RAPPORTER 90/1

NATURRESSURSER OG MILJØ 1989

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 90/1

NATURRESSURSER OG MILJØ 1989

ENERGI, FISK, SKOG, JORDBRUK, LUFT

RESSURSREGNSKAP OG ANALYSER

STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO-KONGSVINGER 1990

ISBN 82-537-2918-9
ISSN 0332-8422

EMNEGRUPPE
10 Ressurs- og miljøregnskap og andre generelle ressurs- og miljøemner

ANDRE EMNEORD
Forurensninger
Naturmiljø
Miljøøkonomi
Utslipp

GRYTTING AS. ORKANGER

FORORD

Statistisk sentralbyrå utarbeider statistikk over miljøforhold og regnskaper for en del viktige naturressurser. Det utvikles også metoder og modeller for å analysere miljøforhold og naturressurser i sammenheng med øvrig samfunnsutvikling. Publikasjonen Naturressurser og miljø gir en årlig oversikt over dette arbeidet.

Naturressurser og miljø 1989 består av oppdaterte ressursregnskaper for energi og fisk og utslippsregnskap for luft, samt resultater fra analyser basert på disse regnskapene. Publikasjonen inneholder også analyser av jordbruksforurensninger og skogskader.

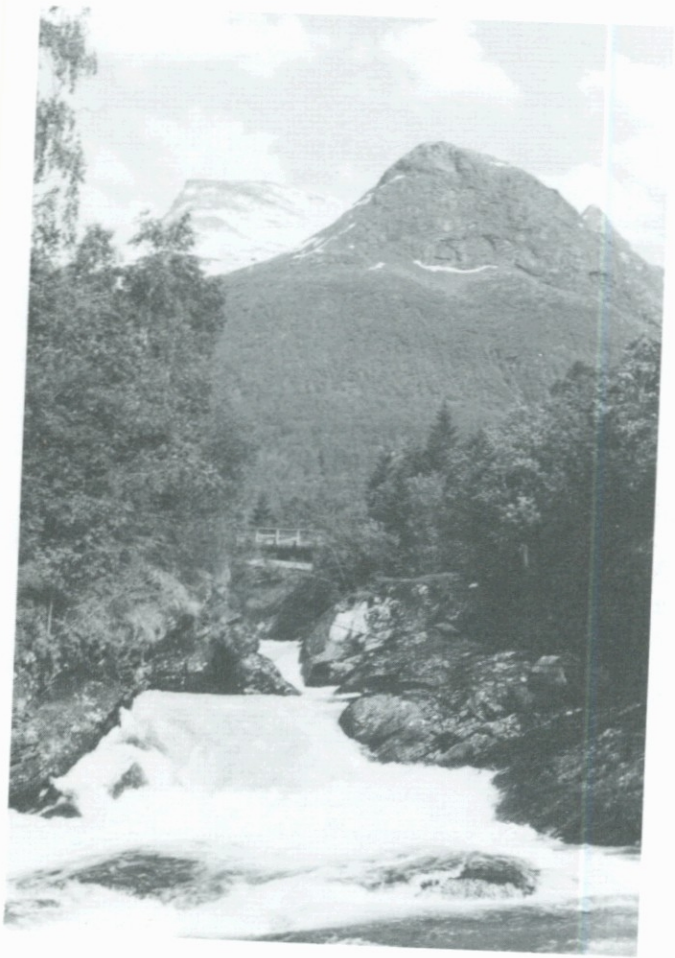
Arbeidet med ressurs- og miljøanalyser utføres ved Forskningsavdelingen i Statistisk sentralbyrå som retter stor takk til institusjoner som har bidratt med data til Naturressurser og miljø 1989.

Førstekonsulent Frode Brunvoll og førstesekretær Anne Strandli har vært redaktører for publikasjonen.

Statistisk sentralbyrå, Oslo 6. mars 1990.

Arne Øien

Lorents Lorentsen



INNHOLD

Side

FIGURREGISTER 7

TABELLREGISTER 9

1. INNLEDNING OG SAMMENDRAG 13

2. ENERGI 17
   2.1 Vannkraft 17
   2.2 Olje og gass 20
   2.3 Uttak og bruk av energivarer 24
   2.4 Utvikling av energiforbruket 1973 - 1988 26
   2.5 Energipolitikk 30
   2.6 Analyseprosjekt: Gasskraft - eller vannkraftinvesteringer 33
   2.7 Analyseprosjekt: Kostnadstruktur i kraftintensiv industri 35
   2.8 Analyseprosjekt: Petroleumsformuen 38
   2.9 Analyseprosjekt: En kontrafaktisk analyse av Norges utvikling som oljenasjon 43
   2.10 Enheter og omregningsfaktorer 47
   2.11 Tabellvedlegg 49
   Referanser 53

3. FISK 55
   3.1 Bestandsutvikling 55
   3.2 Kvoter og fangst 59
   3.3 Overføring av fiskerettigheter 63
   3.4 Fiskeoppdrett 64
   3.5 Eksport av fiskevarer 65
   Referanser 67

4. SKOG 69
   4.1 Skogtilstand 69
   Referanser 73

5. JORDBRUK - AREALBRUK OG FORURENSNING 75
   5.1 Arealbruk og arealressurser 75
   5.2 Landbruksforurensninger 77
   5.3 Analyseprosjekt: Effekt av intensitetsreduksjon og omstrukturering av produksjonen 82
   Referanser 85

Side

6. LUFT 87
6.1 Luftforurensning - noen kilder og virkninger 87
6.2 Utslipp til luft i Norge 90
6.3 Utviklingen i regional forurensningskonsentrasjon 98
6.4 Indirekte utslipp til luft 102
6.5 Miljøavgifter etter marginal skade 106
6.6 Stabilisering av CO_2-utslipp 109
6.7 Framskrivninger av utslipp til luft i ECE-land 111
6.8 Sur nedbør: Nordiske tiltak i Øst-Europa? 118
6.9 Miljøeffekter av en europeisk satsing på gass som brensel 121
6.10 Atmosfæren i endring 122
Referanser 128

VEDLEGG

1. Publikasjoner fra Seksjon for ressurs- og miljøanalyse. 1988-1989/90 . . 131

Utkommet i serien RAPPORTER fra Statistisk sentralbyrå (RAPP) 135

Standardtegn i tabeller:

. Tall kan ikke forekomme
.. Oppgave mangler
- Null
0 Mindre enn 0,5 av den brukte enhet
* Foreløpige tall

Forkortelser på institusjoner som det er referert til i rapporten:

BP British Petroleum Company
ECE Economic Commision for Europe
FAO Food and Agriculture Organization (UN)
IIASA International Institute for Applied Systems Analysis
ICES Det internasjonale havforskningsrådet
IEA International Energy Agency
MD Miljøverndepartementet
NIJOS Norsk institutt for jord- og skogkartlegging
NILU Norsk institutt for luftforskning
NISK Norsk institutt for skogforskning
NLH Norges landbrukshøgskole
NPI Norsk petroleumsinstitutt
OD Oljedirektoratet
OECD Organisation for Economic Co-operation and Development
OED Olje- og energidepartementet
OPEC Organization of Petroleum Exporting Countries
SAF Senter for anvendt forskning
SEFO Senter for forskningsoppdrag
SFT Statens forurensningstilsyn
SSB Statistisk sentralbyrå
TØI Transportøkonomisk institutt

FIGURREGISTER

		Side
2.	ENERGI	17
2.1	Nyttbar vannkraft 1. januar 1990. TWh	18
2.2	Grunnrenten i et vannkraftmarked	19
2.3	Olje og- gassproduksjonen på norsk sokkel, 1971 - 1989. Mtoe.	21
2.4	Påløpte investeringskostnader i petroleumssektoren, 1983 - 1990. Milliarder kroner	22
2.5	Spotprisen på Brent Blend, US$ pr. fat	22
2.6	OPECs oljeproduksjon. Millioner fat pr. dag	23
2.7	Utvikling av samlet innenlands energiforbruk. 1973 - 1988. PJ	27
2.8	Energiintensiteter i ulike næringer. 1973 - 1988. PJ	27
2.9	Forbruk av energibærere. 1973 til 1988. PJ	28
2.10	Beregnede priser for nyttiggjort energi. 1973 - 1988. Faste 1980-priser. Øre/kWh. Alle avgifter inkludert	29
2.11	Priser på drivstoffoljer. 1973 - 1989. Faste 1980- priser. Øre/l	29
2.12	Energiforbruk korrigert for endring i næringssammensetning. 1976-1987. PJ	30
2.13	Indeks for energi- og oljeintensiteter i Norge og i IEA. 1973-1988	30
2.14	Usikker gasspris og reservasjonsprisen under usikkerhet	34
2.15	Ønsket vannkraftkapasitet og produksjon av vannkraft og gasskraft når etterspørselen er usikker	35
2.16	Forventede ressurser av olje og gass i besluttet utbygde felt og anslag over andre utvinnbare forekomster. 1973 - 1989. Millioner tonn oljeekvivalenter	41
2.17	Prisutviklingen på råolje. 1973-1989. Offisielle framskrivninger av råoljeprisen i utvalgte år. Kroner pr. fat. Faste 1986-priser	41
2.18	Bidrag til handelsbalanse for tre forvaltningsregler	42
2.19	Bidrag til konsum for tre forvaltningsregler	42
2.20	Driftsbalansen for fastlands-Norge	47
3.	FISK	55
3.1	Totalbestand og gytebestand av norsk-arktisk torsk. 1966-1989. 1 000 tonn	56
3.2	Rekrutteringsindeks for norsk-arktisk torsk. 1966-1986	56
3.3	Totalbestand og gytebestand av norsk vårgytende sild. 1975-1989. 1 000 tonn	57
3.4	Rekrutteringsindeks for norsk vårgytende sild. 1975-1986	57
3.5	Størrelse av loddebestanden i Barentshavet om høsten. 1973-1989. Millioner tonn	58
3.6	Forventet bestandsutvikling i 1986 ved reduksjon av beskatningsgraden til F_{max} i 1988 og beregnet bestandsutvikling i 1989. Forventet fangst i 1986 ved samme reduksjon i beskatningsgrad og registrert fangst i 1989. 1985-1988. 1 000 tonn	60
3.7	Kvoter og fangst. Norsk-arktisk torsk. 1978-1990. 1 000 tonn	61
3.8	Nettooverføring fra Norge til utlandet. 1980-1989. 1 000 tonn t.e.	64
3.9	Fiskeoppdrett. Slaktet mengde laks og regnbueørret. 1980-1989. 1 000 tonn	65
3.10	Eksport av fersk fisk, rundfryst fisk, filét og klippfisk/tørrfisk. 1985-1989. Millioner kr	65

Side

4. SKOG ... 69
4.1 Skogtilstand i Norge målt ved gjennomsnittlig kronetetthet. 1988-1989. Prosent ... 70
4.2 Skadet skogareal i Vest-Tyskland etter grad av skade. 1983-1989. Prosent ... 72

5. JORDBRUKET - AREALBRUK OG FORURENSNING ... 75
5.1 Jordbruksarealet etter vekstgrupper. 1939-1987. Dekar ... 76
5.2 Jordressurser etter dyrkingsklasse. Km^2 ... 76
5.3 Dyrka og dyrkbar jord som er omdisponert til annet enn jordbruksformål. 1967-1988. Dekar ... 77
5.4 Antall dekar dyrket areal pr. innbygger. 1929-1987 ... 77
5.5 Produksjonsvolum og bruk av innsatsfaktorer i jordbruket. Relativ endring 1960-1989 ... 78
5.6 Nitrogenutslipp fra jordbruket. Punktkilder og arealavrenning. Utvalgte fylker. Millioner kg nitrogen ... 79
5.7 Fosforutslipp fra jordbruket. Punktkilder og arealavrenning. Utvalgte fylker. 1 000 kg fosfor ... 79
5.8 Nitrogen- og fosforinnhold i kunstgjødsel og husdyrgjødsel og bortføring i avling. 1930-1987. Hele landet. 1000 tonn ... 80
5.9 Beregnet avrenning av nitrogen i noen utvalgte områder, 1949 og 1979. Kg/dekar ... 81
5.10 Beregnet avrenning av biologisk tilgjengelig fosfor i noen utvalgte områder, 1949 og 1979. Gram/dekar ... 81
5.11 Stiliserte sammenhenger mellom nitrogengjødsling avling og nitrogenavrenning ... 82
5.12 Reduksjon i fosforavrenning pr. dekar i et område av Ullensaker ved overgang fra åpenåker til eng på erosjonsutsatt jord i kombinasjon med ulike grader av redusert jordarbeiding. Gjennomsnitt for området. Kg/dekar ... 85

6. LUFT ... 87
6.1 Utslipp av SO_2 etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn SO_2 ... 96
6.2 Utslipp av NO_x etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn ... 96
6.3 Utslipp av CO etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn ... 97
6.4 Utslipp av VOC etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn ... 97
6.5 Utslipp av partikler etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn ... 98
6.6 Utslipp av bly etter kilde. 1973-1989*. Tonn ... 98
6.7 Utslipp av CO_2 etter kilde. 1973-1989*. Mill. tonn CO_2 ... 98
6.8 Gjennomsnittlig SO_2-konsentrasjon i luft i en del større norske byer. µg SO_2 /m^3. Nasjonale utslipp av SO_2. 1 000 tonn. 1977-1989 ... 99
6.9 Gjennomsnittlig sot-konsentrasjon i luft i endel større norske byer. µg sot /m^3. Nasjonale utslipp av partikler. 1 000 tonn. 1977-1989 ... 99
6.10 Gjennomsnittlig bly-konsentrasjon i luft i endel større norske byer. µg Pb /m^3. Nasjonale utslipp av bly. Tonn. 1977-1989 ... 100
6.11 Pris på oljeprodukter i referansealternativet og under CO_2-begrensning. Indeks, 1990=1 ... 110
6.12 Utslipp i 1985 og år 2000 etter region ... 117
6.13 Nedfall av svovel i Norden ... 120
6.14 De viktigste klimagassenes bidrag til forventet temperaturøkning i år 2030 ... 124
6.15 Bidrag fra land og grupper av land til totale CO_2-utslipp fra fossile brensler ... 125
6.16 Utslipp av CO_2 fra fossile brensler. Tonn CO_2 pr. innbygger og år ... 125
6.17 Utslipp regnet i CO_2-ekvivalenter ved gass-, olje- og kullbasert elektrisitetsproduksjon ... 128

TABELLREGISTER

		Side
2.	ENERGI	17
2.1	Elektrisitetsbalanse 1989. Endring 1975 - 1989	19
2.2	Petroleumsinntekter og oljerente. 1977-1989	23
2.3	Uttak av energivarer i Norge. 1930 - 1989. PJ	24
2.4	Energibruk utenom energisektorene, etter næring. 1988*. Endring 1976-1988.	25
2.5	Energibruk utenom energisektorene og utenriks sjøfart, etter energivare. 1989. Endring 1976 - 1989	26
2.6	Gjennomsnittspriser på elektrisitet og noen utvalgte oljeprodukter. Tilført energi. 1989. Endring 1988 - 1989	26
2.7	Endringer i anslag på petroleumsformuen 1973 - 1989. Milliarder faste 1986-kroner	40
2.8	Virkningen på driftsbalansen og nettogjelden til utlandet av å ta bort oljesektoren	45
2.9	Oljerente, oljefond og avkastning. 1973-1988. Milliarder kr	46
2.10	Petroleumsformue og forventet avkastning fra petroleumsformuen	46
2.11	Gjennomsnittlig energiinnhold, virkningsgrader og tetthet, etter energivare	48
2.12	Energienheter	48
2.13	Prefikser	49
2.14	Reserveregnskap for råolje. Utbygde og besluttet utbygde felt. 1979-1989. Mtoe	49
2.15	Reserveregnskap for naturgass. Utbygde og besluttet utbygde felt. 1979-1989. Mtoe	49
2.16	Utvinning, omforming og bruk av energivarer. 1988*. PJ	50
2.17	Elektrisitetsbalanse. 1975 - 1989. TWh	51
2.18	Energibruk utenom energisektorene og utenriks sjøfart, etter energivare. 1976 - 1989. PJ	52
2.19	Gjennomsnittspriser på elektrisitet og noen utvalgte oljeprodukter. Tilført energi. 1980-1989	52
3.	FISK	55
3.1	Bestandsutvikling. Norsk-arktisk torsk. 1975-1989. 1 000 tonn	56
3.2	Bestandsutvikling. 1975-1989. 1 000 tonn	59
3.3	Kvoter, anbefalinger og fangst. Norsk-arktisk torsk. 1980-1989. 1 000 tonn	60
3.4	Kvoter og fangst. Etter bestand. 1978-1990. 1 000 tonn	62
3.5	Norsk fangst, etter grupper av fiskeslag. 1982-1989. 1 000 tonn	62
3.6	Deling av bestander i Barentshavet. Prosent	63
3.7	Deling av bestander i Nordsjøen. Prosent	63
3.8	Overføringer av fiskerettigheter mellom Norge og andre land. 1989. 1000 tonn t.e.	63
3.9	Matfiskoppdrett, etter fylke. 1988	64
3.10	Eksport av fiskevarer. 1979-1989. 1 000 tonn	66
3.11	Eksport av oppdrettslaks. 1981-1989	66
3.12	Eksportverdi av fiskevarer i mill. kr og i forhold til verdi av annen tradisjonell eksport. 1979-1989	66

Side

4. SKOG 69
4.1 Skogtilstand i Aust-Agder og Nord-Trøndelag målt ved gjennomsnittlig kronetetthet og andel prøvetrær med mindre enn 90 prosent kronetetthet. 1984/85 og 1987/88. Prosent 70
4.2 Skadet skogareal i Vest-Tyskland, etter treslag. 1986-1989. Mill. ha og prosent av arealet for hver enkelt art 72

5. JORDBRUKET - AREALBRUK OG FORURENSNING 75
5.1 Fordeling av midler på punktkilder og arealavrenning i 1989. Mill. kr 80
5.2 Relative nivåer i gjødsling, avling og N-avrenning ved reduksjon i arealintensitet til omtrent 90 prosent avlingsnivå og til den intensitet som gir minimum avrenning pr. produktenhet. Korn og eng. Gjennomsnitt for hele Sør-Norge. Dagens nivå=100 83
5.3 Andel av husdyr som er overtallige (må flyttes eller slaktes) ved innføring av spedearealkrav på 4 dekar pr. gjødseldyrenhet på hvert bruk. Utvalgte fylker og regioner. Prosent 84

6. LUFT 87
6.1 Kilder, skadevirkninger og grenseverdier knyttet til noen ulike forurensningskomponenter 89
6.2 Utslippskoeffisienter for NO_x, VOC, CO og partikler. 1987 91
6.3 Utslippskoeffisienter for SO_2 og CO_2. 1987 92
6.4 Utslipp til luft etter næring. 1987. 1 000 tonn 93
6.5 Utslipp til luft etter kilde. 1987. 1 000 tonn 94
6.6 Målestasjoner med overskridelse av grenseverdier for SO_2 vinteren 1988-1989. µg SO_2/m^3 100
6.7 Målestasjoner med overskridelse av grenseverdier for NO_2 vinteren 1988-1989. µg NO_2/m^3 101
6.8 Årsmiddelkonsentrasjoner av SO_2 og partikulært sulfat ved noen bakgrunnstasjoner. 1980-1988. µg $/m^3$ 101
6.9 Kryssløpskorrigerte utslipp til luft, inklusive utslipp fra produksjon av importerte varer. Ikke-konkurrerende import er utelatt. Endringer i utslipp ved en økning i sluttanvendelse av hver varegruppe på 1 mill. 1987-kroner 103
6.10 Kryssløpskorrigerte utslipp til luft, eksklusive utslipp fra produksjon av importerte varer. Endringer ved en økning av sluttanvendelse av hver varegruppe på 1 mill. 1987-kroner 104
6.11 Direkte utslipp pr. enhet bruttoproduksjon i millioner 1987-kroner . . . 104
6.12 Virkning av miljøavgifter. Avvik fra referansealternativet. År 2000. Prosent 106
6.13 Pris på oljeprodukter og forbruk av bensin og fyringsolje. Avvik fra referansealternativet. År 2000. Prosent 107
6.14 Avvik i utslipp fra referansealternativet. År 2000. Prosent 108
6.15 Kostnadsreduksjon, relativt til referansealternativet, ved å pålegge brenselsavgifter i henhold til marginal miljøskade. Mrd. 1986-kroner. År 2000 108
6.16 Økonomisk utvikling i referansealternativet. Milliarder 1986-kroner . . 109
6.17 Pris på oljeprodukter og forbruk av bensin og fyringsolje. Avvik fra referansealternativet ved innføring av CO_2-tak. Prosent. År 2010 110
6.18 Utslipp. Avvik fra referansealternativet som følge av CO_2-tak. 2010. Prosent 111
6.19 Årlige miljøkostnader og transportulemper. Avvik fra referansealternativet ved CO_2-tak. 2010. Milliarder 1986-kroner 111
6.20 Økonomiske indikatorer for ECE-området. Gjennomsnittlig årlig vekst. Prosent 112
6.21 Bruk av fossile brensler. 1985. Millioner tonn olje-ekvivalenter (Mtoe). Årlig gjennomsnittlig vekst 1985-2000 i referansealternativet. Prosent . 113

		Side
6.22	Årlig vekst i forbruk av fossile brensler 1985-2000. Prosent	113
6.23	Gjennomsnittlig årlig vekst i utslipp. 1985-2000. Prosent	115
6.24	Utslipp etter region og brenseltype. Millioner tonn. Årlig gjennomsnittlig vekst i referansealternativet 1985-2000. Prosent	116
6.25	Utslipp etter region og sektor. Millioner tonn. Årlig gjennomsnittlig vekst i referansealternativet 1985-2000. Prosent	118
6.26	Reduksjon i utslipp av SO_2. Prosent	119
6.27	Prosentvis reduksjon i utslipp og nedfall av svovel i Europa ved en overgang fra bruk av olje og kull til bruk av gass	121
6.28	Konsentrasjoner og økning av drivhusgasser i atmosfæren	123
6.29	Utslipp av metan fra ulike kilder. Millioner tonn CH_4 pr. år	126
6.30	Utslipp av N_2O fra ulike kilder. Millioner tonn N pr. år	126
6.31	Klimafaktorer for de viktigste klimapåvirkende gassene	127

1. INNLEDNING OG SAMMENDRAG

Statistisk sentralbyrå har siden 1978 utarbeidet regnskaper for viktige naturressurser og foretatt analyser av ressurs- og miljøforhold. Regnskapene gir en oversikt over naturressursgrunnlaget og viser uttak og bruk av ressursene. I tillegg til å gi statusoversikter, danner regnskapene et grunnlag for analyser og vurderinger av nåværende og framtidig disponering av naturressurser. Statistisk sentralbyrå bidrar også med informasjon om og analyser av forurensninger knyttet til økonomisk aktivitet.

