

RAPPORTER

90/18

SIMJAR 2

**SIMULERINGSMODELL FOR NITROGEN-
AVRENNING I JORDBRUKET**

DOKUMENTASJON

AV

HENNING HØIE, BÅRD LIAN OG JON ÅGE VESTØL

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 90/19

SIMJAR 2

**SIMULERINGSMODELL FOR NITROGENAVRENNING I
JORDBRUKET
DOKUMENTASJON**

AV

HENNING HØIE, BÅRD LIAN OG JON ÅGE VESTØL

**STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO-KONGSVINGER 1990**

**ISBN 82-537-2992-8
ISSN 0332-8422**

EMNEGRUPPE
19 Andre ressurs- og miljøemner

ANDRE EMNEORD
Avrenning
Forurensning
Jordbruksproduksjon
Landbruksøkonomi
Modelldokumentasjon

Landbruksøkonomi
Landbruksproduksjon

Landbruksøkonomi
Landbruksproduksjon

FORORD

Denne rapporten gir en dokumentasjon av modellen SIMJAR 2 som beregner effekten av tiltak mot arealavrenning fra jordbruksarealene i Sør-Norge. Utviklingen av SIMJAR startet opp i 1988 og har hele tida foregått i et nært samarbeid mellom Institutt for økonomi og samfunnsfag (IØS) ved Norges landbrukshøgskole (NLH) og Forskningsavdelingen i Statistisk sentralbyrå.

Jon Åge Vestøl har ledet oppbyggingen av SIMJAR og har skrevet vedlegg 7. Bård Lian har programmert simuleringsdelen av modellen og har skrevet kapittel 3. Henning Høie har forfattet resten av rapporten og har hatt ansvaret for redigeringen av den.

Forfatterne vil rette en takk til følgende personer og institusjoner:

Kontor for landbruksstatistikk, SSB, Kongsvinger for levering av grunnlagsmateriale fra Stønadsregisteret og Landbrukstelingen, 1979.

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) for levering av data fra jordsmonnskartlegging.

Helge Lundekvam og Gotfred Uhlen ved Institutt for jordfag, NLH; flere medarbeidere ved Institutt for plantekultur, NLH; samt fylkesagronomene i plantekultur for faglige bidrag og vurderinger av avlings- og avrenningssammenhenger.

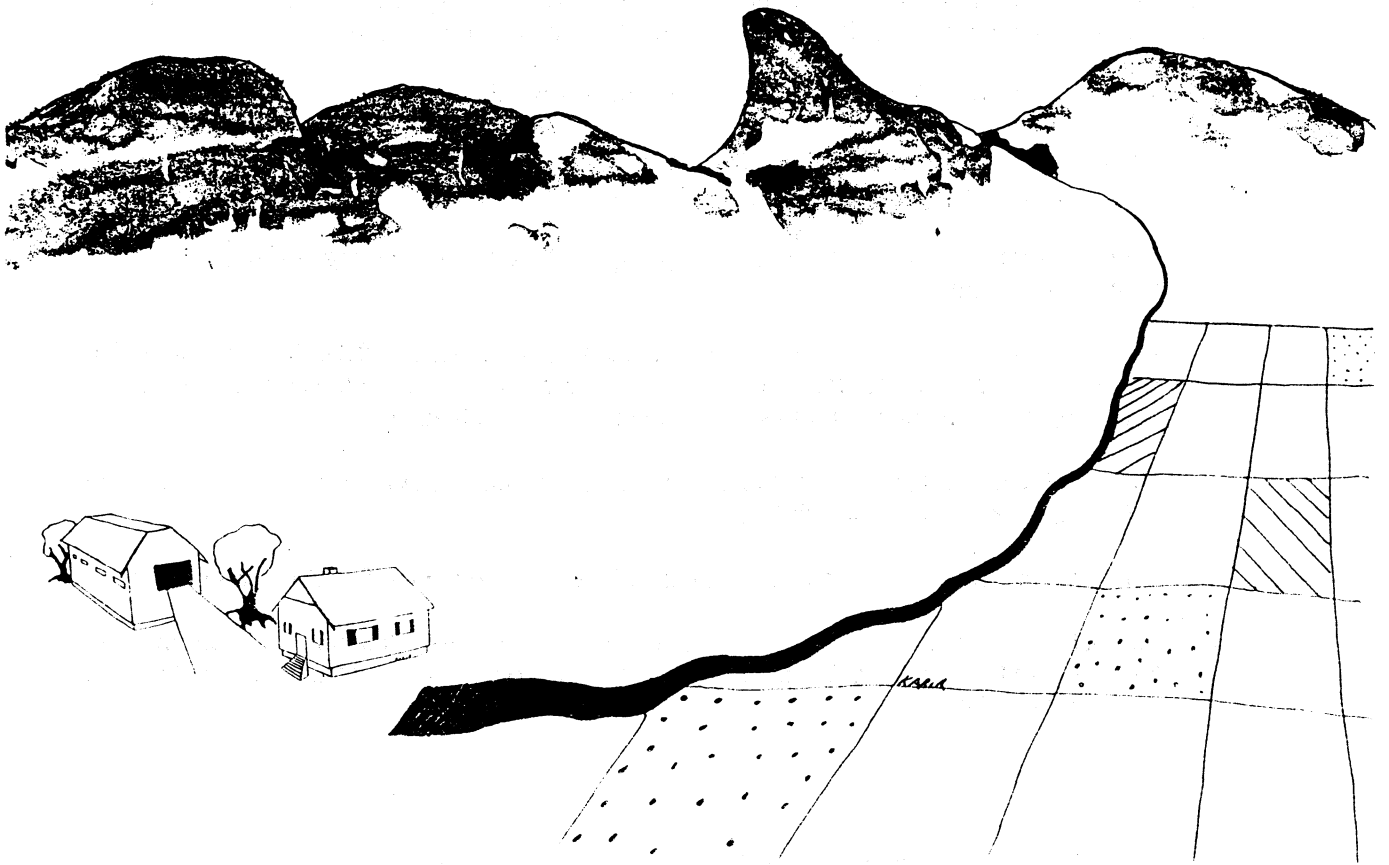
Statens forsøksstasjoner i landbruk og Landbrukets forsøksringer for bidrag om gjødslingspraksis og avlingsnivåer.

Fylkesagronomene i husdyrbruk for opplysninger om beitetider for ulike husdyrslag.

Til sist, men ikke minst, medarbeiderne ved Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH, Øivind Holm, Dag Petter Sødal, Arild Vatn og Jostein Aanestad for et hyggelig og godt samarbeid.

Statistisk sentralbyrå, Oslo, 18. oktober 1990.

Arne Øien



INNHold

	Side
FORORD	3
SAMMENDRAG	7
1. INNLEDNING	11
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Problemstillinger	11
1.3 Valg av modell	12
1.4 Hva SIMJAR kan brukes til	12
1.5 Begreper	13
1.6 De enkelte kapitlene	14
2. MODELLSTRUKTUR OG DATAGRUNNLAG	17
2.1 Modellens virkemåte	17
2.1.1 Inndata	18
2.1.2 Tiltak som kan simuleres	18
2.1.3 Kort om hva som skjer i en modellsimulering	19
2.1.4 Kort om hva som skjer i resultatprogrammet	20
2.1.5 "Simuleringsstøy" - behov for referansealternativ	20
2.2 Datagrunnlaget	21
2.2.1 Register for driftsenheter - Stønadsregister	21
2.2.2 Avlingssammenhenger	21
2.2.3 Avrenningssammenhenger	26
2.2.4 Foretaksøkonomiske sammenhenger	29
3. BESKRIVELSE AV PROGRAMMENE I SIMJAR 2	33
3.1 Kort oversikt over programsystemet	33
3.2 Tilretteleggingsprogrammet	34
3.3 Simuleringsprogrammet	35
3.3.1 Inputdata til simuleringsprogrammet	36
3.3.2 Flytting av dyr	37
3.3.3 Beregning av dyrkingsarealer	40
3.3.4 Beregning av gjødselplan for hvert gårdsbruk	42
3.4 Resultatprogrammet	43
3.5 EDB-omgivelser og utvikling av prosjektet fra et EDB-faglig synspunkt	43
4. RESULTATER	45
4.1 Simulering av referansealternativet	45
4.2 Simuleringer med ulike tiltak mot arealavrenning	47
4.2.1 Intensitetsreduksjon	47
4.2.2 Spredarealkrav	49
4.2.3 Kombinasjon av tiltak	51
4.3 Beregning av P-gjødsling	53

	Side
5. DISKUSJON AV MODELLEN	55
5.1 Avlingssammenhengene	55
5.1.1 Inndeling i veksttyper	55
5.1.2 Faktorer som bestemmer avlingsnivået	56
5.1.3 Avlingssoner	57
5.1.4 Avlingskurvene	58
5.2 Nitrogenavrenning	58
5.2.1 N-tap ved erosjon	58
5.2.2 Vær- og klimavariasjoner	58
5.2.3 Differensiering av avrenningskurvene	60
5.2.4 Beregnet avrenning på grunnlag av gjødsling på hvert bruk	61
5.3 Gjødsling	62
5.3.1 Delt gjødsling til korn	62
5.3.2 Disponering av husdyrgjødsel	62
5.4 Nitrogenbalansen i modellen	64
5.5 Kalibrering og testing av usikkerhet	65
5.6 Jorderosjon og fosforavrenning	66
5.7 Foretaksøkonomi	66
5.8 Kommentarer til en del modelltilpasninger	66
5.8.1 Forholdet mellom eng og grønnfôrvekster (rgs)	66
5.8.2 Overflatedyrka jord	67
5.8.3 Forholdet mellom grovfôrdyr, grovførearealer, kraftfôrforbruk og avdrått	67
5.8.4 Antall husdyrslag	67
5.8.5 Flytting av storfe i "blokk"	67
5.8.6 Programoppbygging og brukervennlighet	68
5.9 Sammenfattende vurdering	68
6. SKISSE TIL VIDEREUTVIKLING AV SIMJAR 2	71
6.1 Beregning av jorderosjon og fosforavrenning i SIMJAR 2	71
6.2 SIMJAR som "overvåkingsmodell" for arealavrenning	71
6.2.1 N-avrenning	72
6.2.2 P-avrenning og jorderosjon	72
6.3 Effekten av virkemidler i SIMJAR 2	72
7. REFERANSER	75
VEDLEGG 1: Avlingssone og DU-sone for hver kommune i Sør-Norge	77
VEDLEGG 2: Avlings- og avrenningssammenhenger	80
VEDLEGG 3: Gruppering av vekster i veksttyper	84
VEDLEGG 4: Input og output i SIMJAR	85
VEDLEGG 5: Hvordan modellen kjøres	90
VEDLEGG 6: Teknisk dokumentasjon av programmene	93
VEDLEGG 7: SIMJAR 1	99
Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk sentralbyrå etter 1. juli 1989 (RAPP)	104

SAMMENDRAG

Over de siste tiåra har det skjedd store omlegginger i jordbrukets produksjonsmønster som f.eks. økt spesialisering på både bruksnivå og regionalt nivå og økt bruk av handelsgjødsel. Virkningene på miljøet har bl.a. vært økt avrenning av næringssalter (nitrogen (N) og fosfor (P)) som har bidratt til skadelige algeoppblomstringer i både ferskvann og sjø, økt tap av jordsmonn gjennom erosjon og et mer ensformig kulturlandskap. SSB har i nært samarbeid med Institutt for økonomi og samfunnsfag ved Norges landbrukshøgskole utviklet en regnemodell for jordbruket i Sør-Norge, SIMJAR, for å utføre følgende analyser:

- hvordan en omfordeling av produksjonen mellom gårdsbruk og mellom regioner virker inn på avling, arealavrenning og foretaksøkonomisk resultat
- hvordan omlegginger i driftsopplegget innenfor eksisterende struktur virker inn på avling, arealavrenning og foretaksøkonomisk resultat.

SIMJAR er konstruert slik at en også kan kombinere problemstillingene.

SIMJAR finnes i to versjoner, SIMJAR 1 og SIMJAR 2. Med SIMJAR 1 utføres beregninger av jorderosjon, fosfor- og nitrogenavrenning. Jorderosjon og fosforavrenning beregnes på grunnlag av jordtypedata fra jordsmonnkartlegging. Bare en liten del av jordbruksarealene er jordsmonnkartlagt. SIMJAR 1 gjør derfor beregninger bare på to avgrensede områder, et på Jæren og et på Romerike på tilsammen 386 driftsenheter og 49 km² jordbruksareal. SIMJAR 2 dekker hele Sør-Norge, men pga. manglende jordtypedata gjøres bare beregninger av nitrogenavrenning. Denne rapporten tar i hovedsak for seg SIMJAR 2.

SIMJAR er en modell som gjør beregninger på de enkelte gårdsbruk. Modellen bygger på enhetene og opplysningene i "Stønadsregisteret" hvor alle driftsenheter som søker om produksjonstillegg eller andre støtteordninger, er registrert. For hver driftsenhet er oppgitt kommunetilhørighet, antall husdyr og arealer av de forskjellige plantekulturene. Stønadsregisteret omfatter om lag 94 prosent av jordbruksarealet og praktisk talt alle husdyr i Sør-Norge. Til driftsenhetene i Stønadsregisteret knyttes det sammenhenger for avling, avrenning og foretaksøkonomi. Disse sammenhengene er mer generelle og gjelder likt for alle brukene i et visst område (i modellen kalt basisområde).

Modellen utnyttes til å beregne *konsekvensene* for produksjon, avrenning, arbeidsforbruk og lønnssevne etter en tenkt innføring (simulering) av *tiltak mot arealavrenning*. På grunnlag av tiltakene "tilpasser" modellen arealer av de forskjellige vekstene og antall husdyr og beregner konsekvensene for hver enkelt driftsenhet. Modellresultatene kan deretter aggregeres for å vise konsekvensene av tiltakene for større geografiske områder.

Plantekulturene blir gruppert i fem såkalte veksttyper: korn, eng, potet, grønnsaker og ettårige førvekster. Avling for hver veksttype er i modellen avhengig av nitrogengjødsling og geografisk område (avlingssone). I modellen er hver kommune plassert i en av 4 avlingssoner etter naturgitte vilkår for avlingsrespons på N-gjødsling.

På samme måte som avling, er N-avrenning i modellen avhengig av N-gjødsling og avlingssone, men det skilles bare mellom åker og eng. Det er egentlig ikke tilstrekkelig forskningsgrunnlag til å differensiere sammenhengene for N-avrenning mellom forskjellige geografiske områder. Det som ligger bak differensieringa, er et resonnement om N-balansen i jorda. Jo høyere avling ved en gitt gjødslingsmengde, jo mer N føres bort i avlinga og dette medfører lavere avrenning.

Det økonomiske resultatmålet i modellen er lønnsevne pr. time. Lønnsevnen regnes ut både under verdensmarkedspriser uten dagens tilskuddsordninger for å få en samfunnsøkonomisk tilnærming og under dagens priser inkludert tilskuddsordningene. Verdensmarkedsprisene er en tilnærming til produksjonskostnadene i aktuelle eksportland. Kostnadene og arbeidsforbruket er differensiert etter arealet av hver veksttype og dyretallet på bruket. Tilskuddene beregnes utfra tilskuddsregler for kommunen, produksjon og arbeidsforbruk.

Ved en modellsimulering hentes input i hovedsak fra to datasett: et for driftsenheter (Stønadsregisteret) og et med koeffisienter for avling og avrenning i de forskjellige områdene (områdedatasett).

Før modellen kjøres, må de forskjellige tiltakene spesifiseres. Det er for SIMJAR 2 i hovedsak snakk om tre typer tiltak mot arealavrenning: redusert arealintensitet (N-gjødsling pr. dekar), krav om spredeareal for husdyrgjødsel og økning av engarealet. I SIMJAR 1 er også redusert jordarbeiding et mulig tiltak. Tiltakene kan kombineres i én og samme modellkjøring.

Arealintensitet bestemmes gjennom å angi en grenseproduktivitet på avlingskurva. Modellen beregner så gjødsling, avling og avrenning på hvert bruk.

Spredearealkrav angis som minimum antall dekar dyrkingsjord pr. gjødseldyrenhet. Modellen omregner alle husdyrene til "gjødseldyrenheter" utfra P-innholdet i gjødsla, og finner ut hvordan bruket ligger an i forhold til et gitt spredearealkrav. Dersom bruket har overtallige dyr i forhold til spredearealkravet, reduseres dyretallet inntil spredearealkravet tilfredsstilles. Disse overtallige dyrene kan modellen eventuelt flytte til bruk med ledig spredeareal. Da vil de bruk med mest ledig spredeareal få overført dyr først.

Økt engareal styres indirekte ved å øke husdyrenes grovfôrbehov og øke forholdet mellom eng og grønnfôrvekster. Økte engarealer reduserer først og fremst jorderosjonen, men dette beregnes som nevnt bare i SIMJAR 1.

Resultatet av en simulering er et nytt datasett for driftsenheter (nytt "Stønadsregister"). Hvert bruk har nå fått tilpasset husdyrtall og arealer av de ulike veksttypene etter modellkrav og spesifiserte tiltak. Det som bestemmer arealet av de forskjellige vekstene er:

- husdyrenes grovfôrbehov
- brukets egnethet for korndyrking
- direkte spesifisering av grønnsak- og potetarealet.

Totalt dyrkingsareal er fortsatt det samme på hvert bruk.

Sammenhenger omkring foretaksøkonomi knyttes til hvert bruk. Så kjøres "det nye Stønadsregisteret" gjennom et resultatprogram, der produksjon, avrenning og foretaksøkonomi beregnes og skrives ut i tabellform for forskjellige geografiske nivåer.

Resultater fra modellkjøringer med SIMJAR 2 viser at ved å redusere avlingsnivået ca. 10 prosent, reduseres forbruket av nitrogengjødsel med 36 og 47 prosent til hhv. korn og eng. N-avrenninga reduseres med hhv. 27 og 46 prosent. Disse resultatene er sterkt avhengige av hvilke sammenhenger for avling og avrenning som er lagt inn i modellen. Ved et krav om spredeareal på 4 dekar for hver gjødseldyrenhet vil kraftfôrbasert kjøttproduksjon som slaktekylling og slaktegris måtte reduseres med hhv. 55 og 36 prosent. (Dersom brukene blir kvitt gjødsla på andre måter eller om husdyrproduksjon flyttes til gårdsbruk med ledig spredeareal, vil reduksjonen naturligvis kunne bli langt mindre). I Sødal og Aanestad (1990) presenteres beregninger av fosforavrenning (kun SIMJAR 1) og foretaksøkonomisk resultat av ulike simuleringer med SIMJAR 1 og SIMJAR 2.

Dersom en hadde løpende opplysninger fra hvert gårdsbruk om bruken av kunstgjødsel og hvordan husdyrgjødsel disponeres, ville SIMJAR med noen få modellforandringer kunne nyttes til å beregne *utviklingen* i N-avrenninga fra jordbruket. I kommende utvalgstellinger for jordbruket (ca. 20 prosent av alle gårdsbruk) er det planlagt å registrere kunstgjødselforbruk, husdyrgjødselhåndtering og jordarbeiding. Ved å tilpasse SIMJAR til å nytte disse opplysningene, vil modellen kunne brukes som "overvåkingsmodell" for arealavrenning av nitrogen fra jordbruket.

SSB har sammen med Senter for jordfaglig miljøforskning, Ås, (Jordforsk) startet et prosjekt for å utvikle SIMJAR 2 til å beregne arealavrenning av fosfor. Når dette er avsluttet, vil det være mulig å bruke SIMJAR både som simuleringsmodell og "overvåkingsmodell" for fosforavrenning.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Over de siste tiåra har det skjedd store omlegginger i jordbrukets produksjonsmønster. Forandringene har bestått i økt bruk av handelsgjødsel, økt spesialisering både på det enkelte bruk og innenfor regioner, økt mekanisering, redusert arbeidsinnsats mm. Disse omleggingene har gitt seg utslag på flere områder. Virkningene på miljøet har bl.a. vært økt avrenning av næringsalter, nitrogen (N) og fosfor (P), økt jorderosjon, og mer ensformig kulturlandskap.

I andre halvdel av 1987 tok SSB initiativet til et analyseprosjekt omkring miljøproblemene i landbruket. Ambisjonene var til å begynne med store; en ønsket å analysere følgende problemstillinger:

- hvordan økning i forurensningene fra jordbruket henger sammen med omlegging i valg av innsatsfaktorer og intensitetsøkning
- hvordan regional spesialisering av produksjonen bidrar til forurensning
- sammenlikning av kvaliteten på jordbruksarealer som nedbygges med kvaliteten på potensielle nydyrkingsarealer

På samme tid hadde SEFO (Senter for forskningsoppdrag, Ås) satt i gang sitt forskningsprosjekt "Landbrukspolitikk og miljøforvaltning", under NTNFs program "Naturressurser og samfunn". SSBs problemstillinger var til dels overlappende med SEFOs, og som betingelse for at SSB skulle motta økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet, ble det forutsatt at SSB skulle samarbeide med SEFO.

Som arbeidsdeling ble det vedtatt at SSB skulle ha hovedansvaret for utvikling av en modell til å gjøre analyser på problemstillingene omtalt nedenfor, mens SEFO ved Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH, skulle ha hovedansvaret for å utføre selve analysene.

1.2 Problemstillinger

Problemstillingene som skulle analyseres var disse:

1. Hvordan virker en omfordeling av produksjonen mellom gårdsbruk og mellom regioner inn på miljøet?
2. Hvordan virker omlegginger i driftsopplegget innenfor eksisterende struktur inn på miljøet?
3. Hvordan virker samspillet mellom en omfordeling av produksjonen og en omlegging i driftsformer inn på miljøet?
4. Hva er kostnadene ved omfordeling av produksjonen og endring i driftsopplegg i forhold til reduksjonen i miljøbelastning?

1.3 Valg av modell

For å svare på problemstillingene, trengtes en modell som kunne knytte endringer i jordbruksvirksomheten til konkrete tall for utslipp av forurensningskomponenter.

Ved starten av arbeidet ble ulike former for lineærprogrammering (LP-modeller) nøye vurdert, siden denne metoden var foreslått i et forarbeid til forskningsprogrammet (Aanesland, 1987). Større modeller av denne typen vil imidlertid fort tendere til å bli en totalmodell for norsk landbruk, og dermed sprengte prosjektrammen fullstendig. Det er også svært tvilsomt om det er mulig å bygge inn forurensningsaspektene i en slik modell på en meningsfull måte, fordi slike modeller opererer med bare lineære sammenhenger.

Det ble også vurdert å bygge mindre LP-modeller for et eller noen få bruk basert på modellbruksdata og teste ulike tiltak på dette nivået. Imidlertid setter LP-teknikken snevre grenser for de sammenhengene og den detaljrikdommen som er mulig å modellere. De ikke-lineære sammenhengene og den store variasjonen i jordbunnsforholdene over små avstander er helt sentrale i denne problemstillingen. Det ble derfor valgt en modellform som kunne behandle denne detaljrikdommen og store datamengder og dermed beregne forurensninga på en god måte. Dette gikk altså på bekostning av mulighetene for optimalisering.

Da dette prinsipielle metodevalget var foretatt, falt det naturlig å knytte modelleringen til virkelige områder, og ikke til idealiserte, "kunstige" gårdsbruk som i modellbrukssystemet. Da det i liten grad foreligger systematiske avrenningsdata og detaljerte jordsmonnsdata, var det nødvendig å velge områder der det har foregått naturvitenskapelig forskning, og som samtidig er interessante i landbrukspolitisk og forurensningsmessig perspektiv. Modellen ble derfor først bygd opp omkring de såkalte GEFO-feltene (GEFO, 1987) i Klepp/Time på Jæren og i Ullensaker på Romerike. De omfatter henholdsvis 27,9 km² og 21,1 km² jordbruksareal. Området på Jæren har intensiv husdyrproduksjon, mens området i Ullensaker har ensidig komproduksjon i et ravinelandskap.

Modellen ble kalt SIMJAR - SimuleringsModell for Jorderosjon og ARealavrenning fra jordbruket.

Opprinnelig ble altså SIMJAR utviklet for to små og avgrensede områder. Fram til 1990 har imidlertid SIMJAR blitt utviklet i tre faser med tilhørende dokumentasjon. Første fase - pilotprosjektet - ble avsluttet mars 1989 (Holm, Sødal og Vestøl, 1989), med analyser for Jæren og Romerike. Andre fase besto i å utvide SIMJAR slik at den kunne brukes på data for hele Sør-Norge. I den forbindelse ble modellen også omprogrammert og sterkt forbedret modellteknisk. Modellen ble brukt til analyser utført for Landbrukspolitisk utvalg (Alstadheimutvalget). Dette arbeidet er dokumentert i Vestøl et al. (1990). Tredje fase bestod i å nytte modellforbedringene fra andre fase til nye analyser på områdene på Jæren og Ullensaker. Disse resultatene er rapportert i Sødal og Aanestad (1990) og i Sødal og Vatn (1990).

Dette har ført til at SIMJAR pr. i dag finnes i to versjoner, SIMJAR 1, som omfatter 384 driftsenheter på Jæren og Romerike, og SIMJAR 2, som omfatter hele Sør-Norge (ca. 73 000 bruk). Grunnen til denne forskjellen i størrelse skyldes at SIMJAR 1 kan behandle jordtypedata, mens jordtypedata ikke finnes i stort nok omfang til å nyttes i SIMJAR 2. Ellers er de i prinsippet like, dvs. omfatter samme type variabler og relasjoner.

1.4 Hva SIMJAR kan brukes til

SIMJAR beregner konsekvensene på produksjon, avrenning, arbeidsforbruk og lønnssevne ved iverksetting av tiltak med tanke på å redusere forurensning. Tiltakene er disse:

- redusert arealintensitet, dvs. lavere gjødsling pr. dekar.

- innføring av spredearealkrav, dvs. krav om minsteareal til å spre husdyrgjødsel på
- økt engdyrking
- redusert jordarbeiding (kun i SIMJAR 1).

SIMJAR er bygd opp omkring et register som inneholder opplysninger om antall dyr, arealbruk og kommunenummer for hvert enkelt bruk. Dette registeret består av de gårdsbruk som søker om produksjonstillegg og andre støtteordninger i jordbruket, og vil i denne rapporten bli kalt for "Støtnadsregisteret". *Enhetene i modellen er derfor gårdsbruk.*

I modellen bestemmes arealene med de forskjellige vekstene og antallet av de forskjellige husdyrslagene på hvert bruk. Konsekvensene for avlings- og avrenningsnivå, total produksjon og foretaksøkonomisk resultat regnes ut.

1.5 Begreper

I et modellprosjekt som dette benyttes uvilkaarlig en del nye begreper som for prosjekt-deltakerne har et presist innhold. Det skjer både ved at det lages nye ord og ved at kjente ord brukes i en helt spesiell betydning. For å minske risikoen for misforståelser, gis det i dette avsnittet forklaring på hvordan en del sentrale begreper i rapporten er brukt.

Avrenning, N-avrenning, N-utvasking

Av forureningskomponenter beregner SIMJAR 2 kun nitrogen. Ordene avrenning, N-avrenning og N-utvasking brukes om hverandre og betyr det samme i denne rapporten. Avrenninga som beregnes i modellen, er prinsipielt det nitrogenet som forsvinner fra jordbruksarealet sammen med vannet som renner vekk og ikke nødvendigvis det nitrogenet som når fram til resipientene.

Veksttyper

Alle de ulike plantekulturene blir i SIMJAR inndelt i 5 grupper som er blitt kalt for veksttyper. Disse er korn, potet, grønnsaker, eng og grønnfôrvekster (også kalt rgs - rotvekster, grønnfôr og silovekster). I tillegg regnes også overflatedyrka jord (eng) med, men dette arealet endres ikke i simuleringene. Se for øvrig vedlegg 3.

Avlingssoner

Dette er en soneinndeling av Sør-Norge som er gjort i forbindelse med utviklingen av modellen for å differensiere avlingsresponsen på N-gjødsling etter naturgitte vekstvilkår. Hver kommune har blitt plassert i en av fire avlingssoner. Se for øvrig avsnittene 2.2.2 og 5.1.3 og vedlegg 1.

Arealintensitet

Dette kan i praksis bety både N-gjødsling og avling pr. dekar i og med at avlingsnivået i modellen er en direkte funksjon av N-gjødslinga. I SIMJAR styres arealintensiteten ved at modellbrukeren bestemmer avlingsnivået eller grenseproduktiviteten på avlingskurva eksogent.

Simulering

SIMJAR er en simuleringsmodell. Med simulering menes i denne rapporten det som skjer i den delen av modellen hvor nye tall for arealene av de forskjellige veksttypene og antall av de forskjellige husdyrslag for hvert enkelt gårdsbruk blir bestemt. Valg av tiltak (styringspa-

rametre) og programmeringsregler bestemmer tilpasningen av dyr og arealer. Resultatet av simuleringa er at det blir laget et nytt datasett for driftsenheter ("nytt" Stønadsregister).

Stønadsregister

Dette er et uoffisielt navn på det registeret som inneholder data om de driftsenhetene som søker om produksjonstillegg og andre støtteordninger i jordbruket. Dataene samles inn av Landbruksdepartementet og registreres av SSB. Dette registeret danner utgangspunktet for hvordan dataene i modellen er strukturert. Se for øvrig avsnitt 2.2.1 og vedlegg 4.1.

Driftsenheter, gårdsbruk, bruk

Ordene driftsenheter, gårdsbruk og bruk er brukt om hverandre og betyr det samme i rapporten. Driftsenheter er enhetene i Stønadsregisteret, og dermed også i SIMJAR. En driftsenhet kan bestå av arealer fra flere eiendommer. Vedlegg 7, avsnitt 2, gir en oversikt over hva en driftsenhet kan bestå av.

DU-soner

Dette er en variabel som har blitt knyttet til hver kommune etter regler for investeringstilskudd fra Distriktenes utbyggingsfond (se avsnitt 2.1.4 og vedlegg 1). Hensikten har vært å kunne plassere kommunene i modellen i f.eks. "distriktkommuner" og "sentrale kommuner" på en fornuftig måte - og dermed få resultater for disse områder - fordi mye av overføringer og støtte i landbruket er differensiert etter "sentralitet".

Basisområder

Et basisområde er en samling kommuner innenfor ett og samme fylke som har samme DU-sone og samme avlingssone. Det er definert 88 basisområder i SIMJAR 2. Basisområdene er enhetene i datasettet "basisområder" hvor dataene om avling, avrenning og tida dyrene er på utmarksbeite ligger (se vedlegg 4.2).

1.6 De enkelte kapitlene

Ettersom SSB har konsentrert sitt arbeid i SIMJAR-prosjektet om selve modellutviklinga, er denne rapporten, i motsetning til Holm et al. (1989), Vestøl et al. (1990) og Sødal og Aanestad (1990), i hovedsak en modelldokumentasjon og ikke en analyse av landbruksfaglige problemstillinger.

Hovedtyngden av dokumentasjonen hittil er knyttet til analyser ved bruk av SIMJAR 1 (Holm et al., 1989 og Aanestad og Sødal, 1990). I denne rapporten er derfor hovedvekten lagt på dokumentasjon av SIMJAR 2. SIMJAR 1 er presentert i et eget vedlegg. Det vil være noe innholdsmessig overlapping mellom de enkelte kapitlene fordi kapitlene langt på vei skal kunne leses alene.

I kapittel 2 blir først modellens hovedstruktur og virkemåte beskrevet. Deretter gjøres det rede for datagrunnlaget som modellen bygger på.

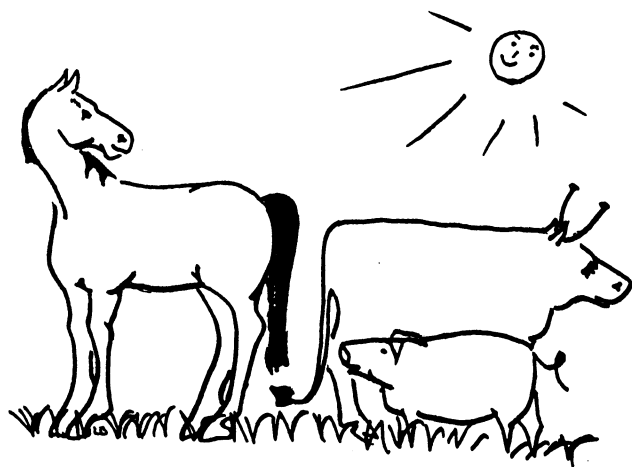
Kapittel 3 tar for seg hvordan programsystemet er lagt opp, hvordan dataene blir tilrettelagt og hva som skjer i de forskjellige programdelene.

I kapittel 4 presenteres resultater av modellsimuleringer med eksempler på tiltak som kan gjøres. Det er lagt vekt på å vise resultater som belyser modellens muligheter.

I kapittel 5 diskuteres sterke og svake sider ved modellen.

I kapittel 6 skisseres to videreutviklingsmuligheter for SIMJAR 2.

Vedleggene 1-6 viser detaljer ved datagrunnlaget, hva som kommer ut av modellen og hvordan programmene virker. Vedlegg 7 tar for seg den lille versjonen av SIMJAR som dekker 386 bruk på Jæren og Romerike (SIMJAR 1).

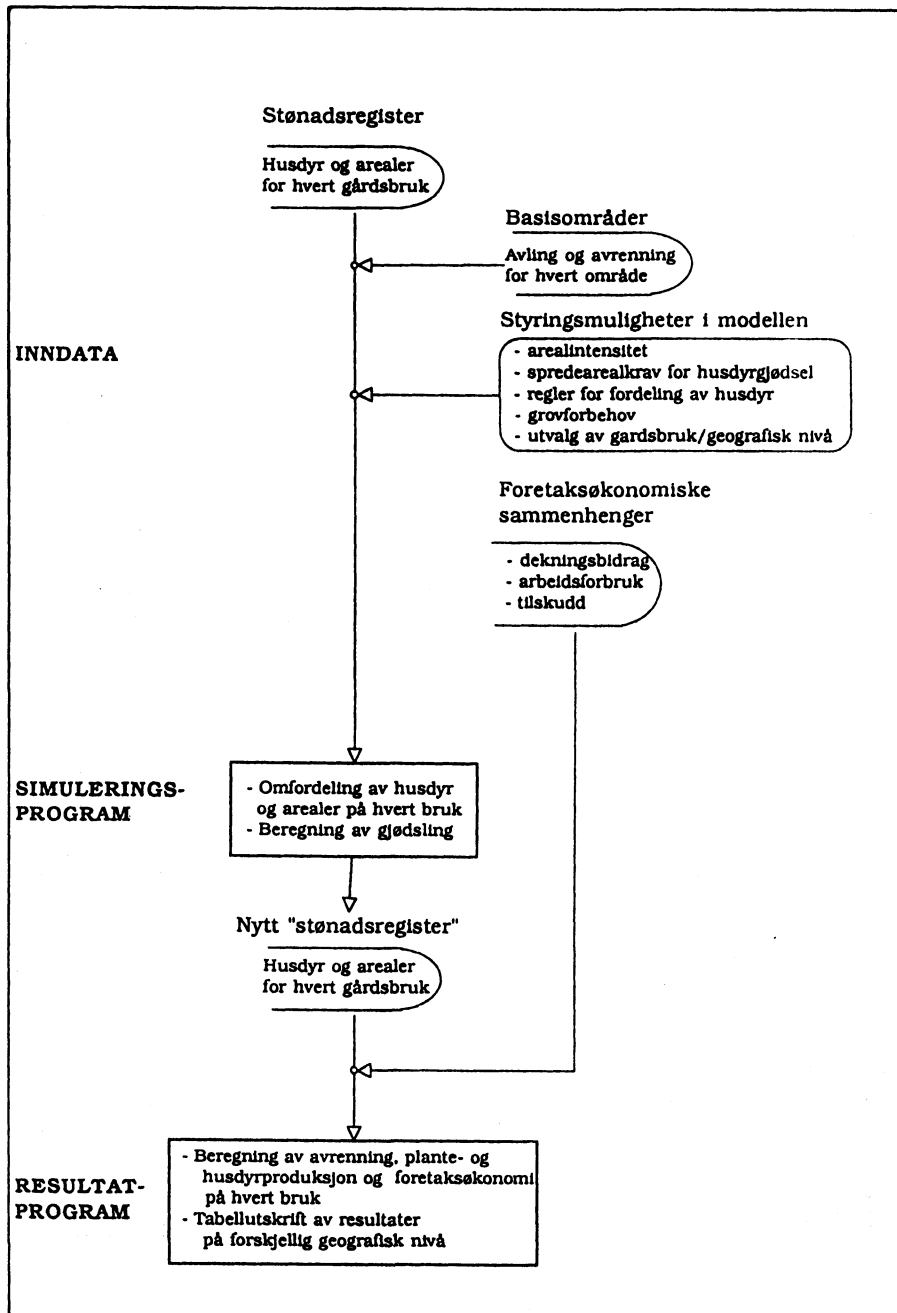


2. MODELLSTRUKTUR OG DATAGRUNNLAG

2.1 Modellens virkemåte

Figur 2.1 viser skjematisk hvordan SIMJAR er bygget opp. Enhetene som modellen er konstruert rundt, er driftsenheter. Alle data knyttes i prinsippet til hver driftsenhet, og beregningene gjøres for hver driftsenhet. Etter at beregningene er gjort, aggregeres resultatene til de geografiske nivåene som en ønsker at beregningene skal gjelde for.

Figur 2.1. Skjematisk framstilling av SIMJARs struktur



2.1.1 Inndata

Modellen henter sine inndata fra tre steder: et datasett for driftsenheter, et datasett for basisområder, samt en del variabler som er styrt av modellkjøreren. Siden modellen er bygget opp rundt datasettet for driftsenheter, knyttes de andre dataene til driftsenhetene.

I datasettet for driftsenheter (Stønadsregisteret) finnes for hver driftsenhet data for arealer av de forskjellige plantekulturene og antall av hvert dyreslag. SIMJAR opererer med 5 veksttyper; korn, potet, grønnsaker, grønnfôrvekster (rgs) og eng (se vedlegg 3). Det er 18 husdyrslag i SIMJAR (se vedlegg 4.1).

I datasettet for basisområder finnes avlings- og avrenningssammenhengene, samt tida dyrene er på utmarksbeite (for å se bort fra denne gjødselmengden). Disse opplysningene gjelder likt for alle brukene innenfor basisområdet (se vedlegg 4.2).

Før modellen kjøres, må modellbrukeren bestemme bl.a. arealintensitet, spredearealkrav, grovfôrforbruk, N/P-forholdet i gjødsla m.m. (se vedlegg 4.4).

2.1.2 Tiltak som kan simuleres

Hensikten med SIMJAR er å studere effekten av tiltak mot arealavrenning. Før programmene i modellen kan settes i gang, må en derfor spesifisere hvilke *tiltak* en ønsker å simulere. Tiltakene er i hovedsak disse:

Arealintensitet

Med arealintensitet forstås her mengden N-gjødsel pr. dekar. *Justering av arealintensiteten fungerer i modellen som et tiltak mot N-avrenning fordi N-avrenninga er avhengig av gjødslingsnivået.* En styrer arealintensiteten i SIMJAR ved å angi en grenseproduktivitet på avlingskurva eller ved å angi et avlingsnivå. Dette må gjøres for korn, potet, grønnsaker og eng/grønnfôrvekster. Eng og grønnfôrvekster har samme avlingskurve i modellen, slik at det blir avlingsnivå eller grenseproduktivitet for 4 vekstgrupper som må bestemmes. Grenseproduktiviteten eller avlingsnivået må være det samme for alle gårdsbrukene i det området som modellen kjøres på (se avsnitt 2.1.3 og 3.3.1). Når avlingsnivå eller grenseproduktivitet er bestemt, vil modellen beregne N-gjødslingsnivå, avling og N-avrenning.

Spredearealkrav

Dette er et tiltak som sørger for at det *ikke blir for mange husdyr konsentrert til et lite jordbruksareal.* Forholdet mellom antall husdyr og dyrkingsareal beregnes for hvert gårdsbruk. Et spredearealkrav bestemmes ved å angi et minimum antall dekar dyrkingsjord pr. gjødseldyrenhet (gjødsla fra ei ku pr. år tilsvarer en gjødseldyrenhet). Modellen omregner alle husdyrene til "gjødseldyrenheter" ut fra P-innholdet i gjødsla, og regner ut hvordan bruket ligger an mht. et gitt spredearealkrav. Dersom et bruk har for mange dyr i forhold til spredearealkravet, vil SIMJAR redusere antall husdyr på bruket inntil spredearealkravet tilfredsstilles.

