyttet av plantedekke. I områder med snødekke om vinteren og en markert avsmeltningperiode om våren, har en i dag betydelig erosjon i snøsmeltingsperioden. Særlig utsatt er en der en i snøsmeltingsperioden også har tele som hindrer vanntransporten ned gjennom jorda.

Økt høstnedbør og en lengre periode med løs jord uten plantedekke, vil øke risikoen for erosjon på denne tiden.

#### 6.2.2 Temperatur

En temperaturstigning på 3,0 og 3,5 °C vinterstid ved henholdsvis kyst og innland, vil kunne føre til betydelig mindre snø, senere snølegging og større avrenning senhøstes og tidlig vår. Dette er en utsatt tid både med hensyn til erosjon og til tap av næringsstoffer. Episodene på Østlandet både vinteren 1988/89 og 1989/90 viser hvilke konsekvenser slike klimasituasjoner har. Det ble registrert uvanlig stor erosjon også på arealer der en vanligvis har moderat erosjon. Episodene oppsto under ugunstige nedbør- og temperaturforhold.

Den meget omfattende erosjonen som skjedde da, var forårsaket av en periode med frost og lite/ingen snø etterfulgt av mildvær og betydelig nedbør. I de områder og perioder da temperaturen ligger bare noen grader under frysepunktet, og hvor den med en klimaendring vil få en veksling mellom frost og mildvær, kan situasjonen bli betydelig forverret.

Når jord fryser og det dannes tele, trekkes vann opp til telefronten langs en potensialgradient som dannes inn mot telefronten der vann fryser. Frossen jord vil derfor kunne inneholde mer vann enn tien jord ved feltkapasitet, dvs. maksimalt innhold av vann i drenert jord i en likevektssituasjon. Når frossen jord tiner fra overflaten som følge av en mildværsperiode, vil det øverste jordlaget være overmettet med vann og svært ustabil. Jordlaget eroderes vekk meget lett ved snøsmelting og/eller regn.

Med snødekke vil en slik situasjon sjelden forekomme. Jord som er frossen før snøen legger seg, tiner som regel opp på grunn av jordvarmen når snøen isolerer mot atmosfæren. Det er grunn til å regne med at klimaendringene etter hvert vil føre til at jordtapet utenom vekstperioden vil øke om det ikke settes inn tiltak for å redusere erosjonen. Slike tiltak kommer en tilbake til.

En temperaturstigning i vekstperioden må ansees som positiv. Den øker plantenes vannforbruk og reduserer derved avrenningen og risikoen for erosjon. Det kan imidlertid være grunn til å peke på at et mildere klima kan føre til tidligere våronn og tilsvarende tidligere høsting. Med den praksis vi kjenner til fra de senere år med bearbeiding av jorda like etter at kornet er høstet, vil vi få en lengre periode om høsten da jorda er ekstra utsatt for erosjon. Med gradvis overgang til andre vekster og utnyttelse av de produksjonsmulighetene som en lengre vekstperiode gir, vil denne virkningen etter hvert



dempes. Overgang til vekster som vokser lenger utover høsten, vil kunne bidra til å dempe erosjonen.

Det er rimelig grunn til å anta at klimaendringene vil ha en varig karakter om det ikke settes inn betydelige mottiltak. Endringer pr. år vil imidlertid være så små i denne utviklingen at de er svært vanskelig å angi kvantitativt. Variasjonene vil fortsatt være langt større mellom år enn fra år til år i den langsiktige utviklingen.

### 6.2.3 Modellsimulering

Det er arbeidet med utvikling av modeller for simulering av erosjon og for vurdering av ulike tiltak. Det er tatt utgangspunkt i en amerikansk og en kanadisk modell basert på Universal Soil Loss Equation (USLE). En har forsøkt å simulere erodert mengde jord ved å sette inn nye klimadatasett. Det er i dag for tidlig å angi hvilke kvantitative endringer en vil få, da det forutsetter en bedre testing av de jordparametrene som skal inngå i modellen. En har imidlertid sett på om tendensen går i positiv eller negativ retning.

Erosjonen vil være avhengig av om en har tre eller ti mark som påvirker avrenningen. I begge tilfellene vil imidlertid erosjonen i modellbetraktningen øke i høstperioden. Det gjelder både total erosjon og ekstremverdiene. I vinterperioden gir modellen ingen økning av erosjonen, mens det er tendens til noe økning om sommeren. Forsåvidt bekrefter modellen slik den er i dag de vurderinger som er gjort på grunnlag av erfaringer og tidligere undersøkelser. En regner med at modeller vil bli et verdifullt hjelpemiddel når utprøvingen og tilpassingen til norske forhold er kommet noe lenger.

### 6.3 Tiltak som kan motvirke erosjon

Det foreligger etter hvert resultater fra en rekke undersøkelser av tiltak som kan redusere tap av jord og næringsstoffer fra arealer. Disse tiltakene vil også være effektive i den nye situasjonen som de antatte klimaendringer medfører. Tiltakene kan deles inn i grupper:

- virkning på jordstruktur
- virkning på avrenning.

En begrenser seg her til å omtale de mest effektive tiltakene innen hver gruppe.

Tiltak som gir en mer stabil jordstruktur og som hindrer løsrivelse av jordpartikler, er i første rekke redusert jordarbeiding, tilsetning av organisk materiale og redusert jordpakking.

### Jordarbeiding

De forventede klimaendringene vil i første rekke øke erosjonsrisikoen i perioden utenom vekstsesongen. På erosjonsutsatt jord er det derfor mest aktuelt å utsette jordarbeidinga til våren og redusere den mest mulig.

I løpet av sommeren vil tørking og fukting, planteveksten og den biologiske aktiviteten som foregår i jorda, utvikle en mer åpen struktur som letter vann- og luftomsetningen i jorda. Vannet trenger lettere ned og det reduserer overflateavrenningen. I forhold til nylig pløyd eller harvet jord er en jord med sprekker, markganger og rotkanaler fastere og mer erosjonsbestandig.

Undersøkelser bl.a. på Romerike viser at erodert mengde jord øker betydelig når jorda blir pløyd. Hvor stor økningen blir, avhenger i første rekke av de klimatiske forholdene det enkelte år. Med økt erosjonsrisiko høst, vinter og vår vil redusert jordarbeiding være et effektivt tiltak for å redusere erosjon.

Med overgang til redusert og/eller utsatt jordarbeiding, bruk av fangvekster og riktig valg av redskap, er det grunn til å regne med at en kan redusere jordtapet meget effektivt. På ikke bearbeidet jord vil erosjonen de fleste år reduseres ned mot null. På erosjonsutsatt jord bør også stubbharving som et ledd i ugrasbekjempelsen sløyfes.

### Tilførsel av organisk materiale

Tilførsel av kloakkslam på erosjonsutsatte områder vil øke infiltrasjonsevnen og redusere erosjonsrisikoen. Dette er dokumentert i en rekke forsøk. Husdyrgjødsel er også et egnet materiale, men tilført om høsten, vil den forårsake økt utvasking av næringsstoffer som finnes i gjødsla. Næringsholdig materiale skal som hovedregel tilføres jorda om våren eller i vekstperioden.

Utbyggingen av renseanlegg som nå foregår i stort omfang, vil øke mengden av slam betydelig. Dette bør i størst mulig grad utnyttes i jordbruket både for å redusere erosjonen og for å resirkulere næringsstoffene som finnes i slammet. SFT utarbeider nå nye retningslinjer for bruk av slam.

### Redusering av kjøreskadene

Økt overflateavrenning gir økt erosjonsrisiko. Kjøreskader på jord som følge av for tunge maskiner, pakking av jorda og redusert infiltrasjonsevne, øker overflateavrenninga. Kjøreskader oppstår også ved bruk av rimelig store maskiner når en kjører på jorda er for fuktig. Økt nedbør, særlig høst og vår, vil redusere antall dager da jorda er tørr nok for kjøring og bearbeiding.



Klimaendringene gjør at en må legge større vekt på å unngå kjøreskader. Det blir enda viktigere å velge jordarbeidingsystemer og redskap som kan bidra til å utvikle og bevare en god jordstruktur.

#### Kulturtekniske tiltak (kontrollert avrenning)

Vann som renner ukontrollert på overflata, river løs jordpartikler og har stor evne til å transportere suspendert materiale. Med økt nedbør og dermed økt avrenning utenom vekstperioden, vil det være behov for å sette inn kulturtekniske tiltak. Dette er tiltak som motvirker de negative virkningene overflateavrenning har. Det er i første rekke tale om avskjæringsgrøfter, inntakskummer for overflatevann, grasdekte vannveier, vegetasjonssoner og sikring av planeringskråninger (erosjonskråninger).

#### Avskjæringsgrøfter

Flomvann fra udyrket mark, veger og andre arealer, som renner inn på jordbruksarealer må fanges opp i avskjæringsgrøfter og ledes til resipient i sikre avløpssystemer. Både åpne og delvis lukkede system er aktuelle. Vannet føres videre i rør-lagte avløp med tette skjøter. Tiltaket er effektivt mot fårerosjon som ofte forårsaker stort jordtap.

#### Inntakskummer

På større jordbruksarealer vil overflateavrenning etter hvert samles i konsentrerte løp med stor risiko for erosjon. Etablering av inntakskummer knyttet til rør-lagte avløp er nødvendig. Avstanden mellom kummene må tilpasses de lokale jord- og terrengforhold. Dette er aktuelt tiltak i dag, men behovet vil forsterkes etter hvert som avrenningen utenom vekstsesongen øker.

#### Grasdekte vannveier

I erosjonsutsatte områder vil sikring av forsengkninger der overflatevann ofte renner, være effektivt for å motvirke erosjon. Tiltak kan gjennomføres ved å løfte plogen, evt. annen redskap, når feltet bearbeides. Det er også aktuelt å så til med gras i slike forsengkninger der det er ekstra stor graving i en avrenningssituasjon. Tiltaket har vist seg meget effektivt for å hindre omfattende graving på dyrket mark, men det utelukker ikke behovet for erosjonshindrende tiltak på tilgrensende arealer.

På større sammenhengende flater kan det også være aktuelt å legge inn avskjærende vannveier på tvers av fallet. Slike tiltak er lite brukt hittil, men de kan bli mer aktuelle i tilfelle overflateavrenning blir et større problem.

#### Vegetasjonssoner

Overflateavrenning ut mot vassdrag fører ofte med seg betydelige mengder partikulært materiale. Det har vært en tendens de senere år til å dyrke opp mest mulig av arealet som ligger helt ut mot vassdrag. Dette reduserer mulighetene for den naturlige renseprosessen som stadig foregår i en vegetasjonssone i kanten mellom dyrket mark og et vassdrag.

Både som landskapselement, biotop og renseanlegg er en vegetasjonssone interessant. Behovet for slike soner vil øke etter hvert som overflateavrenningen øker. Virkningen av vegetasjonssoner på stofftransporten er lite undersøkt i vårt land, men spørsmålet blir nå tatt opp til nærmere undersøkelse. Foreløpige undersøkelser tyder imidlertid på at tiltaket er interessant.

Foruten de nevnte tiltakene er virkningen av sedimentasjonsdammer tatt opp til undersøkelse. Det er grunn til å regne med at oppholdstiden for vannet i en slik dam må være lang for at den skal være effektiv. Det mest næringsrike partikulære materialet svever i vannet i lang tid og det er derfor nødvendig med lang oppholdstid for vannet i dammen for å få partiklene utfelt.

Generelt vil det være mest aktuelt å sette inn tiltak som hindrer at jord rives løs og kommer i bevegelse. Sjøl en forflytning av jord fra høgereliggende til lågereliggende områder er negativt ved at det reduserer produksjonspotensialet på de høgereliggende delene av arealet. Dette medfører at forurensningsrisikoen knyttet til avrenning og utvasking øker.

#### Sikring av erosjonsutsatte skrånninger

Dette tiltaket er nær beslektet med vegetasjonssoner. Slik disse er beskrevet foran, er de i første rekke beregnet på å redusere en forurensningstransport med overflatevann og sigevann ut mot et vassdrag. Med sikring av skrånningen er hovedhensikten å hindre at masser i skrånningen blir ustabile og føres ut i vassdraget. Særlig i forbindelse med planeringsfelt er ustabile skrånninger et problem. Grunnen til dette er at overflatevannet ofte ikke er tatt inn i egnete avløpssystemer, men renner ut over skråningskanten og graver ut denne. Dessuten er en usikret planeringskråning meget ustabil og utsatt for utrasing/utglidning.

Stabilisering av skrånninger skjer ved at det etableres inntaksanordninger for overflatevannet før det når skrånningen og at skrånningen tilsåes og ei tilplantes. Busker og trær med djupere rotsystemer armerer skrånningen bedre, men vegetasjonen må ikke bli så stor at en risikerer vindfall. Det skaper nye angrepspunkter for erosjon.



## 6.4 Sammenfattende om virkningen på erosjon

### I vekstperioden

Det forventes små endringer i mengden vann som renner av gjennom vekstperioden da økt nedbør oppveies av en økt vannomsetning (evapotranspirasjon). Erosjon i vekstperioden er i dag moderat når jorda er dekket av vegetasjon.

Enkelte nedbørsepisoder kan bli mer intense, flere mm pr. tidsenhet, enn tidligere og resultere i større risiko for erosjon.

Klimaendringer vil sannsynligvis føre til at det kan dyrkes mer varmekrevende vekster som f.eks. mais. Erosjon er også i dag mer omfattende i radkulturer (f.eks. potet), og en økning av arealet med radkulturer vil gi økt erosjon i utsatte områder.

### Utenom vekstperioden

Nedbør utenom vekstperioden forventes å øke, noe som vil føre til økt avrenning. Dette vil kunne føre til betydelig mer erosjon. I tillegg vil en hyppigere veksling mellom frost og mildvær øke risikoen for erosjon på grunn av en mer oppbløtt jordoverflate.

Mengden erodert materiale i de undersøkelsene som er utført, varierer i dag mellom null og flere hundre kilo pr. dekar. Det er ikke grunn til å regne med at erosjonen på grasdekte arealer, som i dag er meget liten, vil øke, bortsett fra de årene disse arealene pløyes opp. På arealer som er pløyd eller bearbeidet på annen måte om høsten, må en regne med at erosjonen kan øke betydelig i enkelte år. Det er de jordartene som i dag er mest erosjonsutsatte som også vil være det i framtida med de klimaendringene som er forventet.

Jordsmonnkartlegging vil etter hvert gi et godt grunnlag for å fastslå mer konkret hvor store arealer erosjonsutsatt jord det er tale om.

## 6.5 Virkning på tap av næringsstoffer

### 6.5.1 Generelt

Også denne prosessen er sammensatt av både positive og negative virkninger. Det er i scenariene regnet med at både nedbør og temperatur øker og at avrenningen totalt sett ikke endrer seg vesentlig i vekstperioden. Med noe økt jordfuktighet kan en imidlertid i kortere perioder og særlig i forbindelse med bygenedbør med høg intensitet, få intens avrenning. En regner likevel ikke med at endringene i nedbør vil gi store endringer i tap av næringsstoffer.

Klimaendringen vil føre til at produksjonspotensialet blir større og at dette betinger sterkere gjødsling og høyere næringsstoffomsetning i jorda. Med en fortsatt svingning

mellom mer nedbørfattige og mer nedbørrike år, vil en i enkelte år da produksjonen ikke utnytter de frigjorte og tilførte næringsstoffene, risikere større tap. Det blir enda viktigere å gjødsle etter behov og å praktisere delt gjødsling for å unngå overdosering og ekstra utvasking. Delt gjødsling vil si at en gir en basisgjødsling med N, P og K om våren og at en justerer N-mengden senere i vekstperioden ut fra utviklingen og behovet det enkelte år.

I perioder med sterk nedbør kan en også få utvasking av nitrogen, særlig tidlig i vekstperioden da det er betydelige næringsstoffmengder i jorda på grunn av gjødsling. Det er registrert tap på opptil 1-2 kg nitrogen pr. dekar i kornproduksjon i vekstperioden i ekstreme år.

Økt nedbørmengde utenom vekstperioden og samtidig høyere temperatur vil imidlertid føre til større risiko for tap av plantenæringsstoffer. Mineraliseringen av nitrogen vil ligge på et høyere nivå enn tidligere, og med større vanntransport gjennom jordprofilen, vil en risikere større nitrogentap med sigevannet.

### 6.5.2 Nedbryting av organisk materiale i jord

Et annet forhold knytter seg til den reduksjonen av organisk materiale en vil få i jorda med en høyere middeltemperatur gjennom året. Økt areal med åpenåker vil også føre til lavere innhold av organisk materiale i jorda. Sammenligner en norske forhold med de områdene som i dag har den samme middeltemperaturen som vi må regne med i fremtiden, må en regne med at innholdet av organisk materiale i jorda gradvis vil reduseres til ned mot halvparten av dagens nivå. Dette betyr en frigjøring av store mengder nitrogen, anslagsvis tre til fire hundre kilo pr. dekar i løpet av det aktuelle tidsrommet.

Innholdet av nitrogen i jorda ligger ofte mellom 500 og 800 kg/dekar. Dette betyr at opp til noen hundre kg nitrogen kan frigjøres pr. dekar i løpet av noen ti-år. I vekstperioden vil en del av dette kunne nyttes i planteproduksjonen, men en må i alle fall regne med større tap av nitrogen utenom vekstsesongen. Disse tapene synes å kunne bli langt større enn de tapene av nitrogen vi regner med år om annet i kornområdene i dag. Deler av dette nitrogenet vil renne av til grunnvann, vassdrag og sjø og deler vil tapes til atmosfæren. Fordelingen vil i stor grad avhenge av jordtilstanden.

En vesentlig virkning av temperaturstigningen er økningen i nedbrytningen av organisk materiale og frigjøringen av store mengder CO<sub>2</sub> som vil bidra til å øke innholdet av karbondioksid i atmosfæren. Innholdet av karbon er i størrelsesorden 5 tonn/dekar i jorda på Østlandet (Jordfag, 1990). I atmosfæren over ett dekar er det i størrelsesorden 1,5 tonn karbon. Økningen av karbon i atmosfæren ved nedbryting av organisk materiale kan derfor bli betydelig fra arealer. Dette vil bidra til å forsterke drivhus-effekten.