Noen av de største utfordringene på miljøsiden er av internasjonal karakter, som problemene med drivhusgasser, ødeleggelse av stratosfærisk ozon, sur nedbør og forurensing av internasjonale havområder. På disse områdene vil Norge bare i samarbeid med andre land kunne bidra effektivt til å løse problemene. Norge har deltatt aktivt i arbeidet med å etablere internasjonale avtaler, bl.a. om begrensning av utslipp av svoveldioksid, nitrogenoksider, KFK (klorfluorkarboner) og ved utarbeidingen av havrettskonvensjoner.

Andre ressurs- og miljøproblemer er av nasjonal eller lokal karakter, der vi må rydde opp på egen hånd. Det er lett å peke på områder der håndteringen av norske ressurs- og miljøproblemer verken har vært særlig innsiktsfull eller framsynt. Det gjelder både utnyttingen av norske naturressurser som fisk og vannkraft og forurensninger fra landbruk, industri og transport. Dette betyr imidlertid ikke at norsk politikk kommer spesielt dårlig ut sammenlignet med andre land. Eksemplene nedenfor er ikke plukket ut for å tegne et dystert bilde av norsk ressurs- og miljøpolitikk, men for å antyde at en fornuftig ressurs- og miljøpolitikk også vil kunne gi en effektivisering av norsk økonomi.

Flere av de viktigste fiskebestandene i norske havområder er på et alvorlig lavt nivå. Med utstrakt bruk av moderne teknologi må fangstinnsatsen reguleres for å unngå overbeskatning. Et rikt naturgrunnlag kombinert med styring av uttaket burde likevel gitt muligheter for et relativt stabilt og solid langtidsutbytte i næringen, selv om en alltid må regne med naturlige variasjoner i bestandsgrunnlaget og dermed i lønnsomhet. I stedet for å gi overskudd, er næringen etterhvert blitt kraftig subsidiert. Det er flere forhold som har bidratt til at denne situasjonen har oppstått. Naturgrunnlaget har stadig endret seg og havforskerne har i noen år basert sine anbefalte kvoter på for optimistiske bestandsanslag. Forvaltningen av fiskeressursene har i stor grad vært basert på vurderinger av enkeltarter, uten tilstrekkelig hensyn til hvordan de enkelte arter påvirker hverandre. Uregistrerte fangster kan også ha gjort at statistikk over ilandført mengde fisk har gitt feil informasjon om faktiske uttak. Myndighetene har prøvd å ivareta mange andre hensyn enn en effektiv utnyttelse av fiskeressursene, og bidratt til problemene ved å subsidiere en for stor fangstkapasitet i næringen.

Heller ikke utnyttingen av norske vannkraftressurser er i samsvar med prinsipper for god ressursforvaltning. På dette området er det ikke snakk om en ressurs som er tømt, men om en uheldig utbyggings- og prispolitikk. Kostnadene ved å bygge ut ny kraft har opp gjennom årene ikke i tilstrekkelig grad blitt holdt opp mot betalingsvilligheten for kraft, og resultatet har blitt at en har bygd ut en for stor kapasitet. Prisene på kraft varierte i 1989 mellom 4 og 60 øre pr. kWh for ulike brukere. Nå

er ikke elektrisitet et helt ensartet produkt, fordi det er ulikheter i distribusjonskostnader og brukstid. Prisforskjellene er imidlertid langt større enn det ulike kostnader ved overføring, distribusjon og brukstid skulle tilsi. Store prisforskjeller innen samme brukergruppe tyder ikke på en effektiv utnytting av ressursen.

Luftforurensning har i høy grad sammenheng med bruk av fossile brensler (kull, olje, gass). Miljøpolitikken vil derfor i stor grad også dreie seg om å styre energiforbruket eller å begrense utslippene, direkte eller via prismekanismen. Prisene på fossile brensler var siste år såvidt lave sammenlignet med prisene for elektrisitet at det for mange brukergrupper lønte seg å bruke olje til oppvarming og prosessformål i stedet for elektrisitet. Samtidig rant vann tilsvarende omtrent 6 TWh forbi driftsklare turbiner, og med ledig overføringskapasitet tilgjengelig.

I jordbrukssektoren har ensidige driftsformer medført et stadig sterkere press på miljøet. Ensidig drift og "billig" handelsgjødsel har medført en overgjødsling som først og fremst har gitt lokale problemer i vassdrag og fjordområder. Jordbruket har også (sammen med kommunale avløp) bidratt til for stor næringstilførsel til Nordsjøen. Som i eksemplene over er det trolig langt billigere å forebygge enn å rydde opp i problemene etterpå. Feildisponeringene i jordbruket kan i stor grad avhjelpes ved å prise innsatsfaktorer "riktig" for å ta hensyn til miljøkostnader. Oppryddingsaksjoner har hittil kostet milliardbeløp.

Petroleumsressursene på norsk sokkel ble oppdaget forholdsvis nylig, noe som til en viss grad har gjort at vi har kunnet lære av andres erfaringer. Dimensjonene av petroleumsressursene er store i forhold til norsk økonomi. Det har derfor aldri vært aktuelt å overlate utnyttingen av ressursene til markedet, eller å nøye seg med mindre reguleringer. Myndighetene har styrt utvinningen via blokktildelinger og egen investeringsaktivitet, og har hatt hånd om vesentlige deler av inntektene via eierinteresser og beskatning. Olje og gass er internasjonale handelsvarer, og det har bestemt prisen til ulike brukergrupper. Det striden har stått om er tempoet i utbyggingen, frikopling av inntektsopptjening og inntektsbruk og om bruken av inntektene har vært forsvarlig.

Utnyttingen av naturressurser gir utfordringer som adskiller seg fra vanlig produksjon. Ressursen kan være tømbar, tilveksten som kan høstes er avhengig av uttaket, det kan være stordriftsfordeler knyttet til utnytting eller indirekte virkninger som forurensninger eller naturinngrep knyttet til uttak og bruk. Det er slike forhold som gjør at utnyttingen av naturressurser ikke kan overlates til et uregulert marked, selv om det ikke er uproblematisk å angi hvilke reguleringer eller andre markedsinngrep som er mest hensiktsmessige. Utfordringene varierer med ressurstype, og det fins ofte ikke noen enkle og robuste svar på hvordan problemene kan takles. Denne rapporten gir en nærmere drøfting av noen av de problemstillingene som er reist ovenfor.

Sammendrag

I kapittel 2 gis oversikt over norske energireserver, samt uttak og bruk av energi innenlands. Utviklingen i energiforbruket diskuteres i lys av makroøkonomisk utvikling, endringer i prisene på elektrisitet og oljeprodukter og endringer i næringssammensetning. Utviklingen på det internasjonale oljemarkedet beskrives kort. I kapitlet drøftes også hvordan en kan anslå verdien av petroleumsformuen og ulike prinsipper for forvaltning av olje- og gassressursene. Oljeprisfallet i 1986 synliggjorde at tidligere inntektsforventninger og anslag på petroleumsformuen var altfor optimistiske. En inntektsbruk mer direkte knyttet til de høye anslagene for petroleumsformuen ville ha skapt store ubalanser i norsk økonomi. Beregningene illustrerer at en bør være svært forsiktig med å basere forvaltningen av petrolueumsressursene på enkle beregninger av formue og avkastning ut fra forventninger som er enkle trender av observerte markedspriser.

Vannkraftproduksjonen var rekordhøy i 1989 med 119 TWh. En stor del av kraften, 15 TWh, ble eksportert. I tillegg ble det sluppet vann tilsvarende 6 TWh forbi driftsklare turbiner. Olje- og gassproduksjonen økte kraftig i 1989 til 106 millioner tonn oljeekvivalenter; en økning på 23,5 prosent fra 1988. Sammen med økte oljepriser førte dette til en sterk økning i inntektene fra petroleumsvirksomheten. Det

totale energiforbruket i Norge, utenom energisektoren og utenriks sjøfart, økte i perioden 1976-1987 med i gjennomsnitt 2,1 prosent årlig. I årene 1987-1989 gikk imidlertid forbruket ned med i gjennomsnitt 1,9 prosent pr. år. Ifølge foreløpige tall var det totale innenlandske energiforbruket 743 PJ i 1989, en nedgang på om lag 1,1 prosent fra 1988.

I kapittel 3 presenteres ressursregnskapet for fisk som gir opplysninger om bl.a. utviklingen i fiskebestander, kvoter og hvor stor fangsten var i 1989, samt tall for eksport av fiskeprodukter og oppdrettslaks. Gytebestanden av norsk vårgytende sild har i 1988 og 1989 vært større enn på mange år, men er helt dominert av en årsklasse. Loddebestanden i Barentshavet er i svak vekst, men det er ennå ikke grunnlag for fiske på denne bestanden. Torskebestanden er nå vurdert til å være på et svært lavt nivå, og kvoten for 1990 er rekordlav. Det totale fangstkvantum i norske fiskerier i 1989 har gått noe opp fra 1988, men førstehåndverdien har gått ned med om lag 6 prosent. Eksportverdien av fiskevarer økte med om lag 3 prosent fra 1988 til i overkant av 11 milliarder kroner. Eksportmengden av oppdrettslaks økte med 45 prosent fra 1988, men eksportverdien økte bare med 13 prosent.

I kapittel 4 beskrives skogtilstanden i Norge, og det er gitt noenlunde tilsvarende beregninger for Vest-Tyskland. Det har vært små endringer i skogtilstanden i Norge fra 1988 til 1989. Både for gran og furu er det registrert en svak økning i gjennomsnittlig kronetetthet. I 1988 var den gjennomsnittlige kronetettheten 83,6 prosent for både gran og furu. I 1989 har kronetettheten for gran økt til 85,1 prosent og for furu til 85,7 prosent.

I kapittel 5 gis innledningsvis en omtale av jordbruksareal og arealressurser. Forurensninger fra jordbruket, med spesiell vekt på næringssalter, diskuteres. Nye tall fra Statens forurensningstilsyn antyder at jordbruket står for om lag 50 prosent av de norske nitrogenutslippene og 27 prosent av fosforutslippene til Nordsjøen. Effekter av tiltak mot jordbruksforurensninger, som redusert arealintensitet, innføring av spredearealkrav og engdyrking på erosjonsutsatt jord, diskuteres med utgangspunkt i resultater fra simuleringsmodellen SIMJAR. Beregninger viser at en reduksjon av nitrogengjødslingen med 30 prosent vil redusere nitrogenavrenning fra kornarealer og eng med henholdsvis 30 og 45 prosent. Dette vil på kort sikt gi en avlingsreduksjon på om lag 10 prosent. Innføring av spredearealkrav på 4 dekar, som nå er bestemt, vil få størst konsekvenser for produsenter av svine- og fjørfekjøtt. Overgang fra åpenåker til eng kan redusere fosfor-avrenningen med opp til 40 prosent i områder med spesielt erosjonsutsatt jord.

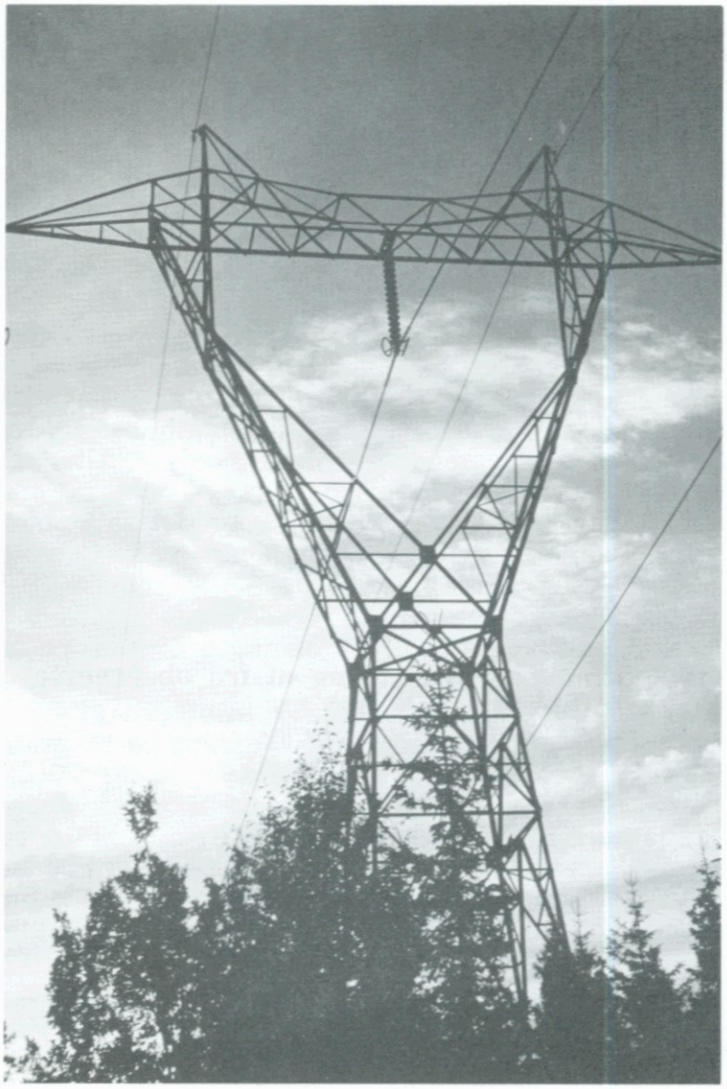
I kapittel 6 drøftes hvordan økonomiske aktiviteter påvirker utslipp til luft og luftkvalitet. Det gis historiske oversikter over utslipp til luft på nasjonalt nivå for en rekke forurensningskomponenter.

Milde vintrer og relativ lav økonomisk aktivitet de siste årene har bidratt til å stoppe veksten i utslipp til luft. Svoveldioksidutslippene og konsentrasjonen av svoveldioksid i byluft er de laveste siden 1970-tallet. Veksten i utslipp av nitrogenoksider og karbondioksid har stagnert de siste årene. Konsentrasjonen av nitrogenoksider i byluft er allikevel mange steder høyere enn anbefalte grenseverdier for luftkvalitet.

I kapitlet er det lagt vekt på å studere avgifter på bruk av fossile brensler som miljøpolitisk virkemiddel. Avgiftsnivået er i et alternativ bestemt ut fra beregninger av den skade utslippene medfører (helse, korrosjon, forsuring mv.). I et annet alternativ er det satt slik at målsettingen om stabilisering av CO_2-utslipp oppnås. Innføring av en miljøavgift basert på marginal skade, vil innebære en gjennomsnittlig økning i prisen på oljeprodukter på 75 prosent i år 2000. Beregninger viser at en slik avgift vil gi 25 prosent reduksjon i SO_2-utslipp og 23 prosent reduksjon i CO_2-utslippene i år 2000. Samtidig er dette anslått å gi en årlig gevinst i form av reduserte miljøkostnader på over 10 milliarder 1986-kroner. Denne gevinsten oppveier noe av tapet i bruttonasjonalprodukt, som er anslått til 14 milliarder kroner. Innføring av en avgift med sikte på å stabilisere CO_2-utslippene etter årtusenskiftet, vil innebære at oljeprisen i år 2010 vil være om lag dobbelt så høy som i en utviklingsbane uten den øvre grensen på CO_2-utslippene. En slik avgift ville føre til endringer i energiforbruk og produksjonsstruktur. Det er beregnet at verdien av miljøforbedringer

vil utgjøre nesten 20 milliarder 1986-kroner i år 2010. Dette oppveier langt på vei produksjonstapet, som er anslått til 27 milliarder kroner.

Framskrivninger av utslipp til luft i Europa presenteres. Beregninger av effekten på svovelavsetning i Norden av å overføre midler til rensing fra de nordiske land til Polen og Øst-Tyskland, tyder på at det er vesentlig mer kostnadseffektivt å rense i Øst-Europa enn i Norden. Kapitlet avsluttes med et avsnitt om drivhuseffekten, med vekt på omtale av ulike gassers bidrag til dette globale miljøproblemet.



2. ENERGI

Vannkraftproduksjonen var rekordhøy i 1989, hele 119 TWh. Samtidig stagnerte den innenlandske kraftetterspørselen, blant annet som en følge av den milde vinteren. 15 TWh av vannkraftproduksjonen ble eksportert til lave priser. I tillegg ble det sluppet vann forbi driftsklare kraftverk tilsvarende 6 TWh. Kraftkrevende industri er blitt tilbudt nye langsiktige kraftkontrakter til priser som ligger klart lavere enn kostnadene ved å bygge ut ny kraft. Prisene til alminnelig forsyning har imidlertid ikke blitt satt ned.

Den norske oljeproduksjonen økte kraftig i 1989, og den totale produksjonen av olje og gass kom opp i 106 millioner tonn oljeekvivalenter. Oljeprisene tok seg opp og bidro også til en sterk økning i inntektene fra petroleumsvirksomheten. Den såkalte oljerenten, som er et mål på meravkastningen fra produksjonen av olje og gass, økte fra om lag 900 millioner kroner i 1988 til vel 20 milliarder kroner i 1989.

I forvaltningen av olje- og gassressursene står anslag på verdien av petroleumsformuen sentralt. Dette begrepet drøftes i et eget analyseavsnitt i dette kapitlet. Analysen peker blant annet på at med de forventninger om høye priser på olje og gass som var vanlig i 1970-årene og i begynnelsen av 1980-tallet, er det lite grunnlag for å hevde at omfanget av inntektsbruken i disse årene var stort. Oljeprisfallet i 1986 synliggjorde imidlertid at inntektsforventingene og anslagene på petroleumformuen var altfor optimistiske. En inntektsbruk mer direkte knyttet til (de høye) anslagene for petroleumsformuen ville ha skapt store ubalanser i norsk økonomi. I kapitlet drøftes spesielt forvaltningsregelen (som har vært foreslått) basert på å bruke den årlige realavkastningen av petroleumsformuen til innenlandsk forbruk. Det vises hvordan dette utover 1980-tallet ville ha ført til en kraftig forverring i Norges utenriksøkonomi og gjeldssituasjon. Analysen viser at en bør være svært forsiktig med å basere forvaltningen av petroleumsformuen på enkle beregninger av formue og avkastning ut fra observerte markedspriser.

2.1. Vannkraft

Vannkraftreserver

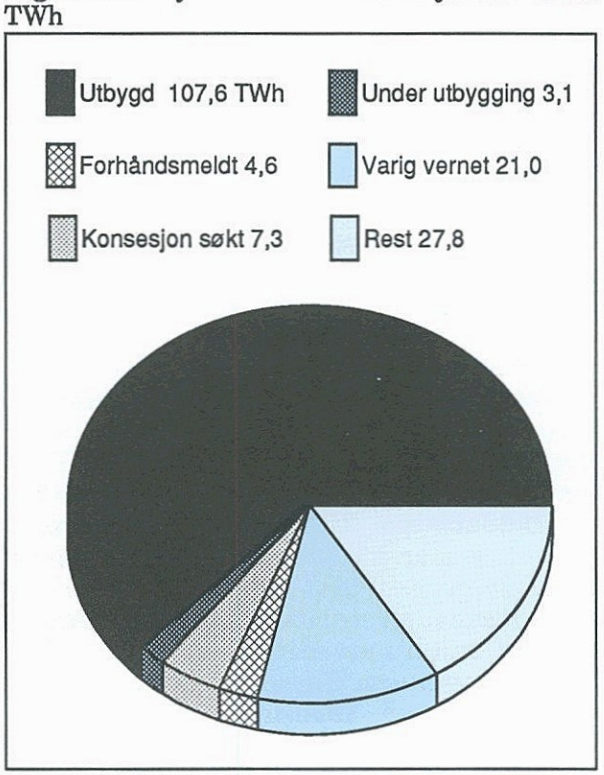
Vannkraftressursene kan inndeles i fire grupper:

- Utbygd vannkraft.
- Vannkraft under utbygging eller konsesjonsbehandling.
- Gjenværende vassdrag i "Samlet plan for vassdrag".
- Vernede vassdrag.