Årsaken til at "gjødseldyrenheter" er beregnet ut fra P-innholdet i gjødsla er fordi et spredearealkrav vil ha større innvirkning på P-gjødslinga enn på N-gjødslinga. P-mengden i husdyrgjødsla er nemlig mye høyere enn N-mengden sett i forhold til plantenes næringskrav.

Når det i modellen stilles krav om spredeareal for husdyrgjødsla, må modellkjøreren bestemme hvordan SIMJAR "skal behandle" dyrene som er overtallige i forhold til et spredearealkrav:

1. I hvilken rekkefølge skal de forskjellige husdyrslagene reduseres når et gårdsbruk har flere enn ett slag.
2. I hvilken rekkefølge skal husdyrslagene flyttes inn på gårdsbruk med ledig spredeareal.

Modellkjører kan for øvrig bestemme at ingen husdyr plasseres på bruk med ledig spredeareal. Reglene for omfordeling av husdyrproduksjon er forklart detaljert i avsnitt 3.3.2.

Økt engareal

Grasmark stabiliserer jorda i forhold til åpen åker som pløyes og jordarbeides årlig. Ved å legge om åpen åker til eng reduseres derfor problemene med jorderosjon, P-avrenning og tildels også N-avrenning. Økte engarealer reduserer først og fremst jorderosjonen (dette beregnes bare i SIMJAR 1).

I motsetning til hvordan en styrer arealintensitet og spredearealkrav i SIMJAR, er måten en øker engarealet på mer innviklet. Når en skal øke engarealet i SIMJAR, økes behovet for grovfôr (dvs. eng og rgs) som må dyrkes til grovfôrspisende dyr (storfe, sau og geit). For det første bestemmes hvor mye grovfôr som skal dyrkes for de forskjellige dyreslagene. (Grovfôrbehovet kan justeres fordi det kan erstatte en del av kraftfôret). For det andre må det relative forhold mellom eng og rgs-arealene bestemmes. Rgs (grønnfôrvekster) dyrkes på åpen åker, så jo mer av grovfôret som hentes fra eng, jo mindre erosjon og avrenning. (Forholdet mellom eng- og rgs-avlingene settes likt på alle bruk). For det tredje må fôrverdien av halm for de forskjellige dyreslagene angis. Det betyr at en del av kornarealet regnes som grovfôr. Det er en maksimalgrense for de forskjellige dyreslagene med hensyn på hvor stor andel av grovfôret som kan komme fra halmen.

Når disse tre betingelsene er bestemt, og arealintensiteten er gitt, vil SIMJAR beregne hvordan arealfordelinga på hvert bruk blir.

Engarealet kan i modellen også påvirkes på en annen måte, nemlig ved å øke antallet grovfôrspisende dyr i et område. I SIMJAR er det mulig å øke eller redusere antallet av et eller flere husdyrslag i et område eksogent, dvs. modellbruker angir antall dyr det skal være av det aktuelle slaget i området. En kan f.eks. øke antallet av husdyr som spiser grovfôr ved å øke antallet av ammekyr eller sau. Da vil SIMJAR øke grovfôrarealet fordi fôrbehovet må tilfredsstilles. For at ikke kjøttproduksjonen skal øke for mye, kan en med denne modellmuligheten samtidig redusere f.eks. grisetalet (gris spiser bare kraftfôr). En slik mulighet er brukt i simuleringa beskrevet i avsnitt 4.2.3. Når denne modellmuligheten brukes, sørger modellen hele tida for at ingen bruk har mer husdyr enn spredearealkravet tilsier.

2.1.3 Kort om hva som skjer i en modellsimulering

I avsnitt 1.5 er forklart hva som menes med ordet simulering. Når alle brukerbestemte variabler er fastlagt (se vedlegg 4.4), vil modellen generere et nytt datasett for driftsenheter (nytt "Stønadsregister"). Dette er resultatet av en modellsimulering, og dette datasettet er i oppbygning helt likt det opprinnelige, men hvert bruk har fått nye husdyrtall og nye arealtall for de forskjellige vekstgruppene. Det som bestemmer antall dyr på hvert bruk etter simulering er:

- hvor mange dyr det var fra før
- eventuell direkte spesifisering av antall dyr i området
- spredearealkravet
- reglene for flytting av dyr
- brukets kapasitet til å produsere grovfôr.

Ingen bruk vil ha fått endret husdyrtallet medmindre de ikke tilfredsstillere spredearealkravet eller at det flyttes inn dyr.

Det som bestemmer arealet av de forskjellige vekstene etter simulering er:

- grovfôrspisende dyrs grovfôrbehov
- det spesifiserte forholdet mellom eng og rgs
- arealenes egnethet for korndyrking¹
- direkte spesifisering av grønnsak- og potetarealet.

Alle brukene vil få nye arealtall for de forskjellige veksttypene, men det totale dyrkingsarealet er fortsatt det samme på hvert bruk.

Det er i SIMJAR mulighet til å styre hvilke områder simuleringa skal gjelde for. Dette er nærmere forklart i avsnitt 3.3.1. Sør-Norge kan deles inn i fylker og "DU-soner" (se vedlegg 1). Alle tiltak og spesifikasjoner må da bestemmes spesielt for hvert fylke eller "DU-sone", og flytting av dyr skjer bare innenfor hvert fylke eller hver DU-sone". I denne delen av modellen blir også avling og avrenning beregnet.

2.1.4 Kort om hva som skjer i resultatprogrammet

Det "nye" Stønsregisteret kjøres så gjennom et program - "resultatprogrammet" - hvor ønskede beregninger gjøres og resultater presenteres i tabellform.

I dette programmet blir foretaksøkonomiske sammenhenger knyttet til hvert bruk (se avsnitt 2.2.4). Deretter gjøres de ønskede beregningene, så aggregeres resultatene fra hvert bruk opp til det geografiske nivået som en ønsker resultater for, og til slutt skrives resultatene ut i tabeller. I vedlegg 4.5 er vist hvilke resultater som beregnes i resultatprogrammet. Resultatprogrammet skriver ut resultatene for hele landet og på fylkes- og DU-sonenivå.

Det er i noen sammenhenger ønskelig å presentere resultatene etter virkeområde for Distriktenes Utbyggingsfond (DU-soner) for å se på distriktvis virkninger av simuleringalternativene. Virkeområdene følger DUs regler for investeringstilskudd. Se vedlegg 1.

Presentasjon av resultater etter fylke ble valgt bl.a. fordi dette er en svært vanlig inndeling for annen statistikk, ikke minst landbruksstatistikk, og det er derfor lett å sammenlikne resultater fra SIMJAR med landbruksstatistikken.

2.1.5 "Simuleringsstøy" - behov for referansealternativ

Hensikten med SIMJAR er å finne ut hvordan bestemte tiltak *endrer* på forhold som f.eks. avrenning og produksjonsmønster. Da oppstår det tre problemer:

1. Sammenlikningsgrunnlaget er usikkert fordi en ikke helt vet hvordan situasjonen er i dag. Særlig er det en svakhet at sentrale faktorer som gjødslingsnivå, jordarbeiding og avlingsnivå mangler eller er usikre.

¹ Egnetheten for korndyrking er beregnet på grunnlag av temperatursonepunkter fra NIJOS (1989) (Norsk institutt for jord- og skogkartlegging). Den relative andel punkter av dyrkingsklasse 1 og 2 angir andelen av fulldyrka areal som er egnet for korndyrking. Dette ble gjort for hver kommune som hadde tilstrekkelig mange punkter, og egnethetsprosenten blir den samme for alle gårdsbruk i kommunen. For de kommuner som hadde lav tetthet av punkter, ble areal egnet til korndyrking for hvert bruk satt til dagens kornareal pluss 20 prosent. Dette skulle tilsi at egnethetsprosenten for korndyrking er et noe usikkert estimat for reell egnethet siden variasjon fra bruk til bruk ikke fanges opp. Egnethet vil også i stor grad påvirkes av etterspørsel, priser og teknologi.

2. Det er en effekt i seg selv å kjøre modellen. Når brukene får nye arealer av de forskjellige vekstene, skjer det etter grove nøkler som gjelder likt for alle bruk.
3. Modellen fordeler husdyrgjødsel etter et fordelingssystem som er likt for alle bruk. Også kunstgjødsel spres etter samme regler for alle bruk. Det fører til at gjødsel på hvert bruk blir spredd etter en plan som innebærer at alle bøndene i et område gjødsler likt (forutsatt at det ikke er for mye husdyrgjødsel på bruket), og det er neppe en realistisk forutsetning.

Disse tre forholdene fører til "støy" på resultatene, dvs. de påvirker resultatene. For å isolere effekten av tiltakene, må denne støyen fjernes. Dette gjøres ved at en lager et referansealternativ. Referansealternativet lages ved å gjøre en modellsimulering der en legger inn data om gjødsling og avling slik en antar situasjonen er i dag, og med dagens fordeling av husdyr. Når modellen skal beregne effekten av tiltak, blir altså resultatene fra modellsimuleringer med disse tiltakene sammenliknet med en modellsimulering uten disse tiltakene (simulering av "dagens situasjon" -referansealternativet). Referansealternativet er presentert i avsnitt 4.1.

2.2 Datagrunnlaget

I datagrunnlaget kan en skille mellom variabler som er bestemt individuelt for hver enkelt driftsenhet, og variabler som gjelder generelt for mange driftsenheter.

Til den førstnevnte gruppe hører dataene fra Stønadsregisteret, til den siste hører koeffisienter som styrer nivå på avling, avrenning, kostnader, inntekter, husdyrgjødselmengder mm.

2.2.1 Register for driftsenheter - Stønadsregister

Alle gårdsbruk som søker om produksjonstillegg eller andre støtteordninger, blir registrert og samlet i et register som føres av Landbruksdepartementet/SSB - Stønadsregisteret. SIMJAR har til nå brukt Stønadsregisteret som register for driftsenheter. Her er for hver enkelt driftsenhet registrert antall av hvert husdyrslag og arealer av de forskjellige vekstene. *SIMJAR er bygget opp omkring Stønadsregisteret og grunnenhetene i SIMJAR er driftsenheter.* All annen informasjon i modellen knyttes i prinsippet til driftsenhetene, og alle beregningene i modellen gjøres i prinsippet på hver driftsenhet.

Det er ikke noe i veien for å nytte andre gårdsregistre enn Stønadsregisteret som datagrunnlag i SIMJAR, f.eks. Landbrukstellinga eller utvalgstellingene, så lenge de inneholder informasjon om husdyr og vekstarealer på hvert bruk.

I Stønadsregisteret inngår ikke driftsenheter som ikke søker om produksjonstillegg eller andre støtteordninger. Disse utgjør ca. 16 prosent av alle bruk i Norge, men dekker bare ca. 6 prosent av jordbruksarealet og har 3 promille av kyrne (Audun Loen, pers. med.). Feilmarginen er derfor akseptabel om en ønsker å bruke Stønadsregisteret som grunnlag for "hele jordbruket". Stønadsregisteret for 1987/88 inneholder ca. 73 500 bruk i Sør-Norge.

I Stønadsregisteret er brukene ikke koordinatfestet, men koplet til kommuner. Lavest mulige geografisk nivå for aggregering av resultater blir derfor kommune.

2.2.2 Avlingsammenhenger

Veksttyper

I Stønadsregisteret er arealbruken registrert på ca. 20 forskjellige vekster og grupper av vekster. I SIMJAR er disse inndelt i 5 grupper - veksttyper - som det er lagt inn avlings-

sammenhenger for: korn, potet, grønnsaker, ettårige fôrvekster (rgs) og fulldyrka eng (se vedlegg 3). Rgs har samme avlingskurve som fulldyrka eng.

I tillegg er overflatedyrka jord inkludert, men dette arealet forandres ikke under simuleringene, og både gjødslings- og avlingsnivå gitt er ved bestemte forholdstall til fulldyrka eng. Avlingsnivået er 2/3 av fulldyrka eng, gjødslingsnivået er 1/3 og egnetheten som spredeareal er 1/3.

Avlingsnivået påvirkes sterkt av N-gjødslingsnivået. Da modellen ble konstruert, valgte en derfor å gjøre avlingsnivået for de forskjellige veksttypene avhengig av N-gjødslinga. Andre faktorer påvirker også avlingsnivået. Det er tatt hensyn til ulik avlingsrespons på nitrogen-gjødsling i modellen ved å dele inn Sør-Norge i avlingssoner.

Avlingssoner

Ettersom jordbunns- og klimaforhold varierer sterkt i Sør-Norge, er avlingsresponsen på N-gjødsling varierende. Derfor ble Sør-Norge inndelt i områder etter *naturgitte* betingelser for avlingsnivå. Disse områdene ble kalt avlingssoner. Bestemmende parametre i en slik inndeling er først og fremst klima og jordsmonn. Både avlings- og utvaskingskurvene er i modellen differensiert etter avlingssoner.

Avlingssonene må tilfredsstille følgende krav:

- sonegrensene må følge kommunegrenser for at driftsenheter i Stønadsregisteret skal kunne knyttes til avlingssonene
- avlingssonen må være mest mulig homogen mhp. klima og jordbunnsforhold i og med at poenget er å knytte én avlingskurve og én utvaskingskurve for hver veksttype til sonen.
- sonegrensene bør av praktiske hensyn være like for alle veksttypene.

Følgende datakilder var tilgjengelige for å lage en inndeling i avlingssoner:

- temperatursonepunkter fra NIJOS (Norsk institutt for jord- og skogkartlegging) koplet til kommunenivå (NIJOS, 1988). Klimasonene er delt i 6 nivåer etter middeltemperatur i månedene april og juli (NIJOS, 1989 + egen datautskrift av temperatursonepunkter)
- sonegrenser for distriktstilskudd fra Landbruksdepartementet. Det er først og fremst brukt soner for tillegg i melk- og kornproduksjonen (Landbruksdepartementet, 1987)
- temperatur- og nedbørnormaler fra Meteorologisk Institutt (DNMI, 1987 og 1989)
- temperaturkart (julitemp) (1:5 mill.)
- høydesonekart (1:1,7 mill.).

De tilgjengelige kildene for en soneinndeling var såpass mangelfulle at det ikke kunne lages en systematisk metode med en "matematisk" vektlegging av informasjonen for å komme fram til avlingssoner. Enten var de ikke bygd opp på noen enhetlig metode for hele landet, de samsvarte ikke godt med virkelige avlingsvariasjoner (NILF, 1989), eller så dekket de ikke hele Sør-Norge.

Hver enkelt kommune ble plassert i en avlingssone etter skjønn på grunnlag av tilgjengelige datakilder. Dette forslaget ble deretter presentert for samtlige fylkesagronomer i plantekultur. De "justerte" de kommunene i sitt fylke som de mente var feil plassert.

Det ble funnet hensiktsmessig å dele Sør-Norge inn i 4 avlingssoner. De fire områdene beskrives slik:

Sone 1. Ingen andre steder i Norge kan gi særlig høyere avlinger.

Sone 2. Noe lavere avlinger i forhold til sone 1, men ingen vesentlige restriksjoner på hva som kan dyrkes sammenliknet med sone 1.

Sone 3. Begrensede dyrkingmuligheter for korn. Klart lavere avlinger enn sone 1 og 2.

Sone 4. Betydelige restriksjoner på åkerdrift. Lavere avlinger enn sone 3.

For eng ble det i tillegg skilt mellom "Vestlandsfylker" (a-fylker - alle fylkene på Vestlandet fra og med Vest-Agder til og med Nord-Trøndelag) og "Østlandsfylker" (b-fylker) for de tre beste sonene, slik at det i praksis er 6 avlingssoner for eng. Dette ble gjort fordi høyere nedbør på Vestlandet virker vesentlig inn på engavlingene.

Inndelinga i avlingssoner er vist i figur 2.2 og vedlegg 1.

Avlingsfunksjoner

I modellen er avling en funksjon av N-gjødsling, avlingssone og veksttype:

$$A_{ij} = f_{ij}(N)$$





der A = avling, kg pr. dekar
i = veksttype
j = avlingssone
N = N-gjødsling, kg N pr. dekar

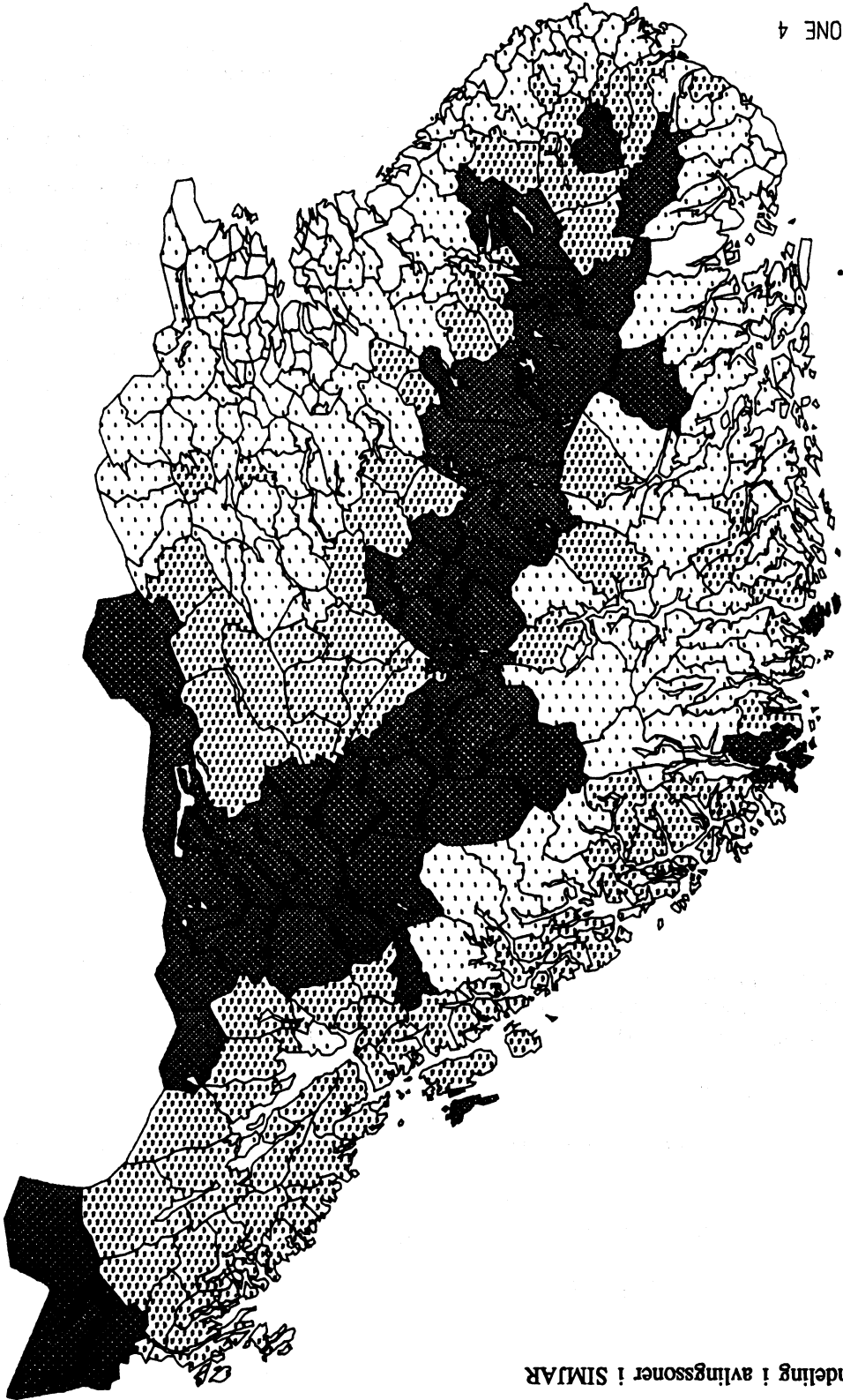
Det defineres derfor avlingskurver som funksjon av N-gjødsling for hver veksttype i hver avlingssone. To unntak gjelder: avlingskurvene for fulldyrka eng og førvekster er slått sammen, og avlingskurvene for overflatedyrka eng ligger 33 prosent under kurvene for fulldyrka eng.

Til å begynne med ble det forsøkt å etablere avlingskurvene direkte til avlingssoner ved hjelp av resultater fra Statens forskningsstasjoner i landbruk og Landbrukets forsøksringer. Dette viste seg vanskelig å få til fordi det var sparsomt med forskningsresultater som gikk direkte på sammenheng mellom N-gjødsling og avlingsnivå. Forsøk forskjellige steder kunne ofte heller ikke sammenliknes direkte fordi andre vekstfaktorer ikke var registrert i tilstrekkelig omfang, og effekten av N-gjødsling kunne dermed ikke isoleres.

En fant det mest hensiktsmessig å opprette en basis avlingskurve for hver veksttype, og ut ifra disse avlede avlingskurver til de forskjellige avlingssonene på grunnlag av informasjon fra fagfolk. Måten dette er gjort på er vist i vedlegg 2.2.

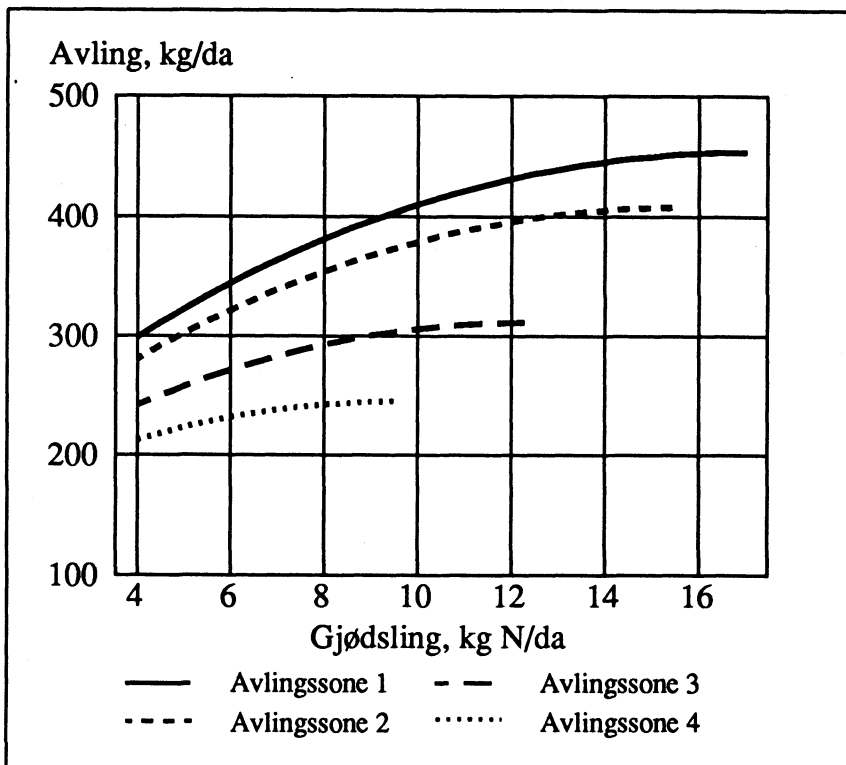
Likningene for alle avlingsfunksjonene er gitt i vedlegg 2.4. Figur 2.3 og 2.4 viser formen til avlingsfunksjonene for henholdsvis korn og eng.

- AVLINGSSONE 1 
- AVLINGSSONE 2 
- AVLINGSSONE 3 
- AVLINGSSONE 4 

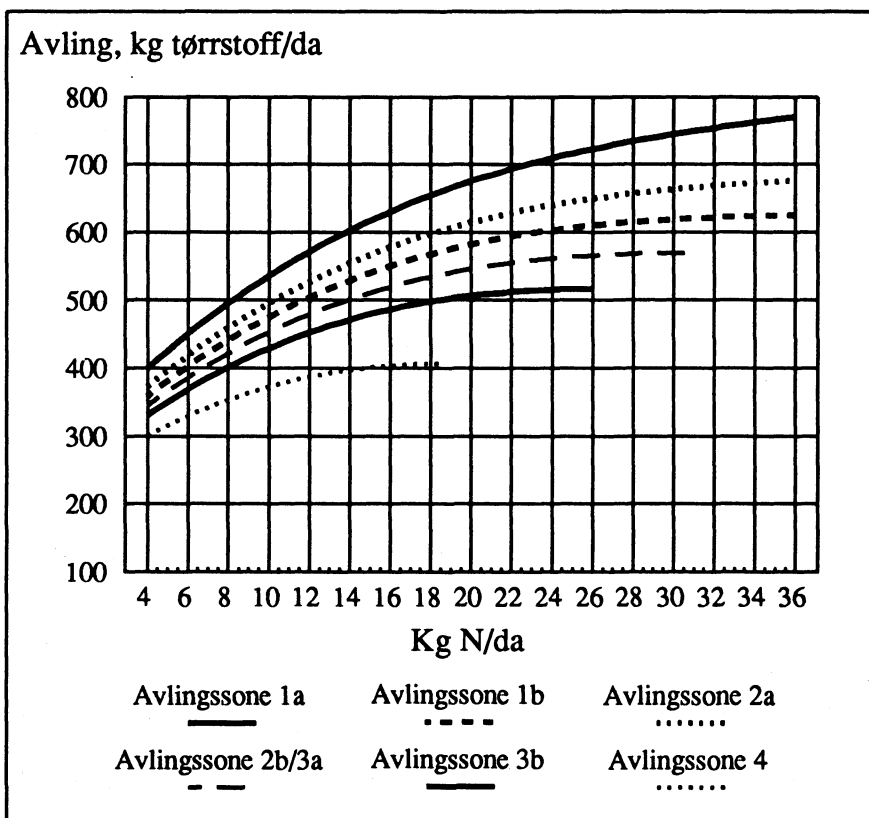


Figur 2. Inddeling i avlingssoner i SIMIAR

Figur 2.3. Avlingskurvene for korn



Figur 2.4. Avlingskurvene for eng



2.2.3 Avrenningsammenhenger

Generelle sammenhenger for nitrogenavrenning

Nitrogenkretsløpet omfatter alle områder i biosfæren. Jordsmonnet tilføres nitrogen fra plantegjødsling, fra lufta ved hjelp av nitrifiserende organismer i jorda og gjennom nedbør. Nitrogen tapes fra jorda ved fjerning av avling, gjennom gasstap og utvasking og gjennom erosjon av organisk materiale.

Avhengig av det organiske materialet i jorda, er N-beholdningen i jordsmonnet vanligvis 200-400 kg/dekar. Mesteparten av dette er ikke umiddelbart tilgjengelig som næring for plantene. Den N-mengden som årlig fjernes med avling og i avrenning, overstiger sjelden 10-15 kg/dekar.

Når nitrogenet vaskes ut av jordsmonnet, eksisterer det hovedsakelig som nitrat (NO_3^-) løst i vann. Nitrat er svakt bundet til jordpartiklene. Det er i nitratform at nitrogen er lettest tilgjengelig for plantene.

Gunstige vilkår for N-utvasking er det når en har betydelig beholdning av NO_3^- -ioner i jordsmonnet kombinert med liten plantevekst og overskudd av vann. N-utvasking går raskere i lett-drenerende jordarter. Figur 2.5 viser forenklet N-balansen i jordsmonnet. Forhold som påvirker N-avrenninga er:

- nitrogengjødsling (mengder og tidspunkt)
- avlingsnivå
- forholdet mellom totalt tilført nitrogen og plantetilgjengelig nitrogen
- forgrøde, vekstskifte
- tilførsel i nedbør
- mengde N som bindes av bakterier i jordsmonnet
- planteslag og dyrkingsteknikk
- nedbørsfordeling og avrenningsforhold (jordart, drenering)
- N-tap til luft

Avrenningsfunksjoner

N-utvaskingskurvene er laga etter mønster av avlingskurvene, slik at det er én utvaskingskurve som funksjon av N-gjødsling for hver veksttype og avlingssone.

I SIMJAR er N-utvasking avhengig av effektiv N-gjødsling, driftsform (åker eller eng) og avlingssone:

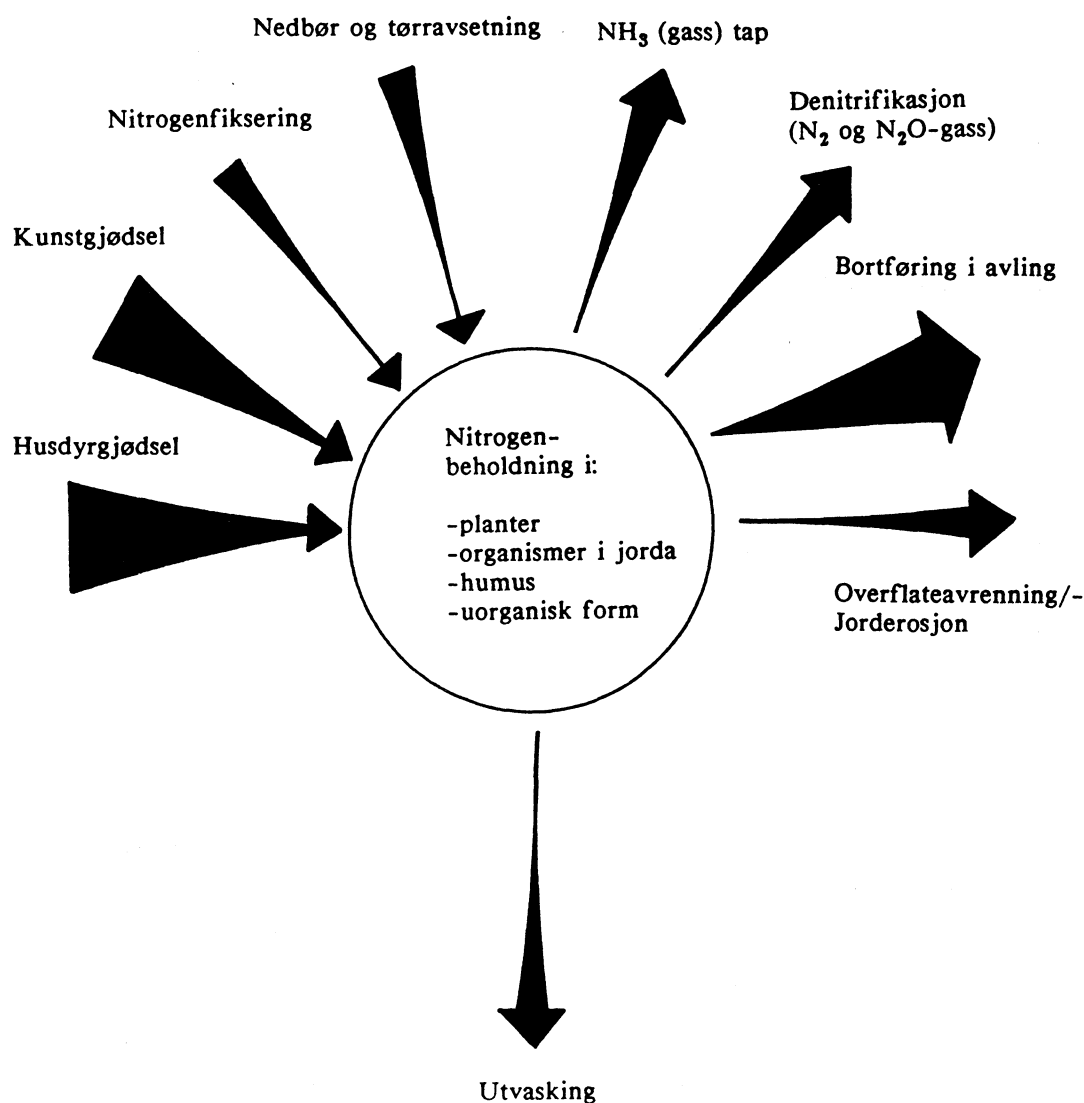
$$U_{ij} = f_{ij}(N)$$

- der
- U = utvasking, kg pr. N dekar
 - i = veksttype
 - j = avlingssone
 - N = N-gjødsling, kg N pr. dekar

For grønnsaker, poteter og ettårige fôrvekster savner en helt forskningsresultater. For disse vekstene er avrenningsfunksjonene for korn benyttet.

Det er langt mer sparsomt med forskning på sammenheng mellom gjødsling og nitrogen-utvasking enn på sammenhenger mellom gjødsling og avling. Egentlig er det kun to avrenningsfunksjoner som er direkte basert på forskningsresultater, en for korn og en for eng. Disse er basert på Uhlen og Lundekvam (1988). Forsøkene herfra favner et vidt spekter av jordtyper og dyrkingsforhold. Den største mengden av forsøkene for korn er gjort innenfor

Figur 2.5. Forenklet skisse av N-balansen i jordsmonnet

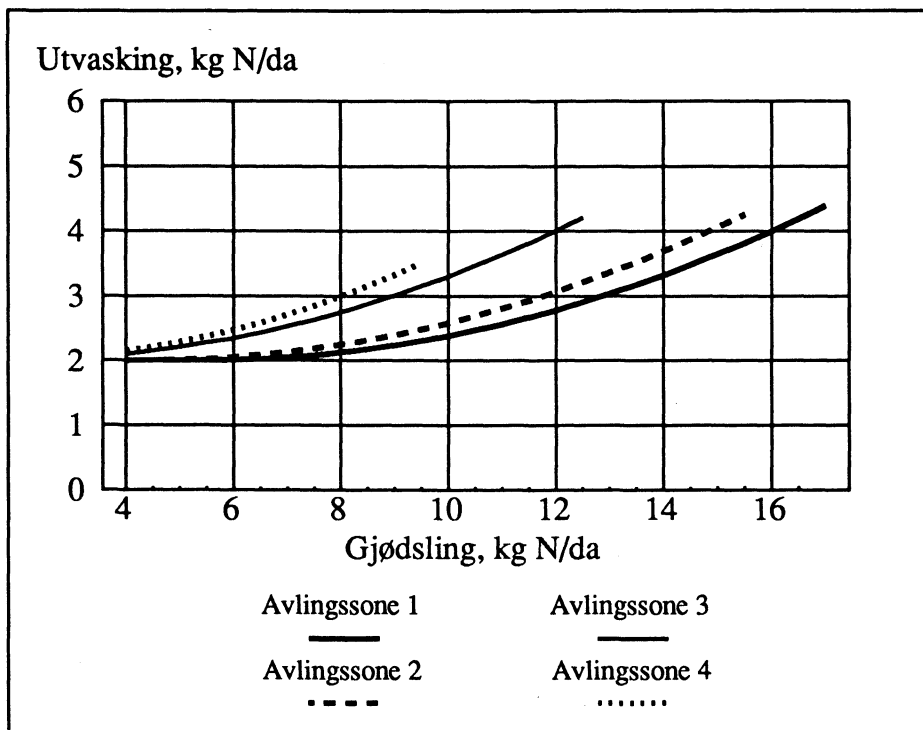


avlingssone 2 og for eng innenfor sone 1b. Ut ifra resultatene i Uhlen og Lundekvam (1988) er det estimert en kurve for eng som gjelder for avlingssone 1b og en for korn som gjelder for avlingssone 2.

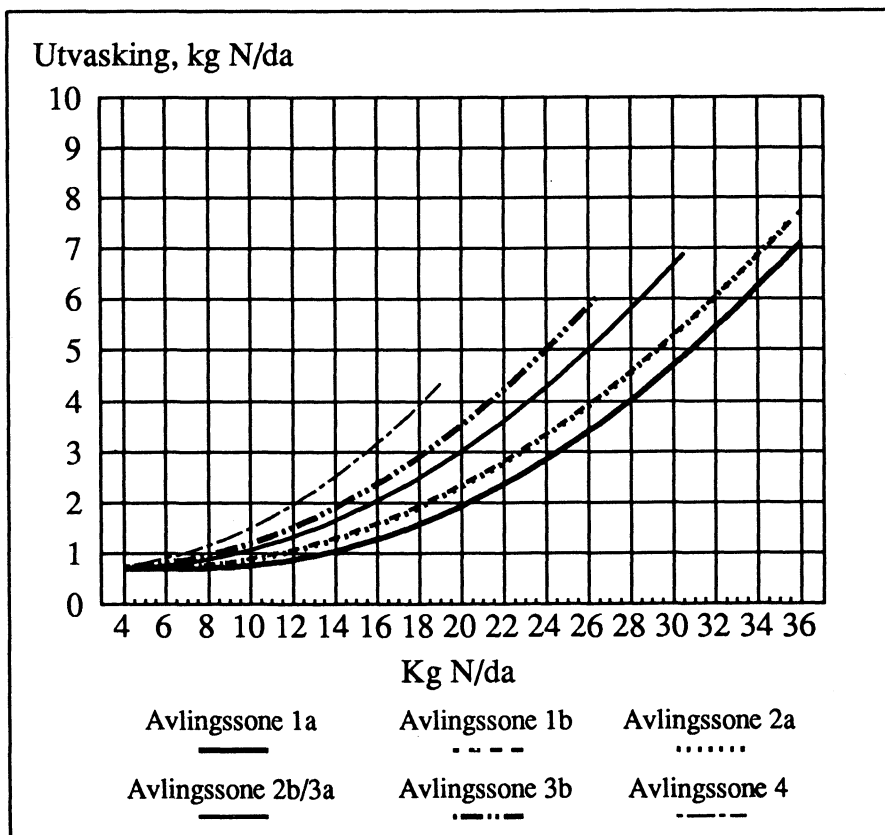
Det er også beregnet utvaskingskurver for de andre avlingssonene. Forskjellen mellom utvaskingskurvene er bestemt av forskjellen mellom avlingskurvene i de ulike sonene. Men denne differensieringa av utvaskingsfunksjonene har ingen direkte basis i forskningsresultater. Utvaskingskurvene er beregnet ut ifra et resonnement om nitrogenbalansen: jo mer av nitrogenet som forsvinner med avlinga, jo mindre blir det igjen til avrenning. Med andre ord: jo høyere avlingskurvene ligger, jo lavere ligger utvaskingskurvene. Usikkerheten knyttet til utvaskingskurvene er dermed langt større enn usikkerheten knyttet til avlingskurvene.

Metoden som er brukt for å komme fram til utvaskingskurvene, er forklart i vedlegg 2.3, og likningene for utvaskingsfunksjonene er vist i vedlegg 2.4. Figur 2.6 og 2.7 viser formen på kurvene.

Figur 2.6. Utvaskingskurvene for korn



Figur 2.7. Utvaskingskurvene for eng



2.2.4 Foretaksøkonomiske sammenhenger

Økonomidelen av SIMJAR er i sin helhet utviklet ved Institutt for økonomi og samfunnsfag ved NLH. Framstillingen her er basert på Sødal og Aanestad (1990), og detaljene i økonomidelen er mer utførlig presentert der.

Det økonomiske resultatmålet som brukes, er lønnsevne pr. time. Dette viser vederlaget til arbeidsinnsatsen etter at øvrige kostnader er dekket og den innsatte kapitalen har fått en forrenting på 7 prosent realrente.

Økonomidelen i SIMJAR gjør at en kan beregne de økonomiske konsekvensene av tiltakene for det enkelte bruk. De foretaksøkonomiske utregningene blir gjort i "resultatprogrammet".

Lønnsevnen er regnet ut på tre ulike måter:

1. Verdensmarkedspriser på jordbruksproduktene, ingen tilskudd over jordbruksavtalen
2. Innenlandske priser på jordbruksproduktene, ingen tilskudd over jordbruksavtalen
3. Innenlandske priser på jordbruksproduktene, dagens tilskuddsordninger over jordbruksavtalen

Ved å regne med verdensmarkedspriser får en et uttrykk for den samfunnsøkonomiske verdien av en økning eller reduksjon i produksjonen.

Utgangspunktet for utregningene av det foretaksøkonomiske resultatet er arealet av hver vekstgruppe og husdyrtallet på hver driftsenhet, samt avlingsnivå og kunstgjødselforbruk hentet fra utregninger i simuleringsprogrammet. En rekke andre faktorer er satt inn som konstante tall, f.eks. kraftforforbruket for hvert dyreslag, eller som funksjoner som viser hvordan kostnadene varierer med størrelsen på produksjonen, f.eks. bygningskostnadene.