Redusert innhold av organisk materiale i jorda vil dessuten bidra til å nedsette vannkapasiteten og bindingskapasiteten for ulike stoffer i jorda, bl.a. tungmetaller, og



dermed øke vanntransporten gjennom jorda. Dette vil bidra til at risikoen for utvasking av stoffer kan øke noe.

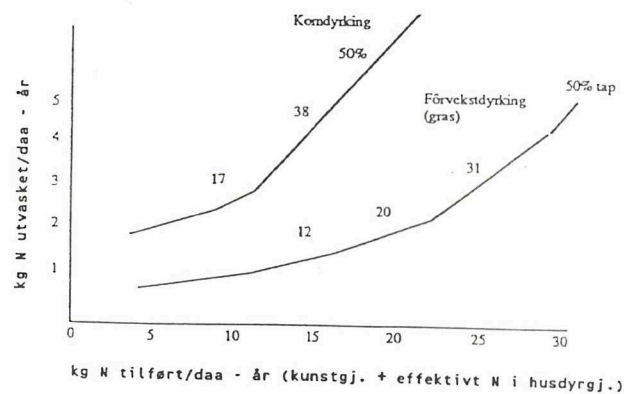
Det kan nevnes at organisk materiale har en positiv virkning i jord ved at det gir en mer åpen og bedre jordstruktur og derved øker infiltrasjonsevnen og stoffomsetningen i jorda.

En reduksjon av organisk materiale i størrelsesorden 50 % er derfor meget uheldig både for planteproduksjonen og for miljøet.

### 6.5.3 Tap av nitrogen grunnet økt gjødselbehov

Økning i temperaturen og en noe høyere jordfuktighet vil bidra til å øke avkastningen i planteproduksjonen. Dette vil igjen øke behovet for tilførsel av næringsstoffer, dvs. husdyrgjødsel og/eller kunstgjødsel. Hvor stor denne økningen blir, vil kunne leses ut av tabeller for forventet avling.

Tapet av nitrogen øker noe med stigende gjødselmengder, men det er først når en overstiger det optimale gjødselsnivået at tapet øker i stadig sterkere grad. Se fig. 6.1.



Figur 6.1. kg N utvasket i forhold til N tilført. Tallene på kurvene angir hvor stor % av siste kg N tilført som går tapt (Jordfag, 1990)

Mer usikkert er det i hvilken grad og hvor raskt det legges om til andre vekstslag som kan utnytte de endrede vekstforholdene. Det er neppe grunn til å regne med at et økt gjødselforbruk vil føre til vesentlig større utvasking av næringsstoffer i vekstperioden under forutsetning av at gjødseldoseringen nøye tilpasses behovet og justeres i samsvar med været i vekstperioden det enkelte år.

### 6.5.4 Tap av fosfor

Virkningene av en klimaendring på tapet av fosfor er mer knyttet til overflateavrenning. En stor del av fosforet tapes som partikulært bundet fosfor. Mengden som tapes vil derfor være avhengig av overflateavrenning og erosjon.

Det er grunn til å regne med at tapet av fosfor vil øke, særlig i perioder med økt erosjonsrisiko. Tapet av fosfor fra husdyrgjødsel spredd om høsten, vil også kunne øke i og med at en må regne med noe større avrenning i vekstperioden. Omlegging av gjødslingsrutinene vil kunne hindre dette.

### 6.6 Tiltak som kan motvirke tap av næringsstoffer

Tiltak som kan bidra til å redusere tapet av næringsstoffer er til dels sammenfallende med dem som er nevnt for erosjon. Tapet av løste stoffer skjer i stor grad også gjennom jordprofilen, særlig gjelder dette nitrogen. Tiltak i denne sammenheng må derfor legge særlig vekt på å hindre at det er overskudd av næringsstoffer på og i jorda og som kan fraktes med vannet når avrenning skjer.

Tiltakene vil derfor i første rekke dreie seg om:

- riktig gjødsling
- minst mulig frigjøring av næringsstoffer utenom vekstperioden
- bruk av fangvekster.

#### Gjødselplanlegging

Tiltaket er høgt prioritert allerede i dag, men må prioriteres enda sterkere pga. de forventede klimaendringene. Med et høyere avlingspotensial som følger av høyere temperatur, vil behovet for gjødsling øke. Det er en reell fare for at næringsstofftapene vil kunne bli større enn i dag. Gjødselplanlegging må bli basert på oppdatert næringsstilstand i jorda, forventet avling og risiko for utvasking.

Delt gjødsling til alle vekster blir nødvendig for å tilpasse næringsstofftilgangen til utvikling og vekst det enkelte år. Forventet avling vil alltid være høy. Når været det enkelte år tilsier at en ikke når forventet avling, må tilleggsgjødslingen, med nitrogen, nedjusteres slik at det blir samsvar mellom tilført gjødselmengde og virkelig avling det aktuelle året. Delt gjødsling har allerede vist seg å være et effektivt tiltak (Skorge, 1990).

Gjødselplanlegging er et interessant tiltak også rent økonomisk for produsentene.

Næringsstofftap i form av løste stoffer omfatter i sterkest grad nitrogen. Høyere temperatur høst, vinter og vår vil øke nedbrytningen av organisk materiale og mineraliseringen av nitrogen i jorda. Høyere sigevannsavrenning vil føre til at nitrogen, særlig nitrat, vaskes ut i større mengder enn tidligere.



Dette kan unngås ved at en reduserer omsetningen i jorda mest mulig, dvs. reduserer jordarbeidingen. Ved redusert jordarbeiding øker innholdet av organisk materiale i jorda, vannkapasiteten i jorda øker og risikoen for utvasking reduseres. Tiltak mot erosjon vil derfor også virke positivt på tapet av løste stoffer i avløpsvannet.

Den klimaendring som er forutsatt med høyere temperatur, vil øke nedbrytningen av organisk materiale. Resultatet er utvasking av store mengder nitrogen og frigjøring av store mengder karbondioksid i løpet av noen tiår. Denne prosessen er det neppe mulig å unngå, men redusert jordarbeiding vil føre til at innholdet av organisk materiale i jorda holdes høyere enn det ville være med tradisjonell jordarbeiding. Dette vil også i noen grad redusere frigjøringen av karbon, men det vil ikke hindre at store mengder overføres til atmosfæren.

#### Fangvekster

Sammenligner en med situasjonen i land lenger sør og som i dag har mildere vintrer, er utvasking av nitrogen utenom vekstperioden et vesentlig problem. I våre naboland er det derfor allerede innført bestemmelser om såkalte grønne marker. Dette består i at det etableres eller vedlikeholdes vegetasjon som vokser utover høsten og tar opp de næringsstoffene som etter hvert frigjøres i jorda. En slik plantebestand vil også ta opp noe vann, og derved reduseres vannmengden som siger gjennom jorda.

Risikoen for tap av næringsstoffer reduseres.

Under norske forhold har det vært vanskelig å etablere ny plantebestand etter at hovedavlingen er høstet. Vekstperioden har vært for kort. Den plantebestand som da skal overta etter at hovedveksten er høstet, har derfor vært sådd tidlig på forsommeren. Utviklingen i klimaet vil være avgjørende for hvilke muligheter som vil foreligge for å etablere ny plantebestand etter høsting, evt. for å gå over til vekster med lengre veksttid.

Grønne marker vil være positivt for å redusere erosjon og tap av næringsstoffer. Det er i dag vanskelig å angi hvilken praksis som må følges med hensyn til å arbeide dette plantematerialet inn i jorda igjen. I dag skjer det i sørligere strøk ofte i desember - januar for å få frigjort nitrogenet i rett tid til å bli tilgjengelig for neste års produksjon.

Det er nødvendig med grundige undersøkelser før det kan gis sikker informasjon om praktisk gjennomføring og vurdering av slike tiltak.

### 6.7 Sammenfattende om virkningen på tap av næringsstoffer

De undersøkelser som er gjennomført vedrørende tap av næringsstoffer fra arealer, viser meget store variasjoner fra år til år. Variasjonene i været er hovedårsaken til dette.

Mildere vintrer med økt mineralisering av nitrogen i en periode uten eller med moderat plantevekst og høyere nedbør, vil øke tapet av næringsstoffer. Samtidig får en økt nedbrytning av organisk materiale, noe som også bidrar til å øke tapet av nitrogen. Nitrogentapet er i dag størst fra åpenåkerarealene, og en forventer størst økning her som følge av større sigevannmengder. Anslagsvis kan tapet øke med en til to kg pr. dekar i de mest utsatte områdene.

Høyere avkastning og sterkere gjødsling i vekstperioden vil også øke risikoen for tap av nitrogen. Denne økningen vil være moderat så lenge en gjødsler etter behov det enkelte år.

Tapet av fosfor vil i store trekk følge tapet av jord. Det skjer i dag et tap av fosfor som følge av utfrysing fra friskt plantemateriale. Det er liten grunn til å regne med at tapet av fosfor fra eng og beitearealer vil øke nevneverdig.

Avgjørende for tapenes størrelse blir i siste omgang graden av tiltak som settes inn for å begrense tapene av både nitrogen og fosfor.

### 6.8 Sammenfattende vurdering

#### Erosjon

Erosjon omfatter løsrivelse av jord og transport av jord. Løsrivelsen skjer i perioder med intenst regn og særlig når jorda er nylig bearbeidet og har en løs struktur. Jord uten vegetasjon er mer utsatt enn jord med permanent plantedekke.

Klimaendring i retning av mildere vintrer og mer avrenning vil øke risikoen for avrenning og erosjon. Særlig vil en veksling mellom frost og tining av det øverste jordlaget ha en uheldig virkning.

Det er grunn til å anta at arealer med permanent grasdekke fortsatt vil være godt beskyttet mot erosjon. Erodert mengde jord er ubetydelig. Når eng pløyes opp og fornyes, er det sjanse for økt erosjon. Tidspunktet på året er avgjørende for hvor stort tapet kan bli. De arealene som i dag er mest erosjonsutsatte, kan få betydelig større erosjon ved den antatte klimaendringen. Mest utsatt vil en være høst og vår.

Erodert mengde jord på utsatte arealer varierer i dag mellom null og flere hundre kg pr. dekar årlig. En har ikke grunnlag i dag for å angi hvilken økning en må regne med og hvor store arealer som kan bli berørt.



Omfattende erosjon om høsten skjer i hovedsak der jorda er pløyd eller harvet etter innhøsting. Redusert jordarbeiding, ingen jordarbeiding eller evt. jordarbeiding bare om våren vil kunne redusere erosjonen til akseptabelt nivå, kanskje med 80 - 90 %. Tiltak mot ukontrollert overflateavrenning vil også være svært effektivt.

Valg av jordarbeidingsystem må velges ut fra jordart og produksjon på det enkelte sted.

#### Tap av næringsstoffer

Mildere vintror og noe mer nedbør vil føre til at risikoen for utvasking og tap av næringsstoffer øker. Økt byggenedbør i vekstperioden kan også føre til at mengden sigevann og overflatevann vil øke i kortere perioder (episoder).

Tapet av næringsstoffer i vekstperioden vil imidlertid neppe øke vesentlig. Størst tap forventes i tilknytning til nedbryting av organisk materiale og økt mineralisering av nitrogen høst og vår. Det vil også føre til meget betydelige tap at mengden av organisk materiale i jorda avtar som følge av høyere temperaturer. Reduksjon av organisk materiale med anslagsvis 50 % betyr frigjøring av 200 - 400 kg N pr. dekar i løpet av ca. 30 år.

Fosfortapet er sterkt knyttet til erosjon og vil øke i takt med erodert mengde jord. Her vil også ulike tiltak kunne redusere virkningene av en klimaendring.

Nedbryting av organisk materiale i jorda vil også frigjøre store mengder karbon i form av karbondioksid. Dette kan forsterke de forventede klimaendringene.

Tiltakene som settes inn mot tap av næringsstoffer er gjødselplanlegging foruten redusert jordarbeiding som gir lavere N-mineralisering og bedre vannhusholdning i jorda. Bruken av gjødsel varierer mye i dag, og det er vesentlig at overdosering opphører. Delt gjødsling i tillegg kan redusere N-tapet anslagsvis med 1 - 2 kg pr. dekar i enkelte år.

Det blir dessuten viktig å velge vekster som utnytter den forlengede vekstperioden og tar opp mest mulig av de næringsstoffer som frigjøres.

Kontroll med overflateavrenning blir viktig for å kunne hindre konsentrert erosjon. Gjødselplanlegging og delt gjødsling er et viktig hjelpemiddel for å unngå overdosering og restmengde av næringsstoffer i jorda etter at veksten er avsluttet.

## 7 PLANTEPRODUKSJON I UTLANDET

Ovanfor er omtala korleis avlingsnivået i Noreg kan auka monaleg hos dei fleste jord- og hagebruksvekstane som følgje av klimaendringa. Jamvel om ein tek omsyn til dei auka kostnadene som følgjer med, spesielt til plantevernmiddel, vil det økonomiske resultatet i jord- og hagebruksproduksjonen isolert sett auka. Om dette i praksis vil kunna gi ein auke i norsk jordbruks konkurransekraft, og dermed utveggar til lønnsam utviding av norsk produksjon, vil vera avhengig av konsekvensane klimaendringa vil få for planteproduksjonen i Europa og verda elles. Nedanfor er konsekvensane for planteproduksjonen i Europa og andre verdsdelar vurderte på biologisk grunnlag. Dette er nytta vidare og lagt til grunn for utrekning av dei økonomiske konsekvensane i kapittel 8.

### 7.1 Europa

Lengre veksetid, høgare temperatur og meir nedbør vil kunna betra dei klimatiske vilkåra for planteproduksjon i Nord- og Mellom-Europa. Men også fordampinga aukar ved ei slik klimaendring, og i heile Vest-Europa kan ein venta mindre plantetilgjengeleg vatn om sommaren, medan markvatnet vinterstid helst kan auka (Washington & Meehl, 1989). I dei nordvestre delane av kontinentet og på dei britiske øyane gir ei klimaendring høve til å ta vekstar som t.d. mais og solvendel meir i bruk. Førvekstar kan òg gi større grøder, medan kornavlingane helst kan minke på grunn av høgare temperatur, som fører til snøggare utvikling av plantane (IPCC, 1990). Nye areal kan takast i bruk til kornproduksjon i Storbritannia (Carter & Parry, 1984).

I Sør-Europa er sommartørken sterkare, og områda kring Middelhavet er haldne for å verta mest utsette ved ei klimaendring (IPCC, 1990). Portugal, Spania, Italia og Hellas har ca. 40 % av jordbruksarealet på i alt 1 250 mill. dekar i EF. Desse landa står for 20-25 % av korn-, potet- og sukkerproduksjonen, om lag 60 % av oljevekstar, grøn-saker, frukt og vin og så godt som all sitrusfrukt (Eurostat, 1989). Alt etter føresetnadene er avlingane på uvatna jordbruksareal i Italia og Hellas rekna å kunna gå ned med 5 til 36 % (IPCC, 1990).

EF har vore nettoeksportør av matvarer sidan 1975-76. Det går no for seg ein omfemnande analyse av produksjonspotensialet i EF-landbruket med tanke på agronomiske, sosio-økonomiske og miljøretta spørsmål (Rabbinge, 1990). Om ein legg reint økonomiske, helst kortsiktige føresetnader til grunn, kunne EF vera sjølvforsynt med matvarer ved å nytta om lag 40 % av noverande jordbruksareal (Rabbinge, pers. oppl.). Med eit slikt overskott av areal, og ved ei klimaendring som helst gir ei betring av potentialet i nord, er det helst rom for både å dekkje ein eventuell produksjonsnedgang i sør og å ta andre omsyn enn dei reint økonomiske.

I Aust-Europa unnateke Sovjetsamveldet er det i alt 700 mill. daa jordbruksareal. Dyrka-jorda utgjør 3,6 daa per innbyggjar mot 2,1 i EF-landa, og medrekna beitemark er tala i sin tur 5,2 og 4,0 daa (FAO, 1987). Prognosane for ei klimaendring tyder ikkje på at



denne delen av Europa skulle komma dårlegare ut enn EF-landa. Jordråmen om sommaren kan like gjerne verta uendra eller litt betre i Aust-Europa (Washington & Meehl, 1989). Høgare temperatur vil jamt over vera uheldig for kornavlingar også i Aust-Europa, men varmekrevjande vekstar som t.d. mais og soyabønne kan få større rom.

EFTA-landa har i alt om lag 150 mill. daa jordbruksareal, og dyrkajorda utgjør 2,5 av i alt 4,6 daa jordbruksareal pr. innbyggjar (FAO, 1987). Storparten av arealet ligg i Norden eller høgt over havet. Slike område vil få den relativt største føremonnen av eit varmare klima.

I Sovjetsamveldet vil ei klimaendring helst føra til eit større produksjonspotensial. Til dømes er agroklimatiske grenser for yms jordbruksproduksjon rekna å flytta seg dobbelt så langt mot nord i Sibir som i Aust-Canada (IPCC, 1990). Jordråmen sommarstid syner i nyare modellrekning ein auke for storparten av det sovjetiske land-området (Washington & Meehl, 1989). Kornavlingar er rekna å auka med 14 og 20 % i sin tur for område på 50 °N ved Volga og på 60 °N vest for Ural. Nord for Svartehavet og til Baltikum er det heller rekna med ein nedgang i kornavlingar på 5-7 % (IPCC, 1990). Nokon otte for klimaendring av omsyn til landbruksproduksjonen synest det hittil heller ikkje å ha vore (Budyko & Sedunov, 1988).

## 7.2 Andre verdsdelar

Også i andre delar av verda har kornavlingane fått størst interesse i vurderinga av ei klimaendring. Dei endringane som kjem av dårlegare vasstilførsle, kan seiast å vera tilsvarende i fôrvekstar og beitebruk. Dei største, negative utslaga er oppgitt til 20-40 % mindre avling av kveite i Nære Austen. I Sambandsstatane er det rekna med 4-25 % lågare maisavlingar alt etter landsdel, men også med ein liten avlingsauke i nord ved dei store sjøane. Kveiteavlingane på dei halvtørre slettene i vest vart i modellrekning ikkje reduserte med meir enn 2-3 %. Både for mais og kveite var den positive verk-naden av auka karbondioksidkonsentrasjon da lagd inn. For Canada sitt vedkommande går spånadene stor sett i retning av lågare avlingar på dei noverande jordbruksareala, men utsikter til avlingsauke lengst i nord (IPCC, 1990).