Figur 2.1 viser at de samlede økonomisk nyttbare vannkraftressurser var på 171,4 TWh pr. 1. januar 1990. I dette tallet er varig vernede vassdrag med et kraftpotensial på 21,0 TWh medregnet. Pr. 1. januar 1990 var det bygd ut vannkraft med en midlere produksjonsevne på 107,6 TWh. Dette er 2,2 TWh mer enn ved forrige årsskifte. Midlere produksjonsevne uttrykker kraftverkenes produksjonskapasitet i et

år med normal nedbør. Ikke utbygde vannkraftressurser eksklusive varig vernede vassdrag, utgjorde 42,8 TWh pr. 1. januar 1990. Av dette var rundt 15 TWh under utbygging, til konsesjonsbehandling eller forhåndsmeldte.

Figur 2.1. Nyttbar vannkraft 1. januar 1990. TWh



Total magasinkapasitet i det norske vannkraftsystemet var ved årsskiftet noe under 79 TWh. Magasinenes fyllingsgrad lå gjennom størsteparten av året langt over gjennomsnittet for de ti siste årene. Dette skyldtes store nedbørsmengder. I april lå fyllingsgraden på 50-55 prosent, mens det normale er omkring 30. Mot slutten av året var fyllingsgraden fortsatt noe over det normale. Ved årsskiftet 1989/90 var magasinbeholdningen 59 TWh, som svarer til en fyllingsgrad på om lag 75 prosent.

Vannkraftproduksjon og kraftmarkedet

I 1989 var produksjonen av elektrisk kraft (vannkraft og varmekraft) 119,2 TWh. For annet år på rad kunne det dermed noteres ny produksjonsrekord, idet produksjonen var hele 9,2 TWh større enn i 1988. Dette var det tredje året på rad elektrisitetsproduksjonen økte kraftig, etter å ha gått noe ned fra 1984 til 1986, se tabell 2.17 (tabellvedlegg).

Bruttoforbruket av kraft innenlands var om lag 104 TWh i 1989, fordelt med om lag 30 TWh til kraftintensiv industri, 59 TWh til alminnelig forsyning og 4,5 TWh tilfeldig kraft til elektrokjeler og pumpekraft. Rundt 10 TWh gikk tapt i overførings- og distribusjonsnettet. Om lag 15,2 TWh ble eksportert. Av dette gikk 11,2 TWh til Sverige, 3,8 TWh til Danmark og ca. 0,2 TWh til Finland. I 1989 ble det importert 0,3 TWh fra Sverige. Overskuddssituasjonen i 1989 skyldes hovedsakelig det gode tilsiget til magasinene gjennom 1989 og i mindre grad lavere etterspørsel på grunn av høy temperatur. Eksportverdien av kraften var i 1989 om lag 900 millioner kroner. Importverdien var om lag 37 millioner kroner.

Fastkraftproduksjonsevnen til det norske vannkraftsystemet i 1989 var om lag 104 TWh. Temperaturkorrigert forbruk av fastkraft var om lag 101 TWh, dvs. at en ved et temperaturmessig normalår ville brukt om lag 3 TWh mer fastkraft enn faktisk forbruk i 1989. Sammenligner man temperaturkorrigert fastkraftforbruk med fastkraftproduksjonsevnen, er det til eksisterende priser noe kraftoverskudd i markedet. Overskuddet på rundt 3 TWh dekker to års brutto forbruksvekst hvis veksttakten blir som de siste årene.

Utnytting av overskuddskraft

I 1989 rant det vann tilsvarende 6 TWh forbi driftsklare maskiner. Det var samtidig ledig overføringskapasitet. Hovedgrunnen til denne sløsingen med ressurser er mangelen på prisfleksibilitet i det norske kraftmarkedet. Kraftproduksjon utover fastkraft omsettes i et tilfeldig kraftmarked. Det er imidlertid kun en liten andel av forbrukerne i Norge som har adgang til dette markedet. Til tross for overskuddssituasjonen ble kjøperprisen på fastkraft til alminnelig forsyning økt med i gjennomsnitt 3,5 prosent fra 1988 til 1989.

Elektrisitet kan erstatte olje i betydelig grad på kort sikt i det norske markedet, og med en lavere kraftpris kunne kraftomsetningen vært økt i 1989. Produksjonskostnadene for de 6 TWh som rant forbi driftsklar kapasitet i 1989, ville vært svært lave.

Med et mer fleksibelt kraftmarked kunne denne overskuddskraften vært tilbudt forbrukerne til lave priser.

Eksporten av kraft hadde en gjennomsnittspris på 6 øre/kWh. Med mer fleksible kraftpriser innenlands kunne Norge nyttiggjort seg mer av den kraften som ble eksportert i 1989, siden kraftprisene innenlands er vesentlig høyere enn eksportprisene. Dette ville gitt en bedre ressursbruk, lavere oljeforbruk og mindre forurensninger.

Tabell 2.1. Elektrisitetsbalanse[1] 1989. Endring 1975 - 1989

	1989 TWh	Gjennomsnittlig årlig endring i prosent 1975-1988	1988-1989
Produksjon	119,2	2,7	8,4
+Import	0,3	24,4	-82,4
-Eksport	15,2	2,0	105,4
=Brt. innenl. forbr.	104,3	2,9	-0,1
-Pumpekraft	0,5	19,4	-50,0
-Tilfeldig kraft	5,0	2,7	11,1
-Tap ved eksport og tilf. kraft	1,4	0,0	75,0
=Brt. fastkr.forbr.	97,4	2,9	-0,7
Kraftint. ind.	31,2	0,9	2,6
Alm. forbr.[2]	66,2	4,0	-2,2
-Tap i linjenettet, eget forbr. i stasj., statistisk diff.	8,9	2,9	-2,2
=Nto. fastkr.forbr.	88,6	2,9	-0,4
Kraftint. ind.	30,3	0,9	2,4
Alm. forbr.[2]	58,3	4,1	-1,9
Alminnelig forbruk[2] temperaturkorr.	61,5	4,0	2,2

1) Definisjonene i tabellen følger Elektrisitetsstatistikkens definisjoner. Tallene er foreløpige.
2) Fastkraftforbruk utenom kraftintensiv industri.

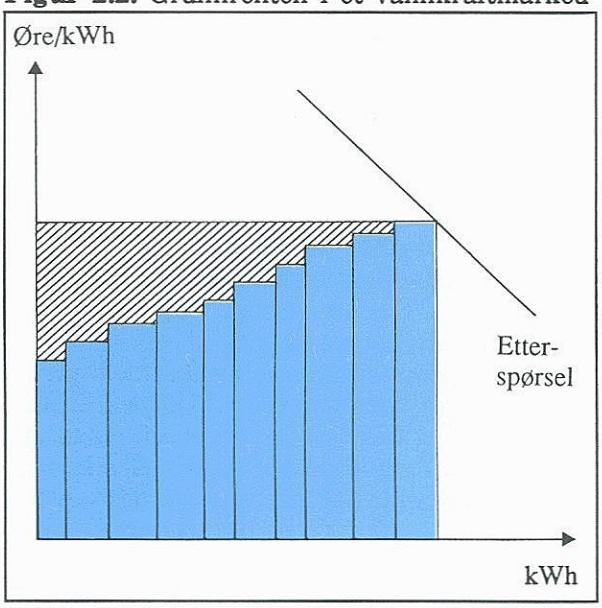
Tabell 2.1 viser elektrisitetsbalansen. Det er knyttet usikkerhet til anslagene over tap i linjenettet, og dermed også til anslagene for netto forbruk av fastkraft.

Grunnrenten i vannkraftproduksjonen

Kostnadene ved utbygging og drift av vannkraftverk varierer fra prosjekt til prosjekt etter størrelse og de naturgitte forhold. Ulike kraftverk kan rangeres etter stigende kostnad pr. kWh. Ettersom markedsprisen på kraft stiger, vil det oppstå overskudd i verk med lave kostnader. Dette overskuddet, grunnrenten, skyldes knapphet på vannkraftprosjekter som er billige å bygge ut. Er markedsprisen på kraft høy og kostnaden pr. kWh i kraftverket lav, vil grunnrenten bli høy. For mer marginale verk vil kostnadene ligge i nærheten av inntektene, slik at grunnrenten blir lav.

Begrepet grunnrente er illustrert i figur 2.2 der det er tegnet inn ulike kraftverkprosjekter og markedspris. Høyden på søylene er lik gjennomsnittskostnaden i kraftverket, mens bredden angir produksjonskapasiteten. Gjennomsnittskostnaden omfatter både kapitalkostnader (normalavkastning og kapitalslit) og driftskostnader. Figuren illustrerer at det er avtakende utbytte i vannkraftproduksjonen. Grunnrenten er lik det skraverte feltet i figuren.

Figur 2.2. Grunnrenten i et vannkraftmarked



Grunnrenten er et teoretisk begrep. Hvis hele grunnrenten som antydes i figur 2.2 skal realiseres, kreves både at kapasiteten i kraftforsyningssystemet er riktig dimensjonert (pris lik langtidsgrensekostnad) og at prisene klarerer markedet og er like for alle forbrukere. Dersom en eller flere av disse forutsetningene ikke er oppfylt, vil deler av grunnrenten gå tapt. Potensialet for den grunnrente kraftsektoren kunne ha trukket inn, kan beregnes ved å forutsette at alle brukere står overfor samme kostnadskorrigerte pris og at etterspørselen er så høy at denne prisen er lik langtidsgrensekostnad.

Kraftsektoren i nasjonalregnskapet og i elektrisitetsstatistikken består av produksjon, overføring og fordeling av elektrisk kraft. Ideelt sett burde overføring og fordeling skilles ut ved beregning av grunnrenten i vannkraftproduksjonen. Ved beregning av grunnrenten i kraftproduksjonssektoren kan en anta at det er kostnadsdekning i overførings- og fordelingsdelen av kraftsektoren.

NVE (1988) oppgir langtidsgrensekostnader pr. 1. januar 1988. Langtidsgrensekostnadene i 1989 er beregnet ved å prisjustere NVEs tall med veksten i konsumprisindeksen. Langtidsgrensekostnaden ved levering av kraft til alminnelig forsyning i 1989 blir 44,5 øre/kWh. Kraftkrevende industri og treforedling har høyere brukstid, lavere overføringskostnader og ingen fordelingskostnader. Langtidsgrensekostnaden for levering av kraft til disse sektorene er beregnet til 31,0 øre/kWh.

Med disse kraftprisene og samme totalt omsatte kvantum som i 1989, ville driftsresultatet i kraftsektoren kunne bli 24,7 milliarder kroner. Det gir en grunnrente på 10,8 milliarder kroner om en krever en kapitalavkastning på 7 prosent. Dette er en illustrasjon på det langsiktige årlige potensialet for grunnrenten i kraftsektoren til dagens kapasitet og gitt at markedet er i likevekt. Foreløpige anslag for 1989 gir et driftsresultat på om lag 11,0 milliarder kroner i elektrisitetsforsyningen. Med en realkapitalmengde på 199 milliarder kroner gir det en kapitalavkastning på om lag 5,6 prosent i sektoren. Kraftsektoren ga dermed ingen grunnrente i 1989.

2.2. Olje og gass

Reserver av olje- og naturgass

Den delen av totale påviste ressurser som kan utvinnes ved dagens priser og kjent teknikk, kalles reserver. Dersom prisene går opp eller man finner bedre produksjonsteknikker, vil andelen lønnsomme ressurser (reserver) øke. For olje er reserveandelen av påviste ressurser i gjennomsnitt om lag 1/3. I tillegg til påviste ressurser kommer hva som potensielt finnes på de uutforskete delene av kontinentalsokkelen. Oljedirektoratet (1989) anslår pr. 1/1 1989 et reservepotensial på 5 200 millioner tonn oljeekvivalenter (mtoe) sør for Stad. Av dette er 4 400 mtoe oppdaget. 2 910 mtoe var besluttet utbygd, mens knapt 23 prosent av dette var utvunnet. I tillegg til reservene sør for Stad, beregnes påviste ressurser til 480 mtoe på Haltenbanken og 270 mtoe på Tromsøflaket.

Tidsutviklingen for reservene i utbygde og besluttet utbygde felt går fram av tabell 2.14 og 2.15 i tabellvedlegget. I 1988 økte oljereservene i disse feltene dels på grunn av oppvurderinger av beholdningene i "gamle" felt, dels på grunn av vedtak om nye utbygginger. Disse tilvekstene oversteg uttaket. I 1989 ble ingen nye felt vedtatt utbygget. Omvurderinger er ennå ikke foretatt for 1989.

Med nåværende utvinningstempo vil oljereservene i utbygde og besluttet utbygde felt tømmes i løpet av drøyt 12 år, mens gassreservene vil bli tømt etter 41 år. Hvis reservene i felt som ikke er besluttet utbygd legges til, vil reservene vare i henholdsvis 20 og 91 år. Den kraftige reduksjonen i levetiden for gjenværende oljereserver i forhold til tidligere anslag kommer av en sterk økning i oljeproduksjonen.

Olje- og gassutvinning i 1989

Norsk olje- og gassproduksjon var 106,8 millioner tonn oljeekvivalenter i 1989, en vekst på 23,5 prosent fra 1988. Oljeproduksjonen økte med drøyt 32 prosent fra 56,7 millioner tonn i 1988 til 74,9 millioner tonn i 1989. Det var særlig økningen i

VARDO PRODUKSJONSLAG A.

REFERANSER:

Brekke, K.A., I. Aslaksen og K. Thonstad (1989): *"Optimal saving with Intertemporally Dependet Preferences"*, Upublisert

Brekke, K.A., T.A. Johnsen og A. Aaheim (1989): *Petroleumsformuen - prinsipper og beregninger.* Økonomiske analyser nr. 5, 1989, Statistisk sentralbyrå

Bye, T. (1984): *Energisubstitusjon i næringssektorene i en makromodell.* Rapporter 84/2

Bye, T. og F.R. Førsund (1989a): *Norsk aluminiumsindustri 1966-1986.* Notat mars 1989, SAF/SSB

Bye, T. og F.R. Førsund (1989b): *Norsk ferrolegeringsindustri 1972-1986.* Notat mars 1989, SAF/SSB

Bye, T., Førsund, F.R. og T.A. Johnsen (1989): *Norsk treforedlingsindustri 1972-1986.* Notat mars 1989, SAF/SSB

Bye, T. og T.A. Johnsen (1989): *Energisubstitusjon i treforedlingssektoren.* Rapporter 89/22

Bye, T. og S. Strøm (1987): *Kraftpriser og kraftforbruk.* Sosialøkonomen nr. 8, 1987

Cappelen, Å. og E. Gjelsvik (1990): *Oil and Gas Revenues and the Norwegian Economy in Retrospective: Alternative Macroeconomic Policies.* I Bjerkholt, O., Ø. Olsen og J. Vislie: Recent Modelling Approaches in Applied Energy Economics. Chapman and Hall, London

Cappelen, Å., E. Offerdal og S. Strøm (1985): *Oil Revenues and the Norwegian Economy.* I Bjerkholt, O. og E. Offerdal: Macroeconomic Prospects for a Small Oil Exporting Country. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Nederland

Kobila, T. Ø. (1990): *The choice between hydro and thermal power generation under uncertainty.* I O. Bjerkholt, Ø. Olsen and J. Vislie (eds.): Recent modelling approaches in applied energy economics. Chapman - Hall

NVE (1988): *Langtidsgrensekostnad for fastkraft.* Indifferenskostnad for fastkraft. Avdelingsrapport ES 20/88

OED (1985): *Energilovgivningen.* NOU 1985:9

OED (1989a): *Om tiltak for økt aktivitet i industrien og et mer fleksibelt kraftmarked.* St.prp. nr. 79 (1988-89)

OED (1989b): *Om lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.* (Energiloven). Ot.prp. nr. 73 (1988-1989)

OED (1989c): *Om energiøkonomisering og energiforskning.* St.meld. nr. 61 (1988-1989)

Oljedirektoratet (1989): *Årsberetning 1988*

Wood & MacKenzie (1989): *North Sea Report*

Tabell 2.18. Energibruk utenom energisektorene og utenriks sjøfart, etter energivare. 1976 - 1989. PJ

Energivare	1976	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988*	1989*
I alt	617	677	664	677	722	743	747	772	751	743
Elektrisitet	241	280	280	298	319	329	324	335	334	337
Fast kraft	232	271	271	283	302	312	315	321	320	319
Tilfeldig kraft	9	9	9	15	17	17	10	15	14	18
Olje i alt	311	321	309	293	312	323	336	348	329	319
Olje utenom transportolje	161	120	100	84	80	84	95	84	73	65
Bensin	13	6	4	4	5	4	4	0	0	0
Parafin	17	12	9	8	7	9	10	11	10	8
Mellomdestillater	65	55	48	41	40	43	43	45	40	36
Tungolje	66	47	39	31	28	28	37	29	23	21
Olje til transport	147	162	166	171	181	187	202	208	204	201
Bil-, jetbensin, jetparafin	69	78	80	81	84	89	96	102	103	104
Mellomdestillater	75	79	80	84	89	91	98	99	95	92
Tungolje	3	5	6	6	8	7	8	7	6	6
Gass gjort flytende	1	39	41	40	50	52	40	56	53	53
Fjernvarme	.	.	.	.	.	.	.	3	3	3
Fast brensel	65	76	75	86	91	91	88	86	85	84
Kull, koks	47	48	47	56	60	57	53	51	50	48
Ved, treavfall, avlut, avfall	18	28	28	30	31	34	34	35	35	36

Tabell 2.19. Gjennomsnittspriser[1] på elektrisitet[2] og noen utvalgte oljeprodukter. Tilført energi. 1980-1989

Energivare	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988*	1989*
Fyringsprodukter: Pris i øre/kWh										
Elektrisitet[3]	17,5	20,1	23,2	26,9	30,5	32,5	35,6	37,9	41,7	43,0
	(15,7)	(17,5)	(20,2)	(23,4)	(26,5)	(28,5)	(31,6)	(34,3)	(37,2)	(38,6)
Fyringsparafin	20,7	26,9	30,5	31,8	32,5	32,8	24,8	25,0	25,7	28,3
Fyringsolje 1	18,0	22,8	25,1	26,2	26,9	27,2	19,4	19,6	19,7	21,6
Fyringsolje 2	17,0	21,7	23,8	25,0	25,7	25,7	18,1	18,3	18,8	20,7
Tungolje	10,3	13,8	13,7	14,8	17,7	17,8	10,4	12,4	11,7	14,7
Transportprodukter: Pris i øre/liter										
Bensin, høy oktan	371,5	435,0	460,5	492,5	520,9	512,8	476,0	510,0	536,0	578,5
Bensin, lav oktan	263,5	427,0	461,7	480,2	505,3	501,8	.	.	.	.
Bensin, blyfri	.	.	.	.	.	521,2	457,0	489,0	503,0	540,5
Autodiesel	191,9	240,0	262,7	272,3	280,3	282,0	207,6	210,0	214,0	233,0

1) Alle avgifter inkludert.
2) Husholdninger og jordbruk.
3) Tallene i parentes utgjør den variable del av prisen (energileddet i en H4-tariff).