Rekkefølgen i utregningene som utføres for hver driftsenhet, er:

	Summen av dekningsbidrag fra husdyr- og planteproduksjon
+	Summen av tilskudd
=	Samlede inntekter på driftsenheten
-	Bygningskostnader, maskinkostnader, jordleie
=	Lønnsevnen til driftsenheten
:	Arbeidsforbruket på driftsenheten
=	Lønnsevne pr. time

Dekningsbidragene

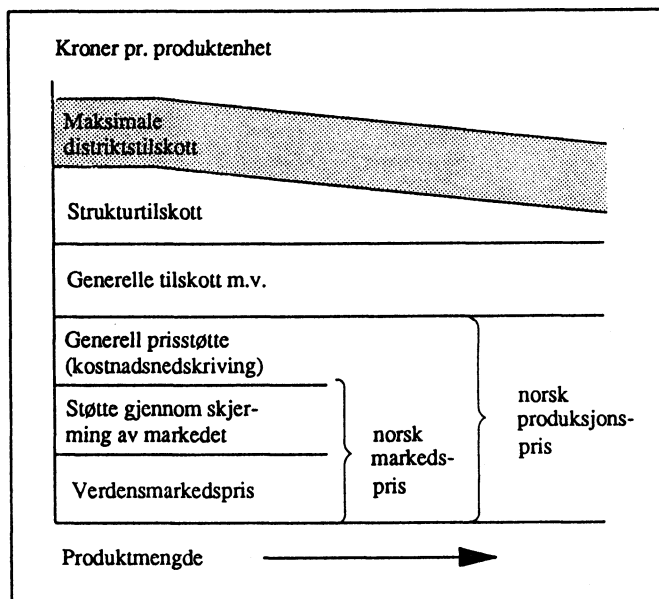
Et dekningsbidrag er her produksjonsinntekter minus variable kostnader, altså det som blir igjen til dekning av bygninger, maskiner, jordleie og arbeidskraft. I SIMJAR blir dekningsbidragene regnet ut for de 5 vekstgruppene og de 18 husdyrslagene hver for seg.

Tilskudd

SIMJAR regner ut hvor mye tilskudd som blir gitt til hvert gårdsbruk. Ut ifra opplysningene om dyretall, areal av ulike planteprodukt, produsert mengde, geografisk plassering m.m. som en finner i Stønadsregisteret eller som er resultat fra andre utregninger i modellen, får en regnet ut det totale tilskuddet til hvert bruk.

Følgende prinsippskisse viser de ulike typene av overføring pr. produsert enhet i norsk jordbruk:

Figur 2.8. Prinsippskisse for differensiering av økonomiske virkemidler pr. produktenhet mellom ulike bruksstørrelser og distrikter.



(Kilde: NOU, 1984)

Verdensmarkedspriser

Aktuelle verdensmarkedspriser for jordbruksprodukter varierer sterkt og er ofte dumpingpriser. Derfor er det som verdensmarkedspriser brukt produktpriser som ligger nærmest mulig opp til produksjonskostnadene i de store matvareproduserende landene. Beregninger gjort av OECD (1988) ligger til grunn, og gjennomsnittlige produktpriser i Australia, Canada, EF, New Zealand og USA for korn og husdyrprodukt er regnet ut. Fraktkostnader er inkludert. Tabell 2.1 viser en del innenlandpriser uten noen form for tilskudd og verdensmarkedspriser som er brukt i SIMJAR.

Tabell 2.1. Pris til produsent som er brukt i SIMJAR for ulike jordbruksprodukter. Innenlandpriser er uten tilskudd. Kr/kg

Produkt	Verdensmarkedspriser	Innenlandspriser
Hvete	1,15	2,13
Andre kornslag	0,86	2,13
Melk	2,74	2,69
Storfekjøtt	14,76	33,14
Grisekjøtt	11,48	25,45
Kyllingkjøtt	9,59	24,31
Saukjøtt	17,54	28,84
Ull	22,85	41,50
Egg	9,53	13,86

Ved en overgang til fri import av jordbruksprodukter, vil kraftfôrprisen gå ned. Kostnadene til kraftfôr i husdyrholdet er derfor redusert med 1,68 kr/kg for alle kraftfôrslagene ved en overgang til verdensmarkedpriser.

Kostnader til bygninger og maskiner (kapitalkostnader)

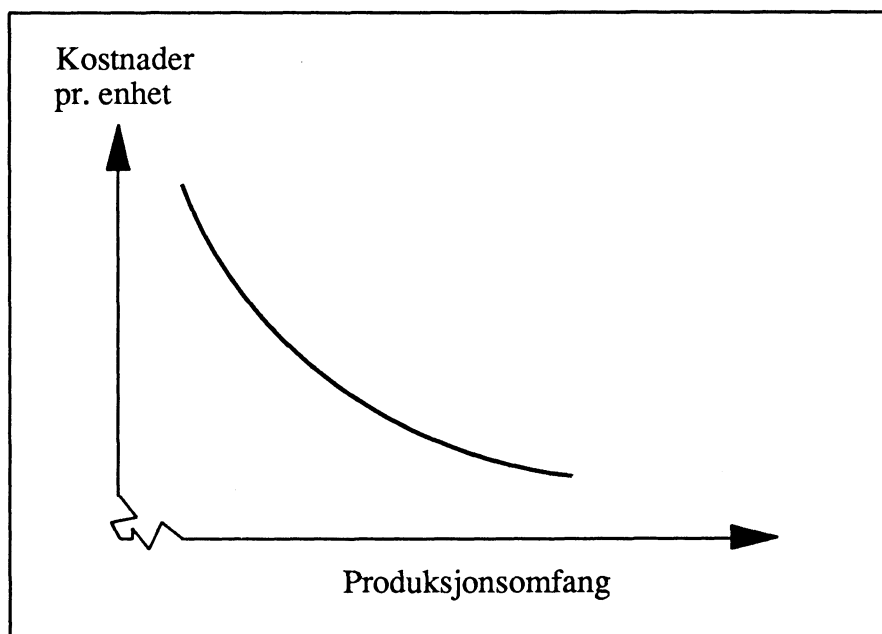
I beregningene av faste kostnader er det brukt estimerte funksjoner med NILF (1988) som tallgrunnlag.

De faste kostnadene til bygninger for husdyr er basert på gjenskaffelsesverdien inkludert fast maskinelt utstyr. Avskrivningskostnadene er satt til 3 prosent p.a., og rentekostnadene er beregnet ut ifra en realrente på 7 prosent. Vedlikeholdskostnadene er satt til 0,75 prosent av bruttoinvesteringa. I rentekostnadene er det ellers tatt hensyn til diverse ordninger for finansieringsstøtte.

Maskinkostnader inkluderer alle kostnader til maskiner og redskap, så som avskrivninger, rentekostnader, vedlikehold, drivstoff og kostnader til redskapshus, regnet pr. dekar av hver veksttype. Et par av de 5 vekstgruppene er lite homogene, og det har derfor vært nødvendig å gjøre betydelige tilnærminger.

Bygnings- og maskinkostnadene er differensiert etter produksjonsomfanget. Figur 2.9 viser skissemessig sammenhengen mellom kostnad pr. enhet og størrelsen på produksjonen.

Figur 2.9. Skissemessig sammenheng mellom bygningskostnader, maskinkostnader og arbeidsforbruk pr. enhet og størrelsen på produksjonen i antall dyr eller areal



Kilde: Aanestad og Sjødal, 1990.

Arbeidsforbruk

Etter at lønnsevnen på bruket er regnet ut, trenger en arbeidsforbruket på gården for å beregne lønnsevne pr. time.

På samme måte som under beregningene av bygnings- og maskinkostnadene, er det estimert en funksjon for sammenhengen mellom arbeidsforbruk og dyretall/areal basert på enkeltobservasjoner (Sødal og Aanestad, 1990). Disse enkeltobservasjonene er hentet fra driftsgranskningene (NILF, 1987). Dette er faktisk arbeidsforbruk i ulike produksjoner, uten noen form for normeringer.

Arbeidsforbruket er en interessant størrelse i seg selv. Ved flytting av husdyrproduksjonene mellom regioner kan en i SIMJAR beregne konsekvensene for arbeidskraftbehovet.

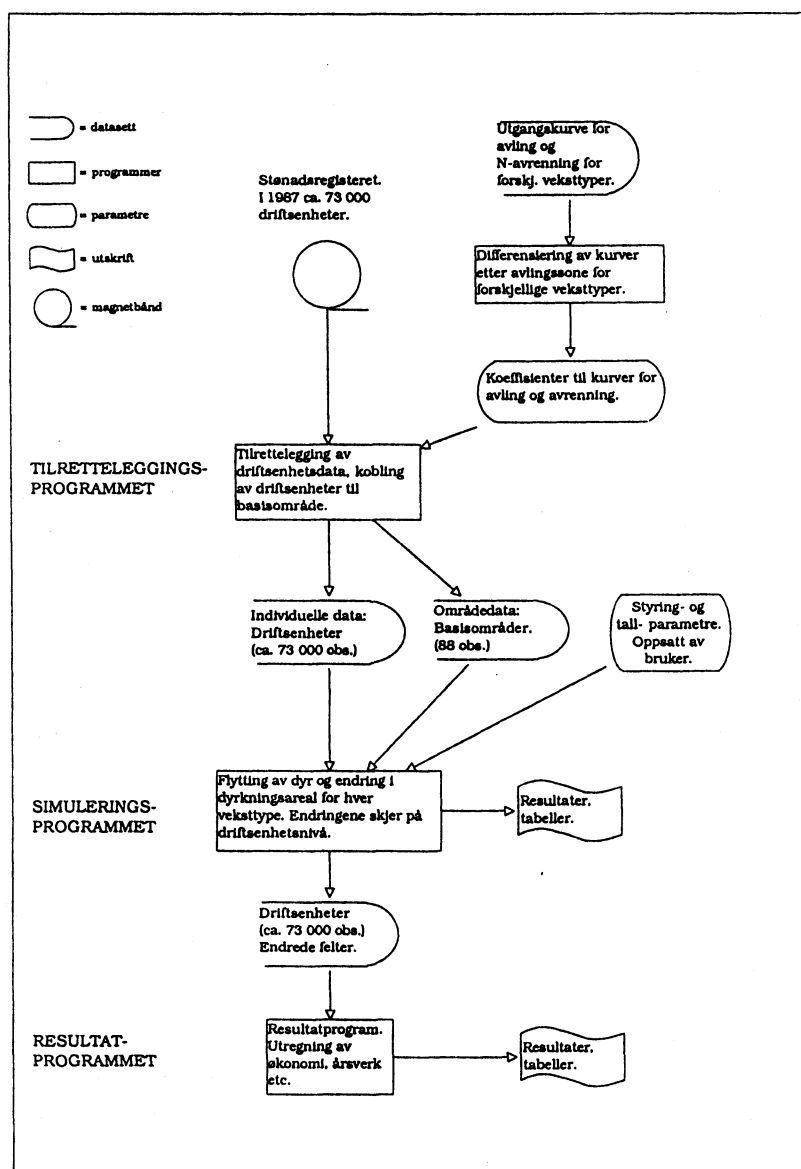
3. BESKRIVELSE AV PROGRAMMENE I SIMJAR 2

I dette kapitlet beskrives modellens programtekniske sider. Vedleggene 4-6 gir en utfylling av teksten.

3.1 Kort oversikt over programsystemet

Figur 3.1 gir et oversiktsbilde av hele programsystemet. Rektangler angir en prosess (program), buede figurer angir data (SAS-datasett). Noen detaljer er utelatt i figuren, men vil bli forklart senere i rapporten.

Figur 3.1. Oversikt over programsystemet



Modellen består av tre store programmer. De har blitt kalt *tilretteleggingsprogrammet*, *simuleringsprogrammet* og *resultatprogrammet*:

Tilretteleggingsprogrammet tilrettelegger datasettene for driftsenheter og basisområder. Dette programmet kjøres bare når et nytt årlig datamateriale foreligger.

I *simuleringsprogrammet* endres husdyrtallet og arealene omdisponeres. En rekke muligheter til å påvirke disse endringene er innebygd og blir beskrevet. Gjødsling beregnes.

I *resultatprogrammet* regnes det ut driftsøkonomi, arealavrenning og en del andre størrelser for den enkelte driftsenhet. Dette aggregeres opp til større geografiske områder.

"Boksene" ved øvre høyre hjørne på figur 3.1 viser utregning av koeffisienter til funksjoner for N-utvasking- og avlingskurver for ulike vekster og avlingsoner. Disse er utregnet på PC med programpakken GAUSS og er lagt inn manuelt i tilretteleggingsprogrammet.

3.2 Tilretteleggingsprogrammet

Magnetbåndet med opplysninger om hvert bruk som søker produksjonsstøtte, er en vesentlig del av datagrunnlaget for tilretteleggingsprogrammet. De felter som er relevante for modellen leses først inn. Deretter omgrupperes disse opplysningene ved at forskjellige dyreslag og vekster blir slått sammen til større enhetsgrupper (se vedlegg 3). Hver driftsenhet får et basisområdenummer som angir hvilket basisområde driftsenheten tilhører. Dette skjer ved å lage en kobling mellom kommunenummer og basisområdenummer. Basisområdenummer distribueres til hver enkelt driftsenhet via kommunenummeret. Deretter skrives driftsenhetsdataene ut på harddisk som et SAS-datasett. Liste over alle typer opplysninger som lagres i datasettene for driftsenheter og basisområder, finnes i vedlegg 4.1 og 4.2.

I tillegg lages et SAS-datasett for basisområder. Identifikasjonsnummeret til et basisområde består av fylke, DU-sone og avlingsone. Til hvert basisområde finnes en avlingskurve for hver av veksttypene og N-avrenningskurve for eng og åker. Disse kurvene er funksjoner av N-gjødsling pr. dekar. Avlingsfunksjonene er av 3. grad og N-utvaskingsfunksjonene er satt sammen av en konstant del, en del av 2. grad og en lineær del. Koeffisientene til funksjonene er regnet ut tidligere på PC med programpakken GAUSS. I vedleggene 2.2 og 2.3 vises hvordan koeffisientene utregnes. Det er et sett med slike koeffisienter for hver avlingsone. Koeffisientene må settes inn manuelt i programmet og blir senere distribuert til de enkelte basisområder. Videre angis beitetider for grovfordyreslaga for hvert basisområde. Til slutt skrives basisområdene ut på harddisk som et SAS-datasett. Vedlegg 4.2 inneholder fullstendig liste over alle variable i dette SAS-datasettet.

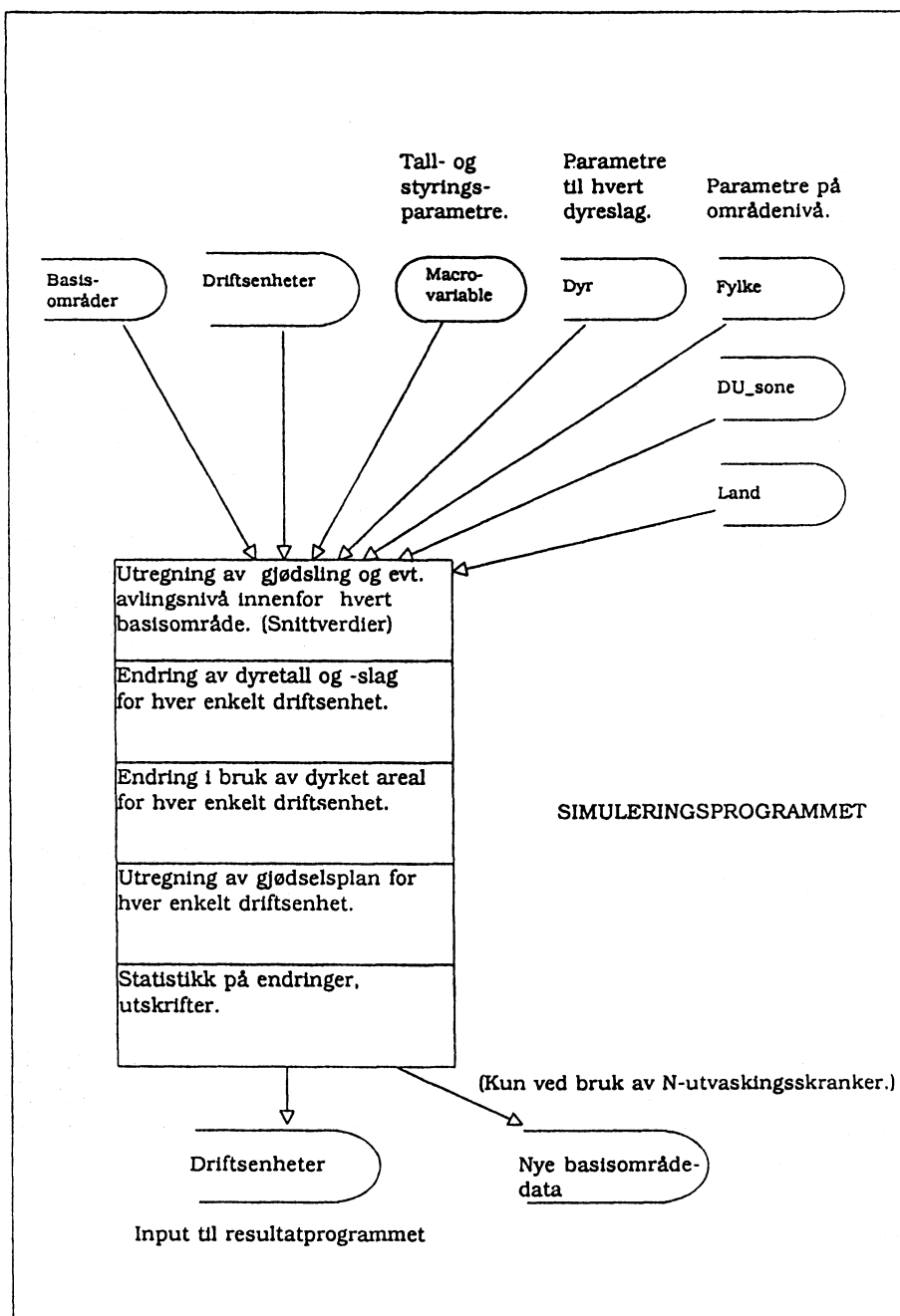
Når det seinere i modellen beregnes gjødsling til de forskjellige veksttypene, gjøres det vanligvis på grunnlag av spesifisert avlingsnivå/grenseproduktivitet. Men det er også mulig å kjøre modellen med direkte innlegging av gjødslingsdata. I tilretteleggingsprogrammet er det lagt inn gjødslingsnivåer (fra Landbrukstellinga 1979) for bruk av kunstgjødsling-N til korn og eng. Denne informasjonen kan brukes til å bestemme nivået på avling og N-avrenning. Når dette brukes, skal simuleringsprogrammet ikke utføres og datasettet for driftsenheter sendes direkte til resultatprogrammet. Tilretteleggingsprogrammet vil fordele husdyrgjødsla til de forskjellige veksttypene, og total mengde nitrogengjødsling til korn og eng blir beregnet. Rgs-vekster blir tildelt samme mengde kunstgjødsling-N pr. dekar som eng. kunstgjødsling-N pr. dekar til potet og grønnsaker må fastsettes direkte i programmet, og må gjelde for alt areal. P-gjødslingsbehovet for hver veksttype bestemmes som et

fast forhold til kunstgjødsel-N. P-gjødslingsbehovet til korn og eng/rgs vil dermed variere fra driftsenhet til driftsenhet. Husdyrgjødsel-P beregnes, og til slutt beregnes behovet for kunstgjødsel-P.

3.3 Simuleringsprogrammet

Simuleringsprogrammets funksjon er å omstrukturere hver enkelt driftsenhet med hensyn på arealbruk og dyrebesetning. I prinsippet inneholder driftsenhetene samme type data før og etter simuleringsprogrammet. Figur 3.2 viser inn- og utdata til simuleringsprogrammet. Et rektangel angir en prosess (program), halvbuene står for data (SAS-datasett). Et detaljert flyttdiagram over simuleringsprogrammet er å finne i vedlegg 6.

Figur 3.2. Oversikt over inn- og utdata til simuleringsprogrammet



3.3.1 Inputdata til simuleringsprogrammet

Inputdata til simuleringsprogrammet hentes fra:

1. Datasett for driftsenheter og basisområder (fra tilretteleggingprogrammet)
2. Datasett for dyr
3. Datasett for område
4. Macrovariabler.

Alle dataene i datasett for dyr og område, samt macrovariablene lastes inn i oppsettet for kjøring av modellen (se vedlegg 5).

Datasett for driftsenheter og basisområder

Hovedmengden av inputdata til simuleringsprogrammet er datasettene med driftsenheter og basisområder som er laget av tilretteleggingsprogrammet (se vedlegg 4.1 og 4.2).

Datasett for dyr

SAS-datasettet *Dyr* inneholder fôrplan (grovfôr) for de enkelte dyra og hvor mye N- og P-gjødsel de produserer i løpet av et år. I tillegg finnes opplysninger om i hvilken rekkefølge de forskjellige dyreslagene skal flyttes ved innflytting og ved utflytting, og om innflytting av dyreslaget er tillatt.

Datasett for område

Av figur 3.2 framgår at det finnes tre SAS-datasett for område: *Fylke*, *DU_sone* og *Land*. Kun ett av disse tre SAS-datasett brukes ved en simulering. Hvilket SAS-datasett som brukes avhenger av hvilken geografisk oppdeling modellkjører velger. (Valget gjøres ved at modellbrukeren spesifiserer macrovariabelen *omragg*.) Disse tre datasettene inneholder samme type opplysninger, bl.a. grenseproduktivitet for de enkelte veksttypene, spredearealkrav, eventuelle krav om bestemt areal for poteter og grønnsaker og om et bestemt antall dyr av forskjellige dyreslag i området. *Fylke* har en observasjon (record) for hvert fylke, *DU_sone* har 6 observasjoner, en for hver DU-sone og *Land* har kun en observasjon som gjelder for hele landet under ett. Når fylkesvis oppdeling velges, kan verdier for grenseproduktivitet, spredearealkrav osv. settes forskjellig fra fylke til fylke. Opplegget for DU-soner er tilsvarende.

Macrovariabler

En macrovariabel kan brukes for å få endret en tallparameter på alle steder i programsystemet eller til testing for å velge hvilke programdeler som skal utføres. Denne testingen skjer før selve prosesseringen av dataene starter.

Med macrovariabler bestemmes bl.a. følgende ting i modellen:

- Hvilket geografisk nivå simuleringen skal skje på (macrovariabel *omragg*). Modellen kan som nevnt utføre simulering på ulike geografiske nivåer. Foruten for hele Sør-Norge, kan en her også velge enten fylkes- eller DU-sone-nivå. Flytting av dyr skjer da kun innenfor hvert fylke eller DU-sone.
- Flytteprosedyre for dyr (macrovariabel *flregel*)

- Valg av grenseproduktivitet eller avlingsnivå på basisområdenivå for å definere arealintensiteten (macrovariabel *hovedalt*)
- Bruk av skranker på gjennomsnittlig N-utvasking pr. dekar for hvert basisområde (macrovariablen *nskranke*). Hvis skrankene brukes, vil avlingsnivået innenfor et basisområde bli justert hvis gjennomsnittlig N-utvasking er utenfor tillatt intervall. Denne justeringen må foretas på grunnlag av arealfordelingen etter at simuleringen er ferdig. Justeringene skjer på basisområdedatasettet. Etterpå brukes dette basisområdedatasettet til en ny simulering hvor det er spesifisert at angitt avlingsnivå i basisområdene skal gjelde. Ellers vil andre parametre være fastsatt som før. Fastsettelse av nedre og øvre N-utvaskingskranker skjer med variablene *n_utv_l* (nedre grense) og *n_utv_h* (øvre grense) i hhv. SAS-datasett *Land, Fylke* og *DU_sone*.
- Seleksjon av de driftsenheter som blir med i modellkjøringen (macrovariablene *selek1*, *selek2* og *selek3*). Alle andre driftsenheter vil bli sett bort ifra. Seleksjonsuttrykket er et SAS-uttrykk og kan bruke alle tilgjengelige SAS-variable (opplysninger) som en driftsenhet har (se vedleggene 4.1 og 5).
- Fastsetting av endel tallstørrelser som f.eks. standard dekar for de forskjellige veksttyper. Et standard dekar for en veksttype er et fast (og rimelig) avlingsnivå pr. dekar i antall kg. Standarddekar er en omregningsenhet og den er nødvendig for at f.eks. eng/rgs-areal på gården bestemmes i forhold til fôrbehovet til dyra siden avlingsnivået varierer.

En fullstendig oversikt over macrovariablene går fram av vedlegg 5.

Opplysninger fra de ulike SAS-datasettene kobles sammen med driftsenhetene før driftsenhetene omstruktureres. De forskjellige opplysninger kobles ved hjelp av et basisområdenummer som hver enkelt driftsenhet har. Dette nummeret identifiserer hvilket basisområde driftsenheten ligger i. Utfra nummeret har vi også fylke og DU-sone.

Hovedresultatet av simuleringsprogrammet er et datasett med omstrukturerte driftsenheter (se figur 3.2). Fra simuleringsprogrammet fås også utskrifter om endringer av dyrebesetning og arealdisponering innenfor hvert fylke og for hele landet. Brukes DU-sone som geografisk oppdeling, fås samme tabell også på DU-soner.

Etterfølgende punkter beskriver hvordan dyr og arealer regnes ut for de enkelte driftsenheter.

3.3.2 Flytting av dyr

Utflytting av dyr fra en driftsenhet skjer bare når det er for mye gjødsel i forhold til spredearealkravet. Tilgjengelig antall kg husdyrgjødsel-N på driftsenheten, G_N , før omstrukturering er:

$$G_N = \sum_{i=1}^{18} a_i g_{N_i} \cdot z_i$$

a_i er antall dyr av dyreslag i .

g_{N_i} er kg husdyrgjødsel N produsert av ett dyr av dyreslaget i .

z_i er andel av året hvor dyreslag i ikke er på beite i utmark.

Husdyrene blir omregnet til gjødseldyrenheter. Antall gjødseldyrenheter som driftsenheten er over/under spredearealkravet, D , kan uttrykkes slik:

$$D = \frac{F + \frac{1}{3} \cdot O}{p} - \frac{G_N}{e_N}$$

- p er antall dekar spredeareal som kreves for en gjødseldyrenhet.
 F er fulldyrka areal på driftsenheten.
 O er overflatedyrka areal.
 e_N er antall kg husdyrgjødsel N pr. gjødseldyrenhet.

På overflatedyrka areal spres husdyrgjødsel med bare 1/3 i forhold til fulldyrka areal. Denne andelen bestemmes eksogen av modellbruker ved hjelp av macrovariabel *sprover*.

Utflytting av dyr fra en driftsenhet skjer dersom $D > 0$. Ett og ett dyreslag flyttes ut inntil driftsenheten tilfredsstillere spredearealkravet. (Det siste dyreslaget som flyttes blir ikke tømt helt). Rekkefølgen på hvilke dyreslag som skal flyttes, bestemmes av en prioritet som er satt opp av modellkjøreren. (Variablene *utprdl* - *utprdl8* i SAS-datasett *Dyr*). Antall dyr som flyttes ut av hvert dyreslag er uttrykt ved følgende rekursive formel:

$$b_{X_k} = \left\lfloor \min \left\{ a_{X_k}, \max \left\{ 0, \frac{1}{g_{X_k}} \left(e_N \cdot D - \sum_{j=1}^{k-1} a_{X_j} \cdot g_{X_j} \cdot z_{X_j} \right) \right\} \right\} \right\rfloor$$

- X_k er dyreslaget på k -te plass i utflyttingslista.
 b_{X_k} er antall dyr som flyttes ut av dyreslaget X_k .
 z_{X_j} er dyreslag X_j sin andel av året hvor dyreslaget ikke er på beite i utmark.
 g_{X_k} er kg N -gjødsel produsert av ett dyr pr. år av dyreslag X_k .

e_N , D og a er beskrevet i tidligere formler på samme side.

Denne formelen er gyldig dersom minimum grovfôravling blir spist opp. Med minimum grovfôravling menes den avlingen man får av det areal hvor det er bare mulig å dyrke eng. Utflytting vil foregå på overnevnte måte helt til det er akkurat nok grovfôretende dyr til å spise opp minimum grovfôravling. Deretter vil andre dyreslag enn grovfôretende dyr flyttes ut. Dersom spredearealkravet fremdeles ikke er oppfylt, flyttes til slutt grovfôretende dyr, selv om minimum grovfôravling ikke blir spist opp. Spredearealkravet skal alltid oppfylles.

Alle dyr som flyttes ut, samles opp i "potter" for området, en pott for hvert dyreslag. Disse dyra kan "deles ut" igjen til driftsenheter i området med ledig spredeareal.

Etter utflytting, sorteres driftsenhetene etter hvor mye de er under spredearealkravet pr. dekar fulldyrket areal. De som ligger mest under spredearealkravet får først tilført dyr ved innflytting. Ett og ett dyreslag flyttes inn etter tur, helt til driftsenheten er like under spredearealkravet. I første omgang innflyttes dyreslag som driftsenheten har fra før. Som regel er dyrepottene store i forhold til besetningen på den enkelte driftsenhet. I de fleste tilfellene vil bare ett dyreslag bli flyttet inn. Rekkefølgen på innflyttingen mellom dyreslagene bestemmes av modellkjøreren. (Variablene

innprd1 - innprd18 i SAS-datasett *Dyr* angir prioriteten). Dersom det finnes dyr igjen i dyrepottene etter innflyttingen, vil disse bli "slaktet".

Det kan spesifiseres at ett eller flere dyreslag ikke kan flyttes inn på driftsenhetene. Alle dyr av disse dyreslagene som blir flyttet ut av driftsenhetene, går dermed til "slakt". I programmet gjøres det på den måten at etter utflytting blir pottene nullstilt for disse dyreslagene. Dette styres med variablene *inlovd1 - inlovd18* i SAS-datasett *Dyr*.

Det kan spesifiseres at det skal være et bestemt antall dyr av et dyreslag innenfor hvert område. Med område menes den oppdelingen av landet som er valgt; DU-soner, fylker eller hele landet. Variablene *antdyr1 - antdyr18* i hhv. SAS-datasett *Du_sone*, *Fylke* og *Land* styrer dette.

Antallkravet utføres ved at pottene blir justert opp eller ned etter utflytting av dyr, slik at summen av tilhørende pott og alle gjenværende dyr av et dyreslag i området blir lik det antallet som er spesifisert. I noen tilfelle må da potten justeres ned til et negativt antall. I så fall må det skje en videre utflytting av det dyreslaget for å få potten opp til null. Denne ekstra utflyttingen skjer før innflyttingen.

Pottenes størrelse før innflytting kan uttrykkes slik:

$$B_k = \sum_i b_{ik} + d_k$$

- B_k er antall dyr i potten av dyreslag k rett før innflyttingen.
- b_{ik} er antall dyr av dyreslag k som er blitt utflyttet fra driftsenhet i .
- d_k er krav om endring av antall dyr av dyreslag k i området.

Antall dyr som blir flyttet inn av hvert dyreslag til en driftsenhet, uttrykkes med følgende rekursive formel:

$$C_{Y_k} = \left[\min \left\{ \hat{B}_{Y_k}, \max \left\{ 0, \frac{1}{g_{Y_k}} \left(-D e_N - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{B}_{Y_j} \cdot g_{Y_j} \cdot z_{Y_j} \right) \right\} \right\} \right]$$

- Y_k er dyreslaget på k -te plass i innflyttingslista.
- C_{Y_k} er antall dyr flyttet inn på driftsenheten av dyreslag Y_k .
- \hat{B}_{Y_k} er antall dyr av dyreslag Y_k som er igjen i potten før innflytting til denne driftsenheten.
- g_{Y_k} er kg N-gjødsel produsert av ett dyr pr. år av dyreslag Y_k .
- D er antall gjødseldyrenheter over/under spredearealkravet for driftsenheten før innflytting av dyr.
- e_N er antall kg N-husdyrgjødsel pr. gjødseldyrenhet.
- z_{Y_j} er dyreslag Y_j sin andel av året hvor dyreslaget ikke er på beite i utmark.

Hvis det etter innflytting er dyr igjen, vil disse bli "slaktet". Denne slaktingen kan føre til at antallkravet blir brutt. Her går nemlig spredearealkravet foran antallkravet.

Når macrovariabel *flregel* er 2 (istedet for 1), vil flytting av storfe skje blokkvis. Med blokkvis flytting menes at en driftsenhet i størst mulig grad skal bevare den samme prosentvise fordeling av antall dyr mellom storfeslagene. Dette skjer både ved utflytting fra og innflytting til en driftsenhet.

Storfe inneholder dyreslagene melkekyr, kviger, stuter, kvigekalv, stutekalv og ammekyr. Storfe betraktes i prinsippet som ett dyreslag og vil bli flyttet først både ved inn- og utflytting. Ellers foregår flytting av dyr som før.

Ett unntak ved blokkvis innflytting av storfe er at driftsenheter som ligger mindre enn 50 kg nitrogengjødsel under spredearealkravet ikke får storfe dersom de ikke har storfe fra før av. Denne grensen spesifiseres med macrovariablen *flyttgr*. Begrunnelsen for dette er at oppstart av storfedrift krever et minimum antall dyr.

3.3.3 Beregning av dyrkingsarealer

Etter at dyrebesetning på den enkelte driftsenhet er bestemt, kan beregningen av arealer for de enkelte vekster starte. Først beregnes grønnsak- og potetarealet. Innenfor valgt områdenivå (DU-soner, fylke, hele landet) kan størrelsen på det totale potetarealet og grønnsakarealet spesifiseres. Dette gjøres med variablene *dyrkpote* og *dyrksak* i hhv. SAS-datasett *Du_sone*, *Fylke* og *Land*.

Potetarealet kan endres ved at hver driftsenhet som har potet, får samme prosentvise reduksjon/økning av potetarealet. Hvis dette ikke spesifiseres, dyrkes like stort areal som før på hvert bruk. Tilsvarende skjer for grønnsaker.

Grovfôrbehovet til dyra er:

$$M = \sum_{i=1}^{18} a_i \cdot m_i - \frac{2}{3} O \cdot V_{eng}$$

M er fôrbehovet til dyra målt i standard dekar eng.

a_i er antall dyr av dyreslag i etter omstrukturering.

O er overflatedyrka areal.

m_i er fôrbehovet målt i standard dekar eng for ett dyr av dyreslag i .

V_{eng} er relativ avling pr. dekar for fulldyrka eng i forhold til landsgjennomsnittet.

På overflatedyrka areal forutsettes 2/3 avling i forhold til fulldyrka eng. Denne andelen bestemmes eksogen av modellbruker ved hjelp av macrovariabel *prodo*. Deretter anslås foreløpig fulldyrka eng/rgsfôr-areal på grunnlag av fôrbehovet til dyra etter følgende formel:

$$\hat{Z} = \frac{M}{0,92 \cdot V_{eng} + 0,08 \cdot V_{RGS}}$$

- \hat{Z} er fulldyrka eng/rgsfør-areal.
 M er førbehovet til dyra som må dekkes fra fulldyrka areal.
 V er relativ avling pr. dekar i forhold til landsgjennomsnittet.

Her skal rgs-avling utgjøre 8 prosent av grovføravling. Dette gjelder for alle driftsenheter.

Hvis det er noe areal igjen, brukes dette til korn. Forutsetningen er at arealet er egnet for korn (se nedenfor) og at egnet kornareal er større enn 20 dekar. Dersom ikke disse forutsetningene holder, vil det bli dyrket eng/rgsfør på dette arealet også. Så justeres kornarealet opp fordi noen av dyra kan dekke en del av grovførbehovet med halm. Eng/rgsfør-areal reduseres tilsvarende. Eventuelt resterende areal fylles opp med eng/rgsfør.

Kornarealet kan regnes ut på to forskjellige måter som velges av modellkjører. I det ene tilfellet vil kornarealet maksimalt bli totalt fulldyrka areal ganget med en egnethetsprosent. Egnethetsprosenten angir prosentandel av fulldyrka areal som er egnet for korndyrking (se avsnitt 2.1.3).

I det andre tilfellet er det maksimale kornareal maksimum av det forannevnte og det driftsenheten faktisk dyrker idag. Prinsippet for å bestemme kornarealet styres av macrovariablen *egnetalt* med verdi 1 eller 2.

Første anslag på kornarealet med de forutsetninger nevnt ovenfor (egnethet for korndyrking og minimumsarealkrav), blir da:

$$K = \min \{ K_{\max}, f - g - p - \hat{Z} \}$$

- K er kornareal.
 K_{\max} er maksimalt kornareal som kan dyrkes.
 f er fulldyrka areal.
 g er grønnsaksareal.
 p er potetareal.
 \hat{Z} er eng/rgs-areal.

Ved førstegangs beregning av dyrkingsarealene er det ikke tatt hensyn til bruk av halm som før. Bruk av halm til før vil kunne føre til reduksjon av eng/rgs-areal. Formelen for øking av kornarealet dersom jorda er egnet for kornproduksjon og der dyra ubegrenset kan bruke all halm, er:

$$XG = (K + X) F,$$

- X er økning i kornarealet i dekar pga. bruk av halm.
 G er produksjon av gras/rgsfør pr. dekar eng/rgs-areal (i enhet standard dekar eng).
 F er produksjon av halm omgjort til grovfør (gras/rgsfør i enhet standard dekar) pr. dekar korn.
 K er anslag på kornareal før justering pga. halmbruk.

Standard dekar er et gitt antall kg avling i snitt på ett dekar. F fastsettes ved macrovariabel *halmverd*, (nå satt til 0,25). Standard dekar er tidligere definert i punkt 3.3. Løsningen på likningen blir uansett:

$$X = KF / (G - F)$$

Deretter må kornarealet justeres ned fordi dyra ikke kan nyttiggjøre seg all halmen og/eller fordi jorda ikke er egnet for korndyrking. Men kornarealet blir ikke mindre enn K. Hvor mye halm hvert dyreslag tåler er spesifisert med variablene *halmd_1* - *halmd_18* i SAS-datasett *Dyr*.

For driftsenheter hvor det ikke finnes grovfôrspisende dyr etter innflytting, vil enten fulldyrka eng/rgs-areal bli byttet til korn hvis kornarealet er større enn eng/rgs-arealet, eller korn bli til fulldyrka eng/rgs-areal. Stort sett vil de fleste driftsenheter få dyr, derfor vil sjelden denne regelen bli brukt.

Nå er potet-, grønnsak og kornareal beregnet. Resten av det fulldyrka arealet fordeles mellom eng og rgs-vekster. Forholdet mellom avling av gras og rgsfôr skal være likt for hver driftsenhet. Denne konstanten settes ved hjelp av macrovariabel *rgsandel*. *Rgsandel* er nå satt til 0,08. Dvs. at rgs-avling skal være 8 prosent av total gras/rgs-avling, overflatedyrka eng inkludert. Fordelingen skjer etter følgende formler:

$$\hat{R} = \min \{ \hat{Z}, (M + 2/3 O) \cdot 0,08 \}$$

- \hat{R} er rgs-areal.
- \hat{Z} er eng/rgs-areal til fordeling.
- M er fôrbehovet som dekkes fra fulldyrka areal.
- O er overflatedyrket eng.

Fulldyrka eng etter omstrukturering, \hat{E} , blir:

$$\hat{E} = \hat{Z} - \hat{R}$$

Arealet av overflatedyrka jord og gjødsla beite endres ikke, men beholdes slik det er i Stønadsregisteret. SIMJAR er konstruert slik at gjødsling og avlingsnivå på overflatedyrka jord er bestemt ved et bestemt forholdstall til fulldyrka eng. Avlingen fra overflatedyrka eng er tatt med i regnestykket når eng- og rgsvekstarealer skal fordeles.

Når dyrebesetning og arealfordeling er klar, er simuleringsdelen avsluttet. Det som står igjen i denne delen av programsystemet er fordelingen av gjødsla på de forskjellige veksttypene.