I Mexico og Mellom-Amerika er maisavlingane rekna å minka med 5-25 %. Talfesting for Sør-Amerika vantar for det meste, men også der er det regionale skilnader og spånader om både auke og nedgang. Også for Afrika er det få talfestingar, men både i Vest-Afrika og Nordaust-Afrika må ein i somme område rekna med monalege reduksjonar. For Aust-Afrika og det sørlege Afrika er vurderinga nokså uviss.

I Kina kan det vera utsikter til både auke og nedgang, men helst ein auke i korn-avlingane under eitt. Nord og sentralt i India vantar ein nedgang i kveiteavlingar, medan risavlingar kan auka monaleg. Også Sørøst-Asia og Japan kan venta seg auka ris-avlingar, medan vasstilgangen til vintergrødene i Sørøst-Asia kan verta ringare.

På Ny-Zealand reknar ein med generell auke i produksjonspotensialet, medan Australia vil få både auke og nedgang alt etter landsdel.

Det må strekast under at det er inga allmenn semje om kvar i verda og i kva omfang det kan verta eit monaleg redusert produksjonspotensial på grunn av dårlegare vass-tilgang. Samandraget ovanfor er såleis nokre trekk frå slik det er framstelt av klima-panelet under SN på grunnlag av tilgjengelege opplysningar (IPCC, 1990).

Nokre område som no er nettoeksportørar av matvarer, er også spådde redusert jordråme ved klimaendring. Dei er: (1) delar av Vest-Europa, (2) sørlege delar av Sambandsstatane, (3) Nord-Argentina og (4) Vest-Australia (IPCC, 1990).

Ei anna gruppe landområde er dei som er sagt å verta meir tørkeutsette, og som samstundes sjølve har dei dårlegaste vilkåra for å brødfø seg. Dei er: (1) Maghrib, (2) Vest-Afrika, (3) Somalia og delar av Etiopia, (4) det sørlege Afrika, (5) Vest-Arabia, (6) Sørøst-Asia, (7) Mexico, (8) Mellom-Amerika og (9) delar av Aust-Brasil (IPCC, 1990).

## 7.3 Konklusjon

For verda under eitt vil jamvel ei stor klimaendring ikkje endra matproduksjonen på avgjerande vis. Dei fleste vekstane vil på grunn av auka karbondioksidkonsentrasjon produsere meir med same mengd vatn, og i tempererte område vil dei klimatiske vilkåra generelt verta betre. Men dårlegare vassforsyning er det grunn til å venta fleire stader, og dette er regionalt alvorleg nok. Også temperaturstigning, og dermed lengre veksetid i tempererte og kjølige område, kan føra til regionale skifte i planteproduksjonen.

Noreg vil vera blant dei landa som relativt sett får størst betring i klimatiske vilkår for planteproduksjon. Likevel vil jordbruksarealet vårt ha trongare klimatiske grenser enn areala på det nordeuropeiske kontinentet. Om det skulle komma strengare restriksjonar på bruken av visse driftsmiddel, vil det relativt sett styrkja Noreg også etter ei klimaendring. Produksjonspotensialet er auka, og vilkåra for eit noko friare planteval er betra. Mot dette verkar likevel ein større trong til plantevernemiddel som følgje av klimaendringa.



## 8 TILPASSING AV JORDBRUKSPRODUKSJONEN TIL DE ENDRÅ KLIMA-VILKÅRA - ØKONOMISKE UTREKNINGER

### 8.1 Innledning

Det biologiske produksjonsgrunnlaget (kapittel 2-6) definerer mulighetsområdet for landbruksproduksjonen i Norge. Omfanget og sammensettinga av landbruksproduksjonen er i tillegg bestemt av de institusjonelle forholda<sup>1</sup> og de relative produkt- og innsatsfaktorprisene.

De forventede totale endringene i matvareproduksjonen i verden synes å bli små, sjøl om det kan oppstå store regionale variasjoner (kapittel 7). Endringene i prisene på verdensmarkedet som følge av klimaendringene vil derfor sannsynligvis også bli små. Store regionale variasjoner kan føre til økt institusjonell usikkerhet både nasjonalt og internasjonalt, noe som igjen kan føre til økt behov for stabilitet og sikkerhet i den norske matvareforsyninga. Slike vurderinger ligger imidlertid utafor ramma til denne rapporten.

Stabil matforsyning er en av målingene for den norske landbrukspolitikken i dag. Ved sjøl å produsere deler av den maten Norge trenger, vil landet være mindre sårbart for bl.a. endringene i institusjonelle forhold og tilpassing til endra klima ellers i verden. I utrekingene i dette kapitlet er det derfor forutsatt at det fortsatt vil finnes mål for hvor stor del av det innenlandske matforbruket som skal dekkes av det norske landbruket. To ytterpunkt i et slikt sjølforsyningsperspektiv på produksjonstilpassing for det norske landbruket under endra klimaforhold er:

1. Uendra produksjonsmål for hvert fylke, dvs. at hvert fylke har det samme produksjonsomfang og -sammensetting som i 1989.
2. Full dekning av etterspørselen på det innenlandske markedet for viktige produkt det er mulig å produsere i Norge.

Samfunnsøkonomisk er det ønskelig at disse måla for landbruksproduksjonen blir oppfylt så rimelig som mulig. En måte å oppnå løysinger som tilfredsstiller dette kravet, er å velge en rekne måte der kostnadene ved landbruksproduksjonen minimeres ved de gitte produksjonsmåla under varierende klimaforhold. De totale kostnadene for landbruksproduksjonen som framkommer under ulike tilpassingsmåter vil i prinsippet indikere kostnadene ved samfunnsmessige mål for matproduksjonen i Norge, deriblant kravet til ei stabil matvareforsyning under ulike klimaforhold. Tolkninger av resultatene ved de ulike alternativene er ikke uten problem.

<sup>1</sup> Institusjonelle forhold omfatter både den generelle organiseringa av samfunnet og spesielle tiltak som setter grenser for hvordan institusjonene virker. Eksempel på slike tiltak er skjerming, kanalisering og ulike støttetiltak.

F.eks. vil en sammenlikning av den første tilpassing med dagens klima og den andre tilpassing under endra klimaforhold avhenge både av klima- og kanaliseringseffekter.

Ei vurdering av effektene av endra klimaforhold må ta utgangspunkt i samme produksjonstilpassing, mens ei vurdering av hva slags tilpassing som er ønska, må ta utgangspunkt i samme klimaforhold. For å gjøre denne partielle betraktningsmåten lettere, presenterer vi derfor et mellomalternativ til de to ytterpunktsalternativa - ei fri tilpassing med omsyn til fylkesvis lokalisering av produksjonen, men der produksjonsomfanget for heile landet er avgrensa til dagens nivå.

Ved hjelp av utrekinger på Modellbrukssystemet (som legges til grunn under jordbruksforhandlingene) er virkningene av klimaendringa på kostnadene pr. produsert eining av viktige jordbruksvarer utrekna. Viss disse produksjonskostnadene er lågere enn prisene på verdensmarkedet, vil det kunne være mulig å eksportere norske landbruksvarer uten stønad. Denne framgangsmåten gir derfor informasjon om klimaendringa vil gi grunnlag for eksport av norske landbruksvarer.<sup>2</sup> En fordel med den valgte framgangsmåten er at modellresultata ikke avhenger av antakelser om verdensmarkedsprisene for matvarer. Dette gjør det mulig for de ulike beslutningstakerne å sammenlikne kostnadene ved de to tilpassingsmåtene og vurdere eksportmulighetene med å bruke egne forventninger om verdensmarkedsprisene.

De økonomiske utrekingene ellers er foretatt ved bruk av sjølforsyningsmodellen. Sjølforsyningsmodellen er godt egna til å analysere problemstillingene innafor klimaprojektet (f.eks. regional fordeling, bruk av innsatsfaktorer og arealdisponering). Dette avspeiles i den typen problemstillinger sjølforsyningsmodellen opprinnelig er konstruert for å analysere, f.eks. "Hvordan bør produksjonssammensettingen i jordbruket og lagerhold av matvarer og produksjonsmidler være når det ønskes økt sjølforsynings-evne og det samtidig legges betydelig vekt på økonomiske resultatmål" (Godli, 1988, s. 10).

### 8.2 Kort om sjølforsyningsmodellen

Sjølforsyningsmodellen er en lineær programmeringsmodell som opprinnelig ble utvikla av NILF på oppdrag av NLVF for å se på matvareberedskapen under ulike forhold (Godli, 1988). Lineære programmeringsmodeller kjennetegnes med en lineær målfunksjon og et sett med lineære skranker og produksjonsprosesser.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Med eksportmulighetene for norsk landbruk i denne sammenhengen menes mulighetene for å konkurrere prismessig på tradisjonelle marked for landbruksvarer. Mulighetene for eksport av økologisk produserte matvarer er ikke vurdert i denne sammenhengen, men mulighetene for nisjeproduksjon av enkelte økologiske produserte matvarer kan være til stede (se NILF, 1990a).

<sup>3</sup> Lineære programmeringsmodeller er omtalt i mer detalj i vedlegg 1. Spesielt interesserte henvises til f.eks. Chiang (1980) eller Intriligator (1971).



I den utgava for sjølforsyningsmodellen som er nytta for klimaprojektet, er formålet å velge den kombinasjonen av produksjonsprosesser som minimerer kostnadene ved landbruksproduksjonen gitt ett av de to produksjonsmåla. F.eks. for den første produksjonsmålssettinga blir dagens produksjonsnivå for hvert fylke skrankene for de respektive fylka, og målfunksjonen er å velge den blandinga av prosesser som gjør at dette målet nås på billigst mulig måte.

Graden av kompleksitet i modellen illustreres bl.a. med at innafør hvert fylke er det om lag 50 husdyrproduksjonsprosesser og mellom 1 og 5 klimasoner. I hver klimasone er det mellom 5 og 20 planteproduksjonsprosesser. Sjøl med mellom 50 og 100 prosesser pr. fylke, er det foretatt en del sammenslåinger av produksjonsprosessene i sjølforsyningsmodellen, spesielt med omsyn til frukt, bær og en del grønnsaker, og kjøttproduksjon der det eneste skillet er lyst og mørkt kjøtt.<sup>4</sup>

I sjølforsyningsmodellen ble det antatt at de konstante skalafordelene (jfr. vedlegg 1) som ligger implisitt i lineære programmeringsmodeller ikke ville være noe problem. De viktigste årsakene til denne antakelsen er at de relative kostnadene ved produksjonen for hvert fylke varierer med hvor stor del av arealet som finnes i de ulike klimasonene med påfølgende variasjon i avlingskoeffisientene.

Med kostnadsminimering av landbruksproduksjonen som målfunksjon gitt ulike produksjonsmål, vil den optimale løysinga bestå av de areala innafør fylkene (tilpassing 1) eller mellom fylkene (tilpassing 2) som er relativt sett best egna for de ulike produksjonene.

Bruken av den fylkesvise utgava av sjølforsyningsmodellen gjør det i prinsippet mulig å finne fram til de regionale sysselsettings- og arealbruksvirkningene som følger av klimaendringene. Små forskjeller i størrelsen på noen av koeffisientene i sjølforsyningsmodellen mellom fylker kan føre til at store deler av en produksjon blir lagt til et fylke. Dette er ikke et spesielt fenomen for sjølforsyningsmodellen, men et generelt problem med regionale lineære programmeringsmodeller. Det fylkesvise omfanget av ulike husdyr- og planteproduksjoner må derfor ikke tolkes for bokstavelig hvis slike løysinger inntreffer, men heller ses på som en sær egenhet ved bruken av lineære programmeringsmodeller.

Ei anna årsak til at den fylkesvise lokaliseringa av produksjonen for heile landet kan bli av typen "alt eller ingenting" er at denne utgava av sjølforsyningsmodellen ikke opererer med transportkostnader. Med transportkostnadene på innsatsfaktorer og produkter lagt inn i modellen, ville fordelinga av produksjonen på fylker blitt sterkere bundet til forbruket i fylket og dermed jevnere og riktigere fordelt utfra de samla produksjons- og transportkostnader. Tidsramma for prosjektet og fysiske grenser for størrelsen på modellen har ført til at transportprosessene ikke er inkludert i denne utgava av sjølforsyningsmodellen.

<sup>4</sup> For videre detaljer om sjølforsyningsmodellen og tallgrunnlaget for denne, vises det til Godli (1988).

I samme retning virker også bruken av importert kraftfôr til produksjonen av de lyse kjøttslaga (gris og fjørfe). Fordi det importerte kraftfôret og kraftfôr produsert i Norge kan brukes i hvilket som helst fylke, er det mulig at den kraftfôrkrevende produksjonen kan bli konsentrert til noen få fylker med låge alternativverdier på andre produksjonsfaktorer.

### 8.3 Nye vekster som følge av endra klima

I følge avsnitt 2.2 er mais og sukkerbeter vekster det blir klimatisk mulig å dyrke i Norge, særlig under klimascenariet "stor" endring. Det er ikke laga egne prosesser for disse vekstene i denne utgava av sjølforsyningsmodellen. Årsaka til det er at kostnadsstrukturen til disse produksjonene gjør at de ikke blir lønnsomme. Høstkorn er det heller ikke laga prosesser for. Den større avling som høstkorndyrking gir grunnlag for, er således ikke kommet til uttrykk i resultatene. Innført i modellen ville dette sannsynligvis gitt noe mindre behov for kornareal og totalt areal, samt noe mindre totale kostnader i berekningsresultata. Ei nærmere drøfting av innføring av nye vekster finnes i vedlegg 2.

### 8.4 Resultata av utrekningene

#### 8.4.1 Grunnlaget for utrekningene

Innafor enkelte prosesser varierer deler av arbeidskraftforbruket med arealbruken og/eller avlingsnivået pr. arealeining. Kostnadene er gjennomsnittskostnader for forskjellige bruksstørrelser og like i samme sone i heile landet, før justering av avlingsnivået til fylkestall. Med målssettinga om kostnadsminimering for produksjonen, følger det at antall årsverk i landbruket kommer til å bli forskjellig fra dagens nivå. I sammenlikninga mellom alternativa er de samfunnsmessige kostnadene forbundet med at noen personer blir overført fra å være sysselsatt til å motta trygd holdt utenfor. Vi vurderer det slik at kostnadene ved et eventuelt generelt mål om høg sysselsetting ikke skal bli belastet enkeltsektorene. I berekningene er det forutsatt en timelønnsats på 74 kroner som tilnærma tilsvarer inntektsmålet i jordbruket i 1989.



Utgangspunktet for modellutrekningene er 1989-normalårsavlingene<sup>5</sup>. Prinsippa for oppdatering av koeffisientene i denne utgava av sjølforsyningsmodellen til de endra klimaforholda er:

1. Avlingsnivået i planteproduksjonene i fylkene er justert i samsvar med måten som er omtalt i avsnitt 4.2.1. Det innebærer at modellen rekner med forskjellig avlingsnivå for samme vekst i samme sone i forskjellige fylker dersom normalårsavlinga er forskjellig og/eller fordelinga av veksten på klimasoner er forskjellig. Eksempel på avlingsnivåer som blir brukt i modellen er vist i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Eksempel på ulike avlingsnivå i samme klimasoner på grunn av forskjellige normalårsavlinger eller ulik fordeling på klimasoner (kg/daa)

	Normalårs- avling	Avling i klimasonene							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Bygg, kg		450	425	400	350	300	250		
Østfold	386	474	447	421	368	316	263		
Oppland	332	511	483	455	398	341	284		
Nord-Trøndelag	304	446	421	396	347	297	248		
Eng, kg tst		1250	1200	1150	1050	900	750	600	450
Akershus	587	687	660	632	577	495	412	330	247
Buskerud	501	893	857	822	750	643	536	429	322
Aust-Agder	479	532	509	489	447	382	319	255	192
Finnmark	320	877	843	807	738	632	527	421	316
Potet, kg		3400	3200	2900	2600	2300	2000	1700	1400
Hedmark	2543	3434	3232	2929	2626	2323	2020	1717	1414
Vestfold	2925	3469	3265	2959	2653	2347	2041	1735	1429
Sør-Trøndelag	1869	2810	2645	2397	2149	1901	1653	1405	1157
Hordaland	2012	2698	2540	2302	2063	1825	1587	1349	1111

2. Den avlingsavhengige delen av arbeids- og kapitalkostnadene for de ulike prosessene er anslått i prosent, slik at auka avlinger fører til en auke i disse kostnadene. Et eksempel på slike arbeidskostnader er høstingskostnadene for gras, mens lagerkostnadene til kornproduksjon er et eksempel på avlingsavhengige kapitalkostnader.

<sup>5</sup> Normalårsavlingene for ett år er snitt avlingsmengde pr. arealeining for de ulike vekstene i hvert fylke, og er bestemt av den eksisterende teknikken det året og snitt værmessige dyrkingsforhold for fylket. Lineær trend på 3 års glidende gjennomsnitt over 12 år er nytt (Godli, 1988).

3. Den klima- og avlingsavhengige delen av andre driftskostnader enn arbeids- og kapitalkostnadene er anslått. Begge disse delene er tilordna en justeringsfaktor. Et eksempel på den klimaavhengige delen av disse kostnader er utgiftene til plantevernmidler, mens utgiftene til handelsgjødsel er et eksempel på avlingsavhengige driftskostnader.
4. Kalibrering av modellen. Dette innebærer ei justering av koeffisientene i prosessene slik at modellen gir produksjonen for 1989 når normalårsavlingene for 1989 er nytta.

Det er vanskelig å fastslå virkningene av den teknologiske utviklinga for de ulike produksjonene. Teknologien er derfor antatt å være på 1989-nivået for de ulike prosessene. Årsaken til at denne framgangsmåten er nytta, er også at beregningene da vil gi den isolerte effekt av klimaendringene. I utrekningene er det heller ikke tatt hensyn til at en i husdyrproduksjonen vil kunne redusere bygningskostnadene som en følge av klimaendringa. I avsnitt 8.4.7 om "Etterspørselseffekter av endringer i relative produksjonskostnader" er det sett nærmere på utslaget av dette.