Tabell 2.17. Elektrisitetsbalanse[1]. 1975 - 1989. TWh

	1975	1980	1983	1984	1985	1986	1987	1988*	1989*
Produksjon	77,5	84,1	106,4	106,7	103,3	97,3	104,3	110,0	119,2
+Import	0,1	1,8	0,4	0,9	4,1	4,2	3,0	1,7	0,3
-Eksport	5,7	2,3	13,8	9,1	4,6	2,2	3,3	7,4	15,2
=Brutto innenl. forbruk	71,9	83,6	93,0	98,4	102,7	99,3	103,9	104,4	104,3
-Pumpekraft	0,1	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	0,7	1,0	0,5
-Tilfeldig kraft	3,2	1,2	4,1	4,8	4,8	2,7	4,1	4,5	5,0
-Tap ved eksport og tilfeldig kraft	0,8	0,3	1,6	1,3	1,0	0,3	0,5	0,8	1,4
=Brutto fastkraftforbruk	67,7	81,6	86,8	91,7	96,2	95,4	98,6	98,1	97,4
Kraftintensiv industri	27,0	28,7	29,5	32,1	30,9	29,2	29,8	30,4	31,2
Alminnelig forbruk[2]	40,7	52,9	57,3	59,6	65,3	66,2	68,8	67,7	66,2
-Tap i linjenettet, eget forbruk i stasjonene, statistisk diff.[3]	6,3	7,7	7,7	8,0	8,7	9,1	9,2	9,1	8,9
=Netto fastkraftforbruk[3]	61,4	73,9	79,1	83,7	87,5	86,4	89,3	89,0	88,6
Kraftintensiv industri	26,2	27,9	28,7	31,2	30,0	28,4	28,9	29,6	30,3
Alminnelig forbruk[2]	35,2	46,0	50,4	52,5	57,5	58,0	60,4	59,4	58,3
Alminnelig forbruk[2] temperaturkorrigert	36,3	45,1	51,7	53,0	55,0	57,1	58,6	60,2	61,5
Gjennomsnittlig årlig endring. Prosent		4,4	4,7	2,5	3,8	3,8	2,6	2,7	2,2

1) Definisjonene i tabellen følger Elektrisitetsstatistikkens definisjoner.
2) Fastkraftforbruk utenom kraftintensiv industri.
3) Summen av tap og statistisk differanse registreres i Elektrisitetsstatistikken. Den delen som tapet utgjør er fra 1983 beregnet som differansen mellom brutto og netto kraftforbruk i kraftintensiv industri pluss et beregnet tap i alminnelig forsyning på 14 prosent (fra 1989 13,5 prosent). Nettoforbruket framkommer som differansen mellom brutto forbruk og beregnet tap. Denne beregningsmåten gjør at forbrukstallet for alminnelig forsyning avviker noe fra Elektrisitetsstatistikken.

Tabell 2.16. Utvinning, omforming og bruk[1] av energivarer. 1988*. PJ

	I alt	Kull	Koks	Ved, tre-avfall, avlut, avfall	Rå-olje	Natur-gass	Petro-leums-pro-dukt[2]	Elek-trisi-tet	Fjern-varme
Uttak av energivarer	4013	7	-	-	2352	1212	48[2]	394	-
Energibruk i uttaks-sektorene	-73	-	-	-	-	-63	-2	-8	-
Import og norske kjøp i utlandet	394	22	27	0	51	0	288	6	-
Eksport og utenlandske kjøp i Norge	-3416	-7	-6	0	-2044	-1127	-206	-26	-
Lager (+Ned, -Opp)	-1	5	1	.	-5	.	-2	.	-
Primærtilgang	917	27	22	0	354	22	126	366	-
Oljeraffinerier	-15	-	5	-	-350	-	331	-1	-
Andre energisekt. annen tilgang	41	-6	5	35	-	-	2	1	4
Registrerte tap, statistiske feil	-49	-2	-1	-	-4	-22	13	-32	-1
Registrert bruk utenom energisektorene	894	19	31	35	-	-	472	334	3
Utenriks sjøfart	143	-	-	-	-	-	143	-	-
Innenlandsk bruk	751	19	31	35	-	-	329	334	3
Landbruk og fiske	32	0	-	-	-	-	28	4	0
Kraftintensiv industri	206	12	27	0	-	-	59	108	0
Annen industri og bergverk	108	7	4	16	-	-	28	52	1
Andre næringer	197	-	-	-	-	-	134	62	1
Private hushold-ninger	208	0	0	19	-	-	80	108	1

1) Inkl. energivarer brukt som råstoff.
2) Inkl. gass gjort flytende. Petrolkoks er ført under koks.

og Scuft) samt omregningsfaktorene mellom disse enhetene. Ved utarbeidingen av tabell 2.12 er tetthetene og virkningsgradene fra tabell 2.11 benyttet. Noen vanlig benyttede prefikser er vist i tabell 2.13.

Tabell 2.13. Prefikser

Navn	Symbol	Faktor
Kilo	k	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}
Peta	P	10^{15}
Exa	E	10^{18}

2.11. Tabellvedlegg

Tabell 2.14. Reserveregnskap for råolje. Utbygde og besluttet utbygde felt. 1979-1989. Mtoe

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989*
Reserver pr. 1/1	570	520	496	509	495	495	650	733	838	871	1028
Nye felt	-	24	80	-	38	147	65	29	60	155	-
Omvurderinger	-31	-24	-43	11	-7	43	56	118	22	59	..
Uttak	-19	-24	-24	-25	-31	-35	-38	-42	-49	-57	-76
Reserver pr. 31/12	520	496	509	495	495	650	733	838	871	1028	952

Kilde: OD, SSB.

Tabell 2.15. Reserveregnskap for naturgass. Utbygde og besluttet utbygde felt. 1979-1989. Mtoe

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989*
Reserver pr. 1/1	445	406	385	381	348	332	399	387	1259	1247	1267
Nye felt	-	32	40	-	15	84	9	893	8	20	-
Omvurderinger	-17	-27	-18	-8	-6	10	66	6	10	28	..
Uttak	-22	-26	-26	-26	-26	-27	-27	-27	-29	-29	-30
Reserver pr. 31/12	406	385	381	348	332	399	387	1259	1248	1267	1237

Kilde: OD, SSB.

enn råolje fra Midt-østen. Faktorene oppgitt i tabell 2.11 er derfor å betrakte som gjennomsnittsverdier. Anslagene for virkningsgradene er meget usikre. I enkelte undersøkelser foreligger resultater som avviker betydelig fra virkningsgradene oppgitt i tabellen.

Det finnes en lang rekke måleenheter for energi i bruk. Flere faktorer er med på å bestemme forholdet mellom dem. Omregningsfaktorene angitt i tabell 2.12 må derfor betraktes som omtrentlige. Dette gjelder måleenheter for olje (toe og fat), og i enda større grad måleenheter for gass (m^3

Tabell 2.11. Gjennomsnittlig energiinnhold, virkningsgrader og tetthet, etter energivare

Energibærer	Teoretisk energi-innhold	Enhet	Virkningsgrader Industri Bergverk	Trans-port	Annet forbruk	Tetthet
Kull	28,1	TJ/ktonn	0,80	0,10	0,60	..
Ved	8,4	TJ/kfm^3	0,65	-	0,65	0,5 tonn/fm^3
Avlut (tørrstoff)	12,6-15,5	TJ/ktonn	..	..	..	..
Treavfall (tørt)	15,0-18,5	TJ/ktonn	..	..	..	..
Råolje	42,3	TJ/ktonn	..	..	..	0,85 tonn/m^3
Naturgass	40,4	TJ/MSm^3	..	..	..	0,77-1,07 kg/Sm^3
Flytende propan og butan (LPG)	46,0	TJ/ktonn	0,95	-	0,95	0,53 tonn/m^3
Bensin	44,0	TJ/ktonn	0,20	0,20	0,20	0,74 tonn/m^3
Parafin	42,7	TJ/ktonn	0,80	0,30	0,75	0,79 tonn/m^3
Diesel-, gass-, fyringsolje nr. 1 og 2	42,3	TJ/ktonn	0,80	0,30	0,70	0,83 tonn/m^3
Tungolje	41,9	TJ/ktonn	0,90	0,30	0,75	0,95 tonn/m^3
Elektrisitet	3,6	TJ/GWh	1,00	0,95	1,00	..

Tabell 2.12. Energienheter[1]

Enhet	PJ	TWh	quad (olje)	Mtoe (olje)	Mfat (gass)	GSm^3 (bcm) (gass)	GScuft
1 PJ	1	0,278	$9{,}50\times10^{-4}$	0,024	0,175	0,025	0,83
1 TWh	3,60	1	$3{,}42\times10^{-3}$	0,085	0,629	0,089	3,00
1 quad	1053	292,5	1	24,9	184,1	26,1	877,5
1 Mtoe	42,3	11,8	0,04	1	7,4	1,05	35,3 (olje)
1 Mfat (olje)	5,72	1,59	$5{,}4\times10^{-3}$	0,135	1	0,142	4,8
1 GSm^3 (bcm) (gass)	40,4	11,2	$3{,}8\times10^{-2}$	0,96	7,1	1	33,7
1 GScuft (gass)	1,20	0,33	$1{,}1\times10^{-3}$	0,028	0,21	0,03	1

1) 1 quad = 10^{15} Btu(British thermal units).
1) Mtoe = 1 mill. tonn (rå)oljeekvivalenter.
1) Mfat = 1 mill. fat råolje (1 fat = 0,159 m^3).
1) GSm^3 = 1 mrd. standard kubikkmeter naturgass.
1) GScuft = 1 mrd. standard kubikkfot naturgass. (1 Scuft = 0,0283 Sm^3).

2.10, kommer en fram til en ny korrigert "driftsbalanse" for fastlands-Norge. Den forventede avkastningen gir potensialet for bruk av inntekter fra petroleumsformuen innenlands. Ved å sammenligne denne med en driftsbalanse som forutsetter en konstant gjeldsrate (gjeld/BNP), kan en slutte at den faktiske bruken av oljeinntekter i Norge fram til midten av 1980-tallet gjennomgående var vesentlig lavere enn en "regel" om å forbruke den forventede avkastningen. I forhold til en løpende bruk av den forventede avkastningen kan derfor den faktiske bruken av oljeinntektene i Norge karakteriseres som forsiktig.

Tabell 2.10 illustrerer imidlertid også det dramatiske skiftet i prisforventninger, og reduksjonen i anslått petroleumsformue og dermed framtidige inntekter som fant sted etter oljeprisfallet i 1986. På denne bakgrunn kan en godt legge til at det var en lykke at den økonomiske politikken ikke ble lagt opp ut fra de store forventede oljeinntektene som rådet grunnen tidlig på 1980-tallet. I så fall ville Norge ha akkumulert en betydelig utenlandsgjeld og plutselig blitt stående uten de store, framtidige inntekter som denne var planlagt nedbetalt med.

Oppsummering

Figur 2.20 viser utviklingen i driftsbalansen for fastlands-Norge i tre hypotetiske tilfelle.

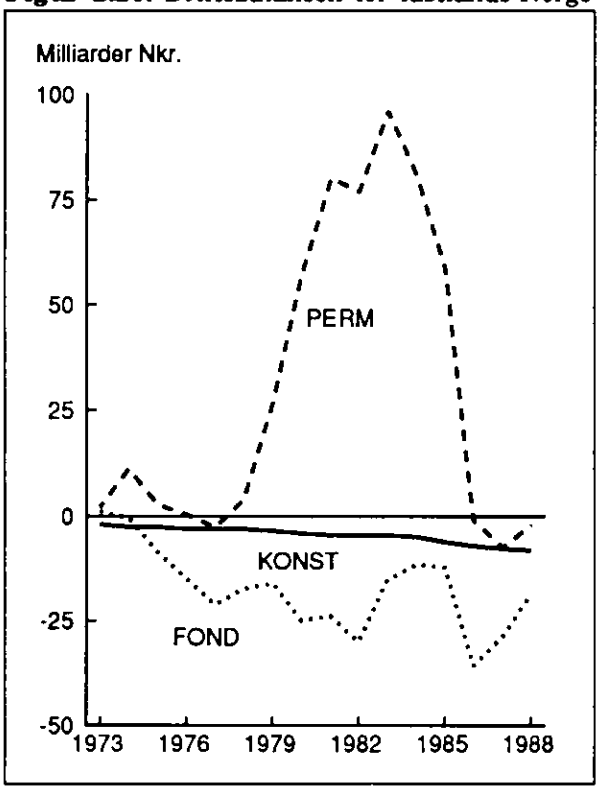
KONST er den beregnede driftsbalansen i en situasjon der Norge opprettholder en konstant gjeldsrate overfor utlandet,

FOND er driftsbalansen for fastlands-Norge korrigert for avkastningen på et oljefond fra beregningen ovenfor, og

PERM er driftsbalansen korrigert for forventet avkastning fra alternativ 3 ovenfor.

Differansen mellom **PERM** og **KONST** viser hvor mye mer Norge hypotetisk kunne ha forbrukt av oljeinntektene dersom en tillot å konsumere avkastningen på den til enhver tid anslåtte petroleumsformuen. I henhold til dette skjemaet bør en begynne å konsumere en del av de forventede inntektene umiddelbart når olje- og gassreserver oppdages. Differansen mellom **KONST** og **FOND** illustrerer på den annen side det "overforbruket" som faktisk har funnet sted dersom en alternativt tar utgangspunkt i at det er fornuftig å bygge opp et oljefond og kun ta inn i økonomien avkastningen på dette fondet. Denne politikken innebærer at man helt skal ignorere verdien av ikke-utvunnet olje og gass når en vurderer inntektsbruken, og uttrykker således en ganske ekstrem form for aversjon mot risiko. Den faktiske bruken av petroleumsinntekter i Norge i denne perioden kan sies å ligge mellom disse to ytterpunktene for inntektsanvendelse, men nærmest oljefondalternativet.

Figur 2.20. Driftsbalansen for fastlands-Norge



2.10. Enheter og omregningsfaktorer

Tabell 2.11 viser gjennomsnittlig teoretisk energiinnhold og virkningsgrader for en del utvalgte energivarer i ulike anvendelser. Det teoretiske energiinnholdet vil variere innenfor en og samme vare. Råolje fra Nordsjøen har for eksempel en noe annen kjemisk sammensetning og virkningsgrad

av det potensielle fondet på 394 milliarder kroner som er blitt brukt innenlands. Den anslåtte differansen er 210 milliarder kroner, dvs. at vel 50 prosent av det potensielle oljefondet i 1988 ble "spist" opp i perioden fra 1973 til 1988.
Et annet hovedspørsmål er: Hva slags økonomisk politikk kunne, kombinert med etablering av et oljefond, ha gitt en balansert utvikling, dvs. en konstant gjeldsrate for fastlands-Norge?

En slik utvikling simuleres ved å forutsette at det blir ført en mer restriktiv politikk fra 1975 av. Offentlig forbruk og investeringer reduseres og skattene økes, slik at den akkumulerte virkningen på driftsbalansen over årene 1975-1988 svarer til en utvikling med en konstant gjeldsrate.

Innstrammingspolitikken i denne modellsimuleringen fører til at Norge opplever klart lavere økonomisk vekst og arbeidsledighetsrater på 5-6 prosent allerede mot slutten av 1970-tallet. På den annen side opplever Norge en bedre økonomisk utvikling utover på 1980-tallet, med høyere investeringstakt og lavere arbeidsledighet enn det vi faktisk har opplevd. For en nærmere beskrivelse av resultatene fra dette beregningsalternativet vises til Cappelen og Gjelsvik (1990).

Tabell 2.9. Oljerente, oljefond og avkastning. 1973-1988. Milliarder kr

År	Oljerenten	Oljefond	Realavkastning på oljefondet
1973	-0,6	-1,7	-0,0
1974	-0,9	-2,8	-0,0
1975	1,5	-1,6	-0,0
1976	3,3	1,6	0,0
1977	2,8	4,5	0,0
1978	7,0	11,8	0,1
1979	13,7	26,1	0,5
1980	31,8	59,5	1,3
1981	36,4	99,9	4,5
1982	37,8	142,9	7,0
1983	48,0	195,5	11,1
1984	59,5	260,4	16,4
1985	62,3	331,0	18,2
1986	18,3	358,4	14,0
1987	13,2	380,4	16,7
1988	0,9	394,2	15,8

Alternativ 3. Bruk av den forventede avkastningen fra oljeformuen

Med forventet avkastning menes den inntekten som kan konsumeres uten at oljeformuen forventes å bli redusert. I Brekke et al (1989) er oljeformuen beregnet som den diskonterte verdien av framtidige nettoinntekter fra olje- og gassvirksomheten. Prisene som er brukt, er forventede framtidige priser på de ulike tidspunkter, se også avsnitt 2.8.

Tabell 2.10 viser beregnet utvikling i oljeformuen (i 1986-priser) og i forventet avkastning (i løpende priser) fra oljevirksomheten for perioden 1973 til 1988. Variasjonene i disse tallseriene skyldes i særlig grad endrede prisforventninger, men også endringer over tid i produksjonsvolum og anslag på gjenværende reserver av olje og gass.

Tabell 2.10. Petroleumsformue og forventet avkastning fra petroleumsformuen

År	Petroleumsformue i 1986-priser. Mrd. kroner	Forventet avkastning, løpende priser Mrd. kroner
1973	47	1,1
1974	482	11,8
1975	398	11,2
1976	499	15,3
1977	554	18,6
1978	590	21,5
1979	1 125	43,5
1980	1 955	83,4
1981	2 273	108,4
1982	2 136	113,7
1983	2 143	122,2
1984	1 789	108,4
1985	1 388	88,9
1986	694	48,6
1987	506	37,9
1988	413	32,5

Tabell 2.10 viser at i perioden 1979-1985 var den anslåtte petroleumsformuen og dermed forventede inntekter fra olje- og gassproduksjon svært betydelige. Dersom en igjen tar utgangspunkt i den anslåtte driftsbalansen for fastlands-Norge, og legger til den forventede avkastningen i tabell

Tabell 2.8. Virkningen på driftsbalansen og nettogjelden til utlandet av å ta bort oljesektoren

År	Historiske tall		Norge uten olje	
	Drifts-balansen Mrd. kr.	Nettogjeld. Prosent av BNP	Drifts-balansen Mrd. kr.	Nettogjeld. Prosent av BNP
1971	-3,7	14,1	-2,9	12,2
1972	-0,4	13,8	0,9	10,8
1973	-2,0	12,7	1,5	6,8
1974	-6,2	15,2	1,1	4,4
1975	12,7	23,7	-6,4	10,4
1976	-20,4	31,9	-11,1	15,6
1977	-26,8	44,1	-16,8	25,2
1978	-11,0	46,5	-12,1	31,2
1979	-5,3	43,4	-13,1	34,1
1980	-5,4	32,6	-23,7	37,4
1981	12,5	26,7	-29,1	45,5
1982	4,1	26,9	-43,1	59,6
1983	14,6	22,4	-40,9	70,1
1984	23,9	16,7	-50,6	81,7
1985	26,7	9,7	-56,0	89,3
1986	-32,9	16,0	-84,0	101,1
1987	-27,6	17,6	-85,7	107,6
1988	-23,8	21,2	-84,7	114,8

norsk økonomi ha utviklet seg mer på linje med andre industrinasjoner, møtt problemer med lav veksttakt og arbeidsledighet 7-8 år tidligere i forhold til den faktiske utviklingen.

Alternativ 2. Oljefond

I dette alternativet tenker en seg at staten inndrar hele oljerenten gjennom beskatning av oljeselskapene. Oljerenten i løpende priser fra 1973 til 1988 er vist i tabell 2.9. Den andre kolonnen i tabellen viser utviklingen i oljefondet, slik det ville ha utviklet seg. Oljefondet er lik den akkumulerte verdien av å plassere oljerenten i internasjonale finansmarkeder. Det forutsettes videre at realavkastningen (rentesatsen minus inflasjonsraten) av dette fondet hvert år blir brukt til forbruk i Norge. (Merk at den overskytende, nominelle delen av den årlige renteinntekten dermed blir lagt til og bidrar til å øke fondet over tid). Den løpende realavkastningen på oljefondet er vist i den tredje kolonnen av tabell 2.9.

Sålenge oljerenten er positiv, er oljefondet økende, og en ser at ved slutten av perioden er det kommet opp i vel 390 milliarder kroner. Hvert år er da pr. forutsetning realavkastningen forbrukt innenlands. Vi ser at denne realavkastningen var relativt beskjeden fram til begynnelsen av 1980-tallet. Dessuten fremgår det at et forbruk basert på realavkastningen av å plassere oljerenten ute ikke ville ha gitt reduksjoner i forbruket tilsvarende fallet i oljeprisene. Et hovedpoeng er derfor at en inntektsbruk basert på realavkastningen av oljefondet vil svinge langt mindre enn de løpende oljeinntektene.

Et interessant spørsmål er hvor mye av dette potensielle fondet på 394 milliarder kroner som er blitt brukt opp i løpet av perioden fra 1973 til 1988. I Cappelen og Gjelsvik (1990) anslås dette på følgende måte: Først korrigeres den observerte driftsbalansen for alle transaksjonene som direkte har noe med oljevirksomheten å gjøre, både inntekter og utgifter. Dette gir en driftsbalanse for "fastlands-Norge". Dernest legger en til realavkastningen på oljefondet. Denne korrigerte driftsbalansen sammenholdes så med en driftsbalanse som forutsetter et uendret forhold mellom nettogjelden til utlandet og BNP for fastlands-Norge fra 1973 og framover (uendret gjeldsrate). Differansen mellom disse to "driftsbalansene", summert over årene fra 1973 til 1988, kan sies å gi et anslag på hvor mye

tilstanden for et lands økonomi går ofte under navnet "hollandsk syke", og henspeiler på de erfaringer som ble gjort i Nederland mot slutten av 1970-tallet, da landets inntekter fra salg av naturgass falt. Den tradisjonelle eksportindustrien lot seg ikke enkelt bygge opp, og resultatet ble en sterkt økende arbeidsledighet.