3.3.4 Beregning av gjødselplan for hvert gårdsbruk

Når arealfordelingen er klar, iverksettes en gjødselplan for den enkelte driftsenhet. Først beregnes tilgjengelig husdyrgjødsel i kg fosfor og nitrogen. Her er gjødsla for den tida dyra er på utmarksbeite trukket fra. Opplysningene om tider for utmarksbeite er innhentet fra fylkesagronomene i husdyrbruk. Deretter beregnes behov for N- og P-gjødsel for hver veksttype. Opplysninger om N-gjødsel pr. dekar for hver veksttype er funnet utfra avlingskurvene og gitt grenseproduktivitet/avlingsnivå. P-gjødsel pr. dekar regnes ut ved hjelp av et gitt N/P-forhold i gjødsel for hver veksttype. Dette N/P-forholdet er likt på alle driftsenheter. Deretter fordeles husdyrgjødsla etter følgende oppskrift, så lenge det er noe igjen:

- a) P-behovet dekkes først for rgsfôr, deretter poteter, grønnsaker og til slutt korn.
- b) Så dekkes N-behovet i samme rekkefølge.
- c) Deretter skal det spres på eng for å dekke P- og N-behovet. For eng er virkningsgraden av N-innholdet i husdyrgjødsel 75 prosent i forhold til andre vekster. Dette fordi gjødsel blir liggende igjen på overflaten, og det oppstår N-tap til luft.
- d) Er det enda mer husdyrgjødsel, kan det spres på overflatedyrka eng. Det vil bli spredd med 1/3 i forhold til fulldyrka eng.
- e) En eventuell rest av husdyrgjødsel blir spredd forholdsvis etter den fordeling av husdyrgjødsel som de forskjellige veksttypene har fått.

Til slutt beregnes behovet for kunstgjødsel-N og -P for de enkelte veksttypene. Dette er lik differansen mellom totalt behov og tilførselen fra husdyrgjødsel.

3.4 Resultatprogrammet

Etter at simuleringprogrammet er utført, sendes det nye datasettet for driftsenheter gjennom "resultatprogrammet" hvor de ønskede beregninger utføres og skrives ut (se avsnitt 2.1.4, vedlegg 4.5 for tabellutskriften og vedlegg 6.1 for teknisk dokumentasjon av resultatprogrammet).

3.5 EDB-omgivelser og utvikling av prosjektet fra et EDB-faglig synspunkt

SIMJAR 2 kjøres på SSBs stormaskin i Oslo, Comparex 7/75. På grunn av store datamengder og stort behov for regnekraft måtte stormaskin brukes. Modellen er brukt på to årganger, Landbrukstellinga 1979 med 108 000 enheter og Stønadsregisteret pr. 1987 med 73 000 driftsenheter. Programmeringsspråket er SAS (Statistical Analysis System). SAS ble valgt fordi dette 4. generasjonsverktøyet er velegnet til filbehandling. I tillegg finnes mange innebygde funksjoner for statistikk og for generering av tabeller. Noen steder i programmet skal mange begreper håndteres; dyreslag, vekster, driftsenheter, basisområde etc. Her kunne det vært ønskelig med et objektorientert språk for å håndtere alle disse begrepene på en mer oversiktlig måte. Men fordelene med SAS var langt mer tungtveiende enn ulempene. Dessuten var SAS et språk som flere medarbeidere kunne fra før.

Ca. 25 CPU-minutter brukes for å kjøre modellen på 1987-data. Å kjøre modellen på dagtid tar opptil fire timer i anvendt tid, mens det har tatt ca. to timer på kvelden. Det har vært noen driftsproblemer pga. mangel på midlertidig arbeidsområde på harddisk. Kjøring på 1979-data krever f.eks. et arbeidsområde på ca. 900 Mbyte. Av og til er denne mengden ikke tilgjengelig pga. andres bruk av arbeidsområdet. Driftsforholdene har ført til at man stort sett har satt igang flere kjøring i sekvens om kvelden.

Prosjektet startet i andre halvdel av 1987. Arbeidet med edb-utgaven av versjon 1 startet i juli 1988. Selve edb-utviklingen av SIMJAR 2 startet 7. juli 1989. Brukerkravspesifikasjonen var ferdig rundt 1. august og første testversjon av modellen var ferdig 15. september. Arbeidet med programmeringen delt opp i tre deler: tilretteleggingsprogrammet, simuleringprogrammet og resultatprogrammet. Denne oppdelingen var grei og sammensyningen av programmene medførte ikke noen store problemer.

Deretter fulgte en runde med testing, feilretting og justering av programsystemet, kalibrering av modellen og utprøving med simulering av forskjellige tiltak. Senere ble det gjort endel kjøring for Alstadheimutvalget. Denne jobben var ferdig 17. november. I første halvdel av desember ble modellen brukt i Aanestad og Sødal (1990).

Modellen har etter dette blitt ytterligere forbedret. I simuleringsprogrammet gjelder dette utregning av hvordan fulldyrka mark disponeres og algoritmen for utregning av gjødselplan. I resultatprogrammet har tabellutskriftene blitt endret noe og selve koden til tabellverket har blitt forenklet.

Til slutt har modellen vært brukt til beregning av N-avrenning for 1979. Denne bruken av programsystemet har medført noen justeringer av programkoden. I framtida bør programsystemet endres slik at det ikke er nødvendig å gå inn i koden for å bruke modellen til overvåking.

4. RESULTATER

Tiltak som reduserer avrenninga og som er innebygget i SIMJAR 2 er i øyeblikket:

1. lavere gjødslingsintensitet
2. strengere spredearealkrav
3. økning av engarealet (gjøres enten ved å øke antallet grovfôr dyr i et område eller ved å øke grovfôrforbruket hos husdyra).

Det er ingen modelltekniske problemer med å beregne effekten av *kombinasjoner av tiltak* så lenge spesifikasjonene er entydige.

SIMJAR beregner effekten på en lang rekke resultatparametre. Disse er listet opp i vedlegg 4.5. Et utvalg av disse er tatt med i tabellene nedenfor.

Lyse kjøttslag er kjøtt fra fjørfe og gris, mens mørke kjøttslag kommer fra storfe, sau, geit og hest.

Det er her valgt å presentere resultater etter sentralitet basert på DU-soner (se vedlegg 1). Sentrale områder er DU-sone 0, midtre strøk er DU-sone 1 og 2, mens distrikter er DU-sone 3, 4 og 5. Utskriftene i resultatprogrammet er nå organisert slik at en får resultater skrevet ut for fylker og DU-soner.

Dette kapittelet er ikke først og fremst en landbruksfaglig analyse. Modellkjøringene nedenfor er lagt opp for å vise modellens muligheter og virkemåte. Diskusjonen av resultatene tar kun sikte på å forklare hvordan modellen oppbygging påvirker resultatene. Kjøringene av referansealternativet (4.1) og intensitetsreduksjon (4.2.1) er identiske med det som er gjort i Sødal og Aanestad (1990, avsnittene 5.1 og 5.2). Foretaksøkonomisk resultat (timeutbytte, tilskudd og skjermingsstøtte) presenteres ikke i tabellene nedenfor. For dette og for en mer utdypende landbruksfaglig diskusjon av analyser med SIMJAR 2 vises det til Sødal og Aanestad (1990) og Sødal og Vatn (1990).

4.1 Simulering av referansealternativet

For å beregne effektene av tiltak, må resultatene sammenliknes med et referansealternativ (se avsnitt 2.1.5). Det er lagt vekt på at resultatene i referansealternativet skal stemme best mulig overens med virkelige forhold. Tabell 4.1 viser verdier av en del utvalgte variabler etter simulering av referansealternativet.

Tabell 4.1. Referansealternativet. Utvalgte størrelser som beregnes i SIMJAR. Basert på Stønadsregisteret for 1987/88

		Sør-Norge	Sentrale områder	Midtre strøk	Distrikt
Korn					
-areal	(1000 dekar)	3 120	2 340	620	160
-avling	(kg/dekar)	396	411	362	305
-kunstgjødsel-N	"	10,9	11,5	9,6	7,4
-husdyrgjødsel-N	"	1,6	1,4	1,8	2,1
-N-avrenning	"	3,3	3,3	3,3	3,1
Fulldyrka eng					
-areal	(1000 dekar)	3 530	950	1 110	1 470
-avling	(kg/dekar)	543	603	560	492
-kunstgjødsel-N	"	15,8	18,2	16,4	13,8
-husdyrgjødsel-N	"	4,0	4,2	4,2	3,8
-N-avrenning	"	2,7	3,0	2,8	2,5
Antall husdyr (1000)					
-kyr		304	94	95	116
-slaktegris		471	260	151	60
-broiler og høns		6 165	4 068	1 340	556
Produksjon					
-korn	(1000 tonn)	1 235	962	225	48
-lyst kjøtt	"	111	65	33	13
-mørkt kjøtt	"	75	23	25	28
-melk	(mill. ltr.)	1 624	500	505	619
Antall årsverk		87 860	32 720	26 560	28 580

Antall dyr og arealet av potet og grønnsaker er identiske med oppgavene i Stønadsregisteret for hvert bruk. Grovfôrarealet (eng og rgs) blir bestemt av avlingsnivået og fôrbehovet på bruket. Koeffisientene er kalibrert slik at arealet av eng og rgs for hele Sør-Norge er mest mulig likt i referansealternativet og i virkeligheten (Stønadsregisteret). Forholdet mellom eng- og rgs-avling blir det samme på alle bruk. Kornarealet bestemmes så av tilgjengelig restareal og egnethet for korn (se avsnitt 2.1.3). Dersom restarealet ikke er egnet for korn, blir det dyrka eng. I referansealternativet har engarealet for hele Sør-Norge blitt 2,5 prosent høyere og kornarealet 2,8 prosent lavere enn i Stønadsregisteret for 1988. Forskjellen mellom stønadsregister og referansealternativet er større for en del mindre geografiske regioner.

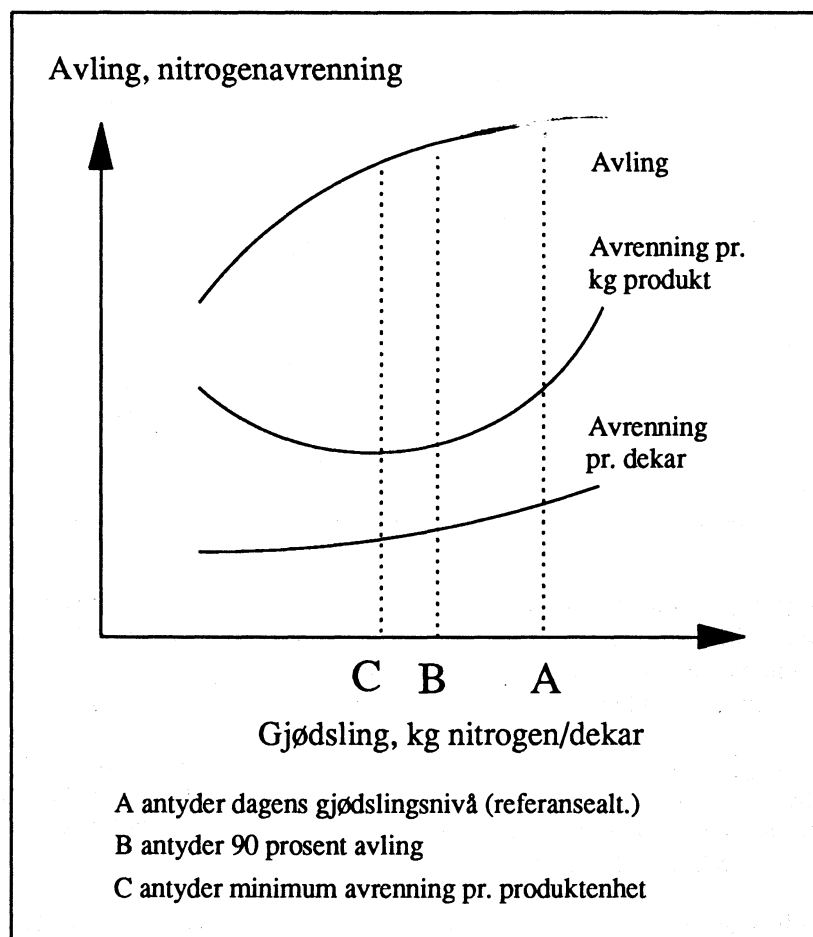
Gjødslingsnivået bestemmes, som nevnt i avsnitt 2.1.2, ved å oppgi en grenseproduktivitet på avlingskurvene. Gjødslingsnivået stemmer rimelig bra med anbefalt praksis, samtidig som totalforbruket av kunstgjødsel-N er omtrent det samme i modell og virkelighet. Avlingskurvene er kalibrert slik at avlingene i modellen (Sør-Norge) ved de gitte gjødslingsnivåene stemmer rimelig bra med normalårsavlingene for Norge (NILF, 1988). Avvikene for forskjellige regioner (her DU-soner) er vanskelig å beregne nøyaktig fordi en ikke har landbruksstatistikk knyttet til DU-soner. Koeffisientene knyttet til produksjonen av melk og forskjellige kjøttslag er også kalibrert for å få totaltall til å stemme overens. Avvikene mellom modell og virkelighet varierer mellom 2 og 8 prosent, og dette er godt innenfor de årlige svingningene i produksjonsvolum (Sødal og Aanestad, 1990). Arbeidsforbruket ligger ca. 2,8 prosent under faktisk arbeidsforbruk. Tilskudd og skjermingsstøtte blir også beregnet i SIMJAR, men er ikke presentert her (se Sødal og Aanestad, 1990).

4.2 Simuleringer med ulike tiltak mot arealavrenning

4.2.1 Intensitetsreduksjon

I SIMJAR er N-avrenninga fra åker og eng i de forskjellige avlingssonene en funksjon av N-gjødslinga. Dersom N-gjødslinga reduseres, vil N-avrenninga gå ned. Det er simulert to alternativer for intensitetsreduksjon; ned til det nivået som tilsvarer ca. 90 prosent avlingsnivå, og ned til det nivået hvor en utfra avlings- og avrenningssammenhengene i SIMJAR har minimal N-avrenning pr. produsert enhet. Skissen i figur 4.1 viser hvor dette nivået ligger.

Figur 4.1. Prinsippskisse for avlings- og avrenningssammenhenger i SIMJAR



I disse to modellsimuleringene kan ikke reduksjonen i intensitet gjennomføres fullt ut fordi en del bruk har for mye husdyrgjødsel i forhold til spesifisert intensitet, og denne gjødsla må spres uansett. Gjødslingsreduksjonen innbefatter altså bare kunstgjødsel-N.

Tabell 4.2. Konsekvenser av redusert arealintensitet. 90 prosent avlingsnivå. Relative tall. Referansealternativet = 100

	Sør-Norge	Sentrale strøk	Midtre strøk	Distrikter
Korn				
areal	98	98	97	95
avling (pr.da)	90	90	89	88
kunstgjødsel-N	64	64	61	54
husdyrgjødsel-N	94	96	91	83
N-avrenning	73	73	74	75
Eng				
antall dekar	102	104	102	101
avling (pr.da)	91	91	91	91
kunstgjødsel-N	57	58	58	55
husdyrgjødsel-N	117	118	116	115
N-avrenning	54	52	54	55
Antall husdyr				
kyr	100	100	100	100
slaktegris	100	100	100	100
fjørfe	100	100	100	100
Produksjon				
korn	88	89	87	83
lyst kjøtt	100	100	100	100
mørkt kjøtt	100	100	100	100
melk	100	100	100	100
Antall årsverk	100	100	100	100

Tabell 4.2 viser at husdyrgjødsel til fulldyrka eng øker. Det skyldes intensitetsreduksjonen og måten husdyrgjødsel blir spredd på i modellen. Eng er den veksttypen som blir tilført husdyrgjødsel sist, og intensitetsreduksjonen gjør at de andre veksttypene får tilfredsstillt sitt behov tidligere. Dermed blir det i mange tilfeller mer husdyrgjødsel igjen til eng.

Redusert gjødsling gjør at engarealet på husdyrbruk må økes for å tilfredsstille grovfôrbehovet. Det medfører at det totale engarealet øker noe, mens kornarealet går tilsvarende ned. Det er bruk med spesielt mye grovførspisende husdyr som får økt engarealet. Dette kan bidra til at gjennomsnittlig tilført husdyrgjødsel til eng øker.

N-avrenninga reduseres sterkere for eng enn for korn. Det kan skyldes at intensiteten er høyere for eng enn for korn (19,8 mot 11,5 kg N/da). Reduksjonen i N-avrenning blir da sterkere på grunn av de ikke-lineære egenskapene ved avrenningskurvene.

Kornproduksjonen går først og fremst ned på grunn av redusert gjødsling, men også på grunn av reduserte kornarealer. Husdyrproduksjonen berøres i modellen ikke av en redusert arealintensitet. Antall årsverk går ubetydelig ned fordi arbeid pr. dekar er uavhengig av arealintensiteten.

Tabellen viser at produksjonen av melk og kjøtt ikke går ned selv om produksjonen av både kraftfôr (korn) og eng går ned. I modellen er avdråten pr. dyr konstant, husdyrproduksjonen varierer med antall dyr og ikke med fôrproduksjon. En forutsetter altså at dyrene alltid får nok fôr. Når det gjelder sammenhengen mellom grovfôrareal (eng) og grovfôrbehovet, vil ikke husdyrtallet i modellen reduseres dersom det blir for lite grovfôr. Det er kun ved en eventuell

innflytting av dyr at grovfôrproduksjonen på det enkelte gårdsbruk er en skranke for antallet grovfôrspisende dyr på bruket (se avsnitt 5.8.2).

Tabell 4.3. Konsekvenser av redusert arealintensitet. Tilnærmet minimum avrenning pr. produktenhet. Relative tall. Referansealternativet = 100

	Sør-Norge	Sentrale strøk	Midtre strøk	Distrikter
Korn				
areal	95	96	92	87
avling (pr.da)	86	86	86	84
kunstgjødsel-N "	55	56	53	45
husdyrgjødsel-N "	89	93	85	75
N-avrenning "	70	70	71	72
Eng				
antall dekar	104	110	104	101
avling (pr.da)	77	74	77	77
kunstgjødsel-N "	17	20	18	14
husdyrgjødsel-N "	127	128	127	126
N-avrenning "	32	30	32	34
Antall husdyr				
kyr	100	100	100	100
slaktegris	100	100	100	100
fjørfe	100	100	100	100
Produksjon				
korn	82	83	79	73
lyst kjøtt	100	100	100	100
mørkt kjøtt	100	100	100	100
melk	100	100	100	100
Antall årsverk	100	99	100	100

Resonnementene bak endringene er her de samme som under 90 prosent avlingsnivå, men utslagene er større.

4.2.2 Spredarealkrav

Å innføre et spredarealkrav vil si at det skal være et minimum antall dekar dyrkingsareal å spre husdyrgjødsel på. Husdyrene blir regnet om til en felles enhet for husdyrgjødselmengde - gjødseldyrenhet. P-mengden i gjødsel fra ei ku i året tilsvarer en gjødseldyrenhet. I SIMJAR blir gjødseldyrenhetene beregnet på grunnlag av P-innholdet i gjødsel. Grunnen til det er at i forhold til plantenes behov er P-mengden så mye større enn N-mengden i husdyrgjødsel.

Fra 1. mars 1989 er det innført forskrifter om et spredarealkrav på 4 dekar pr. gjødseldyrenhet. Dersom et bruk ikke har nok dyrkingsareal å spre gjødsel på, må det enten redusere besetningene eller utvide spredarealet. Reduksjon av besetningene kan gi store konsekvenser, både for det enkelte bruk og for tilbudet av husdyrprodukter dersom mange bruk må redusere besetningene. Utvidning av spredareal kan skje ved at det nydyrkes, ved at spredareal leies eller lånes eller ved at gjødsel selges eller gis bort.

I beregningene nedenfor er det antatt at totalt spredareal for det enkelte bruk tilsvarer brukets eget dyrka areal, altså ingen utvidning av spredareal. 3 dekar overflatedyrka jord tilsvarer 1

dekar fulldyrka jord som spredeareal. Bruk med for mye husdyrgjødsel reduserer besetningene for å tilfredsstille spredearealkravet. Som beskrevet under avsnitt 2.1.2, er simulering av spredearealkrav en komplisert affære i modellen, og en rekke ting må spesifiseres. I denne modellkjøringen er det valgt følgende regler for flytting av husdyrproduksjonen:

1. Dersom det er flere enn ett husdyrslag på et gårdsbruk, flyttes husdyrene ut i en rekkefølge som gir størst gjødselreduksjon pr. inntjent krone. Dette er regnet ut i Sødal (1988). Det betyr at de dyreslagene som er med i tabellen nedenfor reduseres i rekkefølgen slaktegris, fjørfe og ku.
2. Ingen av de dyrene som var overtallige i forhold til spredearealkravet, flyttes inn på noe annet gårdsbruk (mao. de "slaktes").

SIMJAR beregner hvor mye dyrebesetningene må reduseres og reduksjonen i kjøtt-, melk- og eggproduksjonen. Arbeidskraftbehovet er knyttet til de ulike produksjonene, og SIMJAR beregner dermed også endringene i antall årsverk. Ved endring i dyretallet, kan også arealbruken endre seg (endret behov for grovfôr dyrking). SIMJAR beregner dermed endring i engarealet, samt endring i N-avrenning.

Tabell 4.4. Konsekvenser av innføring av 4 dekarers spredearealkrav. Ingen flytting av dyr eller gjødsel mellom gårdsbruk. Overtallige dyr i forhold til spredearealkravet reduseres i den rekkefølge som gir størst gjødselreduksjon pr. inntjent krone. Relative tall. Referansealternativet = 100

	Sør-Norge	Sentrale strøk	Midtre strøk	Distrikter
Korn				
areal	100	100	100	100
avling (pr.da)	100	100	100	100
kunstgjødsel-N	101	101	101	101
husdyrgjødsel-N	79	76	82	91
N-avrenning	96	96	96	98
Eng				
antall dekar	100	100	100	100
avling (pr.da)	100	100	100	100
kunstgjødsel-N	102	103	102	101
husdyrgjødsel-N	88	81	87	93
N-avrenning	97	96	97	98
Antall husdyr				
kyr	99	99	100	100
slaktegris	64	68	59	59
fjørfe	45	48	37	37
Produksjon				
korn	100	100	100	100
lyst kjøtt	64	66	60	61
mørkt kjøtt	97	96	97	99
melk	99	99	100	100
Antall årsverk	98	97	97	98

Tabell 4.4 viser at arealbruken endrer seg lite selv om en del bruk får redusert sine dyrebetninger. Dette skyldes at det først og fremst er fjørfe og svin som reduseres ved innføring av et spredearealkrav. Disse dyrene setter ingen krav til arealbruken på gården.

Bruken av kunstgjødsel-N øker svakt. Det skyldes at mengden husdyrgjødsel reduseres på grunn av spredearealkravet, og den tapte N-mengden fra husdyrgjødsel erstattes av kunstgjødsel for å opprettholde den spesifiserte arealintensiteten. Mengden husdyrgjødsel-N går markert ned pga. reduksjon i dyretallet. N-avrenninga går lite ned. Det skyldes at total N-gjødsling endres relativt lite som følge av et spredearealkrav fordi bare de færreste bruk har så mye husdyrgjødsel at de får for mye nitrogen. Det betyr at en stor del av tapt husdyrgjødsel erstattes med kunstgjødsel, og total N-gjødsling endres dermed lite.

Av husdyrene, er det fjørfe- og slaktegrisproduksjon som berøres sterkest av et spredearealkrav. Antall kyr, og dermed engarealet og melkeproduksjonen, berøres lite. Modellen viser tydelig at det er den reinte kraftfôrbaserte produksjonen som strir med lite spredeareal. Disse brukene kan kjøpe inn fôret, slik at arealet med dyrka jord ikke begrenser førmengden. Dyretallet blir da ofte stort i forhold til spredearealkravet pga. effektivitetskrav. En skal være klar over at dersom et bruk har både kuer og gris/fjørfe i denne beregningen, reduseres antall husdyr i rekkefølge slaktegris, fjørfe, ku. Det er også sannsynlig at bøndene vil kvitte seg med mesteparten av gjødseloverskuddet på andre måter enn å redusere besetningene. Salg av gjødsel eller utvidelse av spredeareal (leie, nydyrking) er aktuelle måter.

Som nevnt tidligere, bestemmer P-innholdet i gjødsel hvor mange dyr det går av hvert husdyrslag på en gjødsledyrenhet. Det viser seg at dette innebærer strengere krav enn det forskriftene tilsier (færre husdyr pr. dekar spredeareal). Reduksjonene i besetningene som følge av et 4 dekar spredearealkrav er derfor større i modellen enn om en fulgte forskriftene.

Kjøtt- og melkeproduksjonen endres i samsvar med endring i antall dyr. Kornproduksjonen endres ikke fordi gjødslingsintensiteten og totalarealet er det samme. Kornarealet er i modellen ikke knytta til husdyrholdet. Engarealene endres praktisk talt ikke fordi antallet grovfôrspisende husdyr endres lite i denne simuleringa.

Antall årsverk går ned fordi husdyrproduksjonen, som er arbeidsintensiv, reduseres.

4.2.3 Kombinasjon av tiltak

Som nevnt kan en i SIMJAR kombinere ulike tiltak. Resultater av en simulering med følgende tiltak beskrives her:

1. Redusert arealintensitet (N-gjødsling ned til 90 prosent avlingsnivå)
2. Økt grovfôrforbruk hos husdyra (20 prosent økning på bekostning av kraftfôr)
3. Overgang til kjøttproduksjon på grovfôrspisende dyr - fra lyst kjøtt til mørkt kjøtt (ca. 50 000 flere ammekyr, ca. 50 000 færre slaktegris)
4. Spredearealkrav på fire dekar (innflytting av overtallige dyr til bruk med ledig spredeareal).

Tiltak 1 vil ifølge modellen gi lavere avling og avrenning. I tillegg vil arealet av eng og grønnfôrvekster øke på bekostning av korn fordi husdyrbrukene må utvide grovfôrarealet for å tilfredsstille fôrbehovet når avlingene går ned. Det i seg selv vil gi mindre erosjon og nitrogenavrenning.

Tiltak 2 og 3 vil gi økt engareal på bekostning av kornarealet, og dermed forventet reduksjon i avrenning.

Konsekvensene av tiltak 4 vil bli at bruk med ekstremt mye husdyrgjødsel reduserer besetningen og får dermed noe mindre avrenning. I motsetning til modellkjøringen som ble vist

i avsnitt 4.2.2, flyttes dyrene som faller for spredearealkravet inn på gårdsbruk med ledig spredeareal. Reglene for flytting av dyr er disse:

1. Dyreslagene (de som er med i tabellen) reduseres i rekkefølgen slaktegris, fjørfe, melkekyr, ammekyr.
2. Innflytting skjer i rekkefølgen ammekyr, melkekyr, fjørfe og slaktegris.

Tabell 4.5. Konsekvenser av kombinasjon av tiltak mot arealavrenning: 1) redusert arealintensitet (90 prosent avlingsnivå), 2) 20 prosent økning i grovfôrforbruket hos storfe og småfe, 3) økning i antall ammekyr og 4) innføring av spredearealkrav på 4 dekar. Dyr som faller for spredearealkravet flyttes inn på bruk med ledig spredeareal. Relative tall. Referansealternativ = 100

	Sør-Norge	Sentrale strøk	Midtre strøk	Distrikter
Korn				
areal	76	77	74	72
avling (pr.da)	89	90	89	88
kunstgjødsel-N	57	58	54	48
husdyrgjødsel-N	120	126	108	97
N-avrenning	69	69	70	73
Eng				
antall dekar	119	153	113	103
avling (pr.da)	91	89	91	91
kunstgjødsel-N	60	61	60	56
husdyrgjødsel-N	102	91	102	110
N-avrenning	52	49	52	54
Antall husdyr				
kyr	100	100	100	100
ammekyr	1 215	2 041	750	259
slaktegris	89	101	76	72
fjørfe	100	110	78	81
Produksjon				
korn	68	69	66	63
lyst kjøtt	92	102	78	76
mørkt kjøtt	118	146	110	102
melk	100	100	100	100
Antall årsverk	103	108	101	99

Tabell 4.5 viser at mengden kunstgjødsel-N til både korn og eng reduseres, og hovedårsaken er lavere arealintensitet. Dessuten har det blitt mer husdyrgjødsel-N totalt sett etter at det er blitt flere ammekyr og færre slaktegris. Redusert arealintensitet er hovedårsaken til redusert N-avrenning, men det er umulig å si nøyaktig hvor mye hvert av de fire tiltakene har bidratt til å redusere N-avrenninga.

Engarealet øker som følge av tiltakene 1, 2 og 3. Det gjør at kornarealet reduseres omtrent tilsvarende. Økningen i engarealet er særlig stor i sentrale områder. Først skal ca. 50 000 ammekyr plasseres på bruk med ledig spredeareal. På Sør-Østlandet (tilhører sentrale områder i tabellen) finnes mange og store bruk uten husdyr (ensidig korndrift), og det er derfor mye ledig spredeareal. Derfor blir det en betydelig innflytting av dyr til sentrale områder i denne modellkjøringen.

Siden grovfôr dyr flyttes inn først og grovfôrarealet pr. gjødseldyrenhet øker, øker engarealet relativt mer enn mengden husdyrgjødsel i sentrale områder. Det bidrar til at mengden husdyrgjødsel-N pr. dekar til korn i sentrale områder går opp, mens den går ned til eng. I tillegg er det først og fremst kornbruk i sentrale områder som har mest ledig spredeareal, og som dermed får dyr først når husdyrproduksjonen flyttes.

Hvordan kan mengden husdyrgjødsel-N til eng øke i distriktene? Det kan synes underlig siden både engarealet øker og total mengde husdyrgjødsel reduseres. Grunnen er at de andre veksttypene får tilfredsstillt sitt N-behov tidligere på grunn av intensitetsreduksjonen. Dessuten er det mindre kornareal å spre husdyrgjødsel på. Siden husdyrgjødsel i modellen blir spredd sist til eng, blir det dermed mer husdyrgjødsel-N igjen til eng. Gjennomsnittlig husdyrgjødselmengde til grønnsaker, potet og rgs-fôr går kraftig ned i denne modellkjøringen. Forklaringen er trolig at de bruk som har for mye gjødsel i forhold til arealet, kombinerer gris og høner med poteter og grønnsaker, kanskje også rgs. Dette kan bare kontrolleres ved å gå inn i datasettet for driftsenheter og studere hver enkelt driftsenhet.

En hovedkonklusjon for tolking av resultatene når en kombinerer tiltak er at det er vanskelig å isolere effekten av hvert tiltak, bl.a. fordi flere tiltak drar i samme retning.

4.3 Beregning av P-gjødsling

Forsøk tyder på at sammenhengen mellom P-gjødsling og P-avrenning på kort sikt er langt svakere enn tilsvarende sammenheng for nitrogen. Jordarbeidingspraksis, jordart og terrengforhold innvirker mye på P-avrenninga, og for dette finnes det ikke informasjon som SIMJAR 2 kan bruke. Derfor blir det i SIMJAR 2 ikke beregnet avrenning av fosfor fra jordbruksarealene.

På sikt er det sannsynligvis likevel slik at hard P-gjødsling øker risikoen for P-avrenning. Alle tiltakene som er simulert ovenfor har konsekvenser for P-gjødslinga i modellen. Derfor kan det være interessant å beregne effekten på P-gjødslinga av de tiltak som er simulert.

I SIMJAR beregnes P-gjødslinga like detaljert som N-gjødslinga (se avsnitt 3.3.4). Etter at N-gjødslinga på de forskjellige arealene er regnet ut, bestemmes P-gjødslinga ut fra et spesifisert N/P-forhold. Tabell 4.6 viser N/P-forholdet som er brukt i SIMJAR.

Tabell 4.6. N/P-forholdet i gjødslinga i SIMJAR

Veksttype	N/P
Korn	5,5
Potet	2,8
Grønnsaker	3,8
Grønnfôrvekster	6,3
Eng	7,1

P-gjødsling i referansealternativet, samt totalt forbruk av kunstgjødsel-P i Sør-Norge i 1987 er vist i tabell 4.7.

Tabell 4.7. P-gjødsling ved simulering av referansealternativet

	KORN		ENG		TOTALT FORBRUK
	Kunst- gj.-P (kg/da)	Husdyr- gj.-P	Kunst- gj.-P (kg/da)	Husdyr- gj.-P	Kunst- gj.-P (tonn)
Sør-Norge, 1987	21 300 ¹
Referansealternativ	1,83	0,61	1,35	1,52	11 200

¹ Beregnet på grunnlag av totalt forbruk i Norge minus antatt forbruk i Nord-Norge.

Antatt at SIMJAR sprer tilstrekkelig fosforgjødsel på arealene i forhold til veksternes næringsbehov, kan en av tabell 4.7 lese at det er et betydelig overforbruk av fosforgjødsel i jordbruket.

Konsekvensene på P-gjødsling av tiltakene som er simulert, vises i tabell 4.8.

Tabell 4.8. Endring i P-gjødsling ved de ulike simuleringene. Relative tall. Referansealternativet = 100

	KORN		ENG		TOTALT FORBRUK
	Kunst- gj.-P	Husdyr- gj.-P	Kunst- gj.-P	Husdyr- gj.-P	Kunst- gj.-P
90 prosent intensitet	63	93	36	116	47
Minimum avrenning pr. produktenhet	56	90	6	127	14
4 dekar spredearealkrav	100	77	101	87	101
Kombinasjon av tiltak	53	121	41	101	44

Ved 4 dekar spredearealkrav blir det spredd noe mindre husdyrgjødsel-P fordi det har blitt færre husdyr. Dette er jo også det eneste av tiltakene ovenfor som reduserer total mengde husdyrgjødsel. Kunstgjødsel-P øker svært lite. Det tyder på at reduksjonen i husdyr bare har fjernet husdyrgjødsel-P som er overflødig i forhold til det behovet som er bestemt i modellen.

5. DISKUSJON AV MODELLEN

Modellens sterke og svake sider kan diskuteres utfra to hensyn:

1. Kan modellen brukes til å beregne forhold vi ønsker å si noe om?
2. Er beregningene pålitelige?

Det en til nå har ønsket å få svar på ved å bruke modellen er: Hva er effekten av aktuelle tiltak mot avrenning av næringsstoffer fra jordbruksarealene? Her har en ikke bare ønsket å se på konsekvensene på selve avrenninga, men også på produksjonsvolumet, bøndenes arbeidsgodtgjørelse og arbeidskraftbehov.

I det følgende diskuteres modellen etter følgende disposisjon:

- avlingssammenhengene
- avrenningsammenhengene
- gjødsling
- andre forhold ved modellen

5.1 Avlingssammenhengene

5.1.1 Inndeling i veksttyper

Det kultiveres mange forskjellige vekster i Norge. I Stønadsregisteret opereres det med 22 forskjellige kategorier av planteslag, og flere av disse er grupper av vekster. Når en i SIMJAR har samlet alle vekstene i fem grupper, oppstår det unøyaktighet når modellen opererer med like avlingssammenhenger for vekster som ikke er særlig like. Vi vil her kort drøfte ulikheten mellom vekstene i hver veksttype i SIMJAR.

Korn

Dette er, bortsett fra potet, den mest homogene vekstgruppen. Avlingsvariasjoner som ikke kommer med, er forskjellene mellom de ulike slagene (bygg, rug, havre, hvete og oljefrø), forskjellen mellom ulike sorter av hvert slag og forskjellen mellom høstsådd korn og vårsådd korn. Om kornet er høstsådd eller vårsådd har antakelig også stor innvirkning på den delen av N-avrenninga som skjer på høsten og tidlig på våren.

Fulldyrka eng

Eng er den viktigste grovførkilden. Det meste av graset slås og legges i silo, en del tørkes til høy. En del av engarealet brukes til beite. Disse tre utnyttingsmåtene fordrer ulike sorter, tidspunkt for høsting og behandlingsmåter. Dette kan virke inn på både avlingsnivå og avrenningsnivå. Det skilles ikke mellom antall høstinger, noe som har stor betydning for både avlingsnivå og gjødslingsnivå. Det tas i modellen heller ikke hensyn til innslag av kløver. Dette virker sterkt inn på nitrogentilgangen i enga (pga. nitrogenfikserende bakterier) og har dermed stor effekt på avling og avrenning.

Potet

Dette er den mest homogene veksttypen i modellen. Det er imidlertid avlingsvariasjoner mellom forskjellige sorter.

Grønnsaker

Dette er den mest heterogene veksttypen i SIMJAR. Både avlingsnivå og gjødslingspraksis varierer sterkt mellom f.eks. gulrøtter, purre og kål. I tillegg er det antakelig den veksttypen hvor nitrogengjødsling spiller relativt minst rolle blant vekstfaktorene. For grønnsaker spiller kvaliteten ofte vel så stor rolle som avlingsmengdene, og for sterk N-gjødsling kan nedsette kvaliteten. Disse forholdene gjør det litt tvilsomt å operere med generelle avlingsfunksjoner for grønnsaker som funksjon av N-gjødsling. Når en likevel er valgt å gjøre det slik, er det fordi alternativene har vært enten å sløyfe grønnsakarealene i modellen, eller å operere med konstant avrenning og avling fra grønnsakarealene. Feilen blir uansett ikke så stor siden grønnsakarealene utgjør så liten andel av jordbruksarealene totalt sett (0,9 prosent av fulldyrka areal).

Grønnsåvekster (rgs)

Også denne veksttypen inneholder et vidt spekter av vekster med tildels ulike gjødslingsbehov og avlingsnivåer, selv om gjødslings- og avlingsnivå ikke varierer så sterkt som kulturene innen grønnsakgruppen.

Aktuelle forandringer

Det som først og fremst er aktuelt å endre på er den sterke koplingen mellom eng og rgs-arealene (nærmere diskutert i avsnitt 5.8.1). Dersom det skulle bli aktuelt med en eventuell finere inndeling av vekstene, bør en først og fremst ta for seg avlingskurvene for korn og eng siden disse dekker nesten alt dyrka areal. For korn kan en vurdere å differensiere mellom de forskjellige kornslagene og mellom høstkorn og vårkorn. For eng kan en vurdere å skille mellom antall høstinger, bruken av enga (silo, høy eller beite) og kløverinnslag (som bidrar til fiksering av nitrogenet i lufta). Men en vil uansett støte på store vanskeligheter ved en differensiering på grunn av kunnskapsmangel i forhold til slike modellkrav.

5.1.2 Faktorer som bestemmer avlingsnivået

Siden dette er en modell som skal bestemme avling på hvert bruk i Sør-Norge utfra gitte spesifikasjoner, må en basere seg på et begrenset antall faktorer som styrer avlingsnivået. Modellen blir ellers lett for stor og komplisert. I tillegg må vekstfaktorene ha en kjent virkning på avlingsnivået. I SIMJAR er nitrogengjødsling den faktor som langt på vei bestemmer avlingsnivået. Dette er valgt av flere grunner: For det første er nitrogengjødsling en vekstfaktor som spiller stor rolle for avlingsnivået og som bonden samtidig har god kontroll over. For det andre eksisterer det mye kunnskap omkring sammenhengene mellom N-gjødsling og avling. For det tredje har N-gjødsling stor effekt på N-avrenninga, og det er beregninger av endret avrenning med ulike tiltak som er hovedmotivasjonen bak SIMJAR. Mer om N-gjødsling i modellen er diskutert i avsnitt 5.3.

Avlingsvariasjoner som skyldes variasjoner i naturgitte vekstbetingelser, er innarbeidet i modellen ved å dele Sør-Norge inn i avlingssoner.

Andre forhold som er knyttet til driftsmetoder og påvirker avlingsnivået, som f.eks. vekstskifte, jordarbeidingspraksis, såteknikker osv., er ikke lagt inn i modellen. Disse tingene har også stor innvirkning på N-avrenninga. Grunnen til at disse forholdene ikke er bygd inn i modellen er at en foreløpig ikke har nok kunnskap til å knytte dem til tall for avling og især til utvasking av næringsstoffer.

5.1.3 Avlingssoner

Det kan være mange grunner til at et område blir oppfattet som et bedre jordbruksområde enn et annet. Klima og jordsmonn spiller antakeligvis størst rolle. Men også høy intensitet, dyktige bønder og tradisjoner kan spille inn.