Ei vurdering av sannsynligheten for at de ulike alternativene skal være kostnadmessig likeverdige når differansen mellom produksjon for alternativene dekkes gjennom import, krever kjennskap til prisnivået for de varene en vurderer å importere. Prisene i tabell 8.2 skal ikke tolkes som absolutte prisgrenser, men heller som en indikator på verdensmarkedets matvareprisnivå for en del sentrale produkt.

Tabell 8.2 Priser for en del sentrale matvarer (Kilde: Tabell 67, s. 97 og s. 107, FAO, 1990)

Vareslag	Pris (kr/kg)*	Type pris
Matkveite	1.20	Eksportpris - USA
Bygg	0.67	Lagerpris - Canada
Havre	0.75	"
Potet	0.87	Til produsent - Danmark
Kjøtt:		
okse, ku, kalv (slakt)	9.76	Argentina - eksportpris (1988)
okse, ku, kalv (beinløs)	18.83	Australia - eksportpris
lam (prima slakt)	16.18	New Zealand - London grossist
kylling (levende vekt)	6.22	Vest-Tyskland - til produsent
gris (slakt)	11.34	EEC - grossist
Smør	29.11	Dansk - London grossist

\* Snitt pris 1989 (viss anna årstall ikke er angitt). Kurs: 1 US \$ = 7 Nkr.

De neste underavsnittene presenterer tilpassinga for landbruket under de ulike produksjonsmåla.



### 8.4.2 Tilpassing ved uendra produksjon i omfang og slag for hvert fylke

Dette avsnittet viser produksjonstilpassinga under endra klimaforhold når produksjonsmålet for hvert fylke er satt lik dagens produksjon (1989) og kostnadene i jordbruksproduksjonen minimaliseres. Virkinga av klimaendringene på det fulldyrka areal i bruk, kornarealet, noen utvalgte husdyrproduksjoner (mjølk, sau, gris og broiler), sysselsettinga og de totale kostnadene, er vist på fylkesnivå og for heile landet.

#### 8.4.2.1 Produksjonsareal

Tabell 8.3 Klimaeffekter på produksjonsarealet, 1000 da\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	750	566 (75)	609 (81)
Akershus	782	563 (72)	541 (69)
Hedmark	1 024	760 (74)	706 (69)
Oppland	862	470 (55)	441 (51)
Buskerud	357	196 (55)	195 (55)
Vestfold	422	383 (91)	403 (95)
Telemark	215	163 (76)	162 (75)
Aust-Agder	96	75 (78)	74 (78)
Vest-Agder	102	74 (73)	73 (71)
Rogaland	528	407 (77)	355 (67)
Hordaland	278	204 (73)	194 (70)
Sogn og Fjordane	309	218 (71)	209 (68)
Møre og Romsdal	401	272 (68)	265 (66)
Sør-Trøndelag	587	390 (66)	368 (63)
Nord-Trøndelag	685	488 (71)	461 (67)
Nordland	412	255 (62)	224 (54)
Troms	200	137 (69)	114 (57)
Finnmark	84	43 (51)	34 (40)
<b>Totalt</b>	<b>8 094</b>	<b>5 664 (70)</b>	<b>5 428 (67)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallene i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

Klimaendringene fører til at totalt nytta fulldyrka areal går ned til 70 % for "mest sannsynlig endring og 67 % for stor endring i forhold til dagens fylkesvise fordeling av arealet. Arealbehovet reduseres mest fra nåværende klima til klimaet etter mest sannsynlig endring. Dette skyldes både at CO<sub>2</sub>-effekten ligger inne i begge endringsalternativa og at effekten av temperaturauken fra mest sannsynlig endring til stor endring er forholdsvis liten i de beste sonene. For begge klimaalternativa, er nedgangen i det nytta arealet størst i Nord-Norge, Trøndelagsfylka, Buskerud og Oppland. I følge avsnitt 2.2 er det i deler av disse regionene at klimaet i dag virker mest begrensende på produksjonen. Ei bedring av klimaet i disse områda vil derfor føre til ei større relativ bedring av vekstvilkåra for planteproduksjon og dermed avlingsnivået. Det er dette som er årsaka til større relativ nedgang i arealet i disse fylkene.

Også behovet for kornareal går betydelig ned til alternativet med sannsynlig klimaendring. Dette skyldes avlingsauken. Forskjellen mellom sannsynlig og stor endring er liten, og mindre enn venta, men skyldes at husdyrprosesser med auka bruk av kraftfôr er kommet inn i større omfang ved stor endring. Tabell 8.4 viser klimaeffektene på kornarealet.

Tabell 8.4 Klimaeffekter på kornarealet (i 1000 da)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	659	497 (75)	543 (82)
Akershus	679	487 (72)	468 (69)
Hedmark	630	538 (85)	497 (79)
Oppland	284	171 (60)	161 (57)
Buskerud	243	114 (47)	114 (47)
Vestfold	355	333 (94)	355 (100)
Telemark	95	86 (91)	86 (90)
Aust-Agder	12	10 (83)	10 (77)
Vest-Agder	11	8 (73)	8 (77)
Rogaland	44	44 (100)	33 (74)
Hordaland	1	1 (100)	1 (68)
Sogn og Fjordane	1	1 (100)	1 (68)
Møre og Romsdal	26	13 (50)	12 (46)
Sør-Trøndelag	156	105 (67)	95 (61)
Nord-Trøndelag	311	240 (77)	226 (73)
Nordland	3	2 (67)	2 (49)
Troms	0	0 (-)	0 (62)
Finnmark	0	0 (-)	0 (-)
<b>Totalt</b>	<b>3 510</b>	<b>2 650 (75)</b>	<b>2 611 (74)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallene i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

\*\* Prosent av null er ikke definert. Dette er indikert i tabellene med (-)

Nedgangen i kornarealet på 25 prosent i det mest sannsynlige alternativ innebærer at gjennomsnittsavlinga i modellberegningen må ha auka med 35 prosent (sida produksjonsvolumet er holdt konstant). Avlingsauken grunna CO<sub>2</sub>-innhald og auka temperatur ligger i størrelsesordenen 23-43 prosent, avhengig av art og område. Når nedgangen i kornareal synes å ligge i overkant av hva som kunne ventes utfra avlingsauken, skyldes dette en vridning av produksjonen av korn over på arealer med høg avling.

### 8.4.2.2 Sysselsetting

Den neste tabellen viser effekten av klimaendringene på sysselsettinga i landbruket. Begge klimaalternativa viser lågere sysselsetting enn det som er tilfelle under dagens klimaforhold, både for landet og for hvert enkelt fylke.

Som nevnt i underavsnitt 8.4.1, er arbeidskraftforbruket i landbruket aukende både med omsyn til produsert mengde og dyrka areal. I følge tabellene 8.3 og 8.4 var nytta fulldyrka areal og kornareal mindre for stor endring enn for mest sannsynlig endring. Med uendra produksjon i de to klima-alternativa, går arbeidsforbruket ned for mest sannsynlig endring og ytterligere ned for stor endring. Når nedgangen i arbeidsforbruk er mindre enn nedgangen i areal, skyldes dette at spesielt for engdyrking er den arealavhengige del forholdsvis liten og at arbeidsforbruket i husdyrproduksjonen i liten grad påvirkes av klimaendringen.

Tabell 8.5 Klimaeffekter på sysselsettinga (i årsverk)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	4066	3573 (88)	3675 (90)
Akershus	3667	3136 (86)	3082 (84)
Hedmark	7021	6524 (93)	6390 (91)
Oppland	8758	8212 (94)	8164 (93)
Buskerud	3033	2603 (86)	2598 (86)
Vestfold	2587	2391 (92)	2435 (94)
Telemark	2008	1923 (96)	1918 (96)
Aust-Agder	1103	1045 (95)	1044 (95)
Vest-Agder	1585	1555 (98)	1554 (98)
Rogaland	11987	12389 (103)	11802 (98)
Hordaland	4834	4754 (98)	4722 (98)
Sogn og Fjordane	5088	4980 (98)	4968 (98)
Møre og Romsdal	6233	6124 (98)	6109 (98)
Sør-Trøndelag	7138	6937 (97)	6904 (97)
Nord-Trøndelag	7963	7612 (96)	7567 (95)
Nordland	4702	4614 (98)	4595 (98)
Troms	2430	2392 (98)	2378 (98)
Finnmark	688	661 (96)	653 (95)
<b>Totalt</b>	<b>84891</b>	<b>81404 (96)</b>	<b>80559 (95)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallene i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

### 8.4.2.3 Totale produksjonskostnader

Produksjonskostnadene er forventet å auke med størrelsen på avlinga og det dyrka arealet. Arealet går betydelig ned. Sjøl om varmere klima fører til større kostnader til bruk av sprøytemidler, og større avlinger forutsetter auke i kunstgjødselbruk, er det derfor rimelig å rekne med at de totale produksjonskostnadene for endra klima er lågere enn dagens nivå, gitt produksjonsmålet (dagens fylkesvise produksjon i omfang og sammensetting).

Resultatene går fram av tabell 8.6.

Tabell 8.6 Klimaeffekter på de totale produksjonskostnadene (i millioner kr)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	2173	2003 (92)	1996 (92)
Akershus	1461	1289 (88)	1281 (88)
Hedmark	2598	2283 (88)	2250 (87)
Oppland	2352	2129 (91)	2118 (90)
Buskerud	947	835 (88)	835 (88)
Vestfold	1058	957 (90)	954 (90)
Telemark	626	582 (93)	582 (93)
Aust-Agder	339	325 (96)	325 (96)
Vest-Agder	507	494 (97)	494 (97)
Rogaland	3625	3676 (101)	3525 (97)
Hordaland	1354	1310 (97)	1308 (97)
Sogn og Fjordane	1272	1225 (96)	1224 (96)
Møre og Romsdal	1611	1545 (96)	1541 (96)
Sør-Trøndelag	2019	1902 (94)	1892 (94)
Nord-Trøndelag	2205	2052 (93)	2040 (92)
Nordland	1209	1138 (94)	1126 (93)
Troms	593	565 (95)	555 (93)
Finnmark	183	166 (90)	162 (88)
<b>Totalt</b>	<b>26132</b>	<b>24476 (94)</b>	<b>24208 (92)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallene i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

De totale kostnader i jordbruksproduksjonen vil gå ned med 1,7 milliarder kroner som følge av klimaendringen etter det mest sannsynlige alternativ, og med 1,9 milliarder etter alternativet med stor endring. Herav utgjør nedgangen i arbeidsforbruk hhv. 0,4 og 0,6 milliarder kroner. Nedgangen er relativt sett størst i fylkene med stor nedgang i areal. En stor del av kostnadene i jordbruket er bundet til husdyrproduksjonen og denne holdes her uendret. Dette gjør at nedgangen i kostnader blir forholdsvis liten relativt sett.



### 8.4.3 Uendra produksjonsomfang for heile landet -- frigjøring av regionale bindinger<sup>6</sup>

Dette avsnittet viser produksjonstilpassinga under endra klimaforhold når produksjonsmålet for hvert fylke er fritt, men når produksjonsomfanget for heile landet holdes uendra. Når de regionale skrankene for produksjonen fjernes, flyttes produksjonen til den regionen hvor den kan skje med minst kostnader. Årsaker til at den regionale fordelinga ikke har blitt løyst på en tilfredsstillende måte er omtalt i avsnitt 8.1. Følgelig skal resultatene for den regionale lokaliseringa av produksjonen ikke tillegges for mye vekt, spesielt i "alt-eller-ingenting" tilfellene. I løysingene for klimaendringene er det mange slike tilfeller. Fylkesvise resultater er derfor bare unntaksvis presentert.

Ei oppheving av de fylkesvise produksjonsmåla i modellen fører til at produksjonen kan justeres mer i det enkelte fylke ved endra klima. Følgelig blir nedgangen i areal større både ved mest sannsynlig og stor endring i denne berekning enn berekningen foran. Avlingsøkningen som klimaendringen gir kan nyttes ut bedre.

#### 8.4.3.1 Produksjonsareal

Tabell 8.7 Klimaeffekter på produksjonsarealet (i 1000 da)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	751		
Akershus	779		
Hedmark	801		
Oppland	582		
Buskerud	439		
Vestfold	425		
Telemark	165		
Aust-Agder	91		
Vest-Agder	149		
Rogaland	530		
Hordaland	292		
Sogn og Fjordane	277		
Møre og Romsdal	503		
Sør-Trøndelag	591		
Nord-Trøndelag	759		
Nordland	152		
Troms	4		
Finnmark	1		
<b>Totalt</b>	<b>7291</b>	<b>5035 (69)</b>	<b>4595 (63)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallet i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

<sup>6</sup> Ei sammenlikning av kolonnene "Nåværende klima" i tabeller med samme tabelloverskrift i dette avsnittet og avsnitt 8.4.2. viser virkninga av å flytte produksjonen dit den er billigst fra et foretaksøkonomisk synspunkt.

Effekten av at de fylkesmessige måla for produksjonen er oppheva, gjør at produksjonen flyttes dit den kan foregå med lågest foretaksøkonomiske kostnader. Planteproduksjon er sterkt klimaavhengig. Sammenlikning av kolonna "Nåværende klima" i tabellen ovafor med den tilsvarende kolonna i tabell 8.3 viser at:

1. Det er store endringer mellom de ulike fylka. Fylker med en stor del av arealet i klimasonene 6, 7 og 8, har fått redusert det nytta dyrkingsarealet mest, mens en tilsvarende auke har funnet sted for fylker med en stor del av arealet i klimasonene 3, 4 og 5. F.eks. har dyrka areal i Nord-Norge gått ned fra 696,000 daa til 157,000 daa, og i prosent har denne nedgangen vært størst i Finnmark.
2. Totalt nytta dyrkingsareal går ned fra 8,094,000 daa til 7,291,000 daa. Dette skyldes at produksjonen flyttes til areal med de relativt høyeste avlingstall. Dette gjenspeiler seg i den fylkesvise flyttinga av produksjonen (punkt 1 ovafor).

Effektene av endra klima på tilpassingsmønsteret er noe mindre når produksjonen ikke er avgrensa til et bestemt fylke (2 129 000 dekar i tabell 8.8 til sannsynlig endring og 2 353 000 dekar i tabell 8.3). Dette skyldes at produksjonen i tabell 8.8 er lagt til de beste områder der avlingsøkningen er mindre.

Kornarealet går betydelig ned i alternativet med sannsynlig endring, men noe mindre ned ved stor klimaendring. Det siste skyldes at modellen velger mer kraftfôrkrevende husdyrproduksjonsprosesser ved stor klimaendring.

Tabell 8.8 Klimaeffekter på kornarealet (i 1000 da)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	300		
Akershus	733		
Hedmark	584		
Oppland	466		
Buskerud	423		
Vestfold	262		
Telemark	140		
Aust-Agder	83		
Rogaland	83		
Sogn og Fjordane	144		
Sør-Trøndelag	31		
<b>Totalt</b>	<b>3249</b>	<b>2129 (66)</b>	<b>2353 (72)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallet i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

\*\* Fylker som kommer ut med null i produksjonsomfang under det nåværende klimaet, og som fortsatt har null i produksjonsomfang under endra klimaforhold er utelatt fra tabellen

### 8.4.3.2 Husdyrproduksjon

Klimaendringene i seg sjøl virker ikke direkte inn på avdråten i husdyrproduksjonen, men virker indirekte på økonomien, ved at produksjoner basert på egenprodusert fôr legges til de regionene hvor de relative forholda ligger best til rette for fôrproduksjon. Produksjonen vil også bli lagt på de husdyrproduksjonsprosesser som er mest kostnadseffektive.

Tabell 8.9 viser tilpassinga i mjølkeproduksjonen og understreker dette poenget. Endra klima fører til at mjølkeproduksjonen blir flytta hovedsakelig til Vestfold, Rogaland, Hordaland og Nord-Trøndelag. Disse fylka tar de største grasavlinger i dag og beholder denne fordel etter klimaendringa. På samme måte produserer de fylka som har de beste dyrkingsforholda for korn, dette.

Tabell 8.9 Klimaeffekter på kutallet (i 1000 dyr)\*

Fylke	Kutall i 1989	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring		Stor endring	
Østfold	8	41	33	(82)	2	(5)
Akershus	8	1	0	(0)	0	(0)
Hedmark	20	14	0	(0)	0	(0)
Oppland	39	7	0	(0)	0	(0)
Vestfold	4	0	43	(-)	62	(-)
Telemark	4	1	0	(0)	0	(0)
Vest-Agder	8	12	0	(3)	0	(3)
Rogaland	58	59	113	(189)	125	(210)
Hordaland	21	32	45	(141)	53	(164)
Sogn og Fjordane	26	12	1	(8)	1	(8)
Møre og Romsdal	36	42	9	(21)	5	(11)
Sør-Trøndelag	35	45	6	(12)	5	(12)
Nord-Trøndelag	35	64	87	(134)	84	(130)
Nordland	25	7	0	(0)	0	(0)
<b>Totalt</b>	<b>350</b>	<b>337</b>	<b>337</b>	<b>(100)</b>	<b>337</b>	<b>(100)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til talla i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

\*\* Fylker som kommer ut med null i produksjonsomfang under det nåværende klimaet, og som fortsatt har null i produksjonsomfang under endra klimaforhold er utelatt fra tabellen

I berekningene er det lagt inn prosesser med mjølkeytelse opp til 6 000 liter. Denne ytelsessranken på 6 000 liter gjør at kutallet for landet ikke går ned i alternativet med sannsynlig og stor endring i tabell 8.9.

For svin og fjørfe er det ingen forskjeller mellom alternativene. Ved fri tilpassing av produksjonen av mørkt kjøtt reduseres sauetallet fra 1 057 000 til 477 000.

### 8.4.3.3 Sysselsetting

Tabell 8.10 viser at arbeidskraftbehovet vil gå ned med ca. 4 000 årsverk som følge av klimaendringen. Nedgangen er om lag den samme ved sannsynlig og stor endring. Nedgangen er noe mindre enn i alternativet foran der produksjonsomfanget i de enkelte fylker er bundet til 1989-nivå (tabell 8.5). Virkningen av klimaendringen er imidlertid mindre enn virkningen av opphevinga av bindinga av produksjonsomfanget i de enkelte fylker.