Slike problemer kan brått synliggjøres eller forsterkes ved plutselige endringer i de forventede inntekter fra oljevirksomheten. Det var nettopp dette som skjedde for Norges vedkommende vinteren 1985/86 da råoljeprisene falt kraftig. Som vist i avsnitt 2.8., har dette medført at anslaget for Norges petroleumsformue er blitt kraftig nedjustert. Fokuseringen på de mulige negative effektene av bruk av oljeinntekter og problemene for annen konkurranseutsatt virksomhet er blitt forsterket. Med tanke på disponering av de framtidige inntektene fra petroleumsvirksomheten har ideen om etablering av et "oljefond" igjen dukket fram.

Modellberegninger for norsk økonomi 1971-1988 med og uten olje.

I det følgende presenteres en såkalt kontrafaktisk analyse av hvordan oljevirksomheten og bruken av oljeinntekter påvirket norsk økonomi i perioden 1971 - 1988, basert på Cappelen og Gjelsvik (1990). Med kontrafaktisk menes at en studerer *alternative* baner for økonomien i forhold til den som faktisk fant sted. Fokus i denne studien er på makroøkonomiske virkninger av forskjellige måter å disponere petroleumsformuen på. Analysen foretas ved hjelp av beregninger på en makroøkonomisk modell, kalt AMEN (se Cappelen et al (1985)).
Det er sett på tre alternative, kontrafaktiske beregninger. I den første beregningen tas oljesektoren (inntekter og utgifter) ut av økonomien uten at det foretas endringer i den økonomiske politikken. I den andre beregningen plasseres oljerenten, dvs. inntektene utover lønn og en normal avkastning på realkapitalen i oljesektoren, i finansielle aktiva i utlandet, altså i et oljefond. Avkastningen av dette fondet tas inn i økonomien. I den tredje beregningen regner en først ut verdien av petroleumsformuen, dvs. den forventede verdien av gjenværende reserver. Den årlige avkastningen på denne formuen, kalt forventet avkastning, forutsettes brukt til innenlandsk forbruk.

Alternativ 1. Norge uten olje

Denne beregningen er basert på det hypotetiske tilfellet at Norge ikke hadde hatt tilgang til olje- og gassressurser. I modellberegningen tas derfor oljesektoren ut av norsk økonomi, både de store investeringene på kontinentalsokkelen og inntektene derfra. Den økonomiske politikken, deriblant det offentliges kjøp av varer og tjenester, antas imidlertid å være uendret. Etterspørselsvirkningene i norsk økonomi i denne perioden blir derfor ikke endret i særlig grad, bortsett fra bortfallet av de direkte virkningene på leverandørindustrien fra produksjonsvirkomheten i oljesektoren og et noe dempet pris- og lønnspress som en følge av dette.

De viktigste virkningene av å ta bort oljesektoren kan avleses i utenriksregnskapet. Tabell 2.8 viser utviklingen i driftsregnskapet og Norges utenlandsgjeld i perioden, både faktisk og beregnet ("uten olje"). Uten oljeinntektene ville den etterspørselspolitikken som faktisk ble ført etterhvert, ha ledet til store underskudd i utenriksregnskapet. Tabellen viser imidlertid at det er først fra 1980 av at utenlandsgjelden i prosent av BNP blir høyere i et Norge uten olje enn faktisk observert.

Årsaken er de direkte og indirekte virkningene på utenriksregnskapet av oljeinvesteringene, som også tas ut i beregningen. En betydelig del av disse investeringene i Nordsjøen ble dekket ved import. Når Norge "mister" de betydelige inntektene fra olje- og gasseksporten etter OPEC II, oppstår imidlertid store underskudd på driftsregnskapet. I beregningen uten olje øker Norges utenlandsgjeld til et nivå tilsvarende BNP i 1986. (Om det hadde vært mulig med en slik økonomisk utvikling uten oljeinntekter er imidlertid lite trolig. En stadig økende ubalanse ville tvunget fram politikkendringer). En utvikling med en mer aktiv politikktilpasning til en situasjon uten olje ble analysert i Cappelen et al. (1985). En tilstramming av den økonomiske politikken ville ha bedret driftsbalansen, men ført til en forverring av situasjonen på arbeidsmarkedet. En konklusjon kan derfor være at uten tilgang til olje og gass ville

muen er bare ment som en indikator på framtidsmulighetene. Det er derfor ingenting i en slik regel som knytter konsumet i ett år til konsumet året før, og resultatet er store fluktuasjoner i konsumet. Dette er ubehagelig for den enkelte konsument og kan medføre store samfunnsmessige ulemper i form av arbeidsledighet, sosiale problemer o.s.v.. Den tredje regelen som studeres, er basert på en forutsetning om at et jevnt konsumforløp er å foretrekke.

I eksemplet over, der en bruker 5/7 av forventet avkastning, forventes konsumet å vokse med 2 prosent pr. år, dvs.:

$$E^t [C_{t+1}] = 1.02\ C_t = 1.02*(5/7)*rW_t$$

der C_t er konsumet i år t og $E^t[C_{t+1}]$ er forventet konsum neste år, W_t er formuen og r er renten. En vil imidlertid sjelden få en slik jevn vekst, men det er mulig å sørge for en jevn vekst ved å velge

$$C^*_t = 1.02\ C_{t-1}$$

En slik politikk tar imidlertid ikke hensyn til utviklingen i formuen, som gir uttrykk for hvilket konsum som er mulig på lang sikt. En intuitivt tiltalende forvaltningsregel kan derfor være å velge en mellomting mellom C^*_t og 5/7 av forventet avkastning. Konsumet kan ikke avvike for mye fra C^* om konsumforløpet skal bli jevnt, men en må også ta hensyn til hvilket konsum som er mulig på lang sikt.

Brekke, Aslaksen og Thonstad (1989) gir en presisering av denne regelen, og viser at under bestemte forutsetninger (bl.a. sikker framtidig avkastning) er den optimale politikken nettopp et veiet gjennomsnitt av det historisk bestemte konsumnivået (som defineres noe mer generelt enn ovenfor), og en bestemt andel av forventet avkastning. Hvor mye vekt en gir henholdsvis forventet avkastning og historisk bestemt konsum, avhenger av hvor stor vekt en legger på å få til en stabil vekst i konsumet.

Figur 2.18 viser utviklingen i bidraget til handelsbalansen ved en slik forvaltningsregel. I denne beregningen har det historisk bestemte konsumnivået en vekt på rundt 80 prosent. Figuren viser at denne forvaltningsregelen medfører en betydelig sparing i begynnelsen av 1980-åra, fram til oljeprisfallet. Utviklingen i bidraget til totalt konsum er vist i figur 2.19. Denne konsumbanen er svært stabil i forhold til hva som var tilfellet for de to andre konsumbanene.

2.9. Analyseprosjekt: En kontrafaktisk analyse av Norges utvikling som oljenasjon

Innledning

Dersom en ser tilbake på Norges utvikling som en oljenasjon, er det klart at oppstartingen av produksjonen av olje og gass fra den norske kontinentalsokkelen fant sted på et svært gunstig tidspunkt. Norge sto klar som oljeprodusent i et tiår da oljeprissjokk rystet den øvrige industrialiserte verden. I ly av oljeinntektene kunne Norge opprettholde veksten i produksjon og etterspørsel. Oljeinntekter ble tatt inn i økonomien, dels tatt på forskudd under den såkalte "motkonjunkturpolitikken" på 1970-tallet. Sentralt i denne sammenheng er at oljevirksomheten ga en betydelig høyere avkastning enn annen produksjonsvirksomhet. *Oljerenten*, definert som "meravkastningen" i produksjonen av olje og gass (se avsnitt 2.2), nådde i 1985 et toppnivå på rundt 60 milliarder kroner, se tabell 2.2 og tabell 2.9 nedenfor.

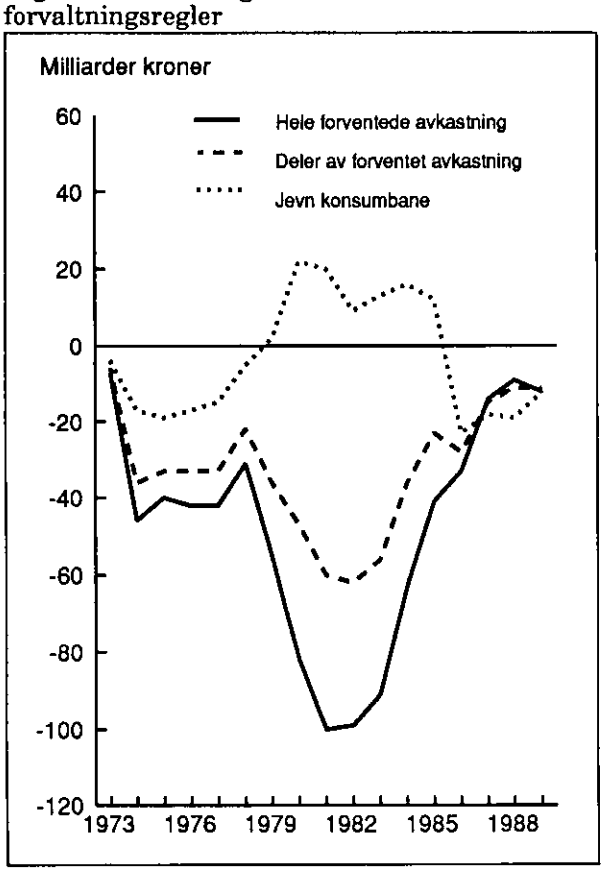
Virkningene på et lands økonomi av en betydelig tilførsel av "arbeidsfrie" inntekter er velkjent: Bruken av oljeinntektene vil føre til økt etterspørsel innenlands. Prisene på skjermete produkter vil drives opp, det vil skje en avskalling av annen konkurranseutsatt produksjon og en oppblomstring av skjermet produksjonsvirksomhet. Samtidig vil importen øke. Det er viktig å understreke at det ikke er noe "galt" med en slik utvikling; faktisk er det bare på denne måten at et land kan skaffe seg realøkonomiske fordeler av å få tilgang til de store inntektene fra oljevirksomheten.

Problemet med bruken av oljeinntekter er imidlertid at dette kan skje i for stort tempo. Kostnader kan drives for høyt opp i forhold til det som er nødvendig for å få til omstilling, og deindustrialiseringen kan drives for langt. Resultatet kan bli en langvarig høy arbeidsledighet og tap av viktig kompetanse i næringslivet. Denne

punkt t. Når utvinningsbanen er fastlagt, vil utviklingen i W_{Pt} være fullstendig bestemt av utviklingen i prisforventningene. La W_{Ft} være verdien av fordringer på utlandet. Forvaltningsregelen tilsier nå at $W_{Pt}+W_{Ft}$ skal være konstant. Bidraget til konsumet blir da $r(W_{Pt}+W_{Ft})$, der r er avkastningsraten.

Det er illustrerende å vise hvordan en regel om å bruke hele den forventede avkastningen ville fungert som regel for forvaltningen av petroleumsformuen i årene etter 1973. Utviklingen i bidraget til handelsbalansen er vist i figur 2.18. Med en slik forvaltning ville en lånt store summer hvert år. I 1989 ville utenlandsgjelden vært på 794 milliarder og bidraget til konsumet ville vært -15 milliarder. Det kan virke noe overraskende at bidraget til konsumet blir negativt.

Figur 2.18. Bidrag til handelsbalanse for tre forvaltningsregler

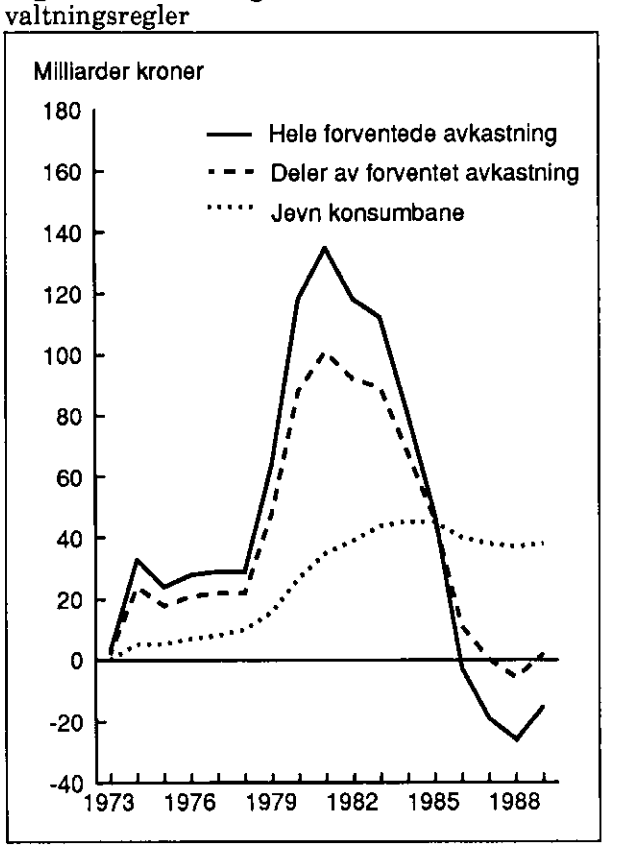


Årsaken er at W_{Ft} er negativ, mens W_{Pt} har falt kraftig og uventet siden 1981, slik at summen blir negativ.

Forutsetningen for at denne regelen skulle ivareta målsettingen om konstant konsum, var altså at avkastningen er sikker. Regnestykkene ovenfor viser hvor misvisende denne forutsetningen er for oljeformuen.

Usikkerheten er et hovedproblem om en bruker hele den forventede avkastningen. Det er nærliggende å kompensere for usikkerheten ved å spare litt av avkastningen. Figur 2.18 viser også bidraget til handelsbalansen om en bruker 5/7 av forventet avkastning. Dette fører bare til en svak demping av opplåningen i forhold til å bruke hele den forventede avkastningen. Et hovedproblem i begge tilfellene er at bidraget til konsumet, som vist i figur 2.19, er svært ustabilt. Selv om en sparer 2/7 av forventet avkastning, faller konsumet med over 100 milliarder kroner fra 1981 til 1988. Den neste regelen bøter på dette.

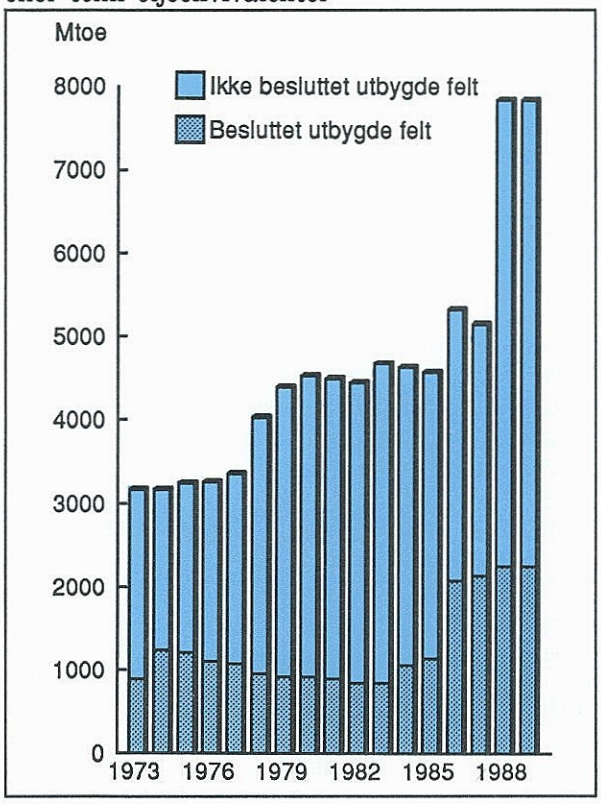
Figur 2.19. Bidrag til konsum for tre forvaltningsregler



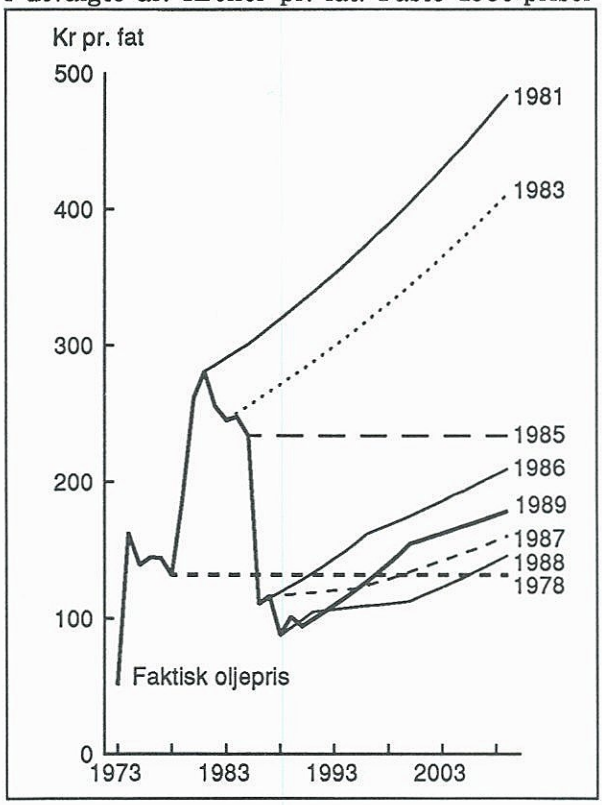
Jevnt konsumforløp

De to foregående reglene har knyttet konsumet utelukkende til formuen, men for-

Figur 2.16. Forventede ressurser av olje og gass i besluttet utbygde felt og anslag over andre utvinnbare forekomster. 1973-1989. Millioner tonn oljeekvivalenter



Figur 2.17. Prisutviklingen på råolje. 1973-1989. Offisielle framskrivninger av råoljeprisen i utvalgte år. Kroner pr. fat. Faste 1986-priser



Forvaltning av formuen: Hvordan "gamble" når en må?

I dette avsnittet studeres ulike regler for forvaltning av petroleumsformuen. Bare bruken av oljeinntektene blir studert, ikke hvordan reservene skal utvinnes. Dessuten vil en bare se på petroleumsformuens bidrag til handelsbalanse og konsum under ulike regler, uten å si noe om andre makroøkonomiske virkninger. I neste avsnitt presenteres mer omfattende makroøkonomiske beregninger basert på ulike sett av forutsetninger om bruken av oljeinntektene, uten at spørsmålet om hva som er en god forvaltning av petroleumsformuen drøftes. Dette avsnittet inneholder derimot en prinsipiell drøfting av problemstillinger rundt formuesforvaltning.

Det er problematisk å tolke *tallfestingen* av petroleumsformuen. Det er spesielt graden av usikkerhet knyttet til petroleumsformuen som er viktig. Usikkerheten må få betydning for hvordan en forvalter formuen, derfor sier ett enkelt tall for petroleumsformuen for lite til å danne grunnlag for en fornuftig forvaltning. For å illustrere dette kan det være fornuftig å ta utgangspunkt i hva som ville være en rimelig forvaltning dersom denne formuen faktisk hadde bestått av verdipapirer med sikker realavkastning.

Bruk forventet avkastning

Mye av diskusjonen som har vært ført om forvaltningen av petroleumsformuen, har vært knyttet til om kommende generasjoner får en rimelig andel av formuen, dvs. om nålevende generasjon har brukt for mye. En naturlig målsetting kan derfor være at konsumet skal holdes konstant på et så høyt nivå som mulig. Dette svarer til at en foretrekker konsumbane A framfor B dersom det laveste konsumet langs A er høyere enn det laveste langs B.

Dersom formuen ga en sikker avkastning som var konstant over tid, ville en hvert år kunne bruke avkastningen uten at formuen ble redusert. Avkastningen ville da gi en sikker årlig inntekt som ikke forandres over tid. Dette er det beste alternativet gitt målsettingen.

La W_{Pt} betegne petroleumsformuen på tids-

nord for 62. breddegrad. Denne endringen slår imidlertid lite ut ved beregning av formuen, delvis fordi verdien av disse ressursene er antatt å være forholdsvis lav, og delvis fordi inntektene ikke vil komme før om mange år. Reservene i felt som er besluttet utbygd, gikk gradvis ned fra 1975 til 1983. Dette skyldes først og fremst utvinning, men det har også funnet sted nedjustering av reserveanslagene.

muesanslagene er gjengitt i tabell 2.7. Endringene skyldes i første rekke endrede prisforventninger. Rundt 1980 ble ressursanslaget oppjustert på grunn av nye funn, samtidig som oljeprisen økte kraftig.