Ingen av datakildene som var til rådighet (se avsnitt 2.2.2), var gode nok til å nyttes aleine i en inndeling i avlingssoner. For temperatursonepunkter (NIJOS, 1989) var manglene disse:

- for liten punkttetthet utenfor sentrale jordbruksstrøk. Mange kommuner fikk ofte ett eller ingen punkter, og det ble derfor for dårlig grunnlag til å si noe sikkert om vekstforholdene mange steder
- nedbørsdata og jorddata er ikke med. Begge deler har stor betydning for både avlingsnivået og nitrogenavrenninga. De fylkesvise avlingsoppgavene (NILF, 1989) varierer for ofte på tvers av hva NIJOS' temperaturdata skulle tilsi. Dette kan skyldes nedbørsforhold og jordsmonn, men også ulik gjødslingspraksis, arrondering, topografi, tradisjoner m.m. kan medvirke
- enkelte kommuner strekker seg over flere temperatursoner. Dette er forsåvidt ingen svakhet med kildene, men heller et problem som oppstår fordi modellen krever at en kommune må tilhøre samme temperatursone (avlingssone).

For de sonevise distriktstilleggene (melkesone, grovført tillegg og kornsone) (Landbruksdepartementet, 1987) var problemet at det var ikke mulig å skaffe tilveie noen oversikt over metodene eller prinsippene som sonene var laget etter. Sonene syntes faktisk å ikke være laget etter noen bestemt metode, men etter mange forskjellige hensyn som spilte forskjellig rolle forskjellige steder. Også andre hensyn enn vekstforholdene er bestemmende for hvor sonene legges. Distriktstilleggene inngår i jordbruksavtalen, og distriktspolitikk m.m. er derfor medbestemmende. Distriktstilleggene er antakelig bedre egnet til å vurdere forskjeller i vekstforholdene mellom nærliggende kommuner enn mellom fjerntliggende regioner.

Siden det ikke fantes noen god og entydig kilde, måtte inndeling i avlingssoner i stor grad basere seg på skjønn. Skjønnen er best kvalifisert på sammenlikning av kommuner innenfor hvert fylke fordi ekspertisen (fylkesagronomen i plantekultur) bare har kunnet gjøre en samlet vurdering av kommunene i hvert fylke. Det er mer usikkert om de ulike fylkene og landsdelene er riktig plassert i forhold til hverandre.

Sonegrensene er de samme for alle veksttyper. Dette må forårsake unøyaktighet i inndelingene fordi vekstvilkårene for f.eks. korn og eng ikke varierer likt. Dette er forsøkt kompensert på to måter. For det første er det skjønnsmessig lagt størst vekt på den dominerende veksttype i hvert fylke, f.eks. eng på Vestlandet og korn på Sør-østlandet. Det innebærer f.eks. at en kommune på Vestlandet hvor det dyrkes mest eng og som er plassert i avlingssone 2, ville blitt plassert i avlingssone 3 hvis en bare skulle tatt hensyn til vekstvilkårene for korndyrking. For det andre har en for eng skilt mellom Østlandfylker og Vestlandsfylker fordi de jevnt over høyere nedbørsmengdene på Vestlandet og i Trøndelag har større virkning på avlingene av gras og grøntfôr enn på de andre vekstene.

Å velge 4 avlingssoner er også en skjønnsmessig vurdering ut ifra differensieringsbehovet og datakildene. Vekstforholdene varierer kontinuerlig, men datakildene kan bare gi en grov inndeling. Jo flere soner, jo mer presist i forhold til virkeligheten, men samtidig mer usikkert i forhold til datakildene (og dermed feil i forhold til virkeligheten!).

5.1.4 Avlingskurvene

Forsøksresultater samlet inn fra Statens forsøksstasjoner i landbruk og Landbrukets forsøksringer som belyser sammenhengene mellom N-gjødsling og avling, viste seg å være gjort under så ulike omstendigheter - og der andre vekstfaktorer ikke alltid var gjort tilstrekkelig rede for - at det ble vanskelig å sammenstille materialet til å estimere avlingskurver. På grunn av dette og tidspres ligger det en del skjønn bak fastlegging av avlingskurvene (se avsnitt 2.2.2 og vedlegg 2.2).

Avlingskurvene definerer avlingsresponsen på N-gjødsel for *alt* areal av en veksttype innenfor en avlingssone. Modellen fanger derfor ikke opp variasjoner i avlingsrespons på N-gjødsling innenfor den enkelte avlingssone. Nivåene på kurvene er bestemt slik at gjennomsnittsavling for Sør-Norge stemmer rimelig bra overens med gjennomsnittlig normalårsavling 1988 (NILF, 1989) ved det gjødslingsnivået som er i referansealternativet. Da stemmer også totalt forbruk av kunstgjødsel-N rimelig bra. Det er vanskelig å kalibrere avlingskurva for hver avlingssone fordi det ikke finnes avlingsstatistikk for våre avlingssoner (se også avsnitt 5.5).

Et annet problem som modellen ikke tar hensyn til, er om kurva skal reflektere avlingsresponsen ved samme drift på jorda år etter år, eller om det skal tas hensyn til vekstskifte. Særlig ved lave gjødslingsintensiteter kan dette gi forskjeller i avlingsnivå. Dette er diskutert nærmere i avsnitt 5.4.

5.2 Nitrogenavrenning

Usikkerheten knyttet til avrenningsestimaterne er langt større enn usikkerheten knyttet til avlingsberegningene, og det er det vanskelig å gjøre noe med. Det skyldes tre forhold: For det første er det langt vanskeligere å måle eller å få et intuitivt inntrykk av avrenning av næringsstoffer sammenliknet med avlingsmengder. Det eksisterer langt mindre kunnskap og erfaring om hva som styrer avrenningsnivået i forhold til hva som styrer avlingsnivået. Variasjonene i avrenning er langt større enn avlingsvariasjonene.

Avrenninga i modellen er, på samme måte som avling, knyttet til N-gjødsling og avlingssoner. Det betyr at mange andre forhold som påvirker N-avrenninga i virkeligheten, ikke er innebygd i SIMJAR. Det er vanskelig å kvantifisere i hvor stor grad de forhold som ikke er med i modellen og som påvirker N-avrenninga, innvirker på N-avrenninga fordi en har lite kunnskap til å kvantifisere virkningen. Jordforsk (1989) antyder imidlertid at tiltak som fangvekster, delt gjødsling og spredning av all husdyrgjødsel i vekstsesongen kan redusere N-avrenninga med opptil 8-10 prosent uten intensitetsreduksjon. Den kunnskap en har i dag tyder på at gjødslingsintensiteten påvirker avrenningsnivået mest.

5.2.1 N-tap ved erosjon

Det finnes totalt vanligvis 200-400 kg nitrogen pr. dekar i jordsmonnet, mens det årlig fjernes rundt 10 kg med avling og avrenning. Omtrent alt nitrogenet er bundet til det organiske materialet (humus). Dersom jorda taper humus ved erosjon, vil N-tapet øke. Dette tas ikke hensyn til i modellen.

5.2.2 Vær- og klimavariasjoner

Forsøkene som avrenningsammenhengene i modellen baserer seg på, har gått over en årrekke og i mange områder, slik at det er forutsatt at avrenningsammenhengene baserer seg på et slags gjennomsnittsklima. Været påvirker både avling og avrenning, men kan ha ekstrem stor påvirkning på avrenning av næringsstoffer. Især nedbørsfordeling i forhold til vekstperiodene har stor innflytelse på avrenninga. Værlaget kan variere både fra sted til sted (klimavariasjoner), og fra år til år på samme sted.

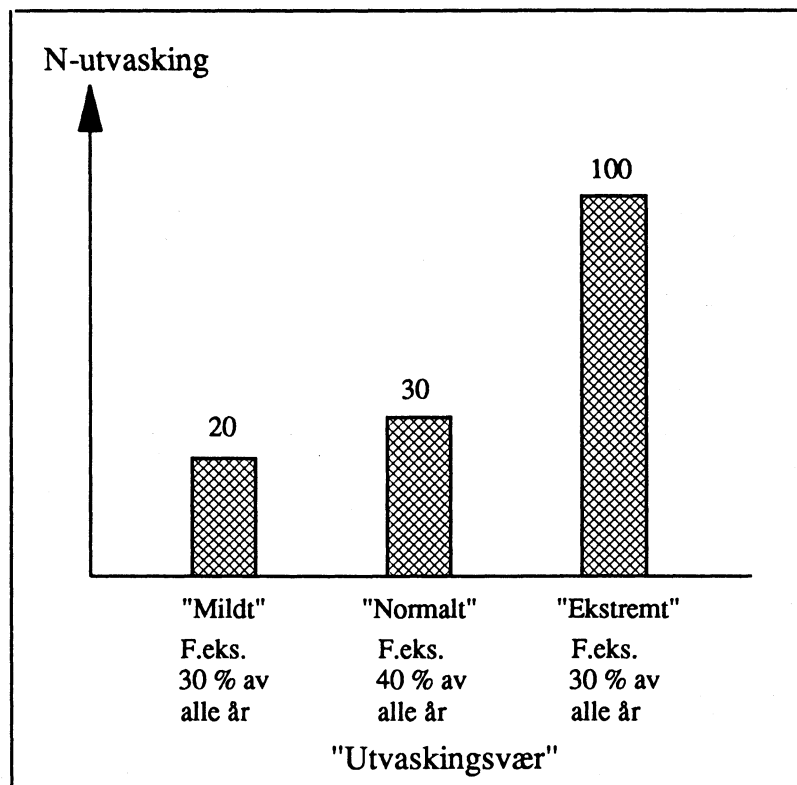
Klimavariasjoner

Det er i modellen ikke tatt hensyn til at f.eks. områder med mye nedbør seinhøstes etter innhøsting er sterkere utsatt for nitrogenutvasking, og dermed får en avrenningskurve som ligger høyere. Grunnen til dette er kunnskapsmangel om avrenningssammenhenger og manglende klimadata. Den eneste måten det er tatt hensyn til variasjoner fra sted til sted, er gjennom inndelingen i avlingssoner. Denne inndelingen er som tidligere beskrevet, gjort etter kriterier for avlingsrespons på N-gjødsling.

Årlige variasjoner i været

Tall fra GEFOs prøvofelter viser variasjoner på flere hundre prosent i de samme områdene i løpet av 1980-åra (GEFO, 1989). Selv om en i teorien skulle ha truffet riktig avrenning i forhold til et normalklima, er det usikkert om dette vil gjenspeile riktig gjennomsnittsavrenning dersom værlaget varierer mye fra år til år. Begrunnelsen for denne antakelsen er illustrert i figur 5.1.

Figur 5.1. Prinsippet for hvordan årlige værvariasjoner kan gi økt gjennomsnittsavrenning i forhold til avrenning ved normalklima



Figuren viser følgende:

Gjennomsnittsavvasking beregnet utfra normalklima blir 30 i året. Beregnet på grunnlag av normal variasjon i utvaskingsvær, blir årlig gjennomsnittlig avvasking (over en 10-årsperiode)

$$\frac{3 \cdot 20 + 4 \cdot 30 + 3 \cdot 100}{10} = 48$$

(Disse tallene beskriver ingen målte verdier, men er satt opp for å illustrere prinsippet).

5.2.3 Differensiering av avrenningskurvene

Avrenningssammenhengene i SIMJAR er beskrevet i avsnitt 2.2.3 og vedlegg 2.3. Sammenhengene slik de nå er i SIMJAR, går egentlig lenger enn det opprinnelige forskningsgrunnlaget gir dekning for. Det er bare én avrenningskurve for kornarealet og én for eng som er estimert på grunnlag av avrenningsmålinger. Disse vil i det følgende kalles for "forskningsskurvene". Bortsett fra å stole på resonnementet som ligger bak differensieringen av avrenningskurvene (se avsnitt 2.2.3), kan en egentlig ikke måle om en kommer nærmere sannheten ved å differensiere kurvene etter forskjellene i avlingskurvene, men en kan regne ut forskjellene i avrenning ved de to måtene å beregne avrenninga på. Dette vises her for korn.

Beregningene som følger er basert på N-gjødsling til korn og fulldyrka eng på hvert bruk fra Landbrukstellinga for 1979.

Tabell 5.1. Andel av kornarealet i de fire avlingssonene. Prosent

Andel av kornarealet	
Avlingssone 1	27
Avlingssone 2	57
Avlingssone 3	15
Avlingssone 4	1

"Forskningsskurva" er tilegnet avlingssone 2. Tabell 5.1 viser at 57 prosent av kornarealet ligger her. 27 prosent ligger i sone 1 og 16 prosent ligger i sone 3 og 4. Det indikerer at totalestimatet for hele Sør-Norge skulle bli lavere ved en differensiering enn ved å tilegne forskningsskurva til hele Sør-Norge. Tabell 5.2 viser N-avrenning i utvalgte områder ved de to forskjellige beregningsmetodene.

Tabell 5.2. Beregnet avrenning fra kornarealene i utvalgte fylker med betydelig kornareal

	"Forskningsskurva"	Differensierte kurver
Sør-Norge	3,27	3,31
Vestfold	3,42	3,16
Akershus	3,46	3,40
Hedmark	2,81	2,90
Nord-Trøndelag	2,87	3,54

Det viser seg merkelig nok at det blir beregnet høyere N-avrenning med differensierte kurver. Gjennomsnittlig avrenning er beregnet til 3,27 kg N/da ved én kurve, og 3,31 kg N/da ved differensierte kurver; 1,2 prosent forskjell. Forklaringen på det er at spranget i avrenningskurvene er forholdsvis større fra avlingssone 2 til 3 og 4 enn fra sone 2 til sone 1 (se figur 2.6).

De regionale forskjellene er imidlertid "logiske" ut ifra resonnementet om at avrenninga er større i dårligere avlingssoner fordi mindre andel av nitrogenet nyttes av vekstene (se avsnitt 2.2.3). Tall for en del fylker illustrerer hvordan forskjellen slår ut ved å beregne etter bare "forskningsskurva" og etter en differensiering av avrenningskurvene. Av tabell 5.2 går det fram at fylker som Vestfold og Akershus får lavere avrenning ved differensiering av kurvene, mens Nord-Trøndelag får en økning. Det er rimelig, siden Akershus og Vestfold ved en differensi-

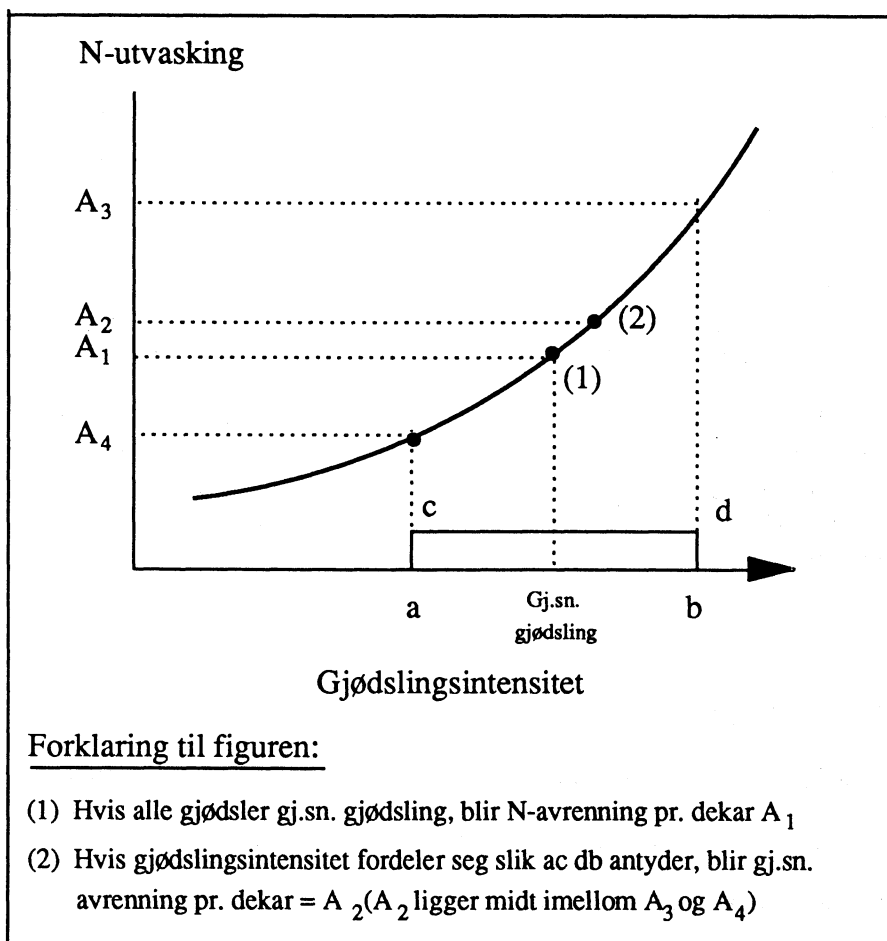
ering får mange kommuner i avlingssone 1 og dermed en utvaskingskurve som stiger langsommere. I Trøndelag, som har dårlige avlingssoner, blir det motsatt.

5.2.4 Beregnet avrenning på grunnlag av gjødsling på hvert bruk

Beregnet avrenning fra en veksttype i et område varierer med N-gjødslinga. Avrenningskurva er en funksjon av annen grad i det intervallet som er aktuelt gjødslingsnivå. Det betyr at dersom gjødslingsintensiteten varierer mellom brukene, vil totalavrenninga fra et område bli høyere når en beregner for hvert bruk og summerer opp for arealene enn om en baserte seg på gjennomsnittsgjødslinga for området og lot den gjelde for hele arealet. Figur 5.2 viser prinsippet i resonnementet.

Ettersom SIMJAR gjør beregningene på hver driftsenhet, elimineres beregningsfeil som ellers oppstår når beregningene gjøres med aggregerte tall for husdyr og areal i et større område. Ettersom SIMJAR samtidig beregner gjennomsnittsgjødslinga i området, kan en finne forskjellen mellom de to måtene å beregne på. Eller sagt på en annen måte: måle fordelene ved at SIMJAR gjør beregningene på hver driftsenhet.

Figur 5.2. Forskjell i avrenningsnivå ved lik gjødsling på alt areal og variert gjødsling



Tabell 5.3 viser beregnet forskjell i N-avrenning når beregningene gjøres for hvert bruk og når beregningene gjøres utfra gjennomsnittsgjødsling for området. Landbrukstellinga 1979 er brukt som datagrunnlag fordi kunstgjødsel-N er oppgitt individuelt for hvert bruk. Husdyrgjødsel-N er medregnet (se avsnitt 3.3.4 og 5.3.2).

Tabell 5.3. Beregnet gjennomsnittsavrenning fra et område på grunnlag av gjennomsnittsgjødsling for området og gjennomsnittsgjødsling for hvert bruk. Kg N/dekar og prosentvis forskjell

	Beregnet avrenning etter gjødsling på hvert bruk	Beregnet avrenning etter gjennomsnittsgjødsling i området	Prosentvis forskjell
KORN			
Sør-Norge	3,27	3,07	6,0
Vestfold	3,42	3,28	4,2
Akershus	3,46	3,28	5,2
Hedmark	2,81	2,69	4,3
Telemark	3,43	3,21	6,5
Rogaland	4,38	3,66	16,6
Nord-Trøndelag	2,87	2,67	7,0
FULLDYRKA ENG			
Sør-Norge	2,79	2,13	23,6
Vestfold	2,63	2,16	17,8
Akershus	1,87	1,55	17,2
Hedmark	1,90	1,62	14,7
Telemark	1,27	1,00	21,3
Rogaland	7,38	6,61	10,4
Nord-Trøndelag	2,79	2,39	14,4

Det interessante her er den prosentvise forskjellen mellom de to måtene å beregne avrenninga på. Jo mindre prosentvis forskjell, jo mindre forskjell er det i gjødslingspraksis mellom brukene. Stor forskjell antyder også at en del bruk gjødsler spesielt mye.

Med SIMJAR elimineres usikkerhet som skyldes gjødslingsvariasjon mellom bruk, men ikke den variasjonen som finnes innen hvert bruk. I SIMJAR antar en at hver veksttype får like mye gjødsel på hele sitt areal, mens det kan være store forskjeller i virkeligheten. Særlig kan det være en tendens til konsentrert spredning av husdyrgjødsel. Dette drar i retning av en underestimering av N-avrenninga.

5.3 Gjødsling

5.3.1 Delt gjødsling til korn

Det blir stadig mer vanlig å påføre nitrogengjødsel til korn, særlig til hvete, i to omganger. Hensikten er å bedre utnyttinga av tilført nitrogen. Dersom det er tilfellet og omfanget er betydelig, bør avlingskurvene justeres opp og avrenningskurvene ned når det gjødsles delt.

5.3.2 Disponering av husdyrgjødsel

Spredning av gjødsel

I tabell 5.4 er vist hvor mye N og P de 5 veksttypene får fra husdyrgjødsel pr. dekar når husdyrgjødsel blir spredd etter det systemet som er beskrevet i avsnitt 3.3.4.

Tabell 5.4. Mengde N og P fra husdyrgjødsel til de forskjellige veksttypene i referansealternativet

Veksttype	kg N/da	kg P/da
Korn	1,55	0,61
Fulldyrka eng	4,02	1,52
Poteter	5,78	2,21
Grønnsaker	4,83	1,95
Grønnfôrvekster	18,27	6,84

Av tabell 5.4 går det fram at det i modellen blir spredd svært ulike mengder med husdyrgjødsel på de forskjellige veksttypene. Husdyrgjødsel blir spredd til korn før den blir spredd til eng, likevel blir det i gjennomsnitt spredd mer husdyrgjødsel til eng enn til korn. Det skyldes at omtrent alle bruk med eng har husdyr, mens mange kornprodusenter ikke har husdyr.

Det er grunn til å anta at modellen opererer med en spredning som ligger mellom det som er optimal utnytting av gjødsel og det som er vanlig praksis for spredning. Grønnfôrvekstene (rgs) får i modellen desidert mest. Dette er en vanlig veksttype for husdyrbruk, det er også vekster som gir avlingsrespons på sterk gjødsling, og kravene til jordarbeiding gjør det mulig å pløye ned gjødsel. Husdyrgjødsel til korn kan gi usikre avlinger på grunn av varierende og usikker N-effekt i husdyrgjødsel. På eng kan store tilførsler av husdyrgjødsel skade graset, gjødsel vil lett størkne og mye av nitrogenet vil tapes til luft og i avrenning. Derfor blir rgs-arealene også i virkeligheten tilført store mengder husdyrgjødsel.

Effektivt nitrogen i husdyrgjødsel

Mesteparten av nitrogenet i husdyrgjødsel er ikke like lett tilgjengelig for plantene som nitrogenet i kunstgjødsel fordi en stor del av nitrogenet er bundet i organisk materiale i gjødsel, og dette er ikke umiddelbart tilgjengelig i plantenes næringsopptak. En del av nitrogenet forsvinner også til luft (se figur 2.5). Når en skal summere husdyr- og kunstgjødsel til samlet N-gjødsling på de forskjellige veksttypene, regner en i SIMJAR bare en andel - den "effektive" delen - av den totale mengden nitrogen i husdyrgjødsel som bidrag til N-gjødslinga. Den effektive andelen av nitrogenet varierer med de forskjellige husdyrslagene. For gjødsel fra storfe og småfe er den effektive delen satt til 40 prosent, for kraftfôrdyr er den satt til 60 prosent og for pelsdyr er den satt til 25 prosent.

Verdien (effektiviteten) av nitrogenet i husdyrgjødsel påvirkes av hvor mye kunstgjødsel-N som tilføres. Plantene vil ta opp det nitrogenet som er lettest tilgjengelig, så jo mer kunstgjødsel, jo dårligere utnyttes nitrogenet i husdyrgjødsel. (Hardere gjødsling vil uansett minske avlingseffekten av den siste tilførte enheten med nitrogen). Mengden nitrogen i gjødsel til de forskjellige husdyrslagene påvirkes av fôring og avdrått. Hvor mye som når jordene avhenger også av lagrings- og spredningsmåter. Hva en får ut som gjødselvirkning av husdyrgjødsel er altså avhengig av en rekke faktorer. Ingen av disse påvirkningsfaktorene er bygd inn i modellen slik at gjødselvirkingen av husdyrgjødsel kan varieres.

I modellen er altså den effektive delen satt til å ha samme virkning som kunstgjødsel-N både på avling og avrenning. En stor andel av nitrogenet i husdyrgjødsel - den "ueffektive" delen - blir borte i det "store intet" i modellen. Dette skulle logisk sett ikke gi så store feilutslag for avlingssammenhengene siden det effektive nitrogenet er beregnet ut ifra gjødselvirkingen. Men hvor gjør det "ueffektive" nitrogenet i husdyrgjødsel av seg? Mulighetene er at denne N-andelen lagres i jordsmonnet gjennom økt humusinnhold eller forsvinner fra jordsmonnet enten direkte til luft gjennom ammoniakkfordampning og denitrifikasjon, eller ved utvasking og avrenning. Det nitrogenet som eventuelt lagres i humusen (organisk materiale) vil etterhvert bli tilgjengelig som plantenæring, samtidig som det da også vaskes lettere ut. Konklusjonen

skulle da logisk bli at når en i SIMJAR overhodet ikke regner med det "ueffektive" nitrogenet i husdyrgjødsla, blir, sammenliknet med kunstgjødsl-N, - på sikt - både N-avrenninga og avlingsresponsen ved bruk av husdyrgjødsel underestimert. Dersom plantene utnytter nitrogenet i husdyrgjødsla spesielt godt, blir N-avrenninga i mindre grad underestimert, men da blir til gjengjeld avlingsresponsen sterkere underestimert.

Fosfor i husdyrgjødsla

I SIMJAR skilles det ikke mellom total-P og effektiv P slik som det gjøres for nitrogen. Gjødslingsintensiteten av fosfor har i modellen ingen direkte innvirkning på avlingsnivået. P-avrenning beregnes ikke. Mengden P fra husdyrgjødsla har innvirkning på økonomien; jo mer P fra husdyrgjødsel, jo mindre kostnad for bonden til å kjøpe inn kunstgjødsl-P.

5.4 Nitrogenbalansen i modellen

SIMJAR håndterer ikke alle elementene i et fullstendig nitrogenregnskap når avling og avrenning beregnes. Det finnes ikke variabler for følgende størrelser i SIMJAR (se også figur 2.5 og avsnitt 2.2.3):

- N-tilførsler fra nedbør og fra luft
- N-tap til luft
- endring av N-kapitalen i jorda
- ikke-effektivt N i husdyrgjødsla

Tabell 5.5 viser N-gjødslingoverskuddet for de delene av regnskapet som er med i SIMJAR. N-innholdet pr. kg biomasse i plantene regnes som konstant ved alle gjødslingsnivåer.

Tabell 5.5. N-balansen ved forskjellige gjødslingsintensiteter. Kg N/dekar

	Tilført fra gjødsla	Fjernet i avling og avrenning	Rest- post
KORN			
Referansealternativet	12,5	11,6	0,9
90 prosent avlingsnivå	8,4	10,2	-1,8
Minimum avrenning/avling	7,4	9,7	-2,3
ENG			
Referansealternativet	19,8	10,0	9,8
90 prosent avlingsnivå	13,7	8,9	4,8
Minimum avrenning/avling	7,8	8,4	-0,6

N-underskuddet i korndyrkinga vil sannsynligvis tære på N-kapitalen i jordsmonnet, og det kan ikke vedvare på lang sikt uten at avlingene går ned.

For eng er forskjellene ved de forskjellige intensitetene langt større. Et moment som kan berettiggje forskjellen, er at nitrogenfikserende organismer er langt mer aktive ved lave gjødslingsintensiteter enn ved høye. Nitrogenfikseringa bremses kraftig av sterk N-gjødsling, slik at N-tilførslene fra biologisk nitrogenfiksering er større ved lav intensitet enn ved høy. Ellers er det grunn til å forvente et gjødseloverskudd slik som tabellen viser, fordi en vanligvis har en oppbygging av N-kapitalen (humus) i jorda ved engdyrking.

Forskningsgrunnlaget som ligger bak tallene i tabellen er best (minst usikkerhet) ved det som kan karakteriseres som vanlig gjødslingsintensitet. Derfor kan den økende N-ubalansen som er diskutert ovenfor, skyldes usikkerhet i tallene.

5.5 Kalibrering og testing av usikkerhet

Kalibrering

Med kalibrering menes justering av koeffisientene i funksjonene som styrer modellsammenhengene slik at mengden input (innsatsfaktorer) og output (produksjonsmengde) samsvarer rimelig mellom modell og virkelighet.

For kalibrering av husdyrproduksjon og arbeidsinnsats vises det til Aanestad og Sødal (1990).

Avlingskurvene er basert på forsøksresultater. Slike ligger som regel høyere enn gjennomsnittsavlinger. Derfor ble opprinnelig avlingskurvene justert ned ca. 15 prosent i forhold til datagrunnlaget (Holm, Sødal og Vestøl, 1989). Men dette var heller ikke nok. Med de avlingskurvene som først ble knyttet til avlingssonene, viste det seg at totalavlingene i modellen for alle vekststypene fortsatt lå vesentlig høyere enn normalårsavlingstallene for Norge (NILF, 1989), selv om gjødslingsnivå og totalt kunstgjødselforbruk i modellen stemte rimelig bra med virkeligheten. Avlingskurvene ble kalibrert slik at tall for Sør-Norge under ett samsvarte i modell og virkelighet. Alle sonene ble justert ned prosentvis like mye og prosentvis like mye ved alle gjødslingsnivåer. Dette ble gjort for hver enkelt veksttype.

Dette skapte en del regionale avvik modell-virkelighet. Mens kornavlingene både i modellen (referansealternativet) og for et normalår i 1988 er 396 kg/dekar for hele Sør-Norge (NILF, 1989), er f.eks. tilsvarende tall for Rogaland 391 og 439 kg/dekar i hhv. virkelighet og modell. De regionale avvikene er imidlertid jevnt over mindre enn dette eksempelet for Rogaland.

Avlingskurvene burde ideelt vært kalibrert for hver avlingssone i og med at avlingssammenhengene er differensiert på avlingssoner. Dette har imidlertid ikke vært mulig. Avlingssoner har blitt laget i forbindelse med byggingen av SIMJAR spesielt, og det finnes derfor ikke empiriske tall for avling eller kunstgjødselforbruk på avlingssoner.

Testing av usikkerhet

Sikkerheten i modellresultatene avhenger av to forhold: hvor riktig er modellsammenhengene og hvor følsomme er modellresultatene for variasjoner i datagrunnlaget. Det at modellen er rimelig kalibrert betyr at sikkerheten i modellen er god for de nivåene som kalibreringa gjelder. En vanlig måte å teste hvor riktige modellsammenhengene er, er å sammenlikne modellresultater med empiri for ulike år når mengden innsatsfaktorer har vært annerledes. Dette er ikke mulig å få til med SIMJAR, hverken mht. avlings-, avrennings- eller foretaksøkonomiske sammenhenger.

De foretaksøkonomiske sammenhengene reflekterer aktuelle effektivitetsnormer og prisforhold. Disse endrer seg fra år til år, både absolutt og relativt. Det betyr at funksjonskoeffisientene må tilpasses det aktuelle år, og det er derfor feil å kjøre modellen med de nåværende foretaksøkonomiske sammenhenger på tidligere år uten å justere funksjonskoeffisientene. Dermed er det også umulig å teste de foretaksøkonomiske sammenhengene mot flere enn ett år.

Når det gjelder avlings- og avrenningssammenhengene er det ikke mulig å teste mot empiri fordi en har opplysninger om forbruk av nitrogengjødsel på de enkelte gårdsbruk kun for årene 1978 og 1988 (SSBs Landbrukstillinger). Variasjoner i værslag, endrede plantesorter mm. påvirker også avlingsnivået, og gjør det dermed lite hensiktsmessig å kalibrere avlings-

sammenhengene mot data fra kun disse to årene. Mht. til avrenning finnes heller ingen empiriske data tilsvarende f.eks. avlingsstatistikk å kalibrere modellen mot.

Det har ikke blitt foretatt noen følsomhetstesting av SIMJAR. Beregningene i avsnitt 5.2.3 viser imidlertid at det blir liten forskjell i resultatene når avrenningskurvene justeres noe. Det er grunn til å anta at resultatene i SIMJAR generelt sett ikke er spesielt følsomme for endringer i modellsammenhengene, bl.a. fordi de fleste utregningene gjøres forholdsvis isolert.

5.6 Jorderosjon og fosforavrenning

Foreløpig mangler beregninger av jorderosjon og fosforavrenning fullstendig i den store versjonen av SIMJAR. Dette hovedsakelig fordi en mangler informasjon om jordart og helning på de enkelte bruk.

Utslipp av fosfor til ferskvann fra jordbruket bidrar til unormalt store næringstilførsler og dermed algeoppblomstringer og gjengroing. Det hadde derfor vært svært ønskelig om SIMJAR kunne gjøre beregninger av fosforavrenning fra jordbruket.

Jorderosjon er viktig å beregne av flere årsaker. En stor del av fosforet som forsvinner fra jordbruksarealene følger med eroderte jordpartikler. Jorderosjonen er en forurensning i seg selv når jordpartikler slammer til vannsystemene. I tillegg er jorderosjonen enkelte steder blitt så stor at det må betraktes som et alvorlig tap av en grunnleggende produksjonsfaktor, nemlig jordsmonnet.

SIMJAR 1 (se vedlegg 7) inneholder jordtypedata som gjør det mulig å beregne både fosforavrenning og jorderosjon. Disse jordtypedataene er imidlertid framskaffet ved jordsmonnskartlegging, som foreløpig bare er utført for en liten del av jordbruksarealet, slik at de foreløpig ikke kan koples til SIMJAR 2. I kapittel 6 er det imidlertid skissert en alternativ metode for hvordan beregninger av jorderosjon og P-avrenning kan bygges inn i SIMJAR 2.

5.7 Foretaksøkonomi

Siden denne delen i sin helhet er utviklet ved Institutt for økonomi og samfunnsfag ved NLH, vil vi ikke kommentere det faglige innholdet her, men henvise til Aanestad og Sødal, 1990. Generelt sett er det langt mindre usikkerhet i datagrunnlaget i denne delen av modellen enn i datagrunnlaget som har med avling og avrenning å gjøre.

Hele foretaksøkonomidelen ligger som en del av "resultatprogrammet" og det er programmeringsteknisk sett lite hensiktsmessig. Det kan derfor være vanskelig å vedlikeholde foretaksøkonomidelen. Særlig er tilskuddsdelen problematisk fordi denne delen ble programmert under sterkt tidpress utfra et regneark. Tilskuddsdelen bør programmeres om hvis modellen skal brukes i framtida.

5.8 Kommentarer til en del modelltilpasninger

5.8.1 Forholdet mellom eng og grønnfôrvekster (rgs)

Veksttypen rgs er i modellen bundet til veksttypen eng på tre måter. For det første har de samme avlingskurve. For det andre må man spesifisere samme avlingsnivå eller grenseproduktivitet når arealintensiteten bestemmes i brukeroppsettet, og for det tredje bestemmes eng- og rgs-arealet slik at det på alle bruk blir det samme forhold mellom engavling og rgs-avling når modellen utfører en simulering.

Denne sterke koplingen burde lempes på for å gjøre modellen mer fleksibel og realistisk. Eksempelvis kan det være aktuelt å kjøre med ulik arealintensitet eller selektivt øke rgs-arealet for f.eks. å kunne bli kvitt husdyrgjødsel. For det andre kan det være behov for å dyrke bare eng for å redusere erosjon eller nitrogenutvasking. Dette er umulig å spesifisere slik modellen er bygd nå.

5.8.2 Overflatedyrka jord

Dette arealet har i forhold til fulldyrka eng 1/3 gjødslingsintensitet, 2/3 avlingsnivå og det har 1/3 kapasitet for spredning av husdyrgjødsel. Dette arealet endres ikke av simuleringene, og det blir ikke beregnet avrenning fra dette arealet.

Det er antakelig uoverkommelig å behandle dette arealet differensiert på bruksnivå, heller ikke på basisområdenivå fordi en ikke har god nok informasjon om hvordan disse arealene brukes. Det burde også beregnes nitrogenavrenning fra dette arealet, fordi i deler av landet, særlig på Vestlandet, blir disse arealene brukt relativt intensivt og er dermed årsak til N-avrenning.

5.8.3 Forholdet mellom grovfôrdyr, grovfôrarealer, kraftfôrforbruk og avdrått

Dersom arealintensiteten reduseres, og antall grovfôrdyr på bruket beholdes, må arealet med eng/rgs økes for å skaffe nok grovfôr. Det gjøres ved at kornareal erstattes av eng/rgs. Dersom det ikke er mer kornareal igjen på bruket, og grovfôrbehovet fortsatt ikke er tilfredsstillt, vil det bli mangel på grovfôr. I virkeligheten må bruket da enten kvitte seg med noen dyr, nydyrke, øke arealintensiteten eller kjøpe inn fôr. I SIMJAR skjer ingen av disse fire tilpasningene, og det burde rettes på for å gjøre modellen mer realistisk.

På de bruk hvor det skjer en innflytting av dyr, blir ikke dette noe problem fordi mengden grovfôr som bruket produserer, er en skranke for hvor mange grovfôrdyr det kan flyttes inn.

Kraftfôrforbruket for hvert husdyrslag er lagt inn som konstant kostnad pr. dyr. Dersom en simulerer økt grovfôrforbruk hos husdyra, blir ikke kraftfôrforbruket justert ned. Dette gir feil i beregning av foretaksøkonomi.

En annen svakhet i beregningene er at avdråtten til husdyra er uavhengig av hva slags fôr dyra får. Dersom en erstatter en del av kraftfôret med grovfôr i f.eks. melkeproduksjonen, vil i virkeligheten melkeytelsen til kua som regel gå ned. Dette skjer ikke i modellen.

5.8.4 Antall husdyrslag

I SIMJAR er husdyrene inndelt i hele 18 forskjellige slag. Dette kan synes urimelig detaljert i forhold til hvor nøyaktig modellen ellers er. Men det er i grunnen lite merarbeid forbundet med å ha så mange dyreslag i modellen fordi disse tallene er direkte tilgjengelige i Stønadsregisteret.

5.8.5 Flytting av storfe i "blokk"

Når husdyrproduksjonene flyttes på grunn av et spredearealkrav, vil de forskjellige husdyrslagene flyttes i en rekkefølge som blir bestemt av den som kjører modellen. I virkeligheten er det slik at noen husdyr hører sammen i produksjonen. Det gjelder først og fremst kvigekalver, kviger og melkekyr. Når disse dyrene flyttes, bør de i modellen flyttes i "blokker" som samsvarer med det som er vanlig i produksjonen. Den "blokkflytting" som er lagt inn i modellen, bør omprogrammeres til ikke å innbefatte okser og ammekyr.

5.8.6 Programoppbygging og brukervennlighet

Oppdeling i moduler

Dersom modellen skal brukes i mange forskjellige sammenhenger i framtida, trengs det en sterkere modularisering av programsystemet, dvs. at en deler opp programsystemet i biter som en kan hente inn etter behov. Dersom SIMJAR skal brukes i to ulike sammenhenger som f.eks. "overvåking" (se avsnitt 6.2) og simuleringene for Alstadheimutvalget (Vestøl et al., 1990), vil det være fordelaktig med modularisering. Hvordan modulene skal settes sammen, kunne til en viss grad være styrt av den som bruker modellen, uten inngrep av programmerer.

På denne måten trenger ikke en og samme programmodul endres hver gang en ny type kjøring skal utføres. Da vil det bli vanskelig å holde orden på hvilke endringer som er gjort til enhver tid.

Brukervennlighet

Dersom modellen skal brukes mye videre, kan det også være hensiktsmessig å bedre brukervennligheten. Nå må modellkjører fylle inn veldig mange parametre og være nøye med syntaksen under utfylling. Unøyaktigheter har ført til endel feilkjøringer og dermed sløsing av arbeidstid og maskinressurser. Det burde ha vært interaktiv utfylling av parametre med tilhørende kontroll av utfylling før kjøring finner sted. En "database" for parameteroppsett ville vært praktisk å ha for modellkjører. Brukervennligheten har dessverre blitt nedprioritert pga. sterkt tidspres.