Tabell 8.10 Klimaeffekter på sysselsettinga (i årsverk)\*

Fylke	Arbeids- forbruk 1989**	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring		Stor endring	
Østfold	4066	9043				
Akershus	3667	2779				
Hedmark	7021	4153				
Oppland	8758	2678				
Buskerud	3033	1245				
Vestfold	2587	3266				
Telemark	2008	1207				
Aust-Agder	1103	515				
Vest-Agder	1585	1978				
Rogaland	11987	10057				
Hordaland	4834	5560				
Sogn og Fjordane	5088	2588				
Møre og Romsdal	6233	6888				
Sør-Trøndelag	7138	8044				
Nord-Trøndelag	7963	11371				
Nordland	4702	8349				
Troms	2430	87				
Finnmark	688	164				
<b>Totalt</b>	<b>84891</b>	<b>79975</b>	<b>75880</b>	<b>(95)</b>	<b>76157</b>	<b>(97)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til talla i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

\*\* Arbeidsforbruk forutsatt uendret 1989 produksjon i de enkelte fylker og kostnadsminimalisering, tabell 8.5



#### 8.4.3.4 Totale produksjonskostnader

Tabell 8.11 Klimaeffekter på de totale produksjonskostnadene (i millioner kr)\*

Fylke	Nåværende klima	Mest sannsynlig endring	Stor endring
Østfold	4452		
Akershus	1069		
Hedmark	1179		
Oppland	868		
Buskerud	512		
Vestfold	1019		
Telemark	333		
Aust-Agder	148		
Vest-Agder	484		
Rogaland	2365		
Hordaland	1317		
Sogn og Fjordane	690		
Møre og Romsdal	1670		
Sør-Trøndelag	1950		
Nord-Trøndelag	2729		
Nordland	1710		
Troms	20		
Finnmark	2116		
<b>Totalt</b>	<b>24631</b>	<b>22636 (92)</b>	<b>22406 (91)</b>

\* Tall i parentes viser % i forhold til tallene i kolonna "Nåværende klima", 100 = ingen endring

Tabell 8.11 viser at klimaendringen vil føre til en nedgang i de totale kostnadene i jordbruket med 2,0 milliarder kroner (8 prosent) etter det mest sannsynlige alternativ og med 2,2 milliarder kroner (9 prosent) ved stor endring. Kostnadsreduksjonen blir noe større enn når produksjonen bindes til det nåværende nivå i fylkene.

#### 8.4.4 Større dekning av etterspørselen på det innenlandske markedet for viktige produkt det er mulig å produsere i Norge

Dette avsnittet viser produksjonstilpassinga under endra klimaforhold når produksjonsmålet for hvert fylke er fritt, og når produksjonsomfanget for heile landet er auka mot en større dekning av den innenlandske etterspørselen. Utrekningene er bare foretatt for mest sannsynlig klimaendring.

I dette alternativet er det rekna med 20 % auke i det innenlandske produksjonsmålet for frukt og for bær med 30 % auke. Det er vidare rekna med full dekning av den innenlandske etterspørselen for kveite. Norge bruker i dag om lag 68,000 tonn norskproduert kveitemjøl, hovedsaklig som matmjøl. Det innenlandske forbruket er på om lag 300,000 tonn, slik at auken i den innenlandske kveiteproduksjonen blir om lag

232,000 tonn i året. Norge importerer i dag om lag 450 mill. føreiningar med kraftfôr, hvorav 150 mill føreiningar er proteinrikt kraftfôr der fortsatt import er rekna. Dette betyr at den innenlandske produksjonen av fôrkorn blir auka med et tall tilsvarende 300 mill. føreiningar.

Tabell 8.12 viser at med den forutsatte utvidelse av produksjonen vil arealbehovet auke fra 5,0 til 7,3 mill. daa i forhold til foregående alternativ, men fortsatt ligge klart under dagens arealbehov. Arealene blir fullt utnytta i fylkene med de gunstigste klimasonene. I Hedmark, Oppland og Nord-Norge blir store arealer i områdene med låg temperatur og låge avlinger liggende ubrukt.

Tabell 8.13 viser at auken i produksjonen av korn vil være mulig å gjennomføre med bruk av et mindre kornareal enn det som nyttes i dag.

Tabell 8.14 viser at auken i produksjonsvolumet kan tas ut med en auke i arbeidskraftforbruket på knapt 2 000 årsverk.

Tabell 8.12 Effekter av en auke i produksjonsvolumet på produksjonsarealet (i 1000 da). Forutsetning: mest sannsynlig endring

Fylke	Areal i 1989*	Nåværende produksjonsvolum på landsnivå**	Auka volum	Auka volum i % av nåværende volum
	1	2	3	4=(3:2)x100
Østfold	750	302	751	248
Akershus	782	155	779	502
Hedmark	1024	618	801	130
Oppland	862	470	582	124
Buskerud	357	434	439	101
Vestfold	422	311	425	137
Telemark	215	123	165	134
Aust-Agder	96	20	91	462
Vest-Agder	102	34	149	435
Rogaland	528	530	530	100
Hordaland	278	292	292	100
Sogn og Fjordane	309	5	277	5549
Møre og Romsdal	401	482	503	104
Sør-Trøndelag	587	517	591	114
Nord-Trøndelag	685	704	759	108
Nordland	412	30	152	507
Troms	200	3	4	125
Finnmark	84	1	1	100
<b>Totalt</b>	<b>8094</b>	<b>5035</b>	<b>7291</b>	<b>145</b>

\* Areal i 1989 etter kalibrert modell, tabell 8.3

\*\* Areal med nåværende volum på landsnivå og kostnadsminimalisering. Se tabell 8.7

Tabell 8.13 Effekter av en auke i produksjonsvolumet på kornarealet (i 1000 daa).  
Forutsetning: mest sannsynlig endring

Fylke	Areal i 1989* 1	Nåværende volum** 2	Auka volum 3	Auka volum i % av nåværende volum 4=(3:2)x100
Østfold	659			
Akershus	679			
Hedmark	630			
Oppland	284			
Buskerud	243			
Telemark	95			
Aust-Agder	12			
Vest-Agder	11			
Rogaland	44			
Møre og Romsdal	26			
Sør-Trøndelag	156			
Nordland	3			
<b>Totalt</b>	<b>3510</b>	<b>2606</b>	<b>3198</b>	<b>123</b>

\* Areal i 1989 etter kalibrert modell, tabell 8.4

\*\* Areal ved nåværende volum på landsnivå og kostnadsminimalisering. Se tabell 8.8

Tabell 8.14 Effekter av en auke i produksjonsvolumet på sysselsettinga (i årsverk).  
Forutsetning: mest sannsynlig endring

Fylke	Arbeidsforbruk i 1989*	Nåværende produksjonsvolum	Auka volum	Auka volum i % av nåværende volum
Østfold	4066	8267		
Akershus	3667	274		
Hedmark	7021	1817		
Oppland	8758	1578		
Buskerud	3033	3180		
Vestfold	2587	7398		
Telemark	2008	5413		
Aust-Agder	1103	269		
Vest-Agder	1585	99		
Rogaland	11987	17969		
Hordaland	4834	7866		
Sogn og Fjordane	5088	450		
Møre og Romsdal	6233	3528		
Sør-Trøndelag	7138	2373		
Nord-Trøndelag	7963	14730		
Nordland	4702	484		
Troms	2430	100		
Finnmark	688	85		
<b>Totalt</b>	<b>84891</b>	<b>75880</b>	<b>77647</b>	<b>100</b>

\* Arbeidsforbruk 1989 etter kalibrert modell, tabell 8.5

Tabell 8.15 Effekter av en auke i produksjonsvolumet på de totale produksjons-  
kostnadene (i millioner kr). Forutsetning: mest sannsynlig klimaendring

Fylke	Nåværende produksjonsvolum	Auka volum	Auka volum i % av nåværende volum
Østfold	6105	3928	64
Akershus	139	139	100
Hedmark	568	782	138
Oppland	562	583	104
Buskerud	1032	490	47
Vestfold	1805	2242	124
Telemark	1165	458	39
Aust-Agder	62	997	1608
Vest-Agder	40	40	100
Rogaland	4084	4053	99
Hordaland	1822	1822	100
Sogn og Fjordane	102	102	100
Møre og Romsdal	875	875	100
Sør-Trøndelag	667	724	108
Nord-Trøndelag	3458	3479	101
Nordland	110	211	192
Troms	22	22	100
Finnmark	18	2500	13682
<b>Totalt</b>	<b>22636</b>	<b>23447</b>	<b>103</b>

Tabell 8.15 viser at kostnadene i produksjonen ved ei slik utviding av produksjonsvolumet vil utgjøre om lag 800 mill. kroner. Importkostnadene til matkorn, kraftfôr, epler og bær vil gå ned med ca. 550 mill. kroner ut fra prisene i tabell 8.2. Nettoauken i kostnader for samfunnet ved utvidinga blir altså 250 mill. kroner ved mest sannsynlig klimaendring, og når produksjonen lokaliseres så kostnadmessig gunstig som mulig.



### 8.4.5 Effekter av høyere mjølkeytelse pr. ku

Det er gjort ei utrekning der største mjølkeytelse pr. ku er auka fra 6 000 l til 7 000 l. Ytelse på 7 000 l gir mer mjølk pr. føreining, men krever også mer kraftfôr. Klimaendringene gir bedre muligheter for produksjon av kraftfôr i Norge, og det vil sannsynligvis være mindre aktuelt "å holde igjen" på kraftfôrforbruket. Forutsetningene i beregningen er ellers som i alternativene "Uendra produksjonsomfang for heile landet - frigjøring av regionale bindinger. Mest sannsynlig klimaendring". Resultatene er vist i tabell 8.16.

Tabell 8.16 Effekter av en auke i øvre grense for mjølkeytelse fra 6 000 l til 7 000 l pr ku. Forutsetning: mest sannsynlig endring\*

	Mjølkeytelse		
	6 000 l	7 000 l	
Produksjonsareal (1 000 daa)	5 035	5 005	(99)
Kornareal (1 000 daa)	2 129	2 742	(129)
Kuttallet (1 000 dyr)	337	289	(86)
Sauetallet (1 000 dyr)	447 000	548 000	(115)
Syssetning (årsverk)	75 880	72 921	(96)
Produksjonskostnader (mill. kr)	22 636	22 105	(98)

\* Tall i parentes viser resultat ved mjølkeytelse 7 000 l i % av resultat ved 6 000 l

Det er liten endring i produksjonsarealet totalt, men en auke i kornarealet på 29 %. En av forutsetningene i beregningen er at produksjonen av mørkt kjøtt skal opprettholdes. Når kutallet går ned på grunn av høyere ytelse, er alternativene å produsere mørkt kjøtt ved høyere slaktevekter på storfe eller flere sauer. Høyere slaktevekter på storfe gir relativt lite kjøtt pr føreining, og vi har fått en auke i sauetallet fra 477 000 til 548 000 dyr.

Syssettinga går ned med nesten 3 000 årsverk. Det er rimelig at høyere ytelse og større kraftfôrandel fører til mindre arbeid, sjøl om auka produksjon av sauekjøtt krever arbeid. Reduksjonen i totale produksjonskostnader er på 531 mill kroner, og meste-parten av dette kommer fra reduksjonen i arbeidsforbruk.

### 8.4.6 Mulighetene for eksport av norske landbruksprodukter

Som nevnt i avsnitt 8.1 er det mulig å vurdere mulighetene for lønnsom eksport av jordbruksprodukter ved hjelp av utrekninger på Modellbrukssystemet. Viss produksjonskostnadene i Norge er lågere enn prisene på verdensmarkedet, er det mulig å eksportere norske landbruksvarer uten stønad.

Tabell 8.17 Snitt produksjonskostnader for en del sentrale matvarer under nåværende klima og mest sannsynlig endring, kr/kg. 1989

Produkt	Sannsynlig endring		Nåværende klima
Matkveite	2,43		3,05
Bygg	2,08		2,60
Havre	1,82		2,28
Potet	1,09		1,42
Kjøtt:			
storfe:	40-45	(1)	50,00
sau:	47-52	(2)	56,00
gris:	27,60	(3)	29,60

Disse kostnadene er utrekna på grunnlag av modellbruksutrekningene for 1989. Modell 27 er lagt til grunn for korn, modell 28 for poteter, modell 16 for storfe, modell 19 for sau og modell 20 for gris (se Modellbruksberegninger 1990). Det er utslaga av avlingsauken på kostnadene som er lagt til grunn for anslagene under sannsynlig klimaendring. For storfekjøtt og sauekjøtt er det forutsatt at bygningskostnader faller praktisk talt bort i det laveste anslag. Utrekningene i tabell 8.17 er basert på relativt store og folgelig kostnadseffektive modellbruk.

Ei sammenlikning med prisen i tabell 8.2 indikerer at de endra klimaforholda aleine ikke vil føre til tilstrekkelig stor kostnadsreduksjon til at norsk jordbruk kan konkurrere på verdensmarkedet. Det må skje en betydelig prisstigning ute for at eksport kan bli lønnsom. Analysen i kapittel 7 tyder imidlertid på at prisstigningen på grunn av klimaendringa på verdensmarkedet vil bli moderat. Det må derfor sannsynligvis finne sted også andre kostnadsreduksjoner i norsk jordbruk for at eksport av jordbruksvarer i større omfang kan bli aktuell. Dette gjelder hovedproduktene i jordbruket. Enkelte nisjeproduksjoner vil sannsynligvis kunne konkurrere. Hvis det blir bortfall/reduksjon av subsidieringen av verdensmarkedet vil sannsynligvis flere slike produksjoner bli konkurransedyktige.

### 8.4.7 Etterspørselseffekter av endringer i relative produksjonskostnader

Viss endringer i de relative produksjonskostnadene av mat gir utslag i endra matvarepriser, vil sammensettinga av matforbruket endres. Forbruket vil auke av de produkta som relativt sett blir billigere. Effekten på forbruket på de andre matvarene er det vanskeligere å fastslå fordi en må ta omsyn til både substitusjons- og inntektseffektene av prisnedgangen.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> For en mer utførlig omtale av substitusjons- og inntektseffektene, se. f.eks. Deaton og Muellbauer (1980) eller Varian (1984).



En nedgang i kraftfôrkostnadene som følge av bedre vekstvilkår for korn i Norge, vil derfor kunne føre til at de lyse kjøttslaga blir relativt sett billigere for konsumentene og forbruket av lyst kjøtt vil auke. Med utgangspunkt i de endra produksjonskostnadene som følge av det endra klimaet, har vi kommet fram til at produksjonskostnadene for lyst kjøtt går ned med om lag 7 % som følge av billigere kraftfôr.

Varmere vinterklima fører imidlertid til at driftsbygningene kan bygges billigere og/eller at dyra kan gå ute heile året. Dette gjelder spesielt sau og kjøttfe. I tillegg til reduksjon i fôrkostnadene vil det derfor også kunne bli reduksjon i kostnadene til driftsbygninger for disse produksjonene.

I regneeksemplet nedenfor har vi antatt at dette fører til en nedgang i produksjonskostnadene for mørkt kjøtt på om lag 12 %. Det ble videre antatt konstant realinntekt og folketall i Norge.

Disse forutsetningene ble satt inn i modellen PREKEN<sup>8</sup>. Reduksjonen i produksjonskostnader slår ut ved at matvareprisene går ned med 3,7 %, noe som igjen fører til en nedgang i konsumprisindeksen på 0,9 %. Langtidsvirkningene (etter 5 år) fører til:

- en auke i matvarekonsumet på 5 %
- forbruket av mørkt kjøtt auker med 21 %, hvorav
  - 15 % auke i forbruket av storfekjøtt
  - 42 % auke i forbruket lam
- forbruket av lyst kjøtt auker med 14 %, hvorav
  - 7 % auke i forbruket av svinekjøtt
  - 50 % auke i forbruket av fjørfekjøtt.

Ei endring av kjøttforbruket i samsvar med disse anslaga kan få store konsekvenser for den regionale fordelinga av produksjonen, ved at områder med store grovfôravlinger pr. dekar får muligheter til å utvide produksjonen.

### 8.5 Drøfting og sammendrag

Klimaendringen vil føre til betydelig reduksjon i arealbehovet. Arealet vil etter det mest sannsynlige alternativ gå ned med om lag 30 prosent hvis produksjonsvolumet opprettholdes uendra. Også arealbehovet for korn vil gå ned og da med om lag 25 prosent. Nedgangen i arealbehov gjør det mulig å ta ut av produksjon erosjonsutsatt jord. Dette sammen med nedgangen i kornareal vil motvirke den auken i erosjon og tap av næringsstoffer som klimaendringen ellers vil føre til og som er omtalt i kapittel 6.

Arbeidskraftbehovet blir redusert med i størrelsesorden 4 000 årsverk, eller vel 4 prosent under ellers like forhold. Når nedgangen i arbeidskraftbehovet ikke blir større, skyldes dette at hovedtyngda av arbeidsforbruket i jordbruket er knytta til husdyrproduksjonen.

<sup>8</sup> PREKEN, Prognosemodell for Etterspørselen etter Kjøtt, Egg og andre Næringsmidler. Under utvikling ved NILF. PREKEN-ansvarlig ved NILF er Henrik Hallgrim Eriksen.

Kostnadene til plantevernmidler og kunstgjødsele pr. dekar vil auke sterkt hvis avlingsauken som klimaendringa kan gi, skal kunne tas ut. Dette mer enn oppveies av nedgangen i kostnader til arbeidsforbruk og andre arealavhengige kostnader, slik at de totale kostnadene ved jordbruksproduksjonen vil gå ned med knapt 2 milliarder kroner, eller 6 prosent.

Klimaendringa vil også gi større frihet til å lokalisere jordbruksproduksjonen i samsvar med de relative områdefordelene. Dette gjør det mulig å redusere kostnadene ytterligere med 1,5 milliarder kroner og arbeidsforbruket med 5 000 å.v.

I disse utrekningene er det ikke tatt omsyn til at kornproduksjonen kan aukes betydelig som følge av klimaendringa. Dette vil gjøre det mulig å øke mjølkeytelsen og overføre deler av grovfôrbasert kjøttproduksjon til kraftfôrbasert, som er mer kostnadseffektiv. I en berekning der øvre grense for mjølkeytelsen er auka fra 6 000 l til 7 000 l, men med krav om like stor produksjon av mørkt kjøtt, reduseres sysselsettingen med ytterligere ca. 3 000 årsverk og produksjonskostnadene med ca. 500 mill. kr.