Som følge av endringene i petroleumsformuen vil også den forventede avkastningen av formuen endre seg. Noe av dette skyldes utvinningen, siden vi har definert petro-

Tabell 2.7. Endringer i anslag på petroleumsformuen 1973 - 1989. Milliarder faste 1986-kroner

År	Formue	Verdi av utvinningen	Forventet avkastning	Verdi av omvurdering
1973	47	- 4	3	428
1974	482	-12	34	-130
1975	398	-12	28	60
1976	499	- 7	35	13
1977	554	- 3	39	-6
1978	590	10	41	504
1979	1 125	24	79	777
1980	1 955	55	137	239
1981	2 273	59	159	-233
1982	2 136	51	150	-88
1983	2 143	59	150	-441
1984	1 789	62	125	-460
1985	1 388	56	97	-731
1986	694	16	49	-219
1987	506	21	35	-106
1988	413	20	29	162
1989	582	29	41	-

Figur 2.17 viser framskrivninger av oljeprisen i ulike stortingsmeldinger, perspektivmeldinger og langtidsprogram fra perioden 1977 til 1988. Disse framskrivningene er her tolket som forventninger om oljeprisen referert ulike tidspunkt. Den typiske prisbanen starter fra det året framskrivningen gjelder for, og vokser med en konstant rate. Dette kan tas som uttrykk for at oljeprisen aldri har vært betraktet som spesielt høy eller lav i forhold til et "normalt" nivå. Valget av vekstrate ser ut til å være påvirket av prisendringene det siste året. Et unntak er kanskje 1986, da en regnet med en snarlig økning i prisen. Det er grunn til å merke seg at det ikke på noe tidspunkt antas at oljeprisen vil synke.

Beregningene av formuen bygger på forutsetningene om ressursanslag og framtidige oljepriser fra figur 2.16 og 2.17, samt antakelser om produksjonsprofiler. Disse er hentet fra Wood & MacKenzie (1986). For-

leumsformuen som verdien av gjenværende ressurser, men det meste skyldes endrede forventninger. Dette går fram av tabell 2.7 som viser total formue, inntekt av utvinning, forventet avkastning av formuen og verdi av omvurderingene. I alle år etter 1973 har forventet avkastning vært større enn inntektene fra utvinningen. Med andre ord har man forventet at petroleumsformuen skulle øke over tid. Når formuen har blitt redusert kraftig i løpet av 1980-årene, skyldes det altså ikke at en har gått inn for å "tappe" petroleumsformuen. Hadde ikke prisforventningene endret seg i løpet av ti-året, hadde formuen økt. Gradvis nedjustering av prisforventningene førte imidlertid til betydelig endring i formuesanslaget. Disse justeringene alene medførte en reduksjon i formuen på til sammen nesten 2 300 milliarder kroner i perioden 1980 til 1987. Dette "tapet" svarer til om lag 0,5 millioner kroner pr. person.

realisering av petroleumsformuen er bundet til et framtidig tidspunkt mens en finansiell formue kan tas ut til forbruk når en måtte ønske det.

Diskonteringsraten gir uttrykk for hvilket krav en setter til avkastningen på petroleumsformuen, og er avgjørende for hvor stor en beregner formuen å være. Ved valg av diskonteringsrate bør en ta utgangspunkt i avkastning på investeringer i alternativ virksomhet. I beregningene er diskonteringsraten satt til 7 prosent, som omtrent svarer til gjennomsnittlig avkastning på realinvesteringer i Norge.

Den forventede avkastningen på petroleumsformuen sier hvor mye som kan brukes i løpet av et år uten at formuen reduseres, dersom ikke forventningene endrer seg. I slike tilfelle betyr det altså ikke nødvendigvis at en del av nasjonalformuen "spises opp" selv om en utvinner olje og gass og en del av inntektene går til forbruk. En må med andre ord skille mellom et fat olje og verdien av det: Dersom en i løpet av et år med uendrede forventninger ikke utvinner og selger noe av oljen, så vil volumet forbli uendret, mens formuen vil øke fordi tidspunktet en planlegger å utvinne oljen kommer et år nærmere i tid. Dersom forventningene om ressursanslag, framtidige priser og kostnader ikke endres fra et år til et annet, vil petroleumsformuen kunne øke dersom verdien av utvunnet olje og gass er mindre enn forventet avkastning.

Endringer i petroleumsformuen

For å kunne anslå petroleumsformuen, er det nødvendig å gjøre forutsetninger om framtidig utvinning. Ideelt sett bør utvinningstempoet fastsettes slik at formuen blir størst mulig. Et høyt utvinningstempo kan være gunstig, dersom en ikke tror på økende olje- og gasspriser i framtiden. Da vil det være lønnsomt å utvinne så raskt som mulig for å investere inntektene fra utvinningen i annen virksomhet. Tilsvarende tilsier forventninger om sterkt stigende priser en lavere utvinningstakt. Ved beslutninger om forbruk skal det tas andre hensyn, for eksempel at en ikke skal tære på nasjonalformuen, som petroleumsformuen er en del av. En høy utvinningstakt er derfor ikke ensbetydende med at petroleumsformuen brukes opp. Dersom inntektene fra utvinningen frikoples fra bruken av dem, kan høye inntekter fra petroleumsvirksomheten bare bety at en omplasserer petroleumsformuen til en annen formueskategori. Planene om opprettelse av et "oljefond" svarer til en slik frikopling.

Et anslag på petroleumsformuen som bygger på forventede inntekter, vil være beheftet med betydelig usikkerhet. Det er særlig forventningene om prisene som er gjenstand for stadige omvurderinger, men også ressursanslagene endres fra år til år. En vet derfor aldri hvor stor petroleumsformuen egentlig er. Dermed kjenner en heller ikke den faktiske verdien av avkastningen. Dette gjør det urimelig å benytte seg av samme forvaltningsregel for alle typer formue. Hvis en for eksempel beslutter å følge en regel om å bruke hele den forventede avkastningen av petroleumsformuen, vil en alltid stå i fare for å bruke for mye (tære på formuen), dersom forventningene en opprinnelig bygde på i ettertid viser seg å være for optimistiske. En måte å ta hensyn til usikkerheten på er å beregne nasjonalformuen med ulike diskonteringsrater for hver formueskategori. En slik korreksjon forutsetter i prinsippet at alle formuesobjekter fritt kan omsettes til andre formuesobjekter, for eksempel ved at den norske stat solgte verdipapirer med sikkerhet i framtidig produksjon av olje og gass.

Den årlige endringen i petroleumsformuen skyldes altså tre forhold: Forventet avkastning som trekker i retning av å øke formuen, utvinning som trekker i retning av å redusere den og omvurderinger som kan slå begge veier.

Beregninger

Usikkerheten knyttet til forutsetningene for anslag på petroleumsformuen er illustrert i figur 2.16 og 2.17. Figur 2.16 viser anslag for utvinnbare olje- og gassreserver ved årlige oppdateringer i perioden 1973-1989. Samlede reserver har stort sett blitt oppjustert i perioden. Dette uttrykker nok delvis forsiktighet ved beregning av anslagene. Den store endringen fra 1987 til 1988 skyldes at tallene fra Oljedirektoratet fra og med 1988 inkluderer anslag for ressursene

tydelig potensial for ytterligere effektivisering og kostnadsreduksjon.

Av analysene framgår det at de gjennomsnittlige totale variable enhetskostnader for treforedlingsprodusentene har blitt redusert kraftig fra 1972 til 1986. Spesielt har reduksjonene vært store for de minst effektive enhetene. Fortsatt er det imidlertid betydelig forskjell i kostnadene til de minst effektive og de mest effektive enhetene. Dette tilsier et visst potensial for ytterligere effektivisering ved at flertallet av bedriftene nærmer seg de mest kostnadseffektive enhetene.

Ved tidligere makroanalyser av energibruken i treforedlingssektoren har en kun studert substitusjon mellom de to energivarene elektrisitet og olje. Fast- og tilfeldig kraft har blitt sett på som en vare, og en har ikke tatt hensyn til at forbruket av fast brensel er betydelig i sektoren. I Bye og Johnsen (1989) tas fast brensel med som energivare i analysen, og elektrisitet spesifiseres på fast- og tilfeldig kraft. Et viktig formål med denne analysen har vært å studere om det er pris eller tilgang som bestemmer sektorens bruk av de ulike energibærerne. Dette er gjort ved å estimere betingede kostnadsfunksjoner der forbruket av en eller flere energivarer er "låst", dvs. ikke er gjenstand for tilpasning. De ulike spesifikasjonene av kostnadsfunksjonene er testet mot hverandre. I modellen som best forklarer utviklingen i dataene er det implisitt forutsatt at fastkraftforbruket følger produksjonen. Resten av energiforbruket bestemmes ved en avveining mellom olje og elektrisitet til gitte priser og gitt nivå på bruken av fast brensel. For gitt samlet energibruk i sektoren reduseres etterspørselen etter olje med om lag 0,8 prosent når prisen på olje øker med 1 prosent. Etterspørselselastisiteten for tilfeldig kraft er marginalt høyere, om lag 0,9. Substitusjonselastisiteten uttrykker hvor mange prosent forholdet mellom forbruket av olje og tilfeldig kraft reduseres når prisforholdet mellom de to energivarene økes med en prosent. Beregningene tyder på at denne størrelsen er rundt 1,5. I tidligere undersøkelser hvor substitusjonen mellom olje og total elektrisitet er studert, blant annet i Bye (1984), rapporteres elastisiteter som er om lag tredjeparten av disse anslagene. Resultatene ovenfor indikerer at sektorens fleksibilitet er betydelig større når det gjelder skifte mellom olje og tilfeldig kraft som følge av prisendringer på de to energivarene, enn en tidligere har kalkulert med i SSBs modeller.

2.8. Analyseprosjekt: Petroleumsformuen

Betydningen av formue

Et sentralt spørsmål i makroøkonomisk planlegging er å finne fram til et nivå på konsumet som er tilpasset de beskrankningene som produksjonsmuligheter, naturressurser og miljø setter. Løpende inntekt gir til en viss grad uttrykk for disse beskrankningene, men reflekterer ikke nødvendigvis konsummulighetene over tid på noen god måte. Et alternativ er derfor å ta utgangspunkt i formuen som et land disponerer. Med basis i tall fra Nasjonalregnskapet kan man anslå formuen av realkapital og fordringer på utlandet, men andre formueskategorier, for eksempel petroleumsformuen, inngår ikke som beholdning i Nasjonalregnskapet.

Nasjonalformuen skal gi uttrykk for verdien av de ressursene et land disponerer. Sammen med blant annet miljøkapital, realkapital, menneskelig kapital og valutareserver utgjør petroleumsformuen en del av den norske nasjonalformuen. Hvis det hadde vært aktuelt å selge olje- og gassfelt "på rot", ville petroleumsformuen kunne ha vært anslått som markedsverdien av alle feltene. Salg av felt på rot har aldri vært prøvd for norske felt, og en må derfor finne andre måter å anslå petroleumsformuen på.

Formue og forventet avkastning

En vanlig måte å anslå petroleumsformuen på er å beregne nåverdien av forventede oljeinntekter. Slike anslag bygger på forutsetninger som i høy grad er usikre. For det første må en velge diskonteringsrate. For det andre må en gjøre forutsetninger om fremtidige priser og utvinningsprofil. Et tredje problem er knyttet til hvordan en skal veie sammen ulike formueskategorier. En vesensforskjell mellom petroleumsformuen og f.eks. en finansiell formue er at

mellom bedriftene (Bye og Førsund (1989b)). Dette skyldes valg av teknologi og ulike produkter. I gjennomsnitt over perioden 1972 til 1986 har elektrisitetsforbruket pr. produsert enhet blitt redusert med 15 prosent eller om lag 1 prosent pr. år.

Det er også svært store ulikheter i arbeidskraftkostnadene pr. produsert enhet ved de ulike verkene. I perioden 1972 til 1986 har en hatt en forbedring i bruken av arbeidskraft pr. produsert enhet med om lag 35 prosent samlet for næringen, eller om lag 2 prosent i gjennomsnitt pr. år. Arbeidsproduktiviteten i den mest effektive bedriften var likevel mer enn dobbelt så høy som i den minst effektive i 1986.

På samme måte som for aluminiumsprodusentene har de totale gjennomsnittlige variable enhetskostnader i ferrolegeringsindustrien blitt redusert fra 1976 til 1986. Særlig for de minst effektive enhetene har det vært en betydelig bedring, men i 1986 var det fortsatt stor forskjell mellom de variable enhetskostnader i den minst effektive og den mest effektive bedriften. Det burde altså være et betydelig potensial for effektivitetsforbedring slik at næringen samlet kan tåle en omlegging av kraftmarkedet i retning av mer like priser.

Kapitalkostnadene for eksisterende verk er betydelig lavere enn for nye verk. Moderniseringer, ombygginger og utvidelser av eksisterende verk antas å kunne skje til kapitalkostnader som ligger 20-30 prosent under kostnadene ved helt nye verk. Dette kan også gi betydelige rasjonaliseringer i annen faktorbruk. Til gitte faktorpriser er det derfor en viss mulighet for økning i produksjonskapasiteten i eksisterende verk. Derimot er det ikke grunn til å anta at en vil få investeringer i helt nye verk i Norge fram mot århundreskiftet, med mindre kraftprisene settes svært lavt.

Treforedling

Treforedlingssektoren i Norge har vært kjennetegnet ved svært små enheter målt i internasjonal sammenheng. Dette har hatt betydning for konkurranseevnen og for mulighetene til å tåle høyere kraftpriser. Utviklingen i norsk treforedlingsproduksjon har imidlertid gått i retning av konsentrasjon om treholdige trykkpapirkvaliteter, i hovedsak avis- og magasinpapir. Dette er kraftintensive produkter med relativt lite virkesforbruk pr. tonn ferdig produkt. Avis og magasinpapirproduksjon utgjør idag om lag 75 prosent av norsk papirproduksjon. Et vesentlig element i denne utviklingen har vært at produksjonen skulle baseres på trevirke som vokser i bartrebeltet på den nordlige halvkule. Dette betyr at konkurransen på denne type kvalitet først og fremst kommer fra Sverige, Finland, Sovjet, Canada og USA. Med unntak av Sovjet er alle disse typiske høykostland. Dette til forskjell fra metallproduksjon hvor konkurransen først og fremst kommer fra nyindustrialiserte lavkostland.

En vesentlig grunn til den norske treforedlingsindustriens konkurranseproblemer ligger i høye transportkostnader særlig for råvarer, (dobbelt så høye som i Sverige) og høye lønnskostnader (15 prosent høyere enn i Sverige). Begrenset tilgang på norsk råstoff og små enheter, sammenlignet med konkurrentene, er andre årsaker. Det har over lang tid skjedd en overgang til betydelig færre og større enheter i norsk treforedling.

På samme måte som for aluminium og ferrolegeringsindustrien viser SAF/SSBs analyser av treforedling (Bye, Førsund og Johnsen (1989)) at det er svært store forskjeller i kostnader pr. produsert enhet mellom de ulike produsentene. F.eks. hadde mange produsenter av tremasse og cellulose i 1986 mer enn 50 prosent høyere energiforbruk pr. produsert enhet enn den mest effektive bedriften.

Samlet for treforedlingssektorene har det fra 1972 til 1980 blitt gjennomført en betydelig effektivisering i bruken av arbeidskraft. Fra 1980 har denne effektiviseringen fortsatt i de minst effektive enhetene.

For energibruken har det vesentlig skjedd en effektivisering i de minst effektive enhetene i hele perioden 1972-1986. Norsk treforedlingsindustri har ved relativt lave energikostnader en betydelig kostnadsfordel framfor konkurrentene i Sverige, Finland og Canada.

De store forskjellene i bruk av innsatsfaktorer pr. produsert enhet, både for arbeidskraft- og energi, skulle tilsi et be-

disse sektorene. Dette gjøres ved å studere hvordan de ulike bedriftene ligger an i forhold til den beste teknologien i næringen.

Aluminiumsindustrien

Senter for Anvendt Forskning (SAF) og Statistisk sentralbyrå (SSB), (Bye og Førsund (1989a)), har gjennomført en studie av kostnadsstrukturen i norsk aluminiumsindustri basert på data fra enkeltbedrifter. Denne studien viser bl.a. at kostnadene i de ulike aluminiumsverkene er svært forskjellig på tross av at disse bedriftene produserer rimelig homogene produkter.

Det er store ulikheter i energiforbruket pr. produsert enhet i aluminiumsindustrien. I 1989 brukte den mest effektive bedriften 30 prosent mindre energi pr. produsert enhet enn den minst effektive bedriften. Dette skyldes både valg av teknologi, og hvor effektivt utstyret utnyttes. Gjennomsnittlig forbruk av elektrisitet gikk ned fra 20,2 til 17,7 kWh pr. kg produsert aluminium fra 1966 til 1986. Elektrisitetsforbruket i den mest effektive bedriften gikk over samme periode ned fra 16,4 til 14,9 kWh/kg.

Det er også store ulikheter i arbeidskraftkostnadene pr. produsert enhet. Fra 1966 til 1976 var det en jevn forbedring i arbeidsproduktiviteten i aluminiumsindustrien. Fra 1976 til 1986 ser det ut til at denne veksten stoppet helt opp. Total økning i arbeidsproduktiviteten over perioden 1966-1986 var i gjennomsnitt på hele 56 prosent, med størst forbedring i de minst effektive verkene. Også her er det 30 prosent forskjell i innsats pr. tonn mellom den mest effektive og den minst effektive enheten.

Langsiktige kontrakter og kraftkonsesjoner har vært sterkt bundet av målsettingen om regional sysselsetting. Dette har bidratt til at rasjonaliseringer har gått seinere enn de ellers ville ha gjort. På denne måten kan en si at lave kraftpriser indirekte har subsidiert en overoptimal tilsetting av arbeidskraft. Ved en bedring av arbeidsproduktiviteten er det grunn til å tro at næringen vil kunne opprettholde eller bedre sin lønnsomhet selv med økte kraftpriser. I aluminiumssektoren utgjorde elektrisitetskostnadene og arbeidskraftkostnadene i 1986 om lag samme andel, 15-20 prosent, av de samlede produksjonskostnader.

Historisk sett har de totale variable kostnader pr. produsert enhet i aluminiumsindustrien blitt redusert kraftig. For de mest effektive verkene har kostnadene blitt redusert med om lag 80 prosent, for de mindre effektive med mer. Forskjellen mellom de mest effektive og gjennomsnittet er blitt vesentlig mindre fra 1966 til 1986. Fortsatt er det trolig et betydelig potensial for kostnadsreduksjon ved at flere blir like effektive som de mest effektive.

Et langsiktig potensial for reduserte variable kostnader kan antydes ved at gjennomsnittet flyttes i retning av den mest effektive bedriften både for arbeidskraft- og elektrisitetskostnader. Dette ville gi en kostnadsreduksjon på om lag 20 prosent både for elektrisitet og for arbeidskraft og redusere de samlede kostnader med rundt 8 prosent. Reduksjonene i arbeidskraftkostnader kan trolig oppnås uten at øvrige kostnader øker vesentlig, mens reduksjonene i elektrisitetskostnader vil kreve investeringer i nytt kapitalutstyr. Dagens elektrisitetspriser til bransjen gir imidlertid ikke spesielt sterke signaler om at det vil være lønnsomt å investere i mer energieffektiv teknologi.

Ferrolegeringsindustrien

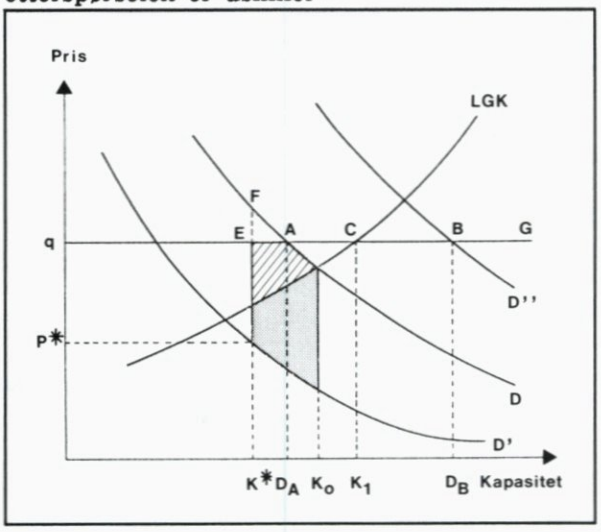
Ferrolegeringsindustrien er ikke homogen i samme grad som aluminiumsindustrien. Dette må det tas hensyn til ved vurdering av teknologiforskjeller i de ulike bedriftene. Tidligere var ferronæringen i Norge karakterisert ved produksjon av standardprodukter for markeder med stadig økende konkurranse. Idag raffineres om lag 50 prosent av produksjonen til spesialprodukter for leveranse på markeder med betydelig færre konkurrenter og bedre fortjenestemuligheter.

De fleste norske verkene produserer ferrosilisium som hovedprodukt. Noen verk har hovedproduktet ferromangan og ett verk produserer en stor andel ferrokrom. Dette representerer en noe ulik teknologi som forklarer noe av forskjellene i faktorinnsats mellom bedriftene i denne næringen.

Det er store ulikheter i energiforbruket

vannkraftkapasiteten blir fullt utnyttet. Når etterspørselen er lavere enn K^* til pris q, vil hele elektrisitetsetterspørselen bli dekket ved vannkraft. Når etterspørselen er høyere enn K^* til pris q, finner tilpasningen sted på den vannrette delen av tilbudskurven. Det betyr at en del av etterspørselen dekkes ved hjelp av gasskraft med kontant enhetskostnad q. Gassprisen q virker derfor som et tak for elektrisitetsprisen.