5.9 Sammenfattende vurdering

SIMJAR 2 er blitt en stor regnemodell. Modellen behandler et svært stort datagrunnlag i og med at den regner på hele 73 000 driftsenheter, og den gjør svært mange forskjellige utregninger (se vedlegg 4.5). I tillegg er modellen bygd slik at modellbruker har mange muligheter til å påvirke hva modellen skal gjøre.

Tidligere i kapittel 5 er mange av modellsvakhetene i SIMJAR påpekt. Hvilke av disse som er viktigst å forbedre, avhenger i stor grad av hva slags analyser modellen skal brukes til og hvilke resultater som er viktige. Det settes derfor ikke opp noen prioriteringsliste for forbedring av modelltekniske sider eller forbedringer av datagrunnlaget.

Nedenfor gis en drøfting av de sterke sidene ved SIMJAR som ikke er nevnt tidligere i rapporten.

Detaljert datagrunnlag

Modellen tar utgangspunkt i Stønadsregisteret som inneholder detaljerte opplysninger for hvert enkelt gårdsbruk. I og med at beregningene gjøres på dette nivået, er SIMJAR i stand til å utnytte dette materialet. Dette bidrar til å øke nøyaktigheten, men to forhold gjør at SIMJAR ikke kan brukes for analyser på mikro-nivå. For det første er alle avlings-, avrennings- og foretaksøkonomiske sammenhenger generelle for større områder, de finnes ikke på mikro-nivå. For det andre vil alle gårdsbruk få nye korn- og engarealer, og til dels også husdyr, etter en simulering. Fordelingen av arealer og dyr må skje etter generelle nøkler.

Den største fordelene med det detaljerte datagrunnlaget, er en unik fleksibilitet til å velge ut områder eller type bruk som en modellkjøring skal gjelde for. Det er ingen problemer med å kjøre modellen på f.eks. ett eller flere fylker/DU-soner. En kan f.eks. la flytting av dyr skje mellom bestemte fylker/DU-soner. Det er også stor fleksibilitet mht. å velge ut områder som resultatene skal skrives ut for.

Det at SIMJAR opererer på så små enheter som gårdsbruk, gjør at modellen har et stort potensial til å bli svært nøyaktig dersom flere opplysninger om forhold som styrer aktuelle resultatparametre blir tilgjengelige. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med utvikling av SIMJAR til "overvåkingsmodell" (se avsnitt 6.2).

Mange resultatparametre

SIMJAR beregner konsekvensene for flere forhold når en simulerer tiltak mot arealavrenning. Det har stor verdi å vite hvordan tiltak mot forurensningproblemene påvirker andre sentrale forhold i landbruket som lønnsomhet, arbeidskraftbehov og totalproduksjon fordi en da får et mye bedre bilde av kostnadene og ringvirkninger av tiltakene.

Mulighetene for å kombinere flere tiltak mot arealavrenning

SIMJAR er bygd slik at en kan simulere flere tiltak samtidig uten at det oppstår modelltekniske vansker. (Dette fordi tiltakene i første omgang bare styrer areal- og dyretilpasningen i datasettet for driftsenheter som blir laget av simuleringsprogrammet). Dette gjør at det er mulig å nærme seg en optimal kombinasjon av tiltak gjennom å gjøre en rekke modellkjøringer.

Fleksibilitet mht. endringer og utvidelser

Det at SIMJAR ikke er en optimeringsmodell gjør at det i prinsippet ikke er grenser for hvor mye den kan bygges ut. Det er i tillegg også mulig å gjøre endringer i deler av programmet uten at hele modellen må rettes opp.

6. SKISSE TIL VIDEREUTVIKLING AV SIMJAR 2

Her skisseres tre måter å videreutvikle SIMJAR på. Alle tre vil føre til at SIMJAR kan brukes til nye problemstillinger, det er altså ikke bare snakk om utbedringer av modell-tekniske svakheter.

6.1 Beregning av jorderosjon og fosforavrenning i SIMJAR 2

Beregninger av jorderosjon og P-avrenning gjøres foreløpig bare i SIMJAR 1 - og er ikke mulig for større områder fordi informasjon om jorda mangler. I SIMJAR 1 hentes jordtypeinformasjon fra jordsmonnsskartlegging.

Forholdene som påvirker P-avrenninga, er noe annerledes enn de som påvirker N-avrenning. Både driftsmetoder, jord og terreng spiller større rolle, og især hvordan disse tre forhold kombineres på samme areal. Dersom en skal kunne beregne erosjon og P-avrenning fra et areal med rimelig sikkerhet, må informasjon om driftspraksis og jordtype koples. Jordtypedata fra jordsmonnsskartlegging eksisterer i lite omfang, og det vil være en uoverkommelig oppgave på kort sikt å jordsmonnsskartlegge nok jordbruksareal til å gjøre gode beregninger for store deler av Sør-Norge. Etter initiativ fra SSB, har SSB og Senter for jordfaglig miljøforskning (Jordforsk) derfor startet opp et prosjekt der en skal innhente jordtypedata på et *utvalg* av driftsenheter. Hensikten med å bruke utvalgsprinsippet er at oppgaven med å skaffe tilveie jordtypeinformasjon skal være overkommelig. Hensikten med å bruke et utvalg av *driftsenheter* (i stedet for f.eks. et punktutvalg) er fordi svært mye informasjon om jordbruket er knyttet til driftsenheter, og en del av denne informasjonen er nødvendig når en skal beregne jorderosjon og P-avrenning. I tillegg er det også hensiktsmessig å videreutvikle SIMJAR på denne måten fordi SIMJAR er bygget opp omkring driftsenheter.

6.2 SIMJAR som "overvåkingsmodell" for arealavrenning

SIMJAR kan i prinsippet brukes til to typer av analyser:

1. Konsekvensene på produksjon, avrenning, arbeidsforbruk, etc. som følge av reelle tiltak og endringer i driftspraksis på gårdsbrukene.
2. Konsekvensene på produksjon, avrenning, arbeidsforbruk, etc. som følge av tenkte tiltak og endringer på gårdsbrukene.

Den første typen analyse kan kalles for "overvåking", mens den andre typen kalles for simulering. SIMJAR har foreløpig bare blitt brukt til simulering.

To forutsetninger må være til stede for å utvikle SIMJAR til "overvåkingsmodell". For det første må det være etterspørsel etter avrenningsberegninger fra jordbruksarealene. For det andre må det være tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne si noe om avrenninga. Med de store forurensingsproblemene som jordbruket er årsak til, og med de forpliktelser Norge har bundet seg til i Nordsjøavtalen med å redusere utslipp av næringssalter til utsatte deler av Nordsjøen med 50 prosent i perioden 1985-1995, skulle første betingelse være oppfylt. Forutsetningen om informasjonstilgang er mer problematisk, og manglende datagrunnlag gjør at SIMJAR pr. i dag ikke kan brukes som "overvåkingsmodell".

Resultatene i SIMJAR bygger på beregninger gjort på hver enkelt driftsenhet. For å beregne endringer i avrenning, må en basere seg på endringer som skjer på hvert bruk mht. forhold som påvirker avrenninga.

Siden en ikke kan måle avrenninga direkte, er en avhengig av to typer informasjon for å beregne arealavrenninga. Disse kan kalles for registreringer og forskningsdata. Først må en ha registreringer om forhold som påvirker avrenning, som f.eks. gjødslingsintensitet, jordarbeiding, vekstvalg, mm. Dernest trenger en koeffisienter (forskningsdata) slik at en i en modell kan bygge opp kvantifiserte sammenhenger mellom praksis (driftssystemer), område og avrenning. Overvåking av både N- og P-avrenning er aktuelt.

6.2.1 N-avrenning

I SIMJAR avhenger estimatene av N-avrenning i stor grad av gjødslingsintensiteten. Det betyr at en trenger opplysninger om utviklingen i kunstgjødselforbruk og spredning av husdyrgjødsel på hvert bruk (eventuelt utvalg av bruk) for å kunne si noe om endringer N-avrenning. Husdyrgjødselspredning kan beregnes rimelig bra gjennom sammenstilling av antall husdyr og spredeareal på hvert bruk. Bruk av kunstgjødsel på hvert bruk finnes bare i Landbrukstellinga for 1979 og 1989. Konsekvensen av denne datamangelen er at en til nå ikke har nok informasjon om gjødslingspraksis til å bruke SIMJAR til å beregne endringer i N-avrenning.

I de årlige Utvalgstillingene er det fra og med 1990 planlagt å registrere hvor mye kunstgjødsel-N og -P som brukes til korn og fulldyrka eng. Det vil også bli registrert delt N-gjødsling til korn. Utvalgstillingene omfatter ca. 20 000 bruk, og basert på disse og de avrenningssammenhengene som er innebygd i SIMJAR, vil det bli mulig å bruke SIMJAR til å gjøre beregninger av endringer (og absoluttnivå) i nitrogenavrenning fra jordbruksarealene.

6.2.2 P-avrenning og jorderosjon

Uten informasjon om jord og terreng vil det være umulig å gjøre gode nok beregninger av P-avrenning og jorderosjon. Som nevnt ovenfor, vil tilstrekkelig jordtypeinformasjon kunne skaffes tilveie gjennom et nyoppstartet samarbeidsprosjekt mellom SSB og Jordforsk.

For overvåking av årlige endringer i P-avrenning vil det i tillegg være nødvendig å registrere visse sider av driftspraksis på hvert bruk. Praksis innen husdyrgjødselhåndtering og jordarbeiding vil i et visst omfang bli registrert i Utvalgstillingene i 1990 og høyst sannsynlig i en del år framover dersom dataene har god nok kvalitet. En viktig hensikt med samarbeidsprosjektet mellom SSB og Jordforsk vil nettopp være å utnytte mulighetene som kommende utvalgstillinger gir for å beregne årlige endringer i jorderosjon og P-avrenning.

6.3 Effekten av virkemidler i SIMJAR 2

Til nå har analysene dreid seg om effekten av tiltak tenkt gjennomført på hvert bruk. *Beslutningene* om hva som skal gjøres på hvert bruk ligger hos den enkelte gårdbruker. Tiltak vil ikke gjennomføres medmindre bonden finner det fornuftig eller tvinges. Dersom det er ønskelig å forandre en del forhold i jordbruket av hensyn til f.eks. forurensning, må det iverksettes *virkemidler* som påvirker bøndene i riktig retning. En drøfting av aktuelle virkemidler er gjort i Holm, Sødal og Vatn (1989) og i Sødal og Vatn (1990).

Institutt for økonomi og samfunnsfag ved NLH (IØS) har tatt innledende initiativ til bruke SIMJAR for å beregne regionale og nasjonale effekter av økonomiske virkemidler, i første omgang avgift på nitrogen i kunstgjødsel. Ved hjelp av optimeringsmodeller utviklet ved IØS (Christoffersne og Rysstad, 1990) kan en beregne foretaksøkonomisk sett optimale gjødslingsnivåer ved ulike gjødsel- og produktpriser. Dette vil i deres modeller også få konsekvenser for håndtering av husdyrgjødsel, noe som igjen vil påvirke næringsverdien i gjødsla, og

dermed bondens økonomi og tapet av næringsstoffer. Under forutsetning av at bonden behandler all gjødsel foretaksøkonomisk sett mest mulig gunstig, tenker en seg at SIMJAR utvikles og brukes på denne måten:

1. IØS' optimeringsmodeller bestemmer arealintensiteten i SIMJAR. Dette nivået vil kunne legges inn i SIMJAR uten særlig modellendringer fordi en regulerer arealintensiteten ved å angi en grenseproduktivitet på avlingskurvene.
2. Ulike opplegg for håndtering og spredning av husdyrgjødsel bygges inn i SIMJAR. Hvilket opplegg som velges til de forskjellige brukene i SIMJAR, vil bli bestemt av kjennetegn ved gårdsbruket, arealintensiteten og priser på produkter og innsatsfaktorer.
3. Når opplegg for gjødselhåndtering er valgt, vil SIMJAR regne ut effekten på bondens økonomi pga. ulik kostnad ved håndtering og ulik næringsverdi i husdyrgjødsel (og dermed ulikt behov for innkjøp av kunstgjødsel). Avrenninga av næringsstoffer vil også variere med ulik utnytting av husdyrgjødsel, og en større nyansering av avrenningssammenhengene bør derfor også legges inn i modellen.

7. REFERANSER

- Aanesland, Normann, 1987: *Landbrukspolitikkenes virkninger på det fysiske miljøet*. Stensil, Institutt for landbruksøkonomi, NLH, Ås.
- Berge, D., T. Källquist og R. Romstad, 1989: *Algetilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenliknet med andre forurensningskilder*. Fase 1 - Framdriftsrapport. Norsk institutt for vannforskning. Oslo.
- Christoffersen, Kolbjørn og Sigurd Rysstad, 1990. *Foretaksøkonomiske og miljømessige effekter av virkemidler mot landbruksforurensninger*. Rapport nr. 16 i "Landbrukspolitik og miljøforvaltning". Senter for forskningsoppdrag (SEFO), Ås.
- Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 1987: *Nedbørnormaler*.
- Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 1989: *Temperaturnormaler 1931-1960*. Klimaavdelingen.
- DU, 1989: *Distriktenes Utbyggingsfond. Geografisk virkeområde*. Virkeområde for støtteordningene og maksimale støtteandeler for investeringstilskudd. (Kart med spesifisering av hver kommune). Distriktenes Utbyggingsfond, Oslo.
- GEFO, 1989: *Informasjonskampanje - Utpøving av tiltak mot arealavrenning*. Hovedrapport. Institutt for georessurs- og forurensningsforskning, Ås.
- Hole, J., 1988: *Stofftapsmodell brukt på Jæren og Romerike*. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Ås.
- Holm, Øivind, Dag Petter Sødal og Jon Åge Vestøl, 1989: *Arealavrenning fra jordbruket*. En modellstudie med vekt på endret regional produksjonsfordeling og endret arealintensitet. Rapport nr. 12 i "Landbrukspolitik og miljøforvaltning". Senter for forskningsoppdrag (SEFO), Ås.
- Holm, Øivind, Dag Petter Sødal og Arild Vatn, 1989: *Virkemidler for å ivareta miljøhensyn i landbruket*. Rapport nr. 11 i serien "Landbrukspolitik og miljøforvaltning". Senter for forskningsoppdrag (SEFO), Ås.
- Jordforsk, 1989. *Avrenning og effekt av tiltak i landbruket*. Delrapport av Nasjonal Nordsjøplan. Senter for Jordfaglig miljøforskning, Ås.
- Landbruksdepartementet, 1987: *Sonegrenser for distriktstilskudd*. Pr. 1. januar 1987.
- NIJOS, 1989: *Jordressursdata på nasjonalt nivå*. Sluttrapport fra et prosjekt utført på oppdrag for Miljøverndepartementet. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås.
- NILF, 1987: *Handbok for driftsplanlegging 1987/88*. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo.
- NILF, 1988: *Driftsgranskinger i jord- og skogbruk*. Regnskapsresultater 1987. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo.
- NILF, 1989: *Normalårsavlinger 1988*. Stensil. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo.

NOU, 1984: Statlig næringsstøtte til distriktene. Bygdeutvalget. Norges offentlige utredninger, 1984:21A.

OECD, 1988: Agricultural policies, markets and trade. Monitoring and outlook 1988. Paris.

Sødal, Dag Petter, 1988: Regionale sysselsettingseffekter av ulike krav til spredeareal for husdyrgjødsel. Rapport nr. 8 i "Landbrukspolitikk og miljøforvaltning". SEFO, Ås. Ikke publisert.

Sødal, Dag Petter og Arild Vatn, 1990: Landbrukspolitikk og miljø. Landbruksforlaget/Senter for forskningsoppdrag, Ås/Trondheim.

Sødal, Dag Petter og Jostein Aanestad, 1990: Tiltak mot arealavrenning. Miljømessige og økonomiske veknader av redusert arealintensitet og endra regional produksjonsfordeling i jordbruket. Melding nr. 1 frå Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH, Ås.

Uhlen, Gotfred og Helge Lundekvam, 1988: Avrenning av nitrogen, fosfor og jord fra jordbruk 1949 - 1979/88. Rapport nr. 7 i "Landbrukspolitikk og miljøforvaltning". SEFO, Ås.

Vestøl, Jon Åge, Dag Petter Sødal, Jostein Aanestad, Øivind Holm, Henning Høie, Bård Lian og Kristin Nordli, 1990: Virkning av ulike miljøtiltak i jordbruket. En modellstudie med vekt på endret produksjonsfordeling og endret arealintensitet i Sør-Norge. Interne notater 90/20. Statistisk sentralbyrå, Oslo.

Personlig meddelelse:

Audun Loen, planlegger, SSB.

VEDLEGG 1: AVLINGSSONE OG DU-SONE FOR HVER KOMMUNE I SØR-NORGE

En oversikt over hvilken avlings- og DU-sone de ulike kommunene i Sør-Norge er plassert i. De fire avlingssonene blir karakterisert på følgende måte:

- Avlingssone 1: Ingen andre steder i Norge kan ta særlig høyere avlinger.
 Avlingssone 2: Noe lavere avlinger enn sone 1, men ingen vesentlige restriksjoner på hvilke vekster som kan dyrkes sammenliknet med sone 1.
 Avlingssone 3: Begrensede dyrkingsmuligheter for korn. Klart lavere avlinger enn sone 1 og 2.
 Avlingssone 4: Betydelige restriksjoner på åkerdrift. Lavere avlinger enn sone 3.

De fem DU-sonene som gjelder for Sør-Norge blir karakterisert på følgende måte (DU, 1989):

- DU-sone 0: Utenfor virkeområde til Distriktenes Utbyggingsfond (DU).
 DU-sone 1: DU yter: bare lån, garanti for lån og tilskudd til bedriftsutvikling.
 DU-sone 2: DU yter: alle virkemiddel i bruk, opp til 15 prosent i investeringstilskudd.
 DU-sone 3: DU yter: alle virkemiddel i bruk, opp til 25 prosent i investeringstilskudd.
 DU-sone 4: DU yter: alle virkemiddel i bruk, opp til 35 prosent i investeringstilskudd ved nyetableringer, ellers 25 prosent investeringstilskudd.
 DU-sone 5: DU yter: alle virkemiddel i bruk, opp til 35 prosent i investeringstilskudd.
 DU-sone 6: Gjelder bare Nord-Norge.

01 ØSTFOLD

	Avlings- sone	DU-sone
0101 Halden	1	0
0102 Sarpsborg	1	0
0103 Fredrikstad	1	0
0104 Moss	1	0
0111 Hvaler	1	0
0113 Borge	1	0
0114 Vartelg	1	0
0115 Skjeberg	1	0
0118 Aremark	2	0
0119 Marker	2	0
0121 Rømskog	2	0
0122 Trøgstad	2	0
0123 Spydeberg	1	0
0124 Askim	2	0
0125 Eidsberg	2	0
0127 Skiptvet	2	0
0128 Rakkestad	2	0
0130 Tune	1	0
0131 Rolvsøy	1	0
0133 Kråkerøy	1	0
0134 Onsøy	1	0
0135 Råde	1	0
0136 Rygge	1	0
0137 Våler	1	0
0138 Hobøl	1	0

02 AKERSHUS

0211 Vestby	1	0
0213 Ski	1	0
0214 Ås	1	0
0215 Frogn	1	0
0216 Nesodden	2	0
0217 Oppegård	2	0
0219 Bærum	2	0
0220 Asker	1	0
0221 Aurskog- Høland	2	0
0226 Sørums	2	0
0227 Fet	2	0
0228 Rælingen	2	0
0229 Enebakk	2	0
0230 Lørenskog	2	0
0231 Skedsmo	2	0
0233 Nittedal	2	0
0234 Gjerdrum	2	0
0235 Ullensaker	2	0
0236 Nes	2	0
0237 Eidsvoll	2	0

	Avlings- sone	DU-sone
0238 Nannestad	2	0
0239 Hurdal	3	0
0301 Oslo	2	0

04 HEDMARK

0401 Hamar	2	0
0402 Kongsvinger	2	1
0412 Ringsaker	2	0
0414 Vang	2	0
0415 Løten	2	0
0417 Stange	2	0
0418 Nord-Odal	3	1
0419 Sør-Odal	2	0
0420 Eidskog	2	2
0423 Grue	2	2
0425 Åsnes	2	2
0426 Våler	2	2
0427 Elverum	3	1
0428 Trysil	4	3
0429 Åmot	3	3
0430 Stor-Elvdal	3	3
0432 Rendalen	3	3
0434 Engerdal	4	3
0436 Tolga	4	3
0437 Tynset	4	3
0438 Alvdal	4	3
0439 Follidal	4	3
0441 Os	4	3

05 OPPLAND

0501 Lillehammer	2	0
0502 Gjøvik	2	0
0511 Dovre	4	3
0512 Lesja	4	3
0513 Skjåk	4	3
0514 Lom	4	3
0515 Vågå	4	3
0516 Nord-Fron	3	2
0517 Sel	4	3
0519 Sør-Fron	3	2
0520 Ringebu	3	2
0521 Øyer	3	2
0522 Gausdal	3	2
0528 Østre Toten	2	0
0529 Vestre Toten	2	0
0532 Jevnaker	2	0
0533 Lunner	2	0
0534 Gran	2	0

	Avlings- sone	DU-sone		Avlings- sone	DU-sone
0536 Søndre Land	2	2	0914 Tvedestrand	2	2
0538 Nordre Land	3	3	0918 Moland	2	1
0540 Sør-Aurdal	3	3	0919 Froland	2	1
0541 Etnedal	4	3	0920 Øystad	1	1
0542 Nord-Aurdal	4	3	0921 Tromøy	1	0
0543 Vestre Slidre	4	3	0922 Hisøy	1	0
0544 Øystre Slidre	4	3	0926 Lillesand	2	1
0545 Vang	4	3	0928 Birkenes	2	1
06 BUSKERUD			0929 Åmli	3	3
0602 Drammen	1	0	0935 Iveland	3	2
0604 Kongsberg	2	0	0937 Evje og Hornes	3	3
0605 Ringerike	2	0	0938 Bygland	3	3
0612 Hole	1	0	0940 Valle	3	3
0615 Flå	3	2	0941 Bykle	4	3
0616 Nes	3	1	10 VEST-AGDER		
0617 Gol	4	1	1001 Kristiansand	2	0
0618 Hemsedal	4	1	1002 Mandal	2	1
0619 Ål	4	1	1003 Farsund	2	2
0620 Hol	4	1	1004 Flekkefjord	2	2
0621 Sigdal	2	2	1014 Vennesla	2	0
0622 Krødsherad	2	1	1017 Sogndalen	2	0
0623 Modum	2	0	1018 Søgne	2	0
0624 Øvre Eiker	1	0	1021 Marnardal	2	2
0625 Nedre Eiker	1	0	1026 Åseral	4	2
0626 Lier	1	0	1027 Audnedal	3	3
0627 Røyken	1	0	1029 Lindesnes	2	2
0628 Hurum	1	0	1032 Lyngdal	2	2
0631 Flesberg	3	2	1034 Hægebostad	3	3
0632 Rollag	3	3	1037 Kvinesdal	3	2
0633 Nore og Uvdal	4	3	1046 Sirdal	4	2
07 VESTFOLD			11 ROGALAND		
0701 Borre	1	0	1101 Egersund	2	1
0702 Holmestrand	1	0	1102 Sandnes	1	0
0704 Tønsberg	1	0	1103 Stavanger	1	0
0706 Sandefjord	1	0	1106 Haugesund	2	0
0709 Larvik	1	0	1111 Sokndal	3	1
0711 Svelvik	1	0	1112 Lund	2	2
0713 Sande	1	0	1114 Bjerkreim	2	1
0714 Hof	2	0	1119 Hå	1	0
0716 Våle	1	0	1120 Klepp	1	0
0718 Ramnes	1	0	1121 Time	1	0
0719 Andebu	2	0	1122 Gjesdal	2	0
0720 Stokke	1	0	1124 Sola	1	0
0722 Nøtterøy	1	0	1127 Randaberg	1	0
0723 Tjøme	1	0	1129 Forsand	2	2
0728 Lardal	2	0	1130 Strand	1	0
08 TELEMARK			1133 Hjelmeland	1	2
0805 Porsgrunn	1	0	1134 Suldal	2	3
0806 Skien	1	0	1135 Sauda	2	3
0807 Notodden	2	3	1141 Finnøy	1	2
0811 Siljan	2	0	1142 Rennesøy	1	0
0814 Bamle	1	0	1144 Kvitsøy	2	2
0815 Kragerø	1	1	1145 Bokn	2	2
0817 Drangedal	2	2	1146 Tysvær	2	0
0819 Nome	2	1	1149 Karmøy	1	0
0821 Bø	2	2	1151 Utstra	2	3
0822 Sauherad	2	2	1154 Vindafjord	2	2
0826 Tinn	4	4	12 HORDALAND		
0827 Hjartdal	3	3	1201 Bergen	2	0
0828 Seljord	3	3	1211 Etne	2	2
0829 Kvitesand	3	3	1214 Ølen	2	2
0830 Nissedal	4	3	1216 Sveio	2	0
0831 Fyresdal	4	3	1219 Bømlo	2	2
0833 Tokke	4	3	1221 Stord	2	0
0834 Vinje	4	3	1222 Fitjar	2	2
09 AUST-AGDER			1223 Tysnes	2	2
0901 Risør	2	2	1224 Kvinnherad	2	2
0903 Arendal	1	0	1227 Jondal	2	3
0904 Grimstad	1	1	1228 Odda	4	3
0911 Gjerstad	2	2	1231 Ullensvang	2	3
0912 Vegårshei	2	2	1232 Eidfjord	3	3
			1233 Ulvik	2	3

	Avlings- sone	DU-sone		Avlings- sone	DU-sone
1234 Granvin	2	3	1548 Fræna	3	2
1235 Voss	2	2	1551 Elde	3	2
1238 Kvam	2	2	1554 Averøy	3	2
1241 Fusa	2	2	1556 Frel	3	2
1242 Samnanger	2	2	1557 Gjemnes	3	2
1243 Os	2	0	1560 Tingvoll	3	3
1244 Austevoll	3	2	1563 Sunndal	2	2
1245 Sund	3	0	1566 Surnadal	2	3
1246 Fjell	3	0	1567 Rindal	4	3
1247 Askøy	3	0	1569 Aure	3	3
1251 Vaksdal	3	2	1571 Halså	3	3
1252 Modalen	3	2	1572 Tustna	3	3
1253 Osterøy	2	1	1573 Smøla	3	5
1256 Meland	2	0			
1259 Øygarden	3	0	16 SØR-TRØNDELAG		
1260 Radøy	2	2	1601 Trondheim	2	0
1263 Lindås	2	2	1612 Hemne	3	3
1264 Austrheim	2	2	1613 Snillfjord	3	3
1265 Fedje	4	3	1617 Hitra	3	5
1266 Masfjorden	2	2	1620 Frøya	4	5
			1621 Øland	3	3
14 SOGN OG FJORDANE			1622 Agdenes	3	3
1401 Flora	3	3	1624 Rissa	3	3
1411 Gulen	3	3	1627 Bjugn	3	3
1412 Solund	4	3	1630 Åfjord	3	5
1413 Hyllestad	3	3	1632 Roan	3	5
1416 Høyanger	2	3	1633 Osen	3	5
1417 Vik	2	3	1634 Oppdal	4	3
1418 Balestrand	2	3	1635 Rennebu	4	3
1419 Leikanger	2	3	1636 Meldal	3	3
1420 Sogndal	2	3	1638 Orkdal	3	2
1421 Aurland	3	3	1640 Røros	4	3
1422 Lærdal	2	3	1644 Holtålen	4	3
1424 Årdal	3	3	1648 Midtre Gauldal	4	3
1426 Luster	2	3	1653 Melhus	3	0
1428 Askvoll	2	3	1657 Skaun	3	0
1429 Fjaler	2	3	1662 Klæbu	3	0
1430 Gaular	2	3	1663 Malvik	3	0
1431 Jølster	2	3	1664 Selbu	3	2
1432 Førde	2	3	1665 Tydal	4	3
1433 Naustdal	2	3			
1438 Bremanger	4	3	17 NORD-TRØNDELAG		
1439 Vågsøy	4	3	1702 Steinkjer	3	2
1441 Selje	3	3	1703 Namsos	3	5
1443 Eid	2	3	1711 Meråker	4	3
1444 Hornindal	2	3	1714 Stjørdal	3	0
1445 Gloppen	2	3	1717 Frosta	2	2
1449 Stryn	2	3	1718 Leksvik	3	3
			1719 Levanger	3	2
15 MØRE OG ROMSDAL			1721 Verdal	3	2
1502 Molde	3	0	1723 Mosvik	3	3
1503 Kristiansund	3	2	1724 Verran	3	3
1504 Ålesund	3	3	1725 Namdalsetd	3	5
1511 Vanylven	3	3	1729 Inderøy	2	2
1514 Sande	3	2	1736 Snåsa	3	3
1515 Herøy	3	2	1738 Lierne	4	5
1516 Ulstein	3	2	1739 Røyrvik	4	5
1517 Hareid	3	2	1740 Namsskogen	4	5
1519 Volda	3	2	1742 Grong	3	5
1520 Ørsta	3	2	1743 Høylandet	3	5
1523 Ørskog	3	0	1744 Overhalla	3	5
1524 Norddal	2	2	1748 Fosnes	3	5
1525 Stranda	3	2	1749 Flatanger	3	5
1526 Stordal	3	2	1750 Vikna	3	5
1528 Sykkylven	3	2	1751 Nærøy	3	5
1529 Skodje	3	0	1755 Leka	3	5
1531 Sula	3	0			
1532 Giske	3	0			
1534 Haram	3	2			
1535 Vestnes	3	2			
1539 Rauma	2	2			
1543 Nesset	2	3			
1545 Midsund	3	3			
1546 Sandøy	3	3			
1547 Aukra	3	2			

VEDLEGG 2: AVLINGS OG AVRENNINGSSAMMENHENGER

VEDLEGG 2.1: Næringsinnhold i husdyrgjødsel

Husdyrslag	Total N, kg pr. dyr og år	Effektiv andel, prosent	Effektiv N-gjødsling, kg pr. dyr og år	Fosfor, kg pr. dyr og år (Total=effektiv)
Ku	84,8	40	33,9	13,1
Ungdyr < 12mnd	27,5	40	11,0	3,4
Ungdyr > 12mnd	39,6	40	15,8	6,3
Hest	52,8	40	21,1	9,6
Sau	13,6	40	5,4	1,9
Avlspurke	22,1	60	13,3	6,0
Avlsråne	13,9	60	8,3	3,0
Slaktegris	10,0	60	6,0	2,0
Høns	0,70	60	0,4	2,0
Livkylling	0,29	60	0,18	0,07
Slaktekylling	0,27	60	0,16	0,07
And/kalkun	1,02	60	0,61	0,18
Mink	4,3	25	2,5	0,8
Rev	9,8	25	1,1	1,9

VEDLEGG 2.2: Metode for estimering av avlingsfunksjonene

For å konstruere basis-avlingskurver, ble det tatt utgangspunkt i avlingskurvene i Holm et al. (1989). For grønnsaker og poteter ble avlingskurvene herfra brukt direkte, og tilegnet avlingssone 1 og 2. For korn ble avlingskurven for Ullensaker brukt og plassert mellom avlingssone 2 og 3 fordi Ullensaker ligger noe dårligere an enn gjennomsnittet for sone 2. For eng/rgs tok vi utgangspunkt i avlingskurva for Jæren. 2. gradsleddet i denne funksjonen ble endret til 0,94, som gir bedre samsvar med gjennomsnitt i Sør-Norge (Huse, 1986 i Holm et al, 1989). Konstantleddet og 1. gradsleddet ble så justert slik at den justerte Jærenkurva ble lik Jærenkurva i Holm et al. (1989) ved N-verdiene 16 og 28 kg/da. Den justerte kurva ble således basis-avlingskurve, og tilegnet avlingssone 1a. Avlingskurver i de andre avlingssonene ble avledet fra basis avlingskurve etter følgende krav:

1. Den avledede kurva skal gå gjennom to gitte punkter som er angitt på grunnlag av kvalifisert gjetning. Punktene angir antatt avling ved disse gjødslingsnivåene.
2. Forskjellen mellom utgangskurva og den avledede kurva øker linært med økende N-verdi. Også dette er en antakelse om virkeligheten, og er ikke basert på forskningsresultater.

Når disse kravene var tilfredsstillt, var avlingskurvene entydig definert, og koeffisientene ble estimert ved hjelp av en regnemodell i matematikkprogrammet GAUSS.

Til slutt ble kurvene kalibrert slik at avlinga av de ulike vekstslaga samsvarte med normalår-avlingstallene for 1988 (NILF, 1989) når en simulerte dagens situasjon (referansealternativet, se avsnitt 4.1). Korn- og engkurvene ble justert ned 17 prosent og potet- og grønnsakskurvene ble justert ned 7 prosent. Kalibreringa ble gjort separat for hvert vekstslag. Kalibreringa ble gjort med en faktor som var lik for alle avlingssonene og alle gjødslingsnivåene. Likningene for avlingskurvene er vist i vedlegg 2.4.

VEDLEGG 2.3: Metode for estimering av utvaskingsfunksjonene

Det ble laget to sett med utvaskingskurver; et sett for eng og et sett for korn. Kurvene for korn gjelder også for poteter, grønnsaker og forvekster.

Det ble estimert to basis-utvaskingskurver, en for eng og en for korn. Disse er basert på Uhlen og Lundekvam (1988). Kurvene er tredelte; en konstant del, en eksponensiell del av 2. grad og en lineær del med stigningstall 0,5. Kurvene er gjort helt glatte uten knekkpunkter. (På bakgrunn av forskningen som kurvene baserer seg på, har funksjonsverdiene størst sikkerhet ved vanlige gjødslingsmengder. Ved små eller store gjødslingsmengder er funksjonene mer usikre).

Basis-utvaskingskurve for korn settes til avlingssone 2, og for eng til avlingssone 1b. Avlingskurvene for disse områdene benevnes her som f. Avlingskurvene for de andre avlingssonene benevnes som g.

Entydige utvaskingskurver til de andre avlingssonene beregnes på bakgrunn av følgende forhold mellom basis-utvaskingskurve og f:

1. N-utvasking settes lik i alle områder i den konstante delen av utvaskingskurva. For åpen åker settes utvaskinga til 2,0 kg N/da, og for eng 0,7 kg N/da. (På lang sikt, og når det er balanse mellom tilført og bortført nitrogen, er det ikke grunn til at utvaskingskurva skulle starte høyere for korn enn for eng).
2. Basis-utvaskingskurve begynner å stige ved $N = N_0$. N_0 for korn = 4,27 og for eng = 4,89. Avledet utvaskingskurve begynner å stige ved $N = N_1$, og N_1 settes slik at $g'(N_1) = f(N_0)$. $N_1 - N_0$ kalles R1. Dersom $N_1 < 1,5$ for korn og $N_1 < 2,0$ for eng settes N_1 til hhv. 1,5 og 2,0.
3. N-mengden (gjødslingsnivået) der hvor avlingskurvene flater ut (grenseproduktivitet=0) beregnes. Avstanden langs N-aksen for forskjellen mellom $gp=0$ for f og g kalles R2. Den nye utvaskingskurva starter sin lineære del i R2 avstand fra der hvor basis-utvaskingskurve starter sin lineære del.
4. Den lineære delen har stigningstall = 0,5 for alle utvaskingskurvene. En har da nok informasjon til å entydig bestemme de avledede utvaskingskurvene.

VEDLEGG 2.4: Avlings- og utvaskingsfunksjoner

Avlingsfunksjoner: $aN^3 + bN^2 + cN + d$

Utvaskingsfunksjoner: Konstant del: c
Annegradsdel: $aN^2 + bN + c$
Lineær del: $0,5N + c$

AVLINGS- OG UTVASKINGSFUNKSJONER FOR KORN:

Basis avlingsfunksjon, f:

Koeffisientene til basis-avlingsfunksjon (før kalibrering): a: 0,00860 b: -1,40000 c: 35,00000 d:200,00000
min(|f'|) (maksimal avling) ved N = 14,41453

Avlingsfunksjon, avlingssone 1

Skift fra basis avlingsfunksjon:
14,00000 prosent ved N = 5,00000
20,00000 prosent ved N = 12,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -1,16200 c: 33,66263 d: 182,56979
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 17,21572

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 1

R1: 1,03589 R2: 1,35837
Utvaskingsfunksjonen starter å krumme i N: 5,30963
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 19,59859
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 5,57224
Konstantdel: c: 2,00000
Annegradsdelen: a: 0,01750 b: -0,18579 c: 2,49325
Stigningstall for lineære del: 0,50
Konstantledd (c) for lineær del: -4,22705

Avlingsfunksjon, avlingssone 2

Skift fra basis avlingsfunksjon:
6,60000 prosent ved N = 4,60000
9,50000 prosent ved N = 11,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -1,16200 c: 31,46718 d:173,07670
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 15,85735

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 2

Dette er basis-utvaskingsfunksjon!

Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 4,27374
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 18,24022
Verdien på basis utvaskingsfunksjon der den slutter å krumme: 5,49162
Konstantdel: c: 2,00000
Annegradsdel: a: 0,01790 b: -0,15300 c: 2,32694
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c) :-3,62849

Avlingsfunksjon, avlingssone 3

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-8,40000 prosent ved N = 4,10000
-12,00000 prosent ved N = 10,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -1,16200 c: 25,77149 d:157,09253
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 12,53771

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 3

R1: -2,59336 R2: -3,31963
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 1,68038
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 14,92059
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 5,31005
Konstantdel: c: 2,00000
Annegradsdelen: a: 0,01888 b: -0,06346 c: 2,05332
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -2,15024

Avlingsfunksjon, avlingssone 4

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-18,20000 prosent ved N = 3,30000
-26,00000 prosent ved N = 8,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -1,16200 c: 20,58288 d: 148,53845
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 9,72879

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 4

R1: -2,77374 R2: -6,12856
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 1,50000
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 12,11166
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 4,65291
Konstantdel: c: 2,00000
Annegradsdelen: a: 0,02356 b: -0,07068 c: 2,05301
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -1,40291

AVLINGS- OG UTVASKINGSFUNKSJONER FOR ENG:

a-soner: Alle fylkene fra og med V-Agder langs kysten til N-Trøndelag (Vestlandsfylker),

b-soner: Resten (Østlandsfylker)

Avlingsfunksjon, avlingssone 1a:

Dette er basis-avlingsfunksjon etter kalibrering!
Koeffisientene til avlingsfunksjonen: a: 0,00714
b: -0,78020 c: 32,4 d: 282,2
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 36,43411

Utvaskingsfunksjon til basis avlingsfunksjon f:

R1: 2,52205 R2: 0,00000
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 7,37722
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 39,33793
Verdien til utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 8,69018
Konstantdel: c: 0,70000
Annengradsdel: a: 0,00782 b: -0,11541 c: 1,12571
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -10,97879

Avlingsfunksjon, avlingssone 1b

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-10,50000 prosent ved N = 5,76000
-15,00000 prosent ved N = 24,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -0,78020 c: 29,12843 d: 254,64664
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 36,43411

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 1b

Avlingssone 1b har basis utvaskingsfunksjon!
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 4,85517
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 39,33793
Verdien på basis utvaskingsfunksjon der den slutter å krumme: 9,32069
Konstantdel: c: 0,70000 Annengradsdel: a: 0,00725
b: -0,07040 c: 0,87090
Lineær del: k= 0,50, konstantledd (c): -10,34828

Avlingsfunksjon, avlingssone 2a

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-7,00000 prosent ved N = 6,00000
-10,00000 prosent ved N = 25,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -0,78020 c: 30,29155 d: 263,61177
min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 36,43411

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 2a

R1: 0,87204 R2: 0,00000
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 5,72721
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 39,33793
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 9,10268
Konstantdel: c: 0,70000
Annengradsdelen: a: 0,00744 b: -0,08520 c: 0,94398
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -10,56629

Avlingsfunksjon, avlingssone 2b

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-14,00000 prosent ved N = 5,28000
-20,00000 prosent ved N = 22,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:

a: 0,00714 b: -0,78020 c: 27,72944 d: 246,54344
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 30,73119

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 2b

R1: -1,01800 R2: -5,70292
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 3,83718
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 33,63501
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 8,14946
Konstantdel: c: 0,70000
Annengradsdelen: a: 0,00839 b: -0,06439 c: 0,82353
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -8,66805

Avlingsfunksjon og utvaskingsfunksjon, avlingssone 3a

Identisk med avlingssone 2b

Avlingsfunksjon, avlingssone 3b

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-17,50000 prosent ved N = 4,80000
-25,00000 prosent ved N = 20,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -0,78020 c: 26,13703 d: 238,90069
min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 26,09552

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 3b

R1: -2,13935 R2: -10,33859
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 2,71582
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 28,99934
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 7,27088
Konstantdel: c: 0,70000
Annengradsdelen: a: 0,00951 b: -0,05166 c: 0,77015
Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -7,22879

Avlingsfunksjon, avlingssone 4a og b

Skift fra basis avlingsfunksjon:
-24,50000 prosent ved N = 3,60000
-35,00000 prosent ved N = 15,00000

Koeffisientene til avlingsfunksjonen:
a: 0,00714 b: -0,78020 c: 21,82576 d: 225,15638
Min(|g'|) (maksimal avling) ved N = 18,87804

Utvaskingsfunksjon, avlingssone 4

R1: -2,85517 R2: -17,55607
Utvaskingsfunksjonen begynner å krumme i N: 2,00000
Utvaskingsfunksjonen slutter å krumme i N: 21,78186
Verdien på utvaskingsfunksjonen der den slutter å krumme: 5,64547
Konstantdel: c: 0,70000 Annengradsdelen: a: 0,01264 b: -0,05055 c: 0,75055 Lineære del, stigningstall: 0,50,
konstantledd (c): -5,24547

AVLINGSKURVER POTET:

Basis-avlingsfunksjon etter kalibrering, gjelder for avlingssone 1 og 2

Koeffisientene til avlingskurven: a: 0,0080
b: -3,49 c: 116 d: 1534

Maksimal avling (basiskurve) ved N = 16,99

Avlingskurve, avlingssone 3

Skift fra basis avlingskurve:
-3,00000 prosent ved N = 9,00000
-3,50000 prosent ved N = 11,30000

Koeffisientene til avlingskurven:
a: 0,0080 b: -3,49000 c: 105,167 d: 1524,53

Maksimal avling ved N = 15,95

Avlingskurve, avlingssone 4

Skift fra basis avlingskurve:
-8,00000 prosent ved N = 8,00000
-9,00000 prosent ved N = 10,30000

Koeffisientene til avlingskurven:
a: 0,0080 b: -3,49000 c: 99,985 d: 1482,732

Maksimal avling ved N = 14,48

AVLINGSKURVER GRØNNSAKER:

Basis-avlingsfunksjon etter kalibrering, gjelder for avlingssone 1 og 2

Koeffisientene til avlingskurven:
a: 0,0080 b: -3,49 c: 148,8 d: 2325

Maksimal avling (basiskurve) ved N = 23,182

Avlingskurve, avlingssone 3

Skift fra basis avlingskurve:
-3,00000 prosent ved N = 12,00000
-3,50000 prosent ved N = 18,00000

Koeffisientene til avlingskurven:
a: 0,0080 b: -3,49000 c: 144,044 d: 2273,406

Maksimal avling ved N = 22,373

Avlingskurve, avlingssone 4

Skift fra basis avlingskurve:
-7,50000 prosent ved N = 12,00000
-9,00000 prosent ved N = 18,30000

Koeffisientene til avlingskurven:
a: 0,0080 b: -3,49000 c: 135,277 d: 2245,617

Maksimal avling ved N = 20,897

VEDLEGG 3: GRUPPERING AV VEKSTER I VEKSTTYPER

VEKSTTYPE I SIMJAR

Korn

Potet

Grønnsaker

Rgs-fôr

Eng

Overflatedyrka jord

VEKSTER I STØNADSREGISTERET

Hvete, rug, bygg, havre, oljevekster til modning, erter og bønner høsta maskinelt til konserver

Potet

Matkålrot, blomkål, hvitkål, gulrot, kepaløk, kinakål, rødbete, spinat, andre grønnsaker på friland, jordbær, moreller og kirsebær, andre bær

Nepe, kålrot til fôr og fôrbete, raigras, fôrraps, fôrmargkål, grønnfôrraps, andre grønnfôr og silovekster

Fulldyrka jord til slått og beite, engfrø og annet frø til modning

Overflatedyrka jord til slått og beite, gjødsla beite

VEDLEGG 4: INPUT OG OUTPUT I SIMJAR

VEDLEGG 4.1: Input: Datasett for driftsenheter.

(SAS-datasettet heter *driftsen*)

VAR. NR.	VARIABEL-NAVN	VARIABEL-BESKRIVELSE
1-6		<u>IDENTITET</u>
1	FYLKE	- FYLKESNR
2	KOMMUNE	- KOMMUNENR
3	V_SONE	- VEKSTSONE
4	DÜ_SONE	- DU-SONE
5	OMRÅDE	- BASISOMRÅDE
6	IDENT_D	- LØPENR. FOR DRIFTSENHETEN
7-12		<u>FULLDYRKET AREAL, DEKAR</u>
7	FULLDYRK	- SUM ALLE 5 VEKSTTYPER
8	KORN	- KORN OG OLJEVEKSTER
9	GRSAK	- GRØNNSAKER PÅ FRILAND
10	POTET	- POTETER
11	RGSFOR	- ROTVEKSTER, GRØNNFOR OG SILOVEKSTER
12	ENG	- ENG
13	EGN_KORN	- ANDEL AV FULLDYRKET AREAL EGNET TIL KORN (%)
14	OVFLDY	- OVERFLATEDYRKET AREAL OG GJØDSLA BEITE, DAA
15-16		<u>SUM HUSDYRGJØDSEL</u>
15	HNITRO_D	- KG NITROGEN
16	HFOSFO_D	- KG FOSFOR
17-34		<u>ANTALL HUSDYR</u>
17	HEST	- HEST
18	MELKEKYR	- KYR
19	KVIGER	- KVIGER OVER 12 MND
20	STUTER	- STUTER OVER 12 MND
21	KVIGKALV	- KVIGER UNDER 12 MND
22	STUTKALV	- STUTER UNDER 12 MND
23	AMMEKYR	- AMMEKYR
24	AVLSPU	- AVLSPURKER
25	AVLSRA	- AVLSRÅNER
26	SLGRIS	- SLAKTEGRIS
27	HONS	- VERPEHØNER
28	SLKYLL	- SLAKTEKYLLINGER
29	LIVKYL	- LIVKYLLINGER
30	ENDER	- ENDER, KALKUNER OG GJESS FOR SLAKT
31	SAU	- VINTERFORA SAU
32	GEIT	- GEITER
33	REV	- REV
34	MINK	- MINK
35-40		<u>HUSDYRGJØDSEL (NITROGEN), KG/DEKAR</u>
35	NHGJOD_1	- KORN
36	NHGJOD_2	- GRØNNSAKER
37	NHGJOD_3	- POTETER
38	NHGJOD_4	- RGSFOR
39	NHGJOD_5	- FULLDYRKA ENG
40	NHGJOD_6	- OVERFLATEDYRKA ENG/GJØDSLA BEITE

VAR. NR.	VARIABEL-NAVN	VARIABEL-BESKRIVELSE
41-46		<u>HUSDYRGJØDSEL (FOSFOR), KG/DEKAR</u>
41	PHGJOD_1	- KORN
42	PHGJOD_2	- GRØNNSAKER
43	PHGJOD_3	- POTETER
44	PHGJOD_4	- RGSFOR
45	PHGJOD_5	- FULLDYRKA ENG
46	PHGJOD_6	- OVERFLATEDYRKA ENG/GJØDSLÅ BEITE
47-51		<u>KUNSTGJØDSEL (NITROGEN), KG/DEKAR</u>
47	NKUNST_1	- KORN
48	NKUNST_2	- GRØNNSAKER
49	NKUNST_3	- POTETER
50	NKUNST_4	- RGSFOR
51	NKUNST_5	- FULLDYRKA ENG
52-56		<u>KUNSTGJØDSEL (FOSFOR), KG/DEKAR</u>
52	PKUNST_1	- KORN
53	PKUNST_2	- GRØNNSAKER
54	PKUNST_3	- POTETER
55	PKUNST_4	- RGSFOR
56	PKUNST_5	- FULLDYRKA ENG
57-58		<u>OVERSKUDD AV HUSDYRGJØDSEL, KG</u>
57	PLUS_HGN	- NITROGEN
58	PLUS_HGP	- FOSFOR
59	SELVFORS	OVERSK./UNDERSK. AV GROVFOR, STANDARDDEKAR

VEDLEGG 4.2: Input: Datasett for basisområder

(SAS-datasettet heter *region*)

VAR. NR.	VARIABEL-NAVN	VARIABEL-BESKRIVELSE
1-4		<u>IDENTITET</u>
1	FYLKE	- FYLKESNR
2	V_SONE	- VEKSTSONE
3	DU_SONE	- DU-SONE
4	OMRADE	- BASISOMRÅDE
5-13		<u>MÅNEDER/ÅR UTENOM BEITEPERIODEN I UTMARK</u>
5	UB_HEST	- HEST
6	UB_MKYR	- MELKEKYR
7	UB_KVIG	- KVIGER OVER 12 MND
8	UB_STUT	- STUTER OVER 12 MND
9	UB_KKALV	- KVIGER UNDER 12 MND
10	UB_SKALV	- STUTER UNDER 12 MND
11	UB_AKYR	- AMMEKYR
12	UB_SAU	- VINTERFORA SAU
13	UB_GEIT	- GEIT
14-18		<u>ØNSKET AVLINGSNIVÅ, KG PR. DEKAR</u>
14	AVL_KORN	- KORN
15	AVL_GRSA	- GRØNNSAKER
16	AVL_POTE	- POTETER
17	AVL_RGS	- RGSFOR
18	AVL_ENG	- ENG
19-23		<u>AVLING, KORN</u>
19	KORN_AVK	- KONSTANTLEDD
20	KORN_AVA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
21	KORN_AVB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
22	KORN_AVC	- KOEFFISIENT 3.GRADSLEDD
23	KORN_GPO	- GJØDSELNIVÅ SOM GIR GRENSEPROD. = 0 ¹
24-28		<u>AVLING, GRØNNSAKER</u>
24	GSAK_AVK	- KONSTANTLEDD
25	GSAK_AVA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
26	GSAK_AVB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
27	GSAK_AVC	- KOEFFISIENT 3.GRADSLEDD
28	GSAK_GPO	- GJØDSELNIVÅ SOM GIR GRENSEPROD. = 0 ¹
29-33		<u>AVLING, POTETER</u>
29	POTE_AVK	- KONSTANTLEDD
30	POTE_AVA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
31	POTE_AVB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
32	POTE_AVC	- KOEFFISIENT 3.GRADSLEDD
33	POTE_GPO	- GJØDSELNIVÅ SOM GIR GRENSEPROD. = 0 ¹
34-38		<u>AVLING, GRAS</u>
34	GRAS_AVK	- KONSTANTLEDD
35	GRAS_AVA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
36	GRAS_AVB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
37	GRAS_AVC	- KOEFFISIENT 3.GRADSLEDD
38	GRAS_GPO	- GJØDSELNIVÅ SOM GIR GRENSEPRD. = 0 ¹

VAR. NR.	VARIABEL-NAVN	VARIABEL-BESKRIVELSE
39-44		<u>NITROGENUTVASKING, ENG</u>
39	ENG_NUS	- HØYESTE N-GJØDSELNIVÅ UTEN ØKT UTVASKING
40	ENG_NUK	- KONSTANTLEDD
41	ENG_NUA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
42	ENG_NUB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
43	ENG_NUE	- HØYESTE N-GJØDSELNIVÅ MED STIGNING >0.5
44	ENG_NUY	- N-UTVASKING VED DETTE GJØDSELNIVÅET
45-50		<u>NITROGENUTVASKING, ÅKER</u>
45	AKER_NUS	- HØYESTE N-GJØDSELNIVÅ UTEN ØKT UTVASKING
46	AKER_NUK	- KONSTANTLEDD
47	AKER_NUA	- KOEFFISIENT 1.GRADSLEDD
48	AKER_NUB	- KOEFFISIENT 2.GRADSLEDD
49	AKER_NUE	- HØYESTE N-GJØDSELNIVÅ MED STIGNING >0.5
50	AKER_NUY	- N-UTVASKING VED DETTE GJØDSELNIVÅET

¹ Ved dette gjødselnivået og høyere gjødselnivåer er grenseproduktiviteten lik null, dvs. avlingen er konstant uavhengig av gjødselnivå.

VEDLEGG 4.3: Input: Datasett for soneinndeling av kommuner til forskjellige tilskuddsordninger.

(SAS-datasettet heter *sonessb*)

VAR. NR.	VARIABEL-NAVN	VARIABEL-BESKRIVELSE
1-1		<u>IDENTITET</u>
1	KOMMUNE	- KOMMUNENR
2-7		<u>GEOGRAFISK TILSKUDDSONE</u>
2	MELKSONE	- DISTRIKTSTILSKUDD, MELK
3	XMLKSONE	- EKSTRA PROD.TILLEGG, MELK
4	KJOTSONE	- DISTRIKTSTILSKUDD, KJØTT
5	KORNSONE	- GRUNNTILSKUDD, KORN
6	GRFOM	- PRODUKSJONSTILLEGG, GROVFOR
7	FLATBYGD	- DISTRIKTSTILSKUDD, MELK (Ekstra kategorivariabel)

VEDLEGG 4.4: Input: Variabler som fastsettes direkte av modellbruker

Variabler som bestemmes i forbindelse med simulering av tiltak

- Avlingsnivå eller grenseproduktiviteten for korn, potet, grønnsaker og eng/rgs
- Spredarealkrav for husdyrgjødsel
- Krav om antall dyr av hvert dyreslag i området (kan spesifisere "intet krav")
- Krav om dyrkingsareal av grønnsaker og poteter i området (kan spesifisere "intet krav")
- Rekkefølge for utflytting av husdyrslag
- Rekkefølge for innflytting av husdyrslag (kan spesifisere "ingen innflytting")
- Grovfôrbehov (eng og rgs) pr. dyr pr. år
- Eng/rgs-forholdet

Variabler som bestemmes uavhengig av tiltak

- Effektiv nitrogen gjødsel pr. dyr pr. år
- Total fosforgjødsel pr. dyr pr. år
- Maksimal andel halm av fôret
- Halmens fôrverdi omregnet til eng
- Overflatedyrka areals egnethet som spredareal (som prosentandel av fulldyrka areal)
- Gjødsling på overflatedyrka areal som andel av fulldyrka eng
- Avling på overflatedyrka areal som andel av fulldyrka eng
- N/P-forholdet for de 5 veksttypene

VEDLEGG 4.5: Output - tabellutskrift i SIMJAR

Tabeller fra simuleringsprogrammet

Endring i antall for hvert dyreslag og endring i dyrkningsareal for hver veksttype grunnet simuleringa. Denne tabellen skrives ut på fylkesnivå. Har bruker valgt DU-soner som geografisk oppdeling, vil samme tabell også bli skrevet ut på DU-sonenivå.

Det lages en arbeidstabell for driftsenhetsdatasettet etter simulering som viser sum, minimum, maksimum og snitt for hver eneste variabel på datasettet. Tilsvarende tabell lages også for basisområdedatasettet.

Tabeller fra resultatprogrammet

Programmet skriver ut følgende størrelser for hele Sør-Norge, fylker, DU-soner og avlingssoner:

fulldyrket areal	prod. hestekjøtt	oversk. husdyrgj-P pr. dekar
kornareal	prod. kjøtt fjærkre	undersk. husdyrgj-N pr. dekar
kornavling	prod. svinekjøtt	undersk. husdyrgj-P pr. dekar
grønnsakavling	prod. kumelk	kunstgj.-N pr. dekar
rgs-avling	prod. geitemelk	kunstgj.-P pr. dekar
potet-avling	prod. egg	husdyrgj.-N pr. dekar
eng-avling	prod. minkskinn	husdyrgj.-P pr. dekar
engareal	prod. reveskinn	oversk. grovfôr i standard dekar
overflatedyrket areal	antall årsverk	undersk. grovfôr i standard dekar
slaktegris	utbytte pr. time før tilskudd	N-gjødsel pr. dekar
høns	skjermingstøtte for området	P-gjødsel pr. dekar
slaktekyllinger	sum tilskudd for området	kraftfôr i gjødselsenheter
sauer	utbytte pr. time etter tilskudd	grovfôr i gjødselsenheter
prod. mørkt kjøtt	utbytte pr. time med verdensmarkedspriser	selvforsyningsgrad av grovfôr
prod. lyst kjøtt	kostnader maskiner	skjerming pr. årsverk
prod. storfekjøtt	kostnader bygninger	oversk. grovfôr, pr. dekar
prod. gettekjøtt	N-utvasking pr. dekar	undersk. grovfôr, pr. dekar
prod. sauekjøtt	oversk. husdyrgj-N pr. dekar	

Neste tabell skrives også for Sør-Norge, fylker, DU-soner og avlingssoner. Innenfor hver av disse geografiske områdene og for hver veksttype (korn, grønnsaker, potet, rgs-vekster og eng) skrives følgende størrelser ut:

areal, dekar	husdyrgjødsel-N, kg/dekar
avling, kg/dekar	kunstgjødsel-N, kg/dekar
N-utvasking, kg/dekar	husdyrgjødsel-P, kg/dekar
N-utvasking, g/kg avling	kunstgjødsel-P, kg/dekar

VEDLEGG 5: HVORDAN MODELLEN KJØRES

Dette er et JCL-oppsett for kjøring av en satsvis jobb under operativsystemet MVS. Her er oppsettet noe forkortet og hva forkortelsene innebærer er markert i klammer < >. Jobben er delt i to aktiviteter: simuleringsprogrammet og resultatprogrammet. File INN inneholder datasettene som er grunnlagsdataene. File UT er resultatet fra simuleringsdelen som videre brukes av resultatprogrammet.

File JORDBRUK inneholder SAS-macroer. Dette er små SAS-programbiter som blir satt sammen og kalt på ved hjelp av %INCLUDE-setningen i SAS-språket. Sist i SAS-programmet i den første aktiviteten brukes denne til å kalle SAS-macroen hoved. Denne macroen setter igang simuleringsdelen og kaller videre på andre macroer. Setninger som begynner med %LET definerer en macrovariabel og tilordner denne en verdi. Verdien på en macrovariabel kan ha betydning for hva slags macroer som blir kalt og hvordan det endelige eksekverbare SAS-programmet blir seende ut. Hvordan de forskjellige macroene i simuleringsprogrammet kaller på andre macroer er beskrevet i vedlegg 6.3. Her er også simuleringsprogrammets gang nøye beskrevet.

I jobbens andre aktivitet har vi file INN som er datasett for tilskudd. File UT er resultatet fra simuleringsprogrammet (driftsenheter og basisområder). File SASLIB inneholder ferdige formater som brukes under utregningen av tilskudd. I SAS-programmet kalles det på to macroer RESPARAM og RESULTAT. RESPARAM inneholder stort sett parametre til resultatprogrammet. RESULTAT inneholder selve resultatprogrammet.

```
//O413BLI JOB 8019,'LIAN',MSGCLASS=X,NOTIFY=O413BLI,
//          CLASS=D,MSGLEVEL=(2,0),TIME=30
/*ROUTE PRINT RMT6
//          EXEC SAS1,OPTIONS='GEN=0 MACRO DQUOTE SYMBOLGEN MCOMPILE',
//          TIME=15
//INN      DD DSN=S6340.S1380.G139A1A1.G8600.V00,DISP=SHR
//UT       DD DSN=S1340.S1380.G139A1B1.G8900.V02,DISP=OLD
//JORDBRUK DD DSN=SSB2.SAS.P328PA00.MACRO,DISP=SHR
//SYSIN   DD *
*
*   M O D E L L   F O R   L A N D B R U K   I   S Ø R - N O R G E
*
*****;
* Angi sasdatasett inn og ut for driftsenheter;
  %let driftinn=inn.driftsen;
  %let driftut =ut.driftsen;

* Angi sasdatasett inn og ut for basisområder;
  %let basisinn=inn.region;
  %let basisut =ut.region;

* Angi hvilket hovedalternativ du ønsker å bruke;
  * 1, gå ut fra spesifisert avlingsnivå i hvert basisområde;
  * 0, gå utfra grenseproduktivitet;
  %let hovedalt=0;

* Angi oppdeling av landet i soner. Strukturendringer skjer innenfor
  hver sone;
  * 1, hele Sør-Norge under ett.
  * 2, Dele opp etter DU-soner
  * 3, Dele opp etter fylker;
  %let omragg=1;

* Skal storfe behandles som egen blokk av arter ved inn/utflytting;
  * 1 nei;
  * 2 ja;
  %let flregel=1;

* Angi om du vil ha skranker på Nitrogen-utvasking;
  * 0 ingen skranker;
  * 1 Kun øvre skranke;
  * 2 øvre og nedre skranke;
  %let nskranke=0;

* Hvis du har skranke(r) på Nitrogen-utvasking,
  angi på hvilket nivå du har spesifisert skrankene;
  * 1 Sør-Norge under ett;
  * 2 For hver enkelt DU-sone;
  * 3 For hvert enkelt fylke;
  %let nskrniva=1;

* Angi skranke for kornarealet utfra engethet for korn;
  * 1 egn_korn*fulldyrket/100;
  * 2 max(korn,egn_korn*fulldyrket/100);
  %let egnetalt=2;
```

```

* Angi eventuell seleksjon av driftsenhetene.
Setningene må i tilfelle være SAS-setninger på formen
IF .....;

%LET SELEK1=IF NOT(SUM(HEST,MELKEKYR,KVIGER,STUTER,KVIGKALV,
STUTKALV,AMMEKYR,SAU,GEIT) GT 5 AND FULLDYRK LE 1);
%let selek2=;
%let selek3=;

options nocenter nosource nonotes;

* Opplysninger på landsbasis (Sør-Norge);
Data land;
gp_korn=13.9; * Grenseproduktivitet korn;
gp_gsak=70.5; * Grenseproduktivitet grønnsaker;
gp_pote=57.3; * Grenseproduktivitet poteter;
gp_gras=11.5; * Grenseproduktivitet eng/rgs;
n_utv_l=2.5; * N-utvasking pr. dekar nedre (lav) grense;
n_utv_h=3.5; * N-utvasking pr. dekar øvre (høy) grense;
gj_spred=4; * Antall dekar spredeareal pr. gjødselsdyr;
* Krav om bestemt dyrkningsareale i dekar for poteter og grønnsaker.
* -1 er intet krav;
dyrksak=-1;
dyrkpote=-1;
* Krav om antall dyr i området for hver av dyreslagene.
* -1 er intet krav;
Antdyr1=-1;
Antdyr2=-1;
Antdyr3=-1;
Antdyr4=-1;
Antdyr5=-1;
Antdyr6=-1;
Antdyr7=-1;
Antdyr8=-1;
Antdyr9=-1;
Antdyr10=-1;
Antdyr11=-1;
Antdyr12=-1;
Antdyr13=-1;
Antdyr14=-1;
Antdyr15=-1;
Antdyr16=-1;
Antdyr17=-1;
Antdyr18=-1;

* Opplysninger på DU-sone nivå;
Data Du_sone;
du_sone=0; * Opplysninger for DU-sone 0;
< opplysninger tilsvarende som på landsbasis >
output;
< opplysninger for du_sone=1 til 5 tilsvarende som for du_sone=0 >

* Opplysninger på fylkesnivå;
Data fylke;
fylke=2; * Opplysninger for Oslo/Akershus fylke;
< opplysninger tilsvarende som på landsbasis >
output;
< tilsvarende for alle fylker i Sør-Norge >

* Angivelse av størrelser for de enkeltedyreslag;
* Opplysningene gjelder for alle bruk
* Storfe nevnes først, deretter resten av grovfôrdyra og til slutt
kraftfôrdyra;

Data dyr;
***** Storfe (og grovfôrdyr)*****;
navnd1="Melkekyr"; * Navn på dyreslaget;
inlovd1=1; * Er det lov å flytte inn dyreslaget Ja=1 Nei=0;
innprd1=1; * Prioritet ved innflytting (plassnummer);
utprd1=1; * Prioritet ved utflytting (plassnummer);
Ngjdl=33.9; * Nitrogengjødsel pr. dyr pr. år;
Pgjdl=13.1; * Fosforgjødsel pr. dyr pr. år;
for_dl=8.1; * Fôrbehov eng/rgs pr. dyr i standard dekar;
halm_dl=1.2; * Skranke for bruk av halm pr. dyr i standarddekar;

```

< Samme opplysninger gis for hvert av de andre husdyrslagene: >

```
navnd2="Kvige";
navnd3="Stutt;
navnd4="Kvigekalv";
navnd5="Stutekalv";
navnd6="Ammekyr";
navnd7="Hest";
navnd8="Sau";
navnd9="Geit";
navnd10="Avlspurke";
navnd11="Avlsråne";
navnd12="Slaktegris";
navnd13="Høns";
navnd14="Slaktekyllinger";
navnd15="Livkyllinger";
navnd16="Ender etc. for slakt";
navnd17="Rev";
navnd18="Mink";

* Andre opplysninger som gjelder likt for alle bruk;
* "Faste" størrelser;
%let adyrslag=18; * Antall dyreslag;
%let afeslag=6; * Antall dyreslag som går under betegnelsen storfe;
%let akraftsl=9; * Antall dyreslag som går under bet. kraftfôrdyr;
%let rgsandel=0.08; * andel av fôret i fôrplan som er rgs;
%let sprover=0.333333; * Overflatedyrket areal kan det spres gjødsel i
forhold til fulldyrket areal;
%let prodover=0.666666; * Avling på overflatedyrket areal i forhold
til eng;
%let halmverd=0.25; * Halmens verdi omregnet til eng;
%let flyttgr=50; * Grense på antall dekar under spredeareal-
kravet, hvor det ikke skal flyttes inn
storfe på driftsenheter hvor det ikke finnes
storfe fra før;

* standard avling kg/dekar;
%let std_korn=350; * for korn;
%let std_grsa=3732; * for grønnsaker;
%let std_pote=2520; * for poteter;
%let std_rgs=700; * for rotfrukter/gras etc;
%let std_eng=700; * for eng;

* forhold mellom nitrogen/fosforgjødsling for ulike veksttyper;
%let npf_korn=5.5; * for korn;
%let npf_grsa=3.8; * for grønnsaker;
%let npf_pote=2.8; * for poteter;
%let npf_rgs=6.3; * for rotfrukter/gras etc;
%let npf_eng=7.1; * for eng;

* Start for 2.gradslikning for nitrogenutvasking, nedre utv. grense;
%let aker_st=2.0; * for åker;
%let eng_st=0.7; * for eng;

***** SLUTT PÅ SPESIFISERING *****;
RUN;
*OPTIONS SOURCE;
%INCLUDE JORDBRUK(HOVED) / SOURCE2;
RUN;
/*
// EXEC SAS1,OPTIONS='GEN=0 DQUOTE NOCENTER MACRO MCOMPILE',
// TIME=15
//SASLIB DD DSN=SSB2.SAS.P328PA00.FORMAT,DISP=SHR
//UT DD DSN=S1340.S1380.G139A1B1.G8900.V02,DISP=SHR
//INN DD DSN=S6340.S1380.G139A1A1.G8600.V00,DISP=SHR
//JORDBRUK DD DSN=SSB2.SAS.P328PA00.MACRO,DISP=SHR
//SYSIN DD *

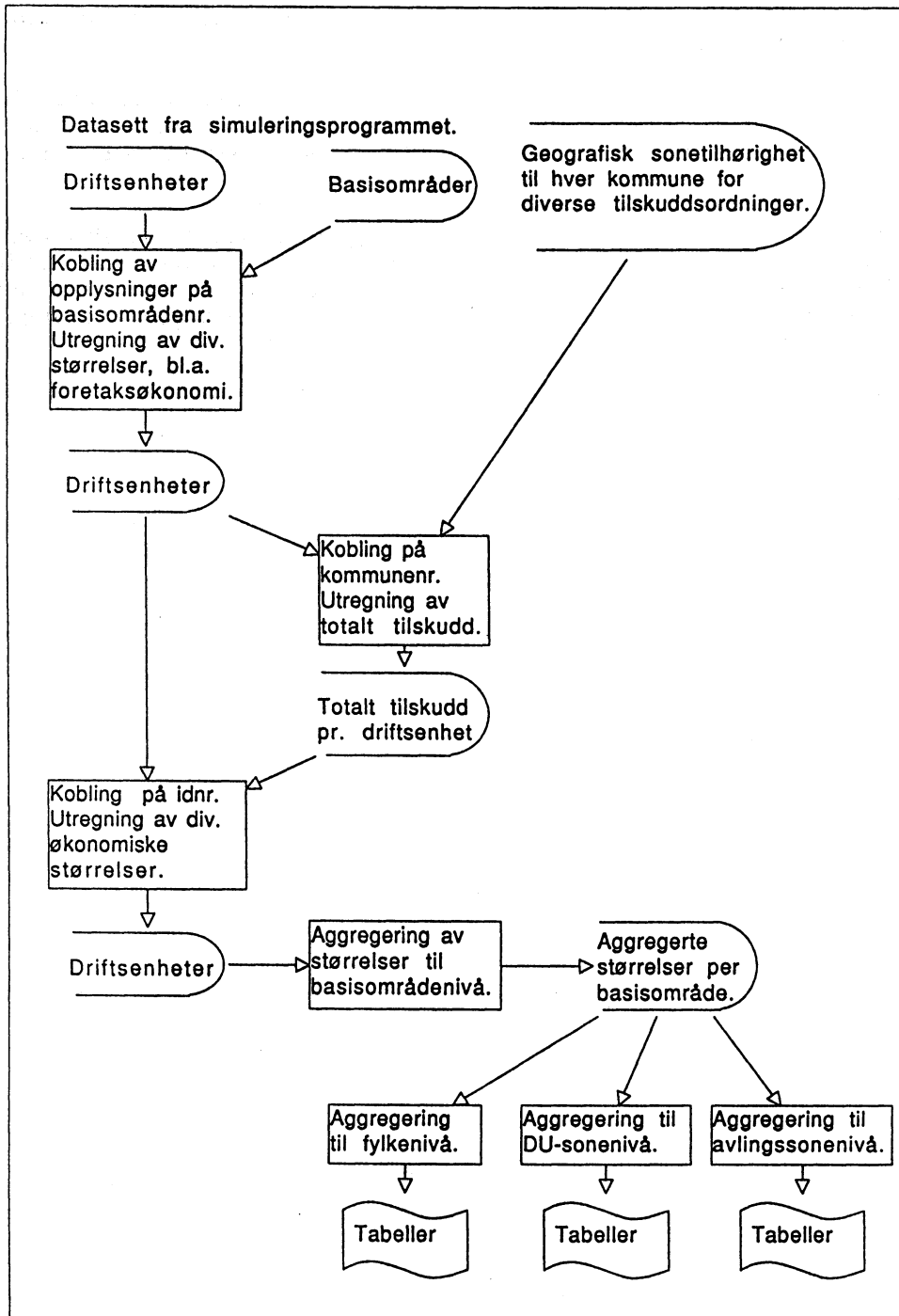
OPTIONS NOSOURCE;

%INCLUDE JORDBRUK(RESPARAM);
%INCLUDE JORDBRUK(RESULTAT);
RUN;
/*
//
```

VEDLEGG 6.1: Resultatprogrammet

Figur V-1 viser gangen i utførelsen av resultatprogrammet. Figuren gir bare en grov oversikt. Se i programteksten for ytterligere detaljer.

Figur V-1: Oversikt over resultatprogrammet



Datasettet med basisområder og de omstrukturerte driftsenhetene kommer fra simuleringsprogrammet. Datasettene kobles sammen ved hjelp av basisområdenummer. Endel størrelser regnes ut. Avling og N-avrenning regnes ut om igjen fordi avling og N-avrenning er avhengig av gjødselplanen for den enkelte driftsenhet. Så blir priser, dekningsbidrag for diverse produkter satt inn i datasteget ved hjelp av macroen *foretak* som er skapt i programdel *resparam*. Grunnen til at disse prisene er lagt separat, er at disse må oppdateres hvert år. I tillegg utregnes kunstgjødselbruk, sysselsetting, dekningsbidrag, bygning- og maskinkostnader, samt noen andre foretaksøkonomiske størrelser.

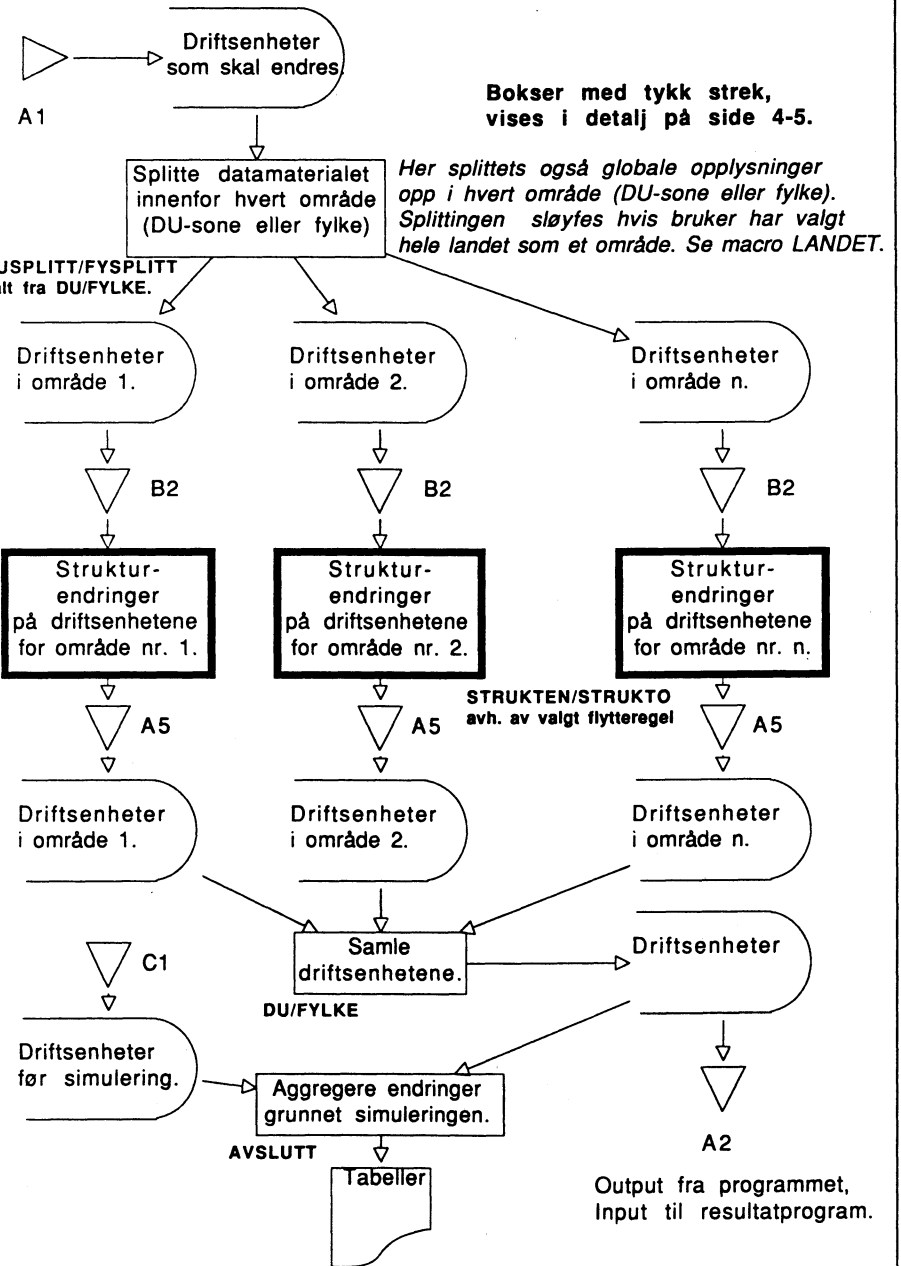
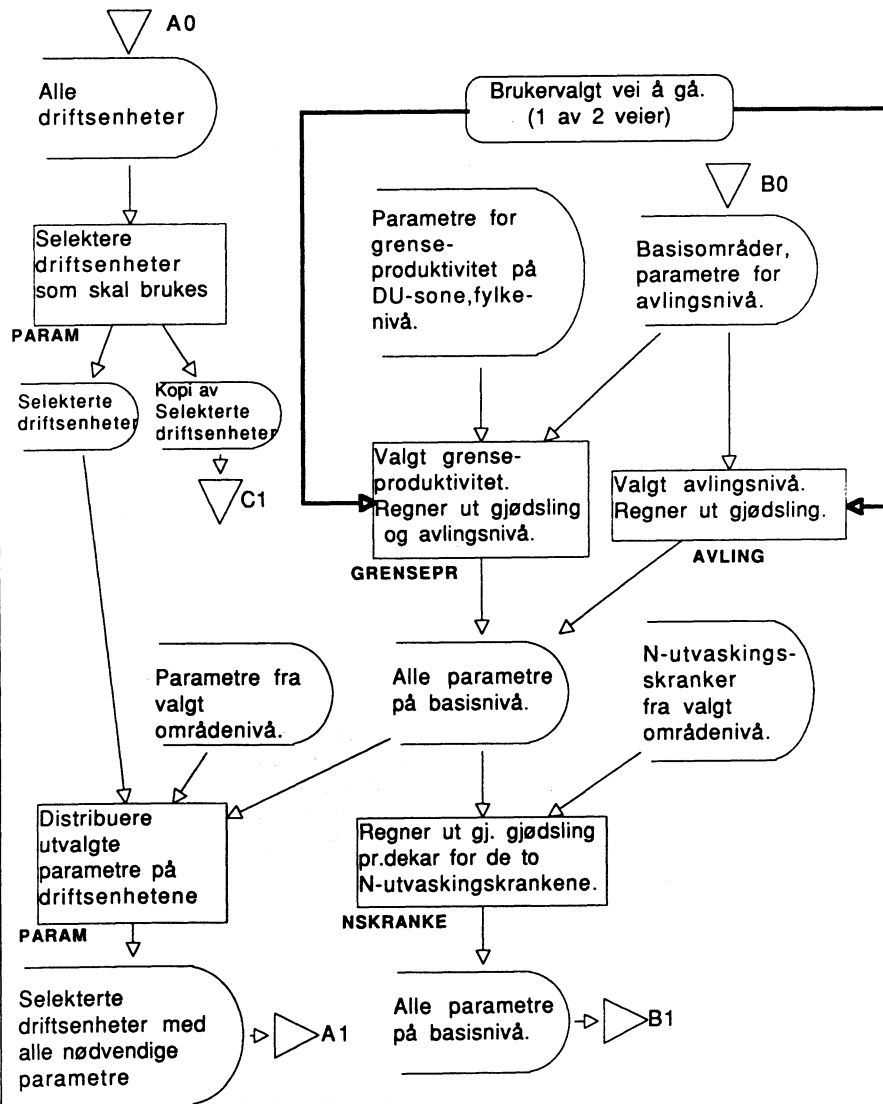
Sum tilskudd for den enkelte driftsenhet utregnes. Størrelsen på noen tilskudd er avhengig av geografisk beliggenhet for driftsenheten. Sonetilhørighet for kommunen i forhold til forskjellige typer tilskudd er lagt inn for hver kommune og ligger på et eget datasett, se vedlegg 4.3. Opplysninger i dette datasettet kobles på den enkelte driftsenhet ved hjelp av kommune-nummeret. Deretter beregnes sum tilskudd for hver enkelt driftsenhet. Her blir kun sum tilskudd og identifikasjonsnummeret til hver enkelt driftsenhet tatt vare på.

Sum tilskudd blir koblet med de andre opplysningene for hver driftsenhet ved hjelp av identifikasjonsnummeret til driftsenheten. Sum avling, produksjon av kjøtt, melk og endel andre størrelser regnes ut samtidig. I tillegg beregnes utbyttet før tilskudd, etter tilskudd og med verdensmarkedspriser.

Størrelsene som brukes til tabellutskrifter blir etterpå aggregert opp til basisområdenivå. Aggregeringen forgrener seg videre til fylkesnivå, DU-sonenivå og avlingssonenivå. Dette kan gjøres fordi alle driftsenheter innenfor et basisområde er i samme fylke, DU-sone og avlingssone. Programdelen som skriver ut tabellene er helt identisk for de forskjellige aggregeringsnivåene bortsett fra navnet på en variabel som angir aggregeringsnivå.