Nedgangen i kostnadsnivået i produksjonen av de enkelte produkter vil bli relativt liten, sett i forhold til den kostnadsnedgang som er nødvendig for at eksport til verdensmarkedets priser skal kunne bli lønnsom. Sjøl om klimaendringa globalt skulle føre til en viss prisheving på jordbruksvarer og subsidieringen av verdensmarkedets priser skulle falle bort, vil klimaendringa neppe føre til at norsk jordbruk får ekspansjonsmuligheter på verdensmarkedet utover enkelte nisjeprodukter.

En auke av den norske produksjonen av matkorn, kraftfôr, epler og bær for fullt å dekke det innenlandske markedet vil imidlertid kunne gjøres med forholdsvis liten total kostnadsauke for samfunnet. Dette gjelder når lokaliseringen av produksjonen gjøres med tanke på minst mulig kostnadsauke. Sjøl med denne auken av produksjonsvolumet vil det bli et betydelig arealoverskudd.

Det forhold at avlingene vil auke mer i de områda som i dag har dårlige klimaforhold, vil gjøre at disse områdene vil bedre sin konkurransevne i forhold til områder med gode klimaforhold. Det vil derfor relativt sett bli billigere å opprettholde jordbruksproduksjonen i disse områder. På den andre sida vil det bli overskudd på jordbruksareal. Beredskapsmomentet kan derfor bli et svakere argument for opprettholdelse av produksjonen i disse områda.

Hvis den potensielle reduksjonen i produksjonskostnadene, slår igjennom i forbrukerprisene, kan forbruket særlig av kjøtt auke betydelig. Dette vil kunne styrke mulighetene for opprettholdelse av jordbruksproduksjonen i områder med gode betingelser for produksjon av gras.

Samla vil klimaendringa føre til at norsk jordbruks konkurransevne blir styrka og valgmulighetene når det gjelder vekster blir større. Ulempene vil være auka behov for bruk av plantevernmidler og dermed svekking av det fortrinn norsk jordbruk i dag har gjennom produksjon av produkter med lite bruk av plantevernmidler.



## 9 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Konsekvensene for jordbruksproduksjonen av økte klimagassutslipp er søkt utredet og tallfestet i dette prosjektet. Grunnlaget er klimaprognoser for år 2030, der det er forutsatt en økning i klimagassene i atmosfæren tilsvarende en dobling av CO<sub>2</sub>-innholdet. Rapporten er utført på oppdrag fra Den interdepartementale klimagruppen som et samarbeidsprosjekt mellom Institutt for plantekultur, Institutt for hagebruk, Jordforsk, Norsk institutt for jord og skogkartlegging, Statens plantevern og Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Den skal sammen med en rekke andre nasjonale og internasjonale utredninger danne det faglige grunnlag for gruppens videre arbeid.

Klimaprognosene angir i det mest sannsynlige alternativ en økning i temperaturen på 3,0-3,5 °C om vinteren og 1,5-2,0 °C om sommeren. Samtidig angis en ventet økning i nedbøren på 5-15 prosent. I et alternativ med stor endring, som en ikke kan se bort fra vil inntreffe, er temperaturøkningen angitt til 3,5-5,0 °C om vinteren og 2,5-3,0 °C om sommeren, og økningen i nedbør er angitt til 15-20 prosent. Temperaturøkningen vil etter prognosene bli minst ved kysten.

Virkningene av klimaendringen kan antas å bli størst for planteproduksjonen. Hovedtyngden av utredningsarbeidet er derfor lagt på denne. Herunder er også virkningene på mulighetene for produksjon av matvarer med liten bruk av plantevernmidler og virkningene på forurensning av vassdrag og sjø gjennom erosjon og tap av næringsstoffer utredet.

Klimaendringen vil også kunne få visse virkninger på husdyrproduksjonen. Dette vil særlig skje gjennom lavere bygningskostnader og endringer i produksjonskostnadene for grovfôr og kraftfôr. Disse virkningene er i noen grad søkt vurdert i forbindelse med de økonomiske beregningene i rapporten. De biologiske virkninger av klimaendringene på husdyrproduksjonen, f.eks. gjennom endret fôrbehov og endret sykdomspress, har en antatt vil bli små og er derfor ikke vurdert.

### 9.1 Planteproduksjon

Jordråmen i veksttida har stor innvirkning på avlingsnivået for de fleste kulturvekster. Klimaendringens virkning på jordråmen er derfor søkt tallfestet nærmere i prosjektet ved hjelp av beregninger (regneeksempler) på enkle vannhusholdsmodeller. Regneeksemplene tyder på at det vil bli dårligere vanntilgang for plantene på forsommeren, og mer vannmettet jord om høsten. Størrelsesordenen har ikke vært råd å tallfeste nærmere (kapittel 2). Den isolerte effekt av dette vil bli noe lavere avlinger og noe større problemer med innhøsting, jordstruktur og erosjon. På grunn av vanskene med tallfesting er denne effekt ikke tatt hensyn til i det videre arbeid med beregning av konsekvensene.

CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen. Økningen i klimagassutslippene vil gi en betydelig økning i CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i luften. Denne vil ha en positiv effekt på avlingsnivået. Dette skyldes at plantene bruker CO<sub>2</sub> i vekstprosessene. For jord- og hagebruksvekstene som i dag dyrkes i Norge, vil denne effekt isolert gi en avlingsøkning på 12-17 prosent. Denne effekt vil også gjøre seg gjeldende i år og i områder uten optimal jordråme (kapittel 4). I de økonomiske beregningene er det regnet med at denne effekt vil øke avlingene med 15 prosent i gjennomsnitt.

Høyere temperatur. Høyere temperatur vil for de fleste jord- og hagebruksvekster føre til større avlinger ved at veksttida blir lengre, og ved at plantene i de periodene av veksttida som nå har underoptimal temperatur, vil bli mer produktive. Etter det mest sannsynlige klima-alternativ vil veksttida øke med ca. 1 mnd. I alternativet med stor endring vil den øke med ytterligere 3 uker. Det gir mulighet for skifte til seinere sorter med større avlinger og skifte til mer varmekjære vekster og vekster som kan utnytte den lengre veksttid til større avlinger.

Lystilgangen har betydning for hvor stor effekten av forlengelsen av veksttida vil bli. De strøk av landet der temperaturen er lavest (fjellbygder og nordlige områder), vil få størst nytte av lengre veksttid fordi lystilgangen mot slutten av veksttida er større der (kapittel 4).

For å tallfeste virkningen av temperaturøkningen er en tidligere utarbeidet inndeling av landet i soner etter temperatur nyttet. Koplet sammen med klimaprognosen, viser denne at områdene rundt Sørlandskysten, Oslofjorden og på Ringerike vil få lignende temperaturforhold i veksttida som områdene rundt Kiev og Poznan i dag, etter det mest sannsynlige alternativ. Etter alternativet med stor endring vil også Romerike og Hedmarken få liknende temperaturforhold. Høsthvete kan bli årsikker langt opp i dalbygdene sønnafjells og i Trøndelag. Bygg vil kunne dyrkes i Finnmark og gras høstes 2 ganger der, mot en gang nå. Kornmais og sukkerbeter vil kunne dyrkes i de beste områder på Østlandet. Valgfriheten når det gjelder vekster som kan dyrkes, blir vesentlig bedre enn i dag (kapittel 2).

Avlingsøkningen som vil følge temperaturøkningen, vil bli størst for de varmekjære vekster, og i de strøk som ligger mot yttergrensen av dyrkingsområdet. Lite varmekjære vekster og områder med i dag gunstige temperaturforhold vil få liten økning. Neper vil således i sone 3 (beste sone i dag) ikke få avlingsøkning, vårhvete vil få en økning på 50 kg (11 prosent) i nåværende sone 3 og 100 kg (25 prosent) i nåværende sone 4, og vinterepler vil få en økning på 140 kg (74 prosent) i nåværende sone 3. I tillegg til denne avlingsøkning innenfor samme art, vil skifting til arter med høyere avlingspotensial i en viss grad være mulig. Eksempelvis vil høstbygg kunne dyrkes i de beste områder, og dette vil gi en avlingsgevinst på 50-100 kg i forhold til vårbygg. Tilsvarende vil skifte til førsukkerbeter gi en gevinst på 250 kg tørrstoff i forhold til kålrot.

Virkningene av CO<sub>2</sub>-økningen og temperaturøkningen på avlingene blir til sammen betydelig.



Temperaturøkningen vil også gi kvalitetsheving på en del av vekstene. Grasavlingene vil i de nå kjølige områder få høyere proteininnhold, poteter vil få høyere tørrstoffinnhold og bli mer lagringssterke. For frukt og grønnsaker vil høsting og markedsføring kunne starte tidligere på året og avsluttes seinere, slik at perioden med markedsføring rett fra jordet blir vesentlig lengre, og perioden for lagring tilsvarende kortere. For epler vil høyere temperatur gi mer lagringssterk frukt for sorter som vi dyrker nå, og det vil bli mulig å dyrke sorter som er mer lagringssterke enn våre nåværende. Forsyningen av markedet med norske epler vil kunne utvides med 2-4 mnd. Avlingsnivået vil bli mer stabilt (kapittel 4).

## 9.2 Jordbruksarealet

Arealet i de enkelte temperatursoner og fylker er søkt beregnet under nåværende klimaforhold og etter klimaendringen. Med dagens klima ligger det dyrkede areal, 8,9 mill. dekar, i klimasonene 3-8. Bare 14 prosent av arealet ligger i den beste sone (sone 3).

Etter den mest sannsynlige klimaendring vil nesten halvparten av arealet komme i sone 1 og 2 og få varmere klima enn de beste områder i dag. Med stor endring vil i alt 70 prosent av arealet komme i sonene 1 og 2. Det er også gjort beregninger av hvordan arealet fordeler seg etter hellingsgrad (kapittel 3).

Det finnes 8,3 mill. dekar skog og utmarksareal som er egnet for oppdyrking til jordbruksformål. Av dette vil 1,6 mill. dekar ligge i sone 1 og 2 etter den sannsynlige klimaendring og knapt 3 mill. dekar ved stor endring. En stor del av dette areal vil være lettbrukt. Dette gir betydelige muligheter for utviding av jordbruksproduksjonen hvis klimaendringen skulle føre til større etterspørsel etter norske matvarer på verdensmarkedet. Det gir også muligheter for å skifte ut erosjonsutsatte arealer med mindre erosjonsutsatte.

## 9.3 Bruk av plantevernmidler

Den høyere temperatur og større nedbør som klimaendringen vil gi, vil generelt føre til gunstigere utviklingsvilkår for skadegjørerne i planteproduksjonen. Dette gjelder ugras, plantesykdommer og skadedyr. Høyere temperatur vil føre til at skadegjørerne får større utbredelse og gjør større skade enn i dag. Dessuten vil det komme inn nye skadegjørere, og nye vekster vil medføre økte skadegjørereproblemer.

Ugras vil få sterkere vekst og større konkurransevne overfor kulturplantene. Lengre veksttid utover høsten vil gi større og kraftigere planter av flerårige ugrasarter som kveke. Nye arter vil også komme inn. Høstkorn vil ofte kreve 2 ugrasssprøytinger mot 1 sprøyting i vårkorn. Ugrasmiddelbehovet til ugrasbekjemping er anslått at vil øke med 50-100 prosent i åpenåkervekstene.

Sopp vil få bedre utviklingsvilkår i de fleste kulturvekster. Potettørråte og epleskurv vil angripe i områder som i dag har lite angrep. Høstkorn sprøytes inntil 4-5 ganger mot

sopp sykdommer i Danmark og Tyskland, mens bygg og vårhvete sprøytes 1-2 ganger i Norge. I år med lite soppangrep sprøytes vårkornet ikke. Høstkorn vil gi økt smittepress på vårkorn. I korndyrkingen ventes behovet for soppsprøyting å øke med 100-200 prosent.

I poteter ventes antall sprøytinger mot tørråte gjennomgående å måtte fordobles. For grønnsaker og rotvekster ventes minst den samme økningen. I frukt og bær ventes to-til tredobling av sprøytebehovet.

Virussykdommer og bakteriesykdommer ventes å øke i et varmere og fuktigere klima.

For skadedyr vil temperaturøkningen gi lengre angrepstid, flere generasjoner pr. år og bedre overvintringsvilkår. Mange arter vil få utvidet sitt område og arter som i dag bare finnes på kontinentet vil spre seg hit med temperaturøkningen. I alle kulturvekster ventes det økte angrep av skadedyr og spesielt i fruktdyrkinga ventes insektangrepene å bli langt større enn i dag, bl.a. grunnet årvisse angrep av eplevikler. Totalt sett ventes en økning av behovet for skadedyrmiddel på 100 prosent.

Vekstregulerende middel blir nytt i kornproduksjonen spesielt i år med gunstige vekst- vilkår. Gunstigere temperaturforhold kan isolert sett føre til økt legdefare og dermed økt bruk av vekstregulerende midler.

Eng og engvekster sprøytes lite og oftest ikke i dag. Dette er den eneste produksjon som ventes å ikke få økt sprøytebehov av betydning.

Anslagene på økningen i plantevernmiddelebehovet gjelder under forutsetning av uendret teknologi og kunnskapsnivå. Under denne forutsetning er det også vurdert hva konsekvensene for avlingene vil bli ved fastfrysing av plantevernmiddelebruken til dagens nivå. Konklusjonen er at det da vil være liten grunn til å vente økning i avlingene. I mange tilfelle vil produksjonen bli ulønnsom på grunn av store tap i avling og kvalitet.

Det er utarbeidet en handlingsplan for redusert bruk av kjemiske plantevernmidler, som fremmer et plantevern uten risiko for helse og miljø. Tiltakene etter denne er i ferd med å bli satt i verk. Over tid ventes disse å bidra til at plantevernmiddelebruken kan halveres under nåværende klimaforhold. Økningen i plantevernmiddelebehovet som klimaendringen vil føre med seg, vil således kunne motvirkes.

Samlet sett vil klimaendringen føre til sterk økning i behovet for bruk av plantevernmidler. Produksjon av matvarer frie for plantevernmiddelester vil bli vesentlig vanskeligere. Tiltak som er satt i verk og planlagt satt i verk for å redusere plantevernmiddelebruken vil i stor grad gå med til å møte det økte behov for plantevernmidler som klimaendringen vil føre med seg.



#### 9.4 Virkning av klimaendringen på erosjon og tap av næringsstoffer

##### Erosjon

I vekstperioden. Det forventes små endringer i mengden vann som renner av gjennom vekstperioden da økt nedbør vil oppveies av økt vannomsetning (evapotranspirasjon). Erosjon i vekstperioden er i dag moderat når jorda er dekket av vegetasjon. Enkelte nedbørsepisoder kan imidlertid bli mer intense (flere mm pr. tidsenhet), enn tidligere og resultere i større risiko for erosjon. Klimaendringen vil sannsynligvis føre til at det kan dyrkes mer varmekrevende vekster som f.eks. mais. Erosjon er også i dag mer omfattende i radkultur (f.eks. potet) og en økning av arealet med radkultur vil gi økt erosjon i utsatte områder.

Utenom vekstperioden. Nedbør utenom vekstperioden forventes å øke, noe som vil føre til økt avrenning. Dette vil kunne føre til betydelig mer erosjon. I tillegg vil en hyppigere veksling mellom frost og mildvær øke risikoen for erosjon på grunn av en mer oppbløtt jordoverflate. Mengden erodert materiale i de undersøkelsene som er utført, varierer i dag mellom null og flere hundre kilo pr. dekar. Det er ikke grunn til å regne med at erosjonen på grasdekte arealer, som i dag er meget liten, vil øke av betydning, bortsett fra i de årene disse arealene pløyes opp. På arealer som er pløyd eller bearbeidet på annen måte om høsten, må en regne med at erosjonen kan øke betydelig i enkelte år. Det er de jordartene som i dag er mest erosjonsutsatte, som også vil være det i framtida med de klimaendringene som er forventet.

Omfattende erosjon om høsten skjer i hovedsak der jorda er pløyd eller harvet etter innhøsting. Redusert jordarbeiding, ingen jordarbeiding eller evt. jordarbeiding bare om våren vil kunne redusere erosjonen til akseptabelt nivå, kanskje med 80 - 90 %. Tiltak mot ukontrollert overflateavrenning vil også være svært effektivt.

Valg av jordarbeidingsystem må velges ut fra jordart og produksjon på det enkelte sted.

Modellberegninger som er foretatt i dette prosjektet bekrefter at klimaendringen vil føre til økt erosjon.

##### Tap av næringsstoffer

Mildere vintrer og noe mer nedbør vil føre til at risikoen for utvasking og tap av næringsstoffer øker. Økt bygenedbør i vekstperioden kan også føre til at mengden sigevann og overflatevann vil øke i kortere perioder (episoder). Tapet av næringsstoffer i vekstperioden vil imidlertid neppe øke vesentlig.

Størst tap av nitrogen forventes i tilknytning til økt nedbryting av organisk materiale og økt mineralisering av nitrogen høst og vår som følge av høyere temperaturer. Det vil også føre til meget betydelig tap at mengden av organisk materiale i jorda avtar.

Reduksjon av organisk materiale som følge av temperaturøkningen med anslagsvis 50 %, betyr frigjøring av 200-400 kg N pr. dekar i løpet av ca. 30 år.

Høyere avkastning og sterkere gjødsling i vekstperioden vil også øke risikoen for tap av nitrogen. Denne økningen vil bli moderat hvis en gjødsler etter behov det enkelte år.

Nedbryting av organisk materiale i jorda vil også frigjøre store mengder karbon i form av karbondioksid. Dette kan forsterke de forventede klimaendringene.

Tiltakene som settes inn mot tap av næringsstoffer, er gjødselplanlegging foruten redusert jordarbeiding som gir lavere N-mineralisering og bedre vannhusholdning i jorda. Bruken av gjødsel varierer mye i dag, og det er vesentlig at overdosering opphører. Delt gjødsling i tillegg kan redusere N-tapet anslagsvis med 1 - 2 kg pr. dekar i enkelte år.