Figur 2.15. Ønsket vannkraftkapasitet og produksjon av vannkraft og gasskraft når etterspørselen er usikker



I utgangspunktet er det bygd ut en vannkraftkapasitet K^*, og etterspørselen er angitt ved kurven D. I en situasjon med usikker framtidig etterspørsel lønner det seg ikke å utvide kapasiteten helt til K_0, dvs. der hvor langtidsgrensekostnadskurven krysser etterspørselskurven. Riktig nok vil en kapasitetsutvidelse på kort sikt øke konsumentoverskuddet. Det skraverte området viser tapet i konsumentoverskudd i inneværende periode ved å ha kapasiteten K^* istedenfor K_0. Hovedpoenget i denne analysen er imidlertid at vannkraftkapasiteten ikke kan reduseres hvis framtidig etterspørsel blir lavere. Om etterspørselen faller til nivået D', og kapasiteten er K_0, vil tapet i form av mindre konsumentoverskudd svare til det dobbeltskraverte området. Tapet representert ved trekanten til venstre for det dobbeltskraverte området er allerede påløpt og er derfor uten betydning for sammenlikningen av K^* og K_0. Ved å unnlate å utvide vannkraftkapasiteten idag, forsikrer en seg mot å sitte med en irreversibel overkapasitet i neste periode. Muligheten for å dekke en del av elektrisitetsetterspørselen med gasskraft blir dermed en forsikring mot lavere elektrisitetsetterspørsel i framtiden.

Tilpasningen, gitt initial kapasitet K^*, initial etterspørsel D og usikker framtidig etterspørsel, blir dermed at forbrukerne betaler prisen q for elektrisiteten, og etterspør et kvantum D_A. Det innebærer at overskuddsetterspørselen D_A-K^* blir dekket ved gasskraft.

Hvis etterspørselen i neste periode faller til D', vil elektrisitetsprisen P^* sikre at vannkraftkapasiteten K^* blir fullt utnyttet. I denne situasjonen vil gasskraft ikke bli brukt. Hvis etterspørselen stiger til D", vil forbrukerne betale prisen q for elektrisiteten. Til denne prisen vil elektrisitetsetterspørselen være D_B. Det vil da lønne seg å utvide vannkraftkapasiteten opp mot nivået K_1. I en situasjon med full sikkerhet er K_1 det maksimale nivå for utbygging av vannkraftkapasitet, da all etterspørsel utover dette nivå kan dekkes billigere med gasskraft. Det kan vises at når etterspørselen er usikker, bør den maksimale vannkraftkapasitet være K_1 fratrukket en sikkerhetsmargin. Konklusjonen blir dermed at med etterspørselskurven D" bør vannkraftkapasiteten økes opp mot K_1, dvs. K_1 fratrukket en sikkerhetsmargin, og resten av etterspørselen bør dekkes med gasskraft.

2.7. Analyseprosjekt: Kostnadstruktur i kraftintensiv industri

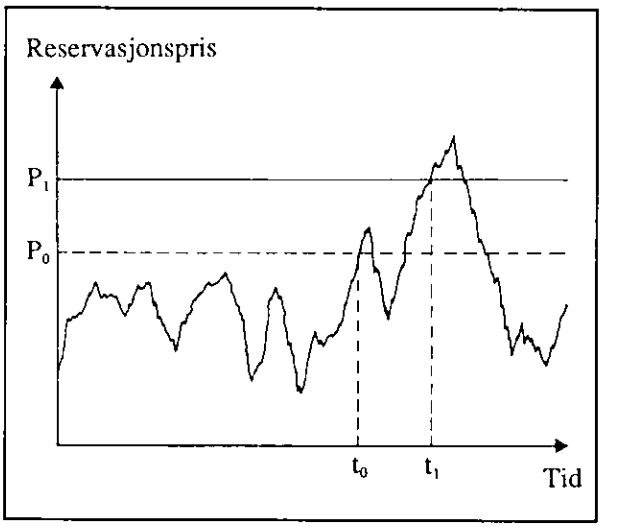
I det norske kraftmarkedet er det betydelige prisforskjeller. Kraftkrevende industri og treforedling betaler vesentlig mindre for kraften gjennom sine langsiktige kontrakter enn hva brukere innenfor alminnelig forsyning gjør. Dette er ikke en samfunnsøkonomisk optimal ressursbruk. Hvis en over tid skulle jevne ut kraftprisene er det av stor betydning å kjenne konsekvensene for den kraftintensive industrien og treforedling. Dette kan en få et visst innblikk i ved å studere kostnadsstrukturen og få oversikt over effektiviseringsmulighetene i

sett bort fra usikkerheten i framtidig elektrisitetsetterspørsel. I dette avsnittet rendyrkes betydningen av usikkerhet i gassprisen. Problemstillingen er å finne det mest lønnsomme tidspunkt for en eventuell videre utbygging av vannkraft. Dersom framtidig utvikling i gassprisen hadde vært kjent med full sikkerhet, hadde dette prinsipielt sett vært enkelt: utbyggingen bør skje på det tidspunkt der nåverdien av framtidige kostnader til gasskjøp er lik utbyggingskostnaden for vannkraft. Løsningen kan uttrykkes ved hjelp av begrepet *reservasjonspris*, som er en terskelverdi for lønnsom utbygging. Så lenge gassprisen er lavere enn langtidsgrensekostnaden for vannkraft (rentekostnaden) lønner det seg å utsette utbyggingen av vannkraft. Vannkraftinvesteringen bør gjennomføres så snart gassprisen overstiger reservasjonsprisen (i dette tilfellet langtidsgrensekostnaden for vannkraft).

Det kan vises at om gassprisen er usikker, bør en beslutning om utbyggingstidspunkt baseres på en helt tilsvarende beslutningsregel, dvs. at utbyggingen av vannkraft bør utsettes inntil gassprisen blir så høy at den overstiger en reservasjonspris. Denne ligger imidlertid høyere enn i tilfellet med full sikkerhet i gassprisutviklingen, se figur 2.14. Figur 2.14 illustrerer et talleksempel som ikke nødvendigvis gjenspeiler de faktiske kostnads- og etterspørselsforhold. Det samme gjelder figur 2.15.

Forklaringen på at reservasjonsprisen er høyere under usikkerhet, er at med usikker gasspris vil en økning og en reduksjon i gassprisen ikke virke symmetrisk på beslutningen om vannkraftutbygging. Det lønner seg å utsette utbyggingen av vannkraft selv om gassprisen er noe høyere enn langtidsgrensekostnaden for vannkraft. Hvis gassprisen skulle bli vesentlig høyere, kan de høyere kostnadene da unngås ved å bygge ut vannkraft. Skulle gassprisen på den annen side falle, er muligheten fortsatt tilstede for å produsere elektrisitet på den billigste måten. Forskjellen mellom reservasjonsprisen under usikkerhet og under full sikkerhet representerer derfor en sikkerhetsmargin mot en for rask vannkraftutbygging. Siden vannkraftinvesteringene er irreversible, lønner det seg å vente noe lenger med en videre utbygging enn hva en enkel betraktning av dagens kostnadsforhold skulle tilsi.

Figur 2.14. Usikker gasspris og reservasjonsprisen under usikkerhet, P_1 (heltrukken linje), og full sikkerhet, P_0 (stiplet linje). Tidspunktet for vannkraftutbygging er t_0 under full sikkerhet og t_1 under usikkerhet



Usikker etterspørsel etter elektrisitet

Sammenlikningen av lønnsomheten ved vannkraft og gasskraft blir betydelig mer komplisert når en tar hensyn til usikkerheten i framtidig elektrisitetsetterspørsel. Hvor stor utbygging av vannkraft som i dette tilfelle lønner seg, avhenger både av den usikre etterspørselen og hvor stor vannkraftkapasitet som allerede er utbygd. I dette resonnementet blir det sett bort fra usikkerheten i gassprisen, da det ikke har vært mulig å gjennomføre denne analysen med begge størrelser usikre samtidig. I tillegg forutsettes det at gassprisen er konstant over tid.

I figur 2.15 viser kurven D etterspørselen etter elektrisitet på et bestemt tidspunkt. Usikkerheten i etterspørselen er illustrert ved at kurven D i neste periode kan skifte ned til D' eller skifte opp til D". Gassprisen er konstant lik q. Det innebærer at elektrisitet fra gasskraftverk kan leveres til konstant enhetskostnad q. I vannkraftproduksjonen er langtidsgrensekostnaden (LGK) stigende. Tilbudskurven for elektrisitet avhenger av hvor mye vannkraftkapasitet som allerede er utbygd. Når vannkraftkapasiteten er K*, er tilbudskurven for elektrisitet på kort sikt gitt ved den knekkede linjen K*EG. Elektrisitetsprisen vil til enhver tid tilpasses slik at

2.6. Analyseprosjekt: Gasskraft - eller vannkraftinvesteringer

Innledning

Lønnsomheten av et gasskraftverk sammenliknet med et vannkraftverk avhenger av en rekke størrelser som i betydelig grad er usikre. I denne analysen blir det lagt vekt på to kilder til usikkerhet. For det første er framtidig elektrisitetsetterspørsel usikker som følge av både temperaturvariasjoner og usikkerhet om den generelle økonomiske utvikling. For det andre er prisen på gass levert til gasskraftverket usikker som følge av usikkerheten omkring framtidige eksportkontrakter for naturgass. Et tredje moment i en analyse av usikkerhet, som blir sett bort fra i dette resonnementet, er usikkerheten i vannkraftproduksjonen som følge av nedbørvariasjoner. Analysen i det følgende bygger på en artikkel av Kobila (1990).

Valget mellom vannkraft og gasskraft kan betraktes som et valg mellom to ulike investeringsprosjekter. En sammenlikning av lønnsomheten av gasskraft og vannkraft innebærer å se på forskjellen i de totale kostnader, siden inntekten pr. produsert enhet (dvs. elektrisitetsprisen) er den samme.

Kostnadene ved produksjon av vannkraft består nesten utelukkende av kapitalkostnader og blir i denne sammenheng betraktet som relativt sikre. Betydningen av usikker gasspris for investeringsbeslutningen avhenger av om gassen har en alternativ anvendelse. I lønnsomhetsvurderinger for utbygging av gasskraftverk i Norge har det vært lagt til grunn at gasskraft baseres på såkalt assosiert gass, som hittil ikke har hatt noen alternativ anvendelse. I denne analysen er det forutsatt at gassen alternativt kan eksporteres, slik at betalingsvilligheten for gass i eksportmarkedet bestemmer hvilken pris gasskraftverket må betale. Svingningene i gassprisen på eksportmarkedet gir da uttrykk for usikkerheten i kostnadene ved produksjon av gasskraft. I praksis vil en stor del av totalkostnadene i et gasskraftverk utgjøres av variable kostnader, dvs. utgifter til kjøp av gass.

Usikkerhet i gassprisen eller i elektrisitetsetterspørselen har langt større betydning for valg av vannkraftkapasitet når det tas hensyn til at investeringene er irreversible. Med dette menes at kapasiteten ikke kan reduseres når investeringene først er foretatt. Hvis de usikre størrelsene var kjent med full sikkerhet, ville irreversible investeringer kunne foretas på det gunstigste tidspunkt. I en situasjon med usikkerhet vil faren for feilinvesteringer bli større når kapasiteten ikke kan reduseres. Dette er grunnen til at betydningen av usikkerhet blir analysert i sammenheng med irreversible vannkraftinvesteringer.

Som forklart ovenfor, er antakelsen om at vannkraftinvesteringene er irreversible viktige for å analysere betydningen av usikkerhet i framtidige inntekts- og kostnadsforhold. Når det gjelder vannkraftinvesteringer, er det også naturlig å tenke på en annen form for irreversibilitet, i og med at naturinngrepet er uopprettelig. I denne analysen er det ikke tatt eksplisitt hensyn til natur- og miljøskadene. Imidlertid kan analysen utvides til å ta hensyn til miljøkostnader. Skadene som følger av naturinngrepet og tapte rekreasjonsmuligheter ved vannkraftutbygging kan til en viss grad tallfestes og legges til som en tilleggskostnad i langtidsgrensekostnaden for vannkraft. Tilsvarende kan miljøskadene fra et gasskraftverk tilsi at det legges en avgift på gassprisen. Dette vil ikke kvalitativt forandre den følgende analysen. Tar en hensyn til miljøkostnadene, blir total energiproduksjon redusert i forhold til en situasjon uten miljøulemper.

Hovedkonklusjonen i analysen nedenfor er intuitivt rimelig: Hvis enten gassprisen er usikker eller elektrisitetsetterspørselen er usikker, og vannkraftinvesteringene er irreversible, kan det være en betydelig gevinst å hente ved å vente lenger med en videre utbygging av vannkraft, sammenliknet med en situasjon med full sikkerhet i framtidige inntekts- og kostnadsforhold.

Usikker gasspris

Analysen i dette avsnittet gjelder valget mellom vannkraft og gasskraft for å dekke et bestemt nivå på etterspørselen, og det er

ENØK-meldingen

St.meld. nr. 61 (1988-1989) "Om energiøkonomisering og energiforskning" ble lagt fram av Regjeringen 26. mai 1989. Dette var den tredje meldingen om ENØK i løpet av de siste 10 årene. Ifølge Regjeringen var bakgrunnen for å legge fram meldingen "først og fremst de økte miljøkravene til energipolitikken knyttet til bruken av fossile brensler". Meldingen påpeker at "det er også en stor utfordring for energipolitikken at de rene økonomiske gevinstene ved en mer effektiv energibruk synes å være betydelige".

I meldingen legges det fram beregninger av ENØK-potensialet for ulike næringer. Utgangspunktet for disse beregningene er alternativkostnaden definert ved kostnaden ved å bygge ut ny vannkraft, i den grad elektrisitet skal spares, og verdensmarkedsprisen på olje inklusive norske avgifter i den grad olje skal spares. Beregningene bør trolig tolkes som anslag på det langsiktige potensialet for å redusere energiforbruket. På kort sikt er det klart urealistisk å forutsette at alternativkostnaden for alle brukere er langtidsgrensekostnad for vannkraft. Grunnen til dette er dels at rammebetingelsene for kraftintensiv industri (brukerne av en tredjedel av kraften) innebærer vesentlig lavere priser, dels at det er et betydelig kraftoverskudd i det norske kraftmarkedet.

I beregningen av ENØK-potensialet for boliger og tjenesteytende bygg skisseres i meldingen en kurve som viser sammenhengen mellom et mulig ENØK-potensial og energipris. Kurven viser at et betydelig potensial kan realiseres til svært lave kostnader i disse sektorene. I meldingen finnes det ikke en tilsvarende kurve for sammenhengen mellom ENØK-potensialet og kostnader for industrien.

Oppsummering

Dagens kraftmarked er kjennetegnet av at ulike brukere står overfor ulike priser. Kraftprisene er for store brukergrupper lavere enn kostnaden ved å produsere kraft i nye vannkraftverk. Til tross for dette bygges det stadig ut mer kraft. Det viser at aktørene i kraftmarkedet har mangelfulle incentiver i forhold til en tilpasning som gir en samfunnsøkonomisk effektiv bruk av kraftressursene. Kraftmarkedet er derimot kjennetegnet av mange konsesjonsordninger, lover og reguleringer og institusjonelle bindinger.

De nye kraftkontraktene, basert på 1976-vilkår, vil medføre en klar prisfordel for de bedriftene som oppnår kontrakter, sammenlignet med øvrig næringsliv. Det er i overensstemmelse med samfunnsøkonomiske prinsipper at en tilstreber å få omsatt all tilgjengelig kraft i et overskuddsår, om nødvendig til svært lave priser. Tiltakene som er foreslått i St.prp. 79 (1988-89), innebærer at industrier som fra før betaler for lite for kraften, får tilbud om nye langsiktige kontrakter på store kraftmengder til priser som på lang sikt ikke vil forsvare utbyggingskostnadene. Stortingsproposisjonen sier klart fra om at en må regne med et økonomisk tap for Statkraft når en ser hele kontraktsperioden under ett. Dette tapet må bæres av resten av samfunnet.

Med mer markedsorientert prising i kraftmarkedet bør det være store muligheter for en mer effektiv utnyttelse av energi i det norske samfunnet. Alternativt til å bygge ut ny kraft kan en foreta investeringer i ny teknologi som er mer energieffektiv. Med store prisforskjeller vil brukere med lave energipriser ha lite motiv for å økonomisere med energien. På den annen side vil energibrukere med høye energipriser kunne satse for store ressurser på å redusere energibruken. En diskusjon om hvordan energibruken kan effektiviseres må ta utgangspunkt i hvordan energi faktisk brukes. I en slik kartlegging er også rammebetingelsene for de enkelte brukerne viktige. I tillegg bør en stille spørsmålet om hvorfor ikke ENØK-potensialet blir realisert. Skyldes det mangel på informasjon blant kraftbrukerne eller skyldes det at kraftbrukerne ikke har incentiver som gir en optimal tilpasning? Med en mer markedsbasert kraftomsetning vil likevektsprisen på mellomlang sikt ligge betydelig under kostnaden for utbygging av ny kraft. Denne likevektsprisen er den relevante alternativkostanden for beregning av et eventuelt ENØK-potensial på kort sikt. Dermed ville betydelige deler av det beregnede ENØK-potensialet falle bort. På lang sikt derimot, er den relevante alternativkostnaden kostnaden for ny utbygging av kraft.

landets vannkraftressurser, ble behandlet av Stortinget i 1989. De grunnleggende prinsipper for en samfunnsøkonomisk effektiv bruk av disse ressursene er velkjente: Prisen på kraft bør settes slik at den tilgjengelige produksjonskapasitet utnyttes fullt ut, eller så langt dette er mulig. Alle kjøpere bør stå overfor den samme kostnadskorrigerte elektrisitetspris. Videre utbygging av kraftsystemet bør ikke skje med mindre forbrukerne er villige til å betale kostnadene ved ny kraftutbygging. Funksjonsmåten til det norske kraftmarkedet oppfyller på langt nær kravene til en fornuftig ressursutnytting. Prisene som betales for kraft, varierer betydelig mellom grupper av forbrukere, og det er over tid blitt bygget ut en for stor kapasitet, blant annet som følge av at en har lagt for liten vekt på forbrukernes betalingsvillighet ved investeringsbeslutninger. Situasjonen i dagens kraftmarked, med utstrakt billigsalg av kraft både til deler av norsk industri og til eksport, er langt på vei en konsekvens av dette. Nedenfor gjengis hovedinnholdet i to proposisjoner og en melding om det innenlandske energimarkedet som ble lagt fram for Stortinget i 1989. Til slutt gis noen kommentarer til hvordan disse meldingene kan sies å ivareta prinsippene nevnt ovenfor.

Ny energilov

Forslag til ny energilov ble fremlagt for Stortinget i Ot.prp. nr. 73 (1988-1989) 28. april 1989. Den foreslåtte energiloven skulle erstatte en lang rekke lover for kraftsektoren som gjelder i dag. Etter anmodning fra energi- og industrikomiteen vedtok Odelstinget 6. juni 1989 ikke å behandle proposisjonen på grunn av tidsnød i vårsesjonen. Loven ble fremmet på ny 29. september 1989. Også denne proposisjonen ble trukket tilbake. Et nytt forslag til ny energilov ventes å bli lagt fram for Stortinget våren 1990.

I Ot.prp. nr. 73 om ny energilov ble det tatt til orde for større omsetning av kraft til markedsbestemte priser. Det vil bidra til en utjevning av kraftprisene, og dermed en samfunnsøkonomisk lønnsom utnytting av kraftressursene. I Energilovutvalgets delutredning om energilovgivningen, NOU 1985:9, sies det at en hovedsvakhet ved organiseringen av kraftsektoren er det store antallet små enheter som omsetter kraft. I odelstingsproposisjonen om ny energilov ble det foreslått en ny konsesjonsordning for omsetning av kraft. Den nye ordningen skulle redusere antallet små aktører på tilbudssiden i kraftmarkedet. Videre vil en slik konsesjonsordning sette myndighetene istand til å holde kontroll med de 30-35 sentrale aktørene som disponerer det meste av kraften i markedet.

Den foreslåtte konsesjonsordningen skal omfatte fordelingsverk, engrosselskaper og andre som deltar i markedet med videreformidling av kraft, og industri med egenproduksjon for videresalg til alminnelig forsyning. Alle aktører som kan sies å stå i en monopolsituasjon, vil etter forslaget måtte ha konsesjon. Konsesjonen skal gjelde retten til omsetning og ikke være knyttet til bestemte kraftkontrakter. I forbindelse med konsesjonsgiving skal det kunne settes vilkår om at den som gis konsesjon skal gå inn i større sammenslutninger av eller ta opp i seg andre energiverk. Dette kan oppfattes som et "ris bak speilet" for verk som motsetter seg myndighetenes oppfordringer om å danne større og mer effektive enheter i kraftomsetningen. Videre ble det i proposisjonen foreslått at anlegg for produksjon, overføring eller fordeling av kraft skal kunne eksproprieres til fordel for andre energiverk eller staten ved utløpet av konsesjonsperioden.