For å få oversikt over hva som skrives ut av tabeller se vedlegg 4.5.

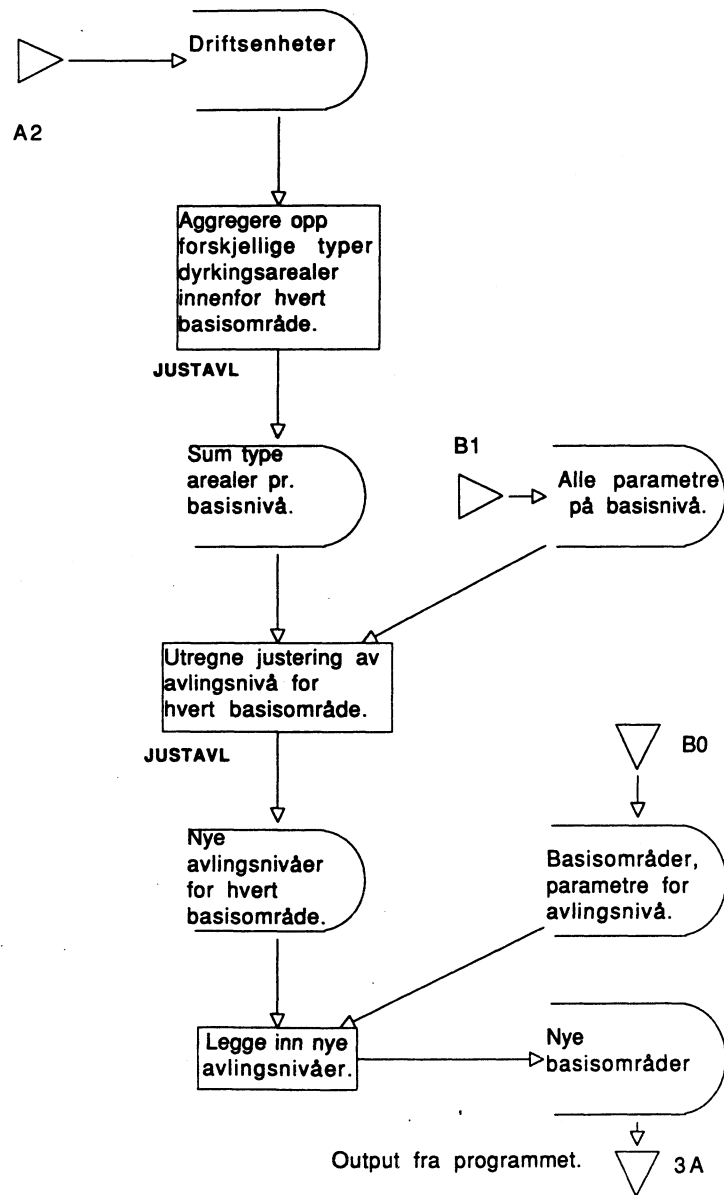
Til hver prosess er det merket i hvilken SAS-macro den kan gjenfinnes. Se også vedlegg 6.2 for kallrekkefølge av SAS-macroer.



Vedlegg 6.2: Beskrivelse av simuleringprogrammet. Flytkart

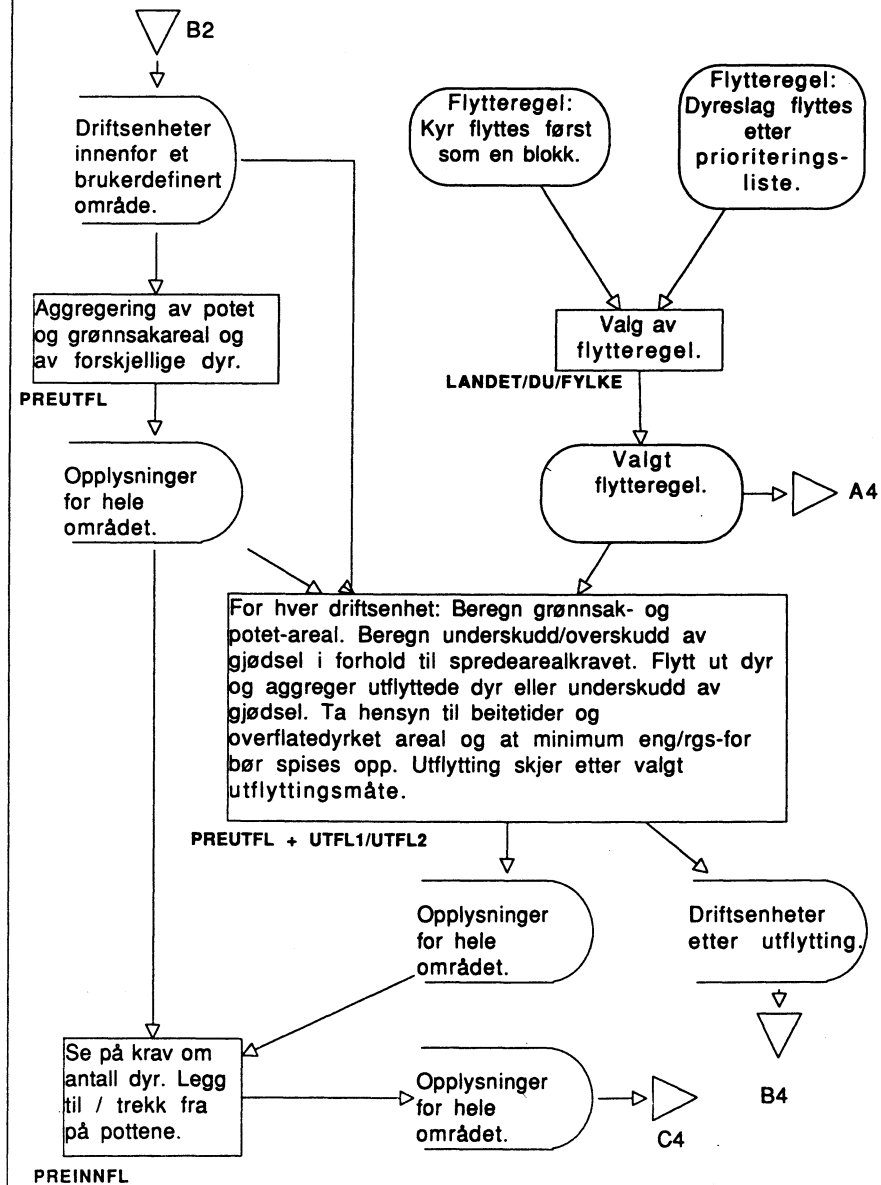
Side 3: Evt. justering av avlingsnivå på basisområder pga. N-utvaskingskranker. (Macro JUSTAVL)

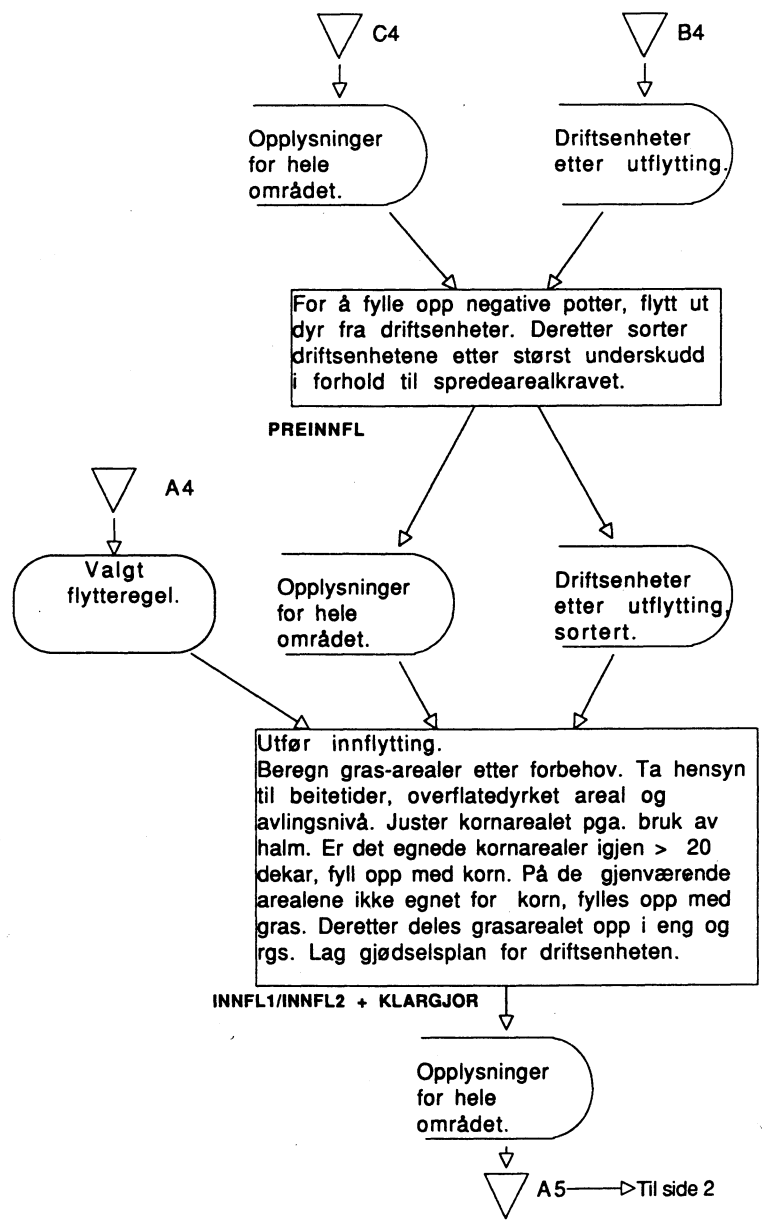
Side 3



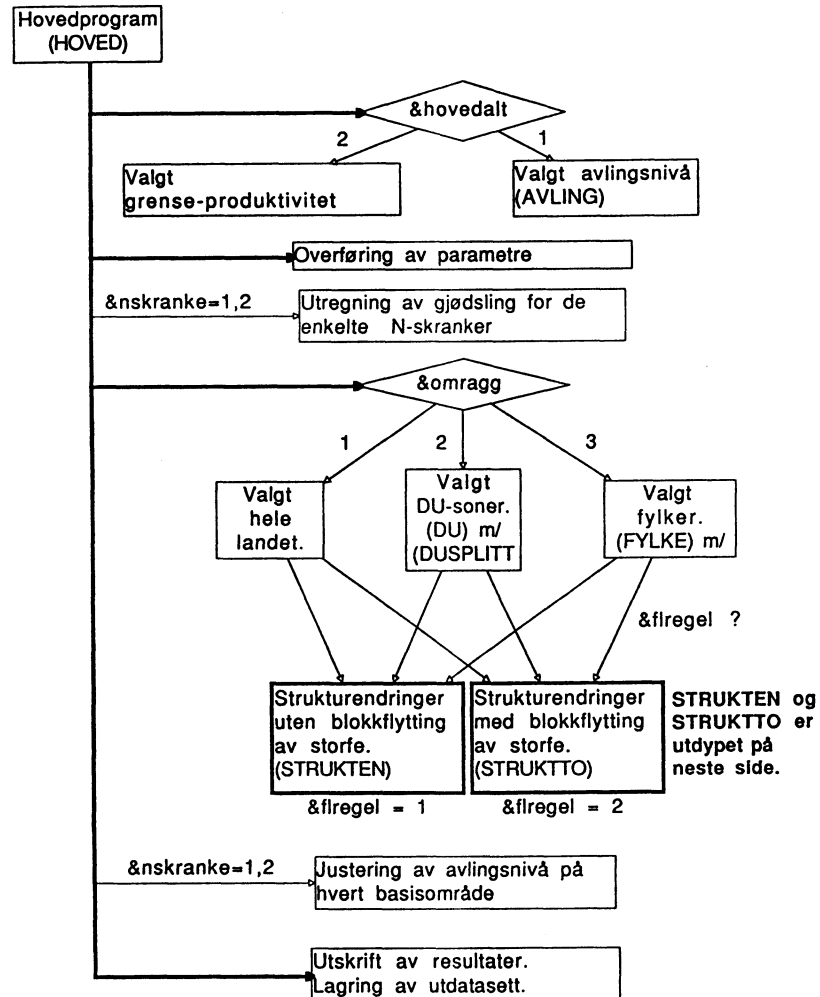
Side 4-5: Strukturendringer på driftsenheter innenfor et brukerdefinert område. (SAS-macro STRUKTEN/STRUKTTO)

Side 4

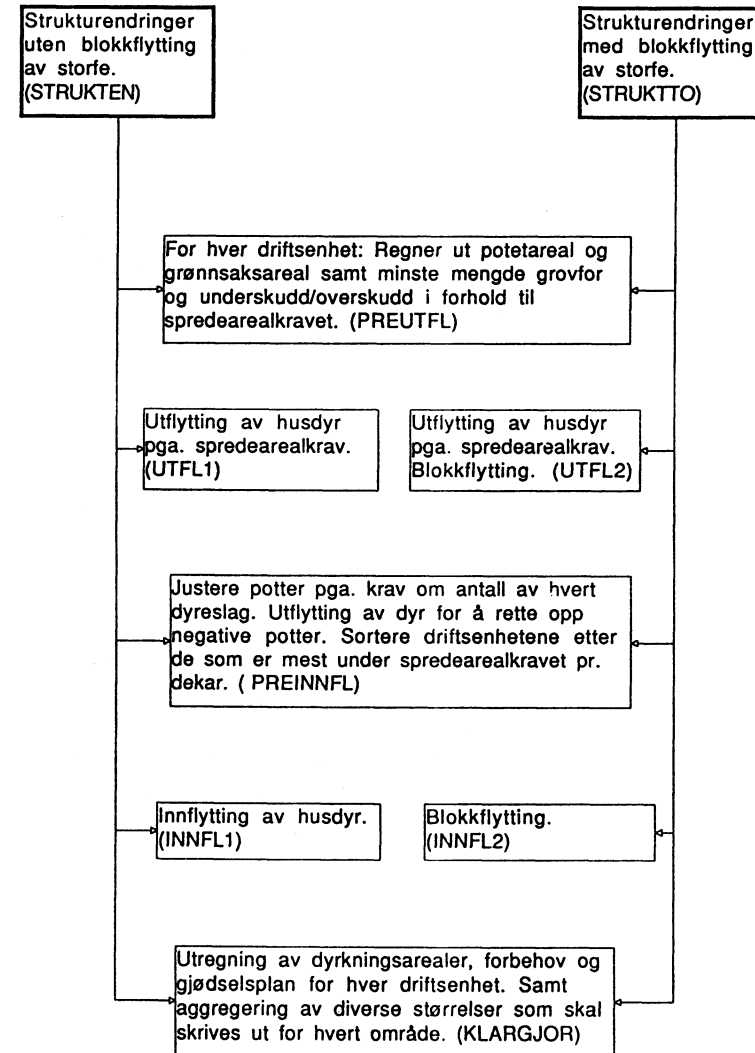




Makrovariable er markert med &-tegn foran. Disse finner du igjen i kjøreoppsettet i vedlegg 5. I vedlegg 6.1 finnes flytkart over hele simuleringsprogrammet. Der er det markert hvilken macro et hvert datasteg tilhører.



Side 2: Strukturendringer av driftsenhetene.



Som omtalt tidligere, finnes SIMJAR i to versjoner, SIMJAR 1 og SIMJAR 2. Med tre vesentlige unntak er disse i prinsipp identiske. Forskjellene består i:

1. SIMJAR 1 inkluderer jordtypedata fra jordsmonnskartlegging, mens dette ikke finnes SIMJAR 2. Dette får to konsekvenser:
2. Jorderosjon og P-avrenning beregnes bare i SIMJAR 1 i og med at jordtypen har stor innflytelse på P-avrenninga.
3. SIMJAR 1 dekker bare en liten andel av jordbruksarealet siden så lite hittil er jordsmonnskartlagt. SIMJAR 1 dekker kun to områder, et på Jæren i Klepp og Time kommuner og et på Romerike i Ullensaker kommune. Området på Jæren dekker 27,9 km², og området på Romerike dekker 21,1 km². SIMJAR 2 dekker hele Sør-Norge. Det er 384 driftsenheter i SIMJAR 1, mot ca. 73 500 i SIMJAR 2.

For god og generell beskrivelse av SIMJAR 1 og resultater av simuleringer med SIMJAR 1 vises det til Sødal og Aanestad (1990) og Sødal og Vatn (1990). I dette vedlegget vil de modelltekniske sidene som skiller SIMJAR 1 fra SIMJAR 2 beskrives. Først beskrives dataene fra jordsmonnskartlegginga. Deretter beskrives hvordan driftsenhetene i Stønadsregisteret blir koplet til eiendommer i Jordregisteret. Så beskrives hvordan jordtyper fra jordsmonnskartlegginga og veksttyper fra Stønadsregisteret blir koplet sammen til "arealbiter" og hvordan P-avrenninga beregnes.

1. Jorddata fra jordsmonnskartlegging

Jordtypedataene er resultatet av en jordsmonnskartlegging, der NIJOS (Norsk institutt for jord- og skogkartlegging) har avgrenset arealer med homogene jordtyper. Hvert areal har fått en kode (jordsignatur) som refererer til en tabell hvor jordtypene er definert etter jordart, helningsvinkel etc. Ut fra disse tabellene er det knyttet ulike egenskaper til arealene, slik som egnethet for dyrking av ulike vekster, risiko for jorderosjon og risiko for fosforavrenning.

Jordtypene er klassifisert etter egnethet for dyrking av korn, potet og gras. Det er brukt sju egnethetsklasser, hvor 1 er den beste klassen og 7 er den dårligste (ikke brukbart til dyrking av vedkommende vekst). Klasse 1 - 3 (4) er godt egnet til veksten. Vi har brukt inndelingen på følgende måte:

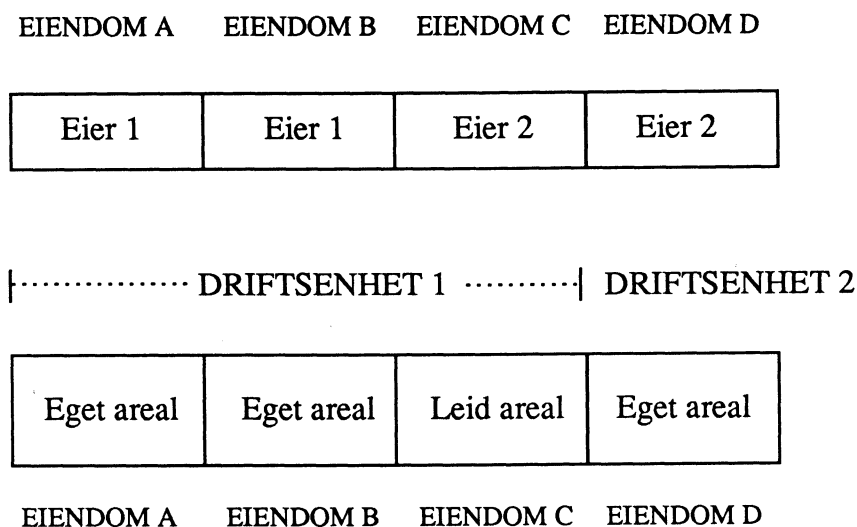
- klassifiseringen for korn er brukt for veksttype korn
- klassifiseringen for poteter er brukt for veksttypene poteter og grønnsaker
- klassifiseringen for gras er brukt for veksttypene rgsfor og fulldyrket eng

2. Kopling av enhetene i Stønadsregisteret og Jordregisteret

Opplysningene fra NIJOS om jordarealenes egenskaper (jordtyper) er registrert under *eiendommer*, mens opplysningene fra Stønadsregisteret er registrert på *driftsenhet/bruker*. Disse to datakildene koples for å kunne plassere vekster og husdyrgjødsel på de riktige jordtypearealene.

En *eiendom* omfatter alt areal en person eier og som er registrert under ett og samme gårdsnummer i samme kommune. En *gårdbruker* kan imidlertid ha flere eiendommer (flere gårdsnummer) og kan også leie eiendommer eller deler av eiendommer fra andre. Driftsenhetene i Stønadsregisteret omfatter derfor ofte flere eiendommer (og flere eiere), registrert under *ett* felles gårds- og bruksnummer. Jfr. figur V-2.

Figur V-2. Eksempel på sammenheng mellom eiendommer og driftsenheter



Koplingen skal resultere i to ting: 1) andelen av arealet på driftsenheten som knyttes til hver enkelt jordtype skal bli riktigst mulig, og 2) summen av jordtypearealene skal bli lik summen av veksttypearealene.

Det er bl.a. lagt inn en forutsetning om at hvis en gårdbruker (A) leier en del av en eiendom fra en annen gårdbruker (B), så antar vi at A leier et representativt utvalg av jordtypene på eiendommen til B. Dette innebærer at både den delen B driver selv, og den delen som leies bort til A, har den samme jordtypefordelingen.

Det kan imidlertid også tenkes at eiendommen til gårdbruker B ligger utenfor det området som studeres. En får da ikke koplet jordtypearealene fra denne eiendommen til driftsenheten til gårdbruker A. Det blir da sett helt bort fra eiendommen til gårdbruker B, og arealene av alle veksttypene på driftsenheten til A justeres ned slik at det totale arealet av vekstene på denne driftsenheten stemmer overens med summen av jordtypearealene eksklusive leiearealet. Det samme gjelder for husdyrtallet.

Dataene hentet fra Stønadsregisteret (registrert pr. 1.8.1986) omfatter:

- gårdsnummer og bruksnummer
- kommune
- fødselsnr. eier (slettet etter koplingene)
- eget areal
- leigd areal
- bortleigd areal

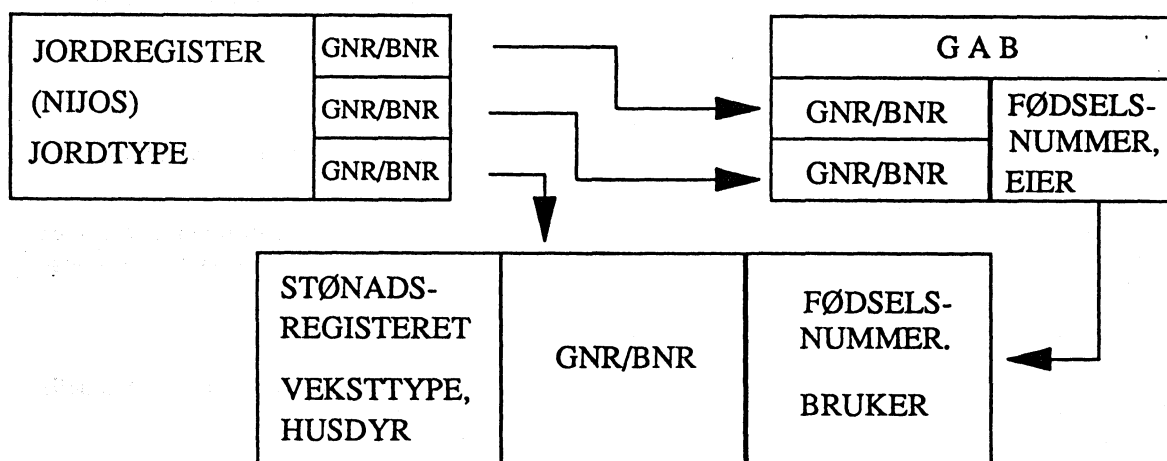
For å kunne kople sammen alle eiendommer som leies av en driftsenhet, må en i tillegg vite hvilke driftsenheter (gnr., bnr.) driftsenheten leier arealene fra. Disse opplysningene er hentet fra søknadsskjemaene for produksjonstillegg som oppbevares av de lokale landbrukskontorene.

Brukerens fødselsnummer er den viktigste nøkkelen for å kople eiendommer til driftsenhetene. Siden fødselsnummer i Jordregisteret (eiendommer) ikke er tilstrekkelig oppdatert, må en ved hjelp av gnr. og bnr. gå inn i GAB (Grunneiendom, adresse og bygningsregisteret) for å få opplysning om fødselsnummeret til eieren av den enkelte eiendom. Dermed kan eiendommene koples til driftsenheter i Stønadsregisteret ved hjelp av fødselsnummer. Jfr. figur V-3.

I en del tilfeller er det imidlertid problemer med å kople eiendommer på fødselsnummer. Dette kan skyldes eierskifte, fordi GAB-dataene (1988) er av nyere dato enn Stønadsregisteret (1986), eller at det er en annen person enn eieren som søker om produksjonstillegg.

Det er imidlertid også mulig å kople direkte på gårds- og bruksnummer fra eiendommer i Jordregisteret til driftsenheter i Stønadsregisteret (jfr. figur V-3). Men da risikerer en at noen av de eiendommene som tilhører driftsenheten, ikke blir koplet til, siden hver driftsenhet bare er registrert med ett gnr. og bnr. i Stønadsregisteret.

Figur V-3. Kopling av eiendommer i jordtypedataene til driftsenheter i Stønadsregisteret



Det kan også finnes eiendommer som ikke kan koples til fordi brukeren ikke søker om produksjonstillegg eller har hoveddelen av driftsenheten utenfor de definerte områder (f.eks. i en annen kommune). En del eiendommer kan også være ute av drift. Tabell V-1 viser at 85,9 prosent av eiendommene, tilsvarende 95,5 prosent av arealene, ble koplet til driftsenheter i Stønadsregisteret. Siden resultatene av simuleringene, slik som nitrogenutvasking, forsforavrenning og avling er regnet ut pr. arealenhet, mangler altså bare 4,5 prosent av datamaterialet i modellkjøringene. De resterende eiendommene er gjennomgående små, og en kan anta at mange av dem er ekstensivt drevet. Dersom de hadde vært med i datamaterialet, ville de derfor sannsynligvis ha redusert gjennomsnittstallene pr. dekar noe.

Tabell V-1. Oversikt over eiendommer med kopling til driftsenheter (Stønadsregisteret)

Område	Antall eiendommer i alt	Eiendommer med kopling. Prosent	Fulldyrket areal i alt. Km ²	Areal med kopling. Prosent
I alt	552	85,9	54,3	95,5
Klepp/Time	372	88,7	30,8	98,3
Ullensaker	180	80,0	23,6	92,0

3. Plassering av vekster på de ulike jordtypene: "arealbiter"

Et vesentlig problem oppstår fordi arealene av veksttyper i Stønadsregisteret ikke er koordinatfestet slik som jordtypene er det. Dermed kan en ikke kople veksttype og jordtype entydig på grunnlag av bare geografisk informasjon. Veksttypene må fordeles på jordtypene etter en fast nøkkel. Innen hver enkelt driftsenhet er veksttypene fordelt på jordtyper etter følgende fremgangsmåte:

Hver jordtype registreres om den er egnet eller ikke for korndyrking, og om den har høyt eller lavt P-tap ved åpen åker og høstpløying. Jordtypene rangeres så utfra disse kriteriene i 6 grupper med egnethet for korn og lavt P-tap først, deretter ikke egnet for korn og lavt P-tap, så egnet for korn og høyt P-tap og til sist ikke egnet for korn og høyt P-tap. Så deles veksttypene ut på disse jordarealene etter denne listen. Korn fordeles først, deretter grønnsaker, potet, rgs og til sist eng.

Ved kopling av jordtyper og veksttyper dannes det arealbiter. En arealbit er altså et areal med en bestemt kombinasjon av jordtype og veksttype på en driftsenhet. SIMJAR 1 gjør beregninger av avling og avrenning på hver arealbit, dvs. på et enda mer detaljert nivå enn driftsenhet.

Det er brukt egnethetsklasser (dyrkingsklasser) i nasjonal målestokk, siden de to områdene ligger i forskjellige regioner.

4. Jorderosjon og fosforavrenning

De siste tilpasninger av P-avrenning i SIMJAR 1 er utarbeidet ved IØS, NLH, og framstillinga her er derfor hentet fra Sødal og Aanestad (1990).

Avrenninga av P skjer i form av løst P og partikulært bundet P. Begge disse P-fraksjonene finnes både i overflatevannet og i grøftvannet. Forutsetningene om P-avrenning er utviklet av Helge Lundekvam, NLH.

Erosjon og partikulært bundet P i overflateavrenning

Utgangspunktet for å regne ut jorderosjon og partikulært bundet fosfor er "Den universelle jordtapslikninga", som har formen

$$A = R * K * LS * C * P$$

der	A	=	totalt jordtap
	R	=	nedbørsfaktor
	K	=	jorderodibilitet
	LS	=	terrengfaktor (helningslengde (L) og helningsprosent (S))
	C	=	vekstslag og avløpsfaktor
	P	=	faktor for erosjonshindrende tiltak

R er et mål for den eroderende evnen til regnet. Denne faktoren er ikke kjent for Norge, så R er betraktet som lik i begge områdene. Faktoren P blir også betraktet som lik i begge områdene. Det finnes ikke informasjon om helningslengden i jordtypedataene, så L er skjønsmessig satt til 100 m for begge områdene. C-faktoren varierer med vekstslaget, grøfting og om arealet er bakkeplanert eller ikke. Jordtapslikningen kan da skrives slik:

$$A = X * K * LS, \text{ der } X = R * C * P$$

Opplysningene fra jordsmonnskartleggingen til NIJOS gir verdier for K og S for hver arealbit. X faktoren kan da regnes ut på grunnlag av målinger av A i forsøksfelt i hvert område. For Romerike er X satt til 224 ved utregning av jorderosjon på vanlig åpen åker, og til 700 på planerte areal. Ved utregning av P-mengden i denne jorderosjonen er X satt til 0,22 på vanlig areal og 0,55 på planert areal. Erosjon på eng er regnet ut etter X-verdier på 7 og 21 ved jordtap og 0,021 og 0,051 ved fosfortap.

Løst P i overflatevann

Avrenninga av løst P fra eng er regnet ut som en funksjon av P-gjødslinga, se tabell V-2. Sammenhengen bygger på forsøk i Ås, og er satt lik for de to områdene. I utregningene er det skilt mellom godt, middels og dårlig drenert jord, slik at dårlig drenert jord får 25 prosent høyere og godt drenert jord får 20 prosent lavere P-avrenning enn det tabellen viser.

Tabell V-2. Sammenheng mellom tilført P-gjødsel og avrenning av løst fosfor fra eng

Tilført P (kg/da og år) . . .	0-2	3	4	5	6	7	8
Utvasket P i overflatevann (g/da og år)	30	40	50	60	70	80	90

Kilde: Uhlen og Lundekvam, 1988.

For åker finnes det ikke forsøksdata som viser kortsiktig sammenheng mellom P-gjødsling og P-avrenning. Løst P på åpen åker er i modellen lagt inn som en fast størrelse for hver jordtype i

hvert område. Disse tallene er skjønnsmessig utarbeidet basert på lokale målinger av P-konsentrasjonen i avrenninga, nedbørsmengder og dreneringsgraden til jordtypen.

P-avrenning i grøftevann

P-tapet i grøftevannet kan være betydelig. Også denne avrenninga er satt skjønnsmessig på grunnlag av lokale målinger, nedbørsmengder og egenskaper ved jordtypen. Forholdet mellom partikulært bundet og løst P i grøftevannet er satt til 1:3 på Jæren og 4:1 på Romerike. Forutsetningene om erosjon og P-avrenning fra NIJOS er omtalt i Hole (1988), men denne framstillinga er ikke helt oppdatert slik SIMJAR nå er spesifisert.

Forurensningseffekten av P-avrenninga vil variere avhengig av utslippskilder, hvordan fosforet er bundet og resipientens egenskaper. På grunnlag av opplysninger i Berge et al. (1989) er partikulært fosfor vektet med 0,5 i forhold til løst fosfor.

Sammenhengen mellom jordarbeiding og P-avrenning

P-avrenninga, særlig den fraksjonen som er bundet til jordpartiklene, vil variere med metoden for jordarbeiding. Vanlig praksis i dag er å pløye åkeren om høsten og la jorda ligge ubeskyttet fram til nytt plantedekke har etablert seg neste vår. Dersom all jordarbeiding skjer om våren, vil P-avrenninga minke.

En kan ta hensyn til jordarbeidingspraksis ved å vekte jordtapslikninga med en faktor C_R . Jordtapslikninga blir da slik:

$$A = X * K * LS * C_R$$

C_R gir den relative virkningen av et tiltak i forhold til tradisjonell jordarbeiding (høstpløying og vårkorn dyrking). De ulike C_R -faktorene som er brukt er beskrevet i Sødal og Aanestad (1990). C_R -faktorene blir differensiert både etter jordarbeidingspraksis og jordart. Det er også tatt hensyn til endret P-tap i grøftevannet.

De forskjellige jordarbeidingsystemene egner seg ikke på alle jordarter. I SIMJAR er det lagt opp til to grader av redusert jordarbeiding, og samme reduksjon kan innbære forskjellig praksis på forskjellig jordart.

Foreløpig er det ikke lagt inn i modellen hvordan endrede jordarbeidingsmetoder virker inn på kapitalbehovet, arbeidsforbruket eller avlingsnivået.

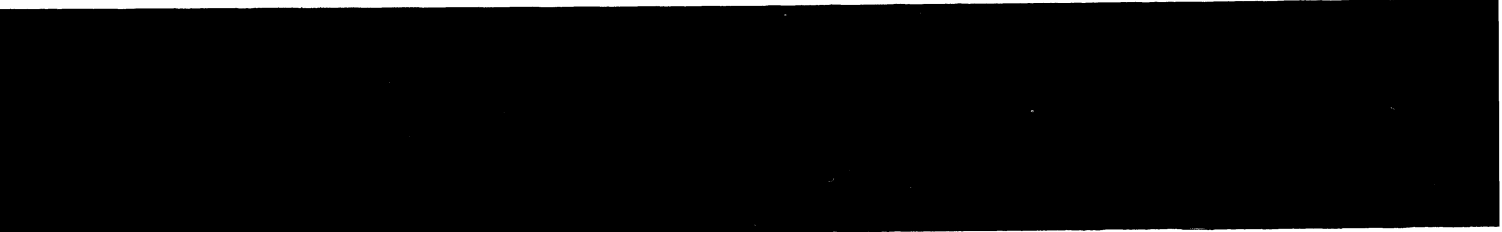
**Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk sentralbyrå
etter 1. juli 1989 (RAPP)**

*Issued in the series Reports from the Central Bureau of Statistics
since 1 July 1989 (REP)*

ISSN 0332-8422

- | | | | |
|----------|--|-----------|--|
| Nr. 89/5 | Statistisk sentralbyrå Hovedtrekk i arbeidsprogrammet for 1989. 1989-53s. (RAPP; 89/5) 60 kr ISBN 82-537-2720-8 | Nr. 89/18 | Undersøkelse om bruk av folkebibliotek 1988. 1989-83s. (RAPP; 89/18) 60 kr ISBN 82-537-2832-8 |
| - 89/6 | Utbyggingsregnskap Dokumentasjon av metode og resultater fra prøveregnskap 1986 og 1987/Øystein Engebretsen. 1989-58s. (RAPP; 89/6) 70 kr ISBN 82-537-2724-0 | - 89/19 | Aktuelle skattetall 1989 Current Tax Data. 1989-44s. (RAPP; 89/19) 60 kr ISBN 82-537-2844-6 |
| - 89/10 | Rehabilitering av bygninger 1986/Arild Thomassen. 1989-41s. (RAPP; 89/10) 70 kr ISBN 82-537-2791-7 | - 89/21 | Kommunehelsetjenesten Årstatistikk for 1988. 1990-83s. (RAPP; 89/21) 70 kr ISBN 82-537-2870-0 |
| - 89/12 | De eldres inntekter Nivå og ulikhet <i>Income of Aged People Level and Inequality. 1989-156s.</i> (RAPP; 89/12) 95 kr ISBN 82-537-2785-2 | - 89/22 | Energisubstitusjon i treforedlingssektoren/Torstein Bye og Tor Arnt Johansen. 1990-40s. (RAPP; 89/22) 60 kr ISBN 82-537-2873-5 |
| - 89/13 | Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1983-1986. 1989-38s. (RAPP; 89/13) 60 kr ISBN 82-537-2783-6 | - 89/23 | Struktur og egenskaper ved en MSG-modell med Armingtonrelasjoner/Erling Holmøy og Tor Jakob Klette. 1990-99s. (RAPP; 89/23) 70 kr ISBN 82-537-2872-7 |
| - 89/14 | Ensliges inntekt og forbruk. 1989-107s. (RAPP; 89/14) 75 kr ISBN 82-537-2796-8 | - 90/1 | Naturressurser og miljø 1989 Energi, fisk, skog, jordbruk, luft, ressursregnskap og analyser. 1990-136s. (RAPP; 90/1) 75 kr ISBN 82-537-2918-9 |
| - 89/15 | Husholdningsstørrelse og -sammensetning 1960, 1970 og 1980 Noen utvalgte alderstrinn/Björg Moen. 1989-50s. (RAPP; 89/15) 60 kr ISBN 82-537-2847-6 | - 90/1A | Natural Resources and the Environment 1989 Energy, Fish, Forests, Agriculture, Air Resource Accounts and Analyses. 1990-144s. (RAPP; 90/1A) 75 kr ISBN 82-537-2931-6 |
| - 89/16 | Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1975-1989. 1989-63s. (RAPP; 89/16) 45 kr ISBN 82-537-2813-1 | - 90/2 | Region-2 En modell for regionaløkonomisk analyse/Knut Sørensen og Jøran Toresen. 1990-76s. (RAPP; 90/2) 70 kr ISBN 82-537-2880-8 |
| - 89/17 | Fruktbarhet og dødelighet i Norge 1771-1987. 1989-44s. (RAPP; 89/17) 60 kr ISBN 82-537-2840-9 | | |

- Nr. 90/3 Nasjonale og regionale virkninger av ulike utviklingslinjer i norsk jordbruk/Ådne Cappelen, Stein Inge Hove og Tor Skoglund. 1990-88s. (RAPP; 90/3) 45 kr ISBN 82-537-2890-5
- 90/4 Arbeidstilbudet i MODAG En analyse av utviklingen i yrkesdeltakingen for ulike sosiodemografiske grupper/ Kjersti-Gro Lindquist, Liv Sannes og Nils Martin Stølen. 1990-178s. (RAPP; 90/4) 85 kr ISBN 82-537-2911-1
- 90/5 Utsyn over helsetjenesten Endringer i ressursbruk og aktivitet/Anders Barstad og Arne S. Andersen. 1990-133s. (RAPP; 90/5) 75 kr ISBN 82-537-2914-6
- 90/6 Who has a Third Child in Contemporary Norway? A Register-Based Examination of Socio-demographic Determinants/Øystein Kravdal. 1990-100s. (RAPP; 90/6) 75 kr ISBN 82-537-2919-7
- 90/7 Helsetilstanden i Norge Status og utviklingstrekk. 1990-95s. (RAPP; 90/7) 70 kr ISBN 82-537-2924-3
- Nr. 90/8 International Migration to Norway, 1988 Report for the Continuous Reporting System of Migration of OECD (SOPEMI) *Internasjonal flytting til Norge En rapport til OECDs Continuous Reporting System of Migration (SOPEMI)*/Lars Østby. 1990-66s. (RAPP; 90/8) 70 kr ISBN 82-537-2928-6
- 90/9 Informasjon om nasjonalregnskapet Dokumentasjonsnotater, publikasjoner og andre viktige referanser/Erling Joar Fløttum. 1990-41s. (RAPP; 90/9) 60 kr ISBN 82-537-2932-4
- 90/10 Flytting og arbeidsmarkedet i fylkene 1972-1986/Lasse Sigbjørn Stambøl. 1990-111s. (RAPP; 90/10) 75 kr ISBN 82-537-2935-9
- 90/11 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1984-1987. 1990-38s. (RAPP; 90/11) 60 kr ISBN 82-537-2944-8
- 90/12 Produktivitetsutviklingen i meieri-sektoren/Ann-Lisbet Brathaug og Anders Harildstad. 1990-75s. (RAPP; 90/12) 70 kr ISBN 82-537-2969-3
- 90/13 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1975-1990. 1990-67s. (RAPP; 90/13) 50 kr ISBN 82-537-2970-7



Pris kr 75,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. og
Universitetsforlaget, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.



ISBN 82-537-2992-8
ISSN 0332-8422