Det blir dessuten viktig å velge vekster som utnytter den forlengede vekstperioden og tar opp mest mulig av de næringsstoffer som frigjøres.

#### 9.5 Planteproduksjonen i utlandet

Virkningene av klimaendringen for matproduksjonen både i Europa og i verden ellers er vurdert. For verden sett under ett vil selv en stor klimaendring ikke endre matproduksjonen avgjørende. De fleste vekstene vil på grunn av økt karbondioksidkonsentrasjon produsere mer med samme mengde vann, og i de tempererte områdene vil de klimatiske forholdene generelt bli bedre. Men det er grunn til å vente dårligere vann-tilgang flere steder, og dette kan skape alvorlige regionale matforsyningsproblemer. I Europa ventes avlingene i sør å gå betydelig ned, men klimaendringen vil sannsynligvis føre til økt produksjonspotensial i nord. Dette gjør at det ikke ventes store endringer i forsynings situasjonen verken i EF-landene, Øst-Europa eller Sovjetsamveldet sett under ett.

Norge vil være blant de land som relativt sett vil få størst bedring i klimatiske vilkår for planteproduksjon. Om det skulle komme strengere restriksjoner på bruken av visse driftsmidler vil klimaendringen relativt sett styrke matforsynings situasjonen i Norge. Produksjonspotensialet vil være økt og vilkårene for et noe friere plantevalg vil være bedret. Mot dette virker likevel et større behov for bruk av plantevernmidler (kapittel 7).



## 9.6 Økonomiske beregninger

De økonomiske beregningene viser at klimaendringen vil føre til at behovet for jordbruksareal vil gå betydelig ned forutsatt at produksjonsvolumet i jordbruket holdes uendret. Selv med en utvidelse av kornproduksjonen til full dekning av innenlandsk behov for fôr- og matkorn og en betydelig utvidelse av frukt- og bærproduksjon vil det bli overskudd på jordbruksareal.

Arbeidskraftbehovet vil kunne gå ned med om lag 9 000 årsverk (11 prosent). Forutsatt at produksjonsvolumet holdes konstant og mulighetene til avlingsøkning og omfordeling som følge av klimaendringen utnyttes vil:

- arbeidskraftforbruket gå ned med 9 000 årsverk (11 prosent), og
- de totale kostnadene i jordbruket gå ned med 3-4 milliarder kroner (11-15 prosent).

Disse estimatene forutsetter at avlingsøkningen tas ut og at den større frihet i arealbruk som dette gir, utnyttes.

Klimaendringen vil føre til at utvidelse av produksjonsvolumet til full dekning av kornbehovet og en betydelig utvidelse av frukt og bærproduksjonen vil kunne gjøres uten store samfunnsmessige kostnader.

Kostnadsreduksjonen som vil følge av klimaendringen, vil ikke være tilstrekkelig til at norske jordbruksprodukter vil kunne konkurrere med verdensmarkedets prisnivå, med mindre det blir en stor og uventet økning i verdensmarkedsprisene. Dette gjelder hovedproduktene. Enkelte nisjeprodukter vil sannsynligvis kunne konkurrere.

Områder med idag dårlige klimaforhold vil få større avlingsøkning enn områder med gode. Dette vil gjøre at de klimamessig dårlige områder vil bedre sin konkurransevne i forhold til de gode. Det vil også bli relativt billigere å opprettholde jordbruksproduksjonen i de områder der dagens klima gjør at landbruksproduksjonen bare kan opprettholdes ved hjelp av store overføringer. På den andre side vil overskuddet på jordbruksareal som klimaendringen vil medføre, svekke beredskapsargumentet for å opprettholde produksjonen i disse områder.

Hvis kostnadsreduksjonen som klimaendringen vil føre med seg, får slå igjennom i prisene til forbruker, vil spesielt kjøttforbruket øke. Dette gjelder både lyst og mørkt kjøtt. Arealbehovet vil da øke og spesielt grovfôrproduserende områder vil få mulighet til å utvide produksjonsvolumet, hvis forbruksøkningen skal dekkes med norsk produksjon.

Samlet sett vil klimaendringen føre til at norsk jordbruks konkurransevne blir en del styrket og valgmulighetene når det gjelder vekster blir større. Ulempene vil være økt behov for bruk av plantevernmidler og dermed svekking av det fortrinn norsk jordbruk idag har gjennom produksjon av produkter med lite bruk av plantevernmidler.

## 10 REFERANSER

- Acock, B. 1990. Effects of carbon dioxide on photosynthesis, plant growth, and other processes. s. 45-60 i: Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. ASA Special publication no. 53.
- Budyko, M.F. & Yu. S. Sedunov 1988. Anthropogenic climate changes. s. 135-159 i symposierapport: Climate and Development. Scientific efforts and assessment. The state of the art. World Congress Nov. 7-10 1988. Hamburg.
- Bunting, E.S., B.F. Pain, R.H. Phipps, J.M. Wilkinson & R.E. Gunn. 1978. Forage Maize: Production and Utilisation. Agricultural Research Council, London. 346 s.
- Chiang, A.C. 1980. Fundamental Methods of Mathematical Economics. McGraw-Hill. New York, NY. 3. utgave. 788s.
- Cure, J.D. 1985 Carbon dioxide doubling responses: A crop survey. s. 100-116 i: B.R. Strain & J.D. Cure (red.) Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation. DOE/ER0238. U.S. Dep. of Energy, Washington, DC. Available from NTIS, Springfield, VA. (Sisert etter Acock 1990).
- Carter T.R. & M.L. Parry 1984. Strategies for assessing impacts of climatic change in marginal areas. s. 401-412 i: N.-A. Möner & W. Karlen (red.) Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis. D. Reidel Publ. Comp.
- Deaton, A. & J. Muellbauer. 1980. Economics and Consumer Behavior. Cambridge University Press. Cambridge. MA. 450s.
- Det Landøkonomiske Driftsbureau. 1974. Roedyrking. Meddelelse nr. 15. Landhusholdningsselskapets forlag. København. 16s.
- Eliassen, A. & A. Grammelvedt, 1990. Senarier (2 x CO<sub>2</sub> i Norge). Brev til Miljøverndepartementet 1.2.1990 frå Det norske meteorologiske institutt.
- Eurostat 1989. Landwirtschaft. Statistisches Jahrbuch 1989. 259s.
- FAO 1987. Yearbook. Production. Vol. 41. 351 s.
- FAO. 1990. FAO Quartely Bulletin of Statistics. Roma. 109 s.
- Godli, O. 1988. Rapport om selvforsyningsmodellen. Forskningsmelding B-004-88. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Oslo. 191s + vedlegg.



Goudriaan, J. & M. H. Unsworth 1990. Implications of increasing carbon dioxide and climate change for agricultural productivity and water resources. s. 111-130 i: Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. ASA Special Publication no. 53.

Institutt for Jordfag, NLH 1990, nr. 2. Nitrogenomsetningen i landbruket. Utredning. 64 s.

Intrilligator, M.D. 1971. Mathematical Optimization and Economic Theory. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ. 508s.

IPCC 1990 (Intergovernmental Panel on Climate Change). The potential impact of climatic change on agriculture and forestry. Chapter 2.

Kimball, B. A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. Agron. J. 75: 779-788.

Landbruksdepartementet 1986. Sukkerproduksjonen i Norge: Totalvurdering av muligheter og konsekvenser. Utredning på oppdrag av landbruksdepartementet. 67s + vedlegg.

Landskontoret for Driftsøkonomi (red.) 1989. Håndbog for Driftsplanlægning, 1989-90. Landbrugets Informasjonskontor. København. 168. s.

Murphy, M.C. 1989. Report on Farming in the Eastern Counties of England. Agricultural Economics Unit. University of Cambridge. Cambridge. 188s.

Måge, F. 1989. Vekselbering - årsaker og rådgjerder. Fortrykk til NJF-seminar nr. 156, Pærer, produksjon, lagring, omsetnad, framtidsutsikter: 26-32.

NILF. 1990a. Ekspansjonsgrunnlaget for økologisk landbruk i Norge. Prosjektsøknad til NLVF.

NILF. 1990b. PREKEN (PRognosemodell for Etterspørsel etter Kjøtt, Egg og andre Næringsmidler). Under arbeid.

NILU 1990. Drivhuseffekten og klimautviklingen. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. Norsk institutt for luftforskning. NILU or: 21/90. 252s.

Parry, M.L. & T.R. Carter 1989. An assessment of the effects of climatic change on agriculture. Climatic Change 15: 95-116.

Patterson, D.T. & E.P. Flint 1990. Implications of increasing carbon dioxide and climate change for plant communities and competition in natural and managed ecosystems. s. 83-110 i: Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. ASA Special Publication no. 53.

Potter, T.D. 1988. Climate and development. s. 28-55 i symposierapport: Climate and development. Scientific efforts and assessments - The state of the art. World Congress Nov. 7-10 1988. Hamburg.

Rabbinge, R. 1990. World food supply. s. 29-30 i seminarsamandrag frå Int. Workshop on Primary productivity of European agriculture and the greenhouse effect. 5.-10. april 1990. Wageningen, Nederland.

Schjelderup, I. 1984. Tilvekst og proteininnhold hos grasarter dyrket i Trøndelag og i Nord-Norge. s. 35-40 i: Dyrking og utnyttning av fôrvekster I. 1984. Seminarrapport frå Noregs landbruksvitskapelege forskingsråd og Statens forskings- stasjonar i landbruk.

Skorge, Per Gunnar 1990. Større hveteavling med delt gødsling. Norsk Landbruk 2/90

Torssell, B.W.R., A. Kornher & A. Svensson 1982. Optimization of parameters in a yield prediction model for temporary grasslands. Rapport 112. Institutionen för växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet. 33s.

Varian, H.R. 1984. Microeconomic Analysis. Norton. New York, NY. 2. opplag. 348s.

Washington, W.M. & G.A. Meehl 1989. Climate sensitivity due to increased CO<sub>2</sub>: experiments with a coupled atmosphere and ocean general circulation model. Climate Dynamics 4: 1-38.

Zscheischler, J., M.C. Estler, F. Gross, H. Neumann & B. Geissler. 1979. Mais: Anbau und Verwertung. DLG-Verlag. Frankfurt/Main. 292s.

## VEDLEGG 1

## Vedleggstabeller

Vedleggstabell 3.1 Dyrka jord i Østfold fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		790	100	790	100	790	100
.	L	679	86	679	86	679	86
.	M	69	9	69	9	69	9
.	T	42	5	42	5	42	5
1		.	.	362	46	790	100
2		.	.	428	54	.	.
3		317	40	.	.	.	.
4		473	60	.	.	.	.
1	L	.	.	305	39	679	86
1	M	.	.	33	4	69	9
1	T	.	.	24	3	42	5
2	L	.	.	374	47	.	.
2	M	.	.	36	5	.	.
2	T	.	.	18	2	.	.
3	L	279	35	.	.	.	.
3	M	18	2	.	.	.	.
3	T	20	3	.	.	.	.
4	L	400	51	.	.	.	.
4	M	51	6	.	.	.	.
4	T	22	3	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.2 Dyrka jord i Akershus fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		779	100	779	100	779	100
.	L	694	89	694	89	694	89
.	M	71	9	71	9	71	9
.	T	14	2	14	2	14	2
1		.	.	148	19	766	98
2		.	.	619	79	13	2
3		92	12	12	2	.	.
4		675	87	.	.	.	.
5		12	2	.	.	.	.
1	L	.	.	141	18	689	88
1	M	.	.	7	1	65	8
1	T	.	.	.	.	12	2
2	L	.	.	549	70	5	1
2	M	.	.	58	7	6	1
2	T	.	.	12	2	2	0
3	L	87	11	4	1	.	.
3	M	5	1	6	1	.	.
3	T	.	.	2	0	.	.
4	L	603	77	.	.	.	.
4	M	60	8	.	.	.	.
4	T	12	2	.	.	.	.
5	L	4	1	.	.	.	.
5	M	6	1	.	.	.	.
5	T	2	0	.	.	.	.



Vedleggstabell 3.3 Dyrka jord i Hedmark fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		946	100	946	100	946	100
.	L	922	97	922	97	922	97
.	M	23	2	23	2	23	2
.	T	1	0	1	0	1	0
1		.	.	.	.	539	57
2		.	.	552	58	197	21
3		.	.	188	20	67	7
4		543	57	62	7	73	8
5		192	20	73	8	36	4
6		68	7	72	8	36	4
7		73	8	.	.	.	.
8		72	8	.	.	.	.
1	L	.	.	.	.	529	56
1	M	.	.	.	.	10	1
2	L	.	.	542	57	187	20
2	M	.	.	10	1	9	1
2	T	.	.	.	.	1	0
3	L	.	.	177	19	64	7
3	M	.	.	10	1	3	0
3	T	.	.	1	0	.	.
4	L	533	56	60	6	72	8
4	M	10	1	2	0	1	0
5	L	182	19	72	8	36	4
5	M	9	1	1	0	.	.
5	T	1	0	.	.	.	.
6	L	65	7	72	8	36	4
6	M	3	0	.	.	.	.
7	L	72	8	.	.	.	.
7	M	1	0	.	.	.	.
8	L	72	8	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.4 Dyrka jord i Oppland fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		875	100	875	100	875	100
.	L	811	93	811	93	811	93
.	M	60	7	60	7	60	7
.	T	4	0	4	0	4	0
1		.	.	.	.	154	18
2		.	.	193	22	317	36
3		.	.	280	32	101	12
4		154	18	101	12	51	6
5		311	36	47	5	252	29
6		110	13	253	29	.	.
7		228	26	.	.	.	.
8		71	8	.	.	.	.
1	L	.	.	.	.	146	17
1	M	.	.	.	.	7	1
1	T	.	.	.	.	1	0
2	L	.	.	185	21	289	33
2	M	.	.	7	1	27	3
2	T	.	.	1	0	1	0
3	L	.	.	251	29	83	9
3	M	.	.	28	3	18	2
3	T	.	.	1	0	.	.
4	L	146	17	83	9	42	5
4	M	7	1	18	2	8	1
4	T	1	0	.	.	1	0
5	L	284	32	40	5	251	29
5	M	27	3	6	1	.	.
5	T	.	.	1	0	1	0
6	L	90	10	251	29	.	.
6	M	19	2	1	0	.	.
6	T	1	0	1	0	.	.
7	L	219	25	.	.	.	.
7	M	7	1	.	.	.	.
7	T	2	0	.	.	.	.
8	L	71	8	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.5 Dyrka jord i Buskerud fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		463	100	463	100	463	100
.	L	345	74	345	74	345	74
.	M	70	15	70	15	70	15
.	T	49	11	49	11	49	11
1		.	.	163	35	398	86
2		.	.	236	51	19	4
3		128	28	23	5	10	2
4		271	58	5	1	.	.
5		23	5	.	.	37	8
6		5	1	37	8	.	.
8		37	8	.	.	.	.
1	L	.	.	148	32	319	69
1	M	.	.	11	2	30	6
1	T	.	.	4	1	49	11
2	L	.	.	172	37	16	3
2	M	.	.	19	4	3	1
2	T	.	.	45	10	.	.
3	L	115	25	20	4	10	2
3	M	9	2	3	1	.	.
3	T	4	1	.	.	.	.
4	L	205	44	5	1	.	.
4	M	21	5	.	.	.	.
4	T	45	10	.	.	.	.
5	L	20	4	.	.	.	.
5	M	3	1	.	.	37	8
6	L	5	1	.	.	.	.
6	M	.	.	37	8	.	.
8	M	37	8	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.6 Dyrka jord i Vestfold fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.		470	100	470	100	470	100
.	L	405	86	405	86	405	86
.	M	35	7	35	7	35	7
.	T	30	6	30	6	30	6
1		.	.	284	60	470	100
2		.	.	186	40	.	.
3		251	53	.	.	.	.
4		219	47	.	.	.	.
1	L	.	.	251	53	405	86
1	M	.	.	12	3	35	7
1	T	.	.	21	4	30	6
2	L	.	.	154	33	.	.
2	M	.	.	23	5	.	.
2	T	.	.	9	2	.	.
3	L	221	47	.	.	.	.
3	M	11	2	.	.	.	.
3	T	19	4	.	.	.	.
4	L	184	39	.	.	.	.
4	M	24	5	.	.	.	.
4	T	11	2	.	.	.	.