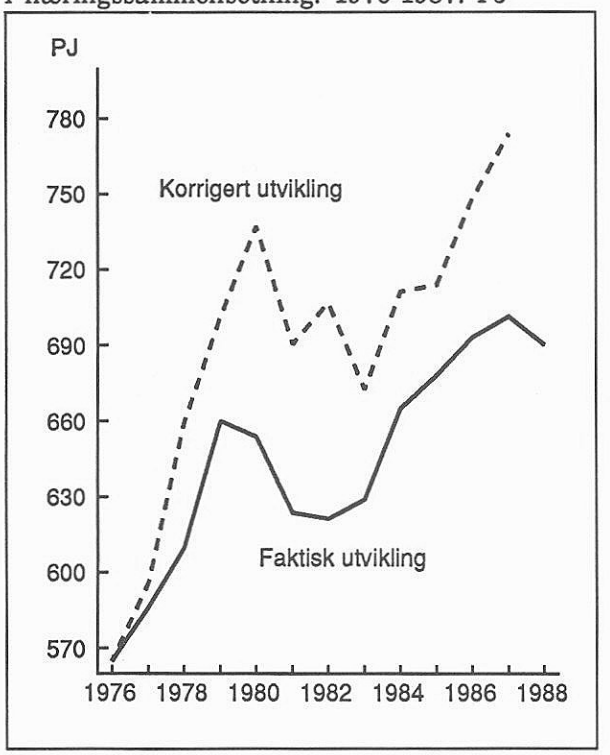
Nye kraftkontrakter

I april la Regjeringen fram Stortingsproposisjon nr. 79 (1988-1989) om "Tiltak for økt aktivitet i industrien og et mer fleksibelt kraftmarked". I proposisjonen blir Stortinget bedt om å gi Regjeringen fullmakt til å tildele kraft til kraftintensiv industri og treforedlingsindustri med 1976-kontraktspris innenfor en ramme på 2 TWh pr. år.

De nye 1976-kontraktene for kraftintensiv industri er forutsatt å ha en pris på 15,73 øre/kWh levert bedrift inklusive el-avgift. For treforedlingsindustri er det fastsatt en pris på 16,53 øre/kWh levert sentralt sted. Prisene er 6-7 øre/kWh eller 34 prosent lavere enn 1983-kontraktene. Kraften er forutsatt nyttet til nye industriprosjekter.

mer detaljert oppdeling i aktiviteter ville derfor kunne gi et annet bilde. En forklaring på vridninger i næringssammensetningen kan være faktorer som også virker direkte inn på etterspørselen etter varer og tjenester. Ulike inntektselastisiteter vil i særlig grad påvirke næringssammensetningen i en vekstprosess. Energiprisutviklingen vil også kunne være av betydning, en økning i prisene på oljeprodukter kan bl.a. føre til økte priser på vei- og sjøtransport som igjen kan vri etterspørselen over på jernbane.

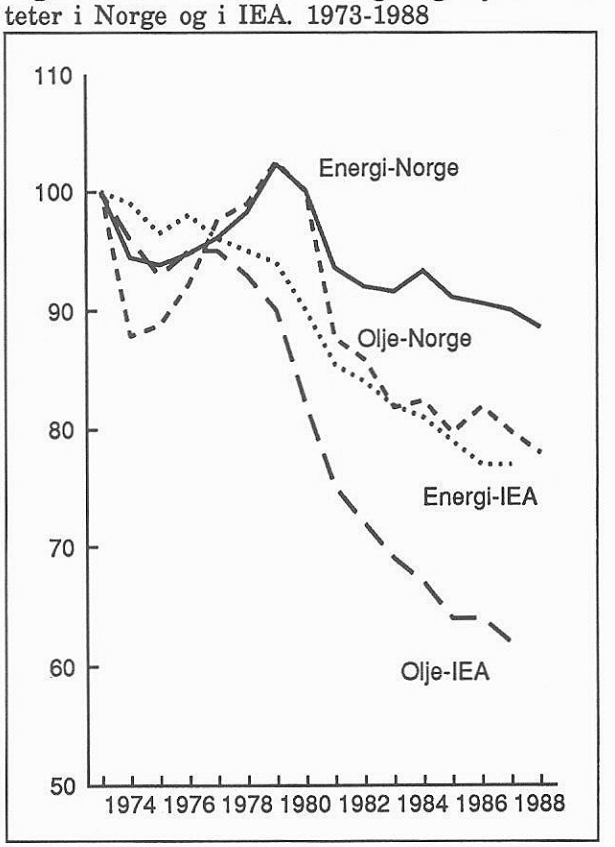
Figur 2.12. Energiforbruk korrigert for endring i næringssammensetning. 1976-1987. PJ



Avsluttende merknader

I dette avsnittet er det drøftet hvordan endringer i henholdsvis energipriser og næringssammensetning påvirker utviklingen i energiforbruket. Felles for de faktorene som er nevnt er at de peker i retning av reduksjon i sektorvise og totale energiintensiteter over den perioden som har vært betraktet. I samme retning trekker at en har kunnet ta i bruk mer energieffektivt utstyr. På tross av vekst i energiprisene i perioden 1973 til 1985, en næringssammensetning som er noe mindre energiforbrukende nå enn for 15 år siden, samt teknologiske framskritt, kan en imidlertid ikke observere noen stor reduksjon i energiintensitetene. Nedgangen i den totale energiintensiteten i Norge har vært svak i forhold til i andre IEA-land, se figur 2.13. En viktig grunn til dette er sammensetningen av energiforbruket i Norge, med et større innslag av elektrisitet i forbruket enn i andre land. Norske husholdninger og bedrifter ble derfor ikke rammet av den kraftige stigningen i oljeprisene gjennom 1970-årene i samme grad som forbrukere i en rekke andre industriland. Oljeintensiteten har imidlertid også gått beskjedent ned i Norge sett i forhold til i IEAs medlemsland. For å forklare dette kreves en mer detaljert analyse enn det som er gitt i denne oversikten.

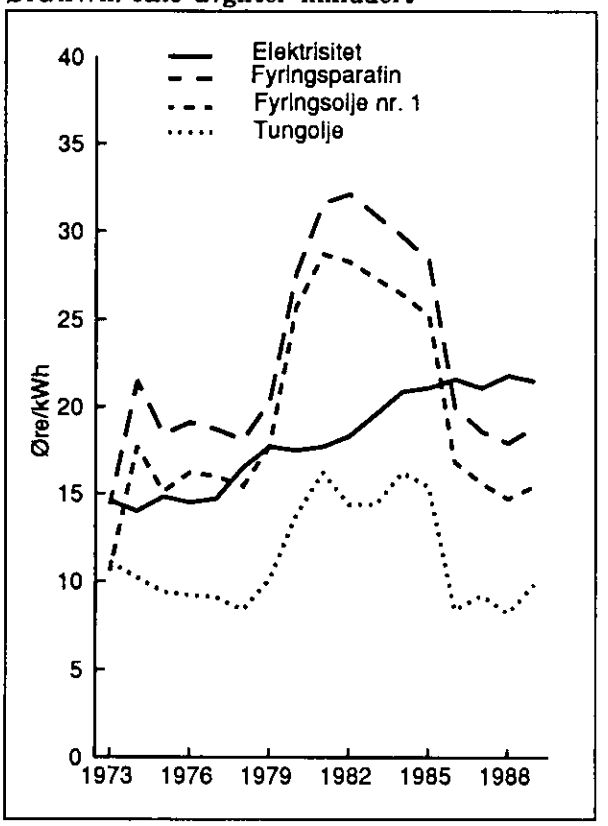
Figur 2.13. Indeks for energi- og oljeintensiteter i Norge og i IEA. 1973-1988



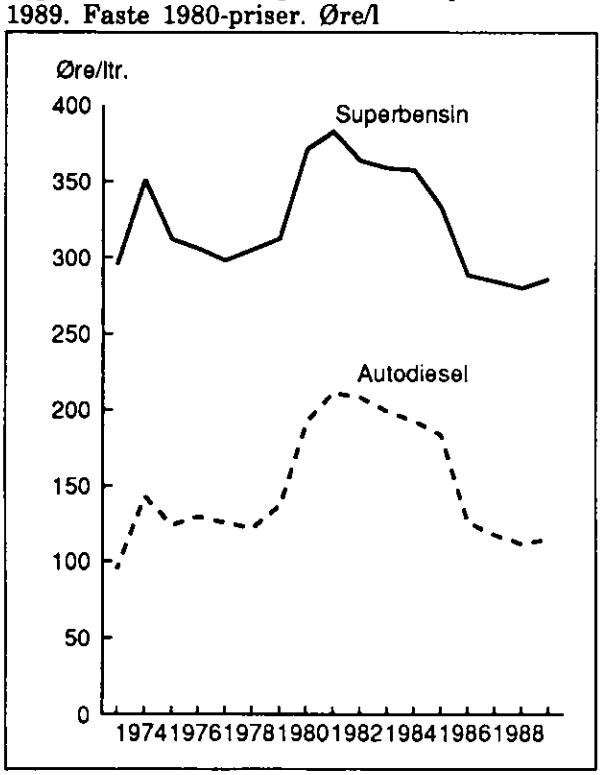
2.5. Energipolitikk

Flere viktige energipolitiske spørsmål som dreier seg om ulike sider ved forvaltning av

Figur 2.10. Beregnede priser for nyttiggjort energi. 1973 - 1988. Faste 1980-priser. Øre/kWh. Alle avgifter inkludert



Figur 2.11. Priser på drivstoffoljer. 1973 1989. Faste 1980-priser. Øre/l



I de periodene hvor oljeprisen har steget markert relativt til prisen på elektrisitet, ser dette ut til å ha gitt en klar overgang fra forbruk av olje til bruk av elektrisitet. Foreløpig har en ikke kunnet observere en motsatt effekt som følge av det kraftige fallet i prisene på petroleumsprodukter i 1986-87. Forbruket av oljeprodukter utenom bensin har faktisk sunket, mens bensin- og elektrisitetsforbruket har vært omtrent konstant. En mulig forklaring på dette er at for å skifte energibærer trengs *investeringer* i for eksempel fyringsanlegg. På grunn av disse kapitalkostnadene vil *forventninger* om hvordan energiprisene vil utvikle seg framover være av sentral betydning ved valg av energibærer. At sammensetningen av energiforbruket de siste årene har endret seg så lite til tross for drastiske endringer i energiprisene, kan således være et uttrykk for at brukerne forventer stigning i oljeprisen igjen.

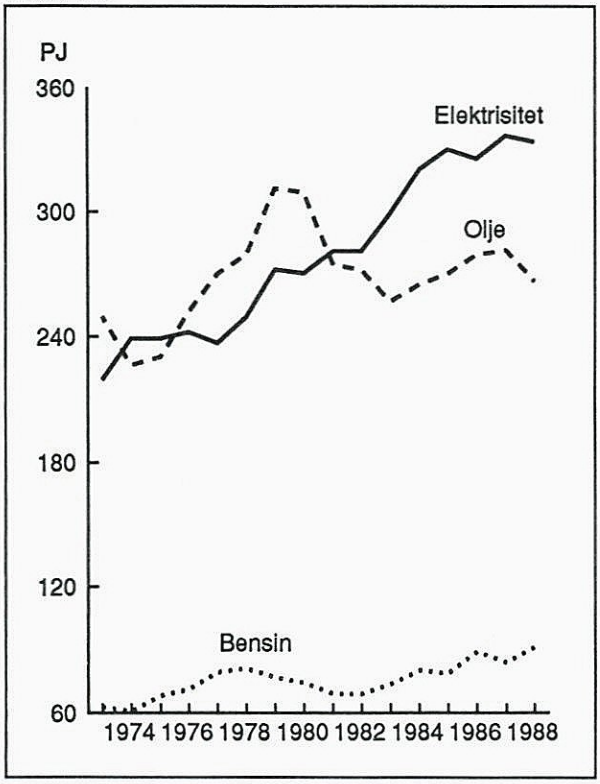
Energiforbruk og næringssammensetning

Endringer i totalt energiforbruk og energiintensitet (energimengde pr. enhet BNP) vil dels skyldes endringer i næringssammensetningen. For eksempel vil energiintensiteten for hele landet stige dersom produksjonsveksten i energiintensiv industri er sterkere enn i andre sektorer, fordi denne industriens energiforbruk da vil veie tyngre når en beregner energiintensiteten. Figur 2.12 viser hvordan totalt energiforbruk ville ha utviklet seg under forutsetning av uendret næringssammensetning i perioden 1976-1987. Mer presist er denne beregningen basert på identisk produksjonsvekst i alle sektorer (lik veksten i BNP), samtidig som utviklingen av energiintensiteten er lik den faktiske i hver sektor. Figuren viser at utviklingen i sammensetningen mellom næringer har bidratt til å redusere energiforbruket i Norge i denne perioden.

Beregninger av energiforbruk korrigert for endring i næringssammensetning vil avhenge av hvor detaljert en deler opp økonomien. Kurven i figur 2.12 er beregnet med utgangspunkt i en oppdeling i 35 produksjonsaktiviteter pluss en husholdningssektor. Innen disse spesifiserte aktivitetene kan det også ha foregått endringer som forsterker eller nøytraliserer den virkningen som går fram av figur 2.12. En annen og

noen endring i intensiteten i denne perioden.

Figur 2.9. Forbruk av energibærere. 1973 - 1988. PJ



Veksten i energiforbruket fordeler seg ulikt på olje og elektrisitet. Figur 2.9 viser det innenlandske forbruket av ulike energibærere i perioden 1973-88. Oljekrisen i 1973-1974 medførte en reduksjon i forbruket av oljeprodukter og en vekst i elektrisitetsforbruket. Forbruket av oljeprodukter tok seg imidlertid raskt opp igjen, men sank på nytt etter at råoljeprisen gjorde et nytt hopp i 1979-1980. Siden 1981 har forbruket av fyringsoljer vært noenlunde stabilt, mens forbruket av bensin og elektrisitet økte inntil 1985.

Energiprisutviklingen

En viktig forklaring til at veksten i forbruket av elektrisitet og olje har vært forskjellig, er at prisutviklingen for disse energibærerne har vært ulik. I perioder der prisen på en energibærer stiger, vil forbrukerne kunne gå over til bruk av en annen energibærer. Mulighetene for en slik substitusjon avhenger imidlertid av hvilke formål energien brukes til. For noen formål kan en bytte energibærer forholdsvis lett, for eksempel ved at en erstatter oljefyring med elektrisk fyring. For andre formål er slik substitusjon vanskeligere. Dette gjelder for eksempel store deler av den energien som brukes til transportformål.

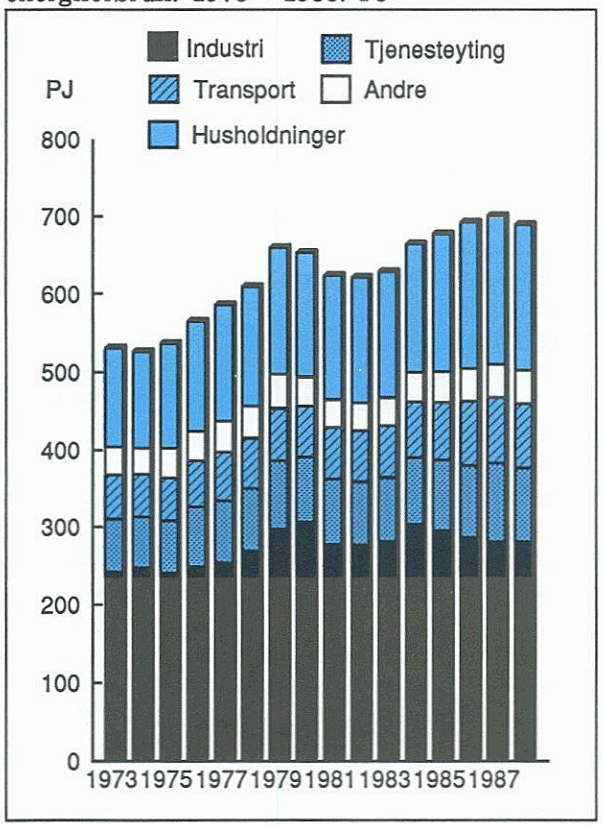
Mulighetene for å substituere mellom energibærere varierer mellom ulike sektorer. Energiforbruket i transport og "andre næringer" består for en stor del av transportoljer. De har små muligheter til å erstatte oljeforbruket med elektrisitet når oljeprisene stiger. Reduksjoner i forbruket pr. produsert enhet av de enkelte energibærere er dermed avhengig av innføring av ny teknologi, f.eks. kjøretøyer som bruker mindre drivstoff pr. kilometer. I husholdninger og tjenesteyting går en stor del av energiforbruket til oppvarming, der substitusjonsmulighetene er betydlige. I disse næringene vil endringer i relative energipriser forholdsvis raskt kunne føre til at en erstatter en energibærer med en annen.

Figur 2.10 viser prisene på elektrisitet og oljeprodukter pr. energienhet (omregnet til nyttiggjort energi) målt i faste 1980-kroner. Figur 2.11 viser prisutviklingen for drivstoffoljer. Prisen på elektrisitet målt i faste kroner har steget jevnt med i gjennomsnitt 2,9 prosent pr. år i perioden. Utviklingen i prisene på oljeprodukter preges derimot av kraftige svingninger. Disse prisendringene skyldes hovedsakelig endringer i prisen på råolje på verdensmarkedet. Prisen på lettere fyringsoljer og autodiesel har i gjennomsnitt steget noe i perioden, mens det er en svak tendens til reduksjon i prisene på tyngre fyringsoljer og bensin.

Hvis en sammenlikner pris*nivåene* for de ulike energibærerne, ser en av figur 2.10 at på 1970-tallet var det omtrent like dyrt å fyre med olje som å bruke elektrisitet. Den kraftige prisstigningen på olje i 1979/80 (OPEC II) førte til at dette endret seg vesentlig. Etter oljeprisfallet i 1986 har det imidlertid blitt billigere å fyre med olje enn å bruke elektrisk kraft.

ut som "transport", dvs. at bensinforbruket i private biler er registrert i husholdningssektoren. Utenriks sjøfart er også holdt utenfor. "Andre næringer" består blant annet av bygg- og anleggssektoren samt primærnæringene.

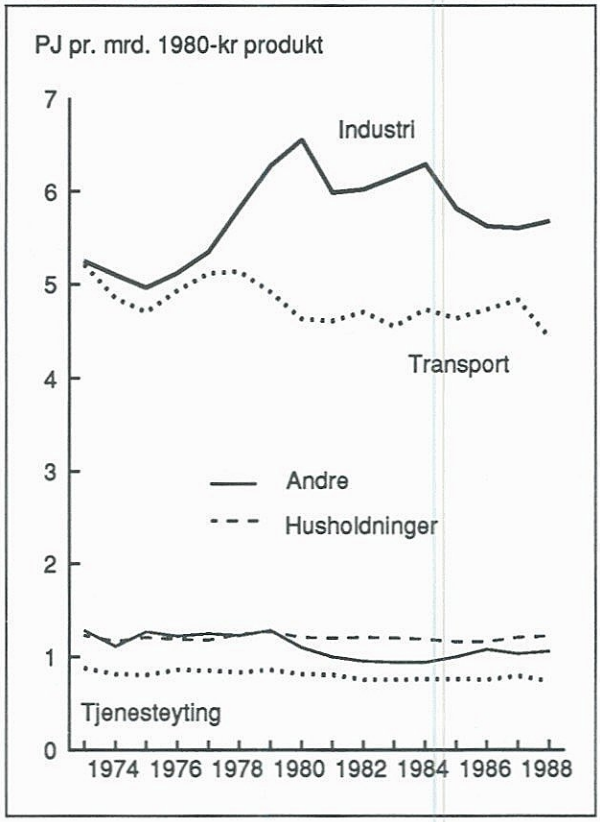
Figur 2.7. Utvikling av samlet innenlands energiforbruk. 1973 - 1988. PJ



Etter oljekrisen i 1973 - 1974 flatet energiforbruket noe ut, men det steg jevnt og kraftig mot slutten av 1970-årene. Som en følge av prishoppet på olje i 1979/80 gikk energiforbruket ned, for så å vokse svakt fra 1982 til 1987. Fra 1987 til 1988 var det igjen nedgang i det totale innenlandske energiforbruket. De relativt store fluktuasjonene i energiforbruket i industrien skyldes for en stor del konjunktursvingninger innen kraftintensiv industri, som i 1987 sto for om lag 65 prosent av sektorens energiforbruk. I de andre sektorene er utviklingen i mindre grad preget av konjunktursvingninger. I transportsektoren har veksten i energiforbruket siden 1973 vært noe høyere enn i de andre sektorene.

Energiintensitetene er definert som energiforbruk pr. produsert eller konsumert enhet (regnet i faste priser). Figur 2.8 viser utviklingen i energiintensitetene