Vedleggstabell 3.7 Dyrka jord i Telemark og på Sørlandet fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.	.	716	100	716	100	716	100
.	L	346	48	346	48	346	48
.	M	316	44	316	44	316	44
.	T	54	8	54	8	54	8
1	.	.	.	387	54	490	68
2	.	.	.	103	14	120	17
3	.	410	57	120	17	71	10
4	.	87	12	71	10	.	.
5	.	149	21	.	.	35	5
6	.	35	5	35	5	.	.
7	.	35	5	.	.	.	.
1	L	.	.	233	33	305	43
1	M	.	.	142	20	166	23
1	T	.	.	12	2	19	3
2	L	.	.	72	10	41	6
2	M	.	.	24	3	79	11
2	T	.	.	7	1	.	.
3	L	252	35	41	6	.	.
3	M	144	20	79	11	71	10
3	T	14	2	.	.	.	.
4	L	56	8	.	.	.	.
4	M	26	4	71	10	.	.
4	T	5	1	.	.	.	.
5	L	38	5	.	.	.	.
5	M	111	15	.	.	.	.
5	T	.	.	.	.	35	5
6	M	35	5	.	.	.	.
6	T	.	.	35	5	.	.
7	T	35	5	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.8 Dyrka jord i Rogaland fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.	.	507	100	507	100	507	100
.	L	380	75	380	75	380	75
.	M	51	10	51	10	51	10
.	T	77	15	77	15	77	15
1	.	.	.	.	.	7	1
2	.	.	.	81	16	419	83
3	.	.	.	385	76	81	16
4	.	275	54	41	8	.	.
5	.	233	46	.	.	.	.
1	L	.	.	.	.	5	1
1	M	.	.	.	.	2	0
2	L	.	.	77	15	296	58
2	M	.	.	3	1	47	9
2	T	.	.	1	0	77	15
3	L	.	.	264	52	79	16
3	M	.	.	46	9	2	0
3	T	.	.	76	15	.	.
4	L	192	38	39	8	.	.
4	M	44	9	2	0	.	.
4	T	40	8	.	.	.	.
5	L	188	37	.	.	.	.
5	M	7	1	.	.	.	.
5	T	38	7	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.9 Dyrka jord i Sør-Trøndelag fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klimasoner	Driftsvilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
		641	100	641	100	641	100
.							
.	L	454	71	454	71	454	71
.	M	148	23	148	23	148	23
.	T	39	6	39	6	39	6
1		.	.	.	.	27	4
2		.	.	29	5	403	63
3		.	.	413	64	118	18
4		39	6	111	17	48	7
5		425	66	43	7	45	7
6		104	16	45	7	.	.
7		55	9	.	.	.	.
8		18	3	.	.	.	.
1	L	.	.	.	.	25	4
1	T	.	.	.	.	2	0
2	L	.	.	27	4	311	49
2	M	.	.	.	.	69	11
2	T	.	.	2	0	23	4
3	L	.	.	317	49	65	10
3	M	.	.	72	11	48	7
3	T	.	.	24	4	5	1
4	L	36	6	59	9	17	3
4	M	.	.	48	7	22	3
4	T	3	0	4	1	9	1
5	L	322	50	15	2	36	6
5	M	81	13	19	3	9	1
5	T	22	3	9	1	.	.
6	L	59	9	36	6	.	.
6	M	40	6	9	1	.	.
6	T	5	1	.	.	.	.
7	L	19	3	.	.	.	.
7	M	27	4	.	.	.	.
7	T	9	1	.	.	.	.
8	L	18	3	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.10 Dyrka jord i Nord-Trøndelag fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klimasoner	Driftsvilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
		687	100	687	100	687	100
.							
.	L	594	87	594	87	594	87
.	M	84	12	84	12	84	12
.	T	9	1	9	1	9	1
1		.	.	.	.	196	28
2		.	.	246	36	408	59
3		.	.	358	52	47	7
4		267	39	46	7	37	5
5		335	49	37	5	.	.
6		48	7	.	.	.	.
7		37	5	.	.	.	.
1	L	.	.	.	.	183	27
1	M	.	.	.	.	12	2
1	T	.	.	.	.	1	0
2	L	.	.	232	34	370	54
2	M	.	.	13	2	31	5
2	T	.	.	1	0	7	1
3	L	.	.	321	47	42	6
3	M	.	.	30	4	4	1
3	T	.	.	7	1	1	0
4	L	252	37	41	6	.	.
4	M	14	2	4	1	37	5
4	T	1	0	1	0	.	.
5	L	299	44	.	.	.	.
5	M	29	4	37	5	.	.
5	T	7	1	.	.	.	.
6	L	43	6	.	.	.	.
6	M	4	1	.	.	.	.
6	T	1	0	.	.	.	.
7	M	37	5	.	.	.	.



Vedleggstabell 3.11 Dyrka jord i Nordland fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
2	.	.	.	.	.	37	6
3	.	.	.	37	6	224	33
4	.	.	.	224	33	261	39
5	.	224	33	411	61	149	22
6	.	112	17	.	.	.	.
7	.	336	50	.	.	.	.

Vedleggstabell 4.12 Dyrka jord i Troms fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
4	.	.	.	.	.	255	100
5	.	.	.	255	100	.	.
6	.	218	86	.	.	.	.
7	.	36	14	.	.	.	.

Vedleggstabell 4.13 Dyrka jord i Finnmark fordelt på klimasoner og driftsvilkår

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
5	.	.	.	.	.	71	100
6	.	.	.	71	100	.	.
8	.	71	100	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.14 Dyrkingsjord i Norge fordelt på klimasoner og fylker

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
.	.	.	.	.	.	.	.
1	1	.	.	62	28	218	97
1	2	.	.	156	70	6	3
1	3	48	21	6	3	.	.
1	4	171	76	.	.	.	.
1	5	5	2	.	.	.	.
2	1	.	.	36	7	445	91
2	2	.	.	413	84	36	7
2	3	21	4	33	7	10	2
2	4	427	87	9	2	.	.
2	5	30	6	.	.	.	.
2	6	13	3	.	.	.	.
3	1	.	.	4	40	9	90
3	2	.	.	5	50	1	10
3	3	2	20	1	10	.	.
3	4	7	70	.	.	.	.
3	5	1	10	.	.	.	.
4	1	.	.	.	.	412	26
4	2	.	.	424	26	369	23
4	3	.	.	363	22	208	13
4	4	419	26	213	13	294	18
4	5	345	21	279	17	152	9
4	6	235	15	336	21	179	11
4	7	289	18	.	.	.	.
4	8	327	20	.	.	.	.
5	1	.	.	.	.	73	6
5	2	.	.	76	7	163	14
5	3	.	.	166	15	236	21
5	4	74	7	249	22	324	29
5	5	149	13	266	24	227	20
5	6	272	24	337	30	107	9
5	7	373	33	36	3	.	.
5	8	261	23	.	.	.	.
6	1	.	.	34	10	104	29
6	2	.	.	70	20	18	5
6	3	26	7	18	5	11	3
6	4	77	22	11	3	37	10
6	5	21	6	37	10	184	52
6	6	9	3	184	52	.	.
6	7	37	10	.	.	.	.
6	8	184	52	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.14 forts.

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
7	1	.	.	67	58	113	97
7	2	.	.	47	41	3	3
7	3	55	47	2	2	.	.
7	4	59	51	.	.	.	.
7	5	2	2	.	.	.	.
8	1	.	.	21	21	28	29
8	2	.	.	7	8	.	.
8	3	19	19	.	.	.	.
8	4	9	10	.	.	.	.
8	6	.	.	70	71	70	71
8	8	70	71	.	.	.	.
9	1	.	.	18	31	59	100
9	2	.	.	41	69	.	.
9	3	18	31	.	.	.	.
9	4	41	69	.	.	.	.
10	1	.	.	5	5	18	19
10	2	.	.	13	14	41	43
10	3	8	8	41	43	36	38
10	4	12	13	36	38	.	.
10	5	75	79	.	.	.	.
11	2	.	.	2	1	143	78
11	3	.	.	153	84	40	22
11	4	70	38	28	15	.	.
11	5	110	60	.	.	.	.
11	6	3	2	.	.	.	.
12	2	.	.	.	.	37	50
12	3	.	.	37	50	37	50
12	4	37	50	37	50	.	.
12	5	37	50	.	.	.	.
14	3	.	.	.	.	145	100
14	4	.	.	145	100	.	.
14	5	73	50	.	.	.	.
14	6	73	50	.	.	.	.
15	2	.	.	.	.	37	11
15	3	.	.	74	22	295	89
15	4	.	.	258	78	.	.
15	5	222	67	.	.	.	.
15	6	111	33	.	.	.	.

Vedleggstabell 3.14 forts.

Klima- sone	Drifts- vilkår	Arealer med ulik klimaendring					
		Dagens klima		Sannsynlig endring		Stor endring	
		km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent	km <sup>2</sup>	Prosent
16	1	.	.	.	.	2	0
16	2	.	.	2	0	126	16
16	3	.	.	140	18	215	28
16	4	2	0	222	29	153	20
16	5	145	19	150	19	216	28
16	6	265	34	234	30	63	8
16	7	229	30	27	3	.	.
16	8	135	17	.	.	.	.
17	1	.	.	.	.	80	10
17	2	.	.	89	12	349	46
17	3	.	.	378	50	329	43
17	4	132	17	292	38	2	0
17	5	296	39	2	0	.	.
17	6	330	43	.	.	.	.
17	7	2	0	.	.	.	.
18	3	.	.	.	.	149	31
18	4	.	.	299	62	299	62
18	5	37	8	149	31	37	8
18	6	374	77	37	8	.	.
18	7	75	15	.	.	.	.
19	4	.	.	.	.	801	76
19	5	.	.	801	76	255	24
19	6	546	52	255	24	.	.
19	7	473	45	.	.	.	.
19	8	36	3	.	.	.	.
20	5	.	.	.	.	107	43
20	6	.	.	142	57	107	43
20	7	.	.	71	29	36	14
20	8	249	100	36	14	.	.
Landet	1	.	.	247	3,0	1561	18,9
	2	.	.	1345	16,3	1329	16,1
	3	197	2,4	1412	17,1	1712	20,7
	4	1537	18,6	1800	21,8	1911	23,1
	5	1548	18,8	1684	20,4	1178	14,3
	6	2231	27,0	1595	19,3	526	6,4
	7	1478	17,9	134	1,6	36	0,5
	8	1262	15,3	36	0,5	.	.
I alt		8253	100	8253	100	8253	100



## VEDLEGG 2

### Lineære programmeringsmodeller

Formålet med lineær programmering (LP) er å velge ikke-negative verdier av et sett av valg-variable for å maksimere eller minimere en lineær målfunksjon gitt et sett med lineære ulikheitsskranker (Intrilligator, 1971). En bestemt kombinasjon av valg-variable kalles en prosess.

Med prosesser menes en bestemt måte å utføre en oppgave/produksjon, og er kjennetegna med sammenhengen mellom de ulike produksjonsfaktorene. Denne sammenhengen kan være fast, variere i samsvar med tekniske forhold eller de relative faktorprisene.

Ei hindring som setter ei øvre eller nedre grense for bruken av en eller flere produksjonsfaktorer kalles ei skranke. Et eksempel på ei slik skranke er produksjonsareal i landbruket -- produksjonen kan ikke skje på et større areal enn det tilgjengelige produksjonsarealet.

Målfunksjonen kan enten maksimeres eller minimeres gitt skrankene. Når formålet er å maksimere målfunksjonen, må noen av skrankene sette ei øvre grense for minst en produksjonsfaktor. Viss dette ikke er tilfelle er den optimale løysinga ubestemt eller null for alle produksjonsfaktorene. Motsatt, når formålet er å minimere kostnadene, må noen av skrankene sette ei nedre grense for minst en produksjonsfaktor.

I delprosjektet "Konsekvenser av eventuelle klimaendringer på landbruksproduksjonen", er målfunksjonen å minimere kostnadene gitt ulike tilpassingsmåter (fysiske produksjonsmål for landbruket -- se avsnitt 8.1). Hovedprinsippet for valget av løysing for et LP-kostnadsminimeringsproblem er iterativt å velge alternative hjørnepunkt for sett av skrankene (vertex) slik at kostnadene reduseres med størst gradient mellom disse hjørnepunkta. Når ingen gradienter til de omliggende vertex er positive (valg av et nytt vertex fører ikke til reduserte kostnader), og produksjonsmulighetssettet som blir danna av skrankene, er kvasikonvekst, er den optimale LP-løysinga for kostnadsminimeringsproblemet funnet.<sup>9</sup>

Ei optimal LP-løysing sammenfaller nødvendigvis ikke med den sanne globale løysinga fordi:

1. Settet av lineære skranker kun er ei tilnærming til de virkelige skrankene.
2. Ei optimal LP-løysing vil bestandig være i et vertex, mens likeverdige løysinger kan ligge på den rette linja mellom to vertex i planet som er danna av flere skranker mellom tre eller flere vertex.

<sup>9</sup> For ei videre beskrivelse av løysingsalgoritma til LP og avgrensinger ved denne algoritma, se Chiang (1980) eller Intrilligator (1971).

De praktiske implikasjonene av disse momenta er at ei optimal LP-løysing ikke må ses på som et absolutt fasitsvar, men som en indikasjon på hvor den optimale løysinga ligger. Derfor omtales LP-løysinger ofte som normative løysinger.

Et problem med bruken av LP-modeller er at de lineære sammenhengene i modellen gjør at grense- og snittverdiene er de samme. I følge økonomisk teori er det ingen skalafordeler når dette skjer. Følgelig kan det finnes vilkår uten et unikt optimalt produksjonsomfang eller ei optimal fordeling mellom produksjonene. En vanlig måte å løse dette problemet på i LP-modeller er å tilordne ulike grenseproduktkoeffesienter ved ulike produksjonsintervall slik at grensekostnadene auker med aukende produksjonsomfang (Intrilligator, 1971).

Et anna problem med LP-modeller er at det kan forekomme at enkelte variable tar verdier som synes inkonsistente med resultatene fra resten av modellen. Ei forklaring på dette er at disse variablene er frie variabler.

Frie variabler i en LP-modell er variable som tilpasses etter at ingen skranker er overskredet og målfunksjonen er maksimert (minimert). Denne forklaringa hører heime i gruppa modelltekniske forklaringer.

Noen ganger er slike reint modelltekniske forklaringer den eineste mulige forklaringa på at uventa og/eller inkonsistente løysinger. Problemet med modelltekniske forklaringer av denne typen er at de kan bidra til å skjule tilfeldige eller gale strukturer i modellen.

## VEDLEGG 3

### Nye vekster

#### 3.1 Sukkerbeter

Produksjon av sukkerbeter for sukkerproduksjon eller til fôr er klimatisk mulig i Norge under begge klimascenaria "mest sannsynlig" og "stor" endring. Tilsvarende dyrkingsforhold til disse klimascenaria finnes i dag i Danmark og deler av England og Tyskland.

##### 3.1.1 Sukkerproduksjon

Produksjon av sukker i Norge kan ikke forsvares verken foretaksøkonomisk eller samfunnsøkonomisk. De viktigste årsakene til dette er (Landbruksdepartementet, 1986):

1. En sukkerfabrikk ville ikke gå med overskott i Norge med 1986-sukkerpriser, sjøl om råstoffet ble gitt gratis.
2. For at en sukkerfabrikk skal gå med overskott og verdien av sukkerproduksjonen skal være lik alternativverdien av sukkerbetene, må prisen på sukker være fem ganger høyere enn 1986-prisen på sukker.

Sukkerbetedyrking i Norge for produksjon av sukker er derfor lite aktuelt med mindre det skjer meget store endringer på det internasjonale sukkermarkedet, og dermed på sukkerprisene. Det er lite trulig dette vil skje, sjøl under klimascenariet "stor" endring.

##### 3.1.2 Førsukkerbeter

Danske data viser at kostnadene pr. fôreining ved førsukkerbeteproduksjon sammenlikna med dyrking av kløver var om lag 10 % høyere i 1974 (Det Landøkonomiske Driftsbureau, 1974) og 11 % høyere i 1989 (Landskontoret for Driftsøkonomi, 1989). I perioden 1950-74 har arealdelen av førsukkerbeter gått ned i Danmark, noe som indikerer at de implisitte inntektene fra førsukkerbeter relativt sett har gått ned. Engelske tall viser en relativ nedgang i lønnsmda i førsukkerbeteproduksjonen de siste ti åra (Murphy, 1989). Totalinntrykket er m.a.o. at førsukkerbeter er en vekst i tilbakegang i de klimasonene i Europa som sammenfaller det forventet klimaet i Norge om 30 år under begge klimaendringsscenaria.

Lønnsmda i førsukkerbeteproduksjon bedrer seg relativt sett i forhold til grasproduksjon viss prisene på proteinholdige ertattingsfôr faller, eller kornprisen auker. Slike endringer i de internasjonale prisene på mat og fôr som følge av klimaendringene

er lite trulig. Følgelig vil den relative lønnsomheten for førsukkerbeteproduksjon i Norge forbli lågere enn for grasproduksjon. Optimalt dyrkingsomfang av en vekst med relativ lågere lønnsomhet i ei lineær programmeringsrutine -- som sjølforsyningsmodellen -- er null. Vi har derfor valgt å ikke konstruere en ny prosess for førsukkerbeteproduksjon.

#### 3.2 Mais

Produksjon av mais er klimatisk mulig i klimasonene 1 og 2 i Norge under begge klimascenaria "mest sannsynlig" og "stor" endring. Tilsvarende dyrkingsforhold til disse klimascenaria finnes i dag i Danmark og deler av England og Tyskland. Mais kan dyrkes som kornmais eller som grønnefôrevkst. Kornmais brukes til menneskefôde eller som kraftfôr.

##### 3.2.1 Kornmais

Dyrkingsomfanget av kornmais er så lite i de klimasonene i Europa som sammenfaller det forventet klimaet i Norge om 30 år under begge klimaendringsscenaria, at vi finner liten grunn til å lage en egen prosess for dette.

##### 3.2.2 Fôrmais

Fôrmais kjennetegnes med stor avling og høgt sukkerinnhold. Dette siste gjør fôrmais velegna til lagring i silo (Bunting, Pain, Phipps og Wilkinson, 1978). Fôrmais er særst godt egna som fôr til mjølkekyr (Zscheischler, Estler, Gross, Neumann og Geissler, 1979). Det er lite mjølkeproduksjon i klimasonene 1 og 2 i Norge i dag. De største argumenta mot utstrakt fôrmaisproduksjon i Norge ligger imidlertid på kostnadssida, særst i høstingsutstyr. Sjø om kostnadene pr. fôreining for gras og fôrmais er tilnærma sammenliknbare både i Tyskland og England, fordeler kostnadene seg forskjellig. Tyske data viser at de faste kostnadene for fôrmaisproduksjon er dobbelt så store som grasproduksjon (Zscheischler et. al., 1979). Uten store endringer i driftsarealet pr. bruk i Norge, blir snittkostnadene ved fôrmaisproduksjon høyere enn for grasproduksjon.

Lønnsomheten i fôrmaisproduksjon bedrer seg relativt sett i forhold til grasproduksjon viss kornprisen auker (Zscheischler et. al., 1979). Slike endringer i de internasjonale prisene på mat og fôr som følge av klimaendringene er som før nevnt lite trulig. Følgelig vil den relative lønnsmda fra fôrmaisproduksjon i Norge forbli lågere enn for grasproduksjon. Optimalt dyrkingsomfang av en vekst med relativ lågere lønnsomhet i ei lineær programmeringsrutine -- som sjølforsyningsmodellen -- er null. Vi har derfor valgt å ikke konstruere en ny prosess for fôrmaisproduksjon.





**DRIFTSGRANSKINGER**



**FORSKNINGSMELDINGER**



**REGIONAL-OG PRØVEBRUKSMELDINGER**



**MODELLBRUKSBEREGNINGER**



**TOTALKALKYLEN**



**HANDBØKER**



**MATERIELL FOR DRIFTSPLANLEGGING**

**Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning**



ISBN 82-7077-077-9  
ISSN 0802-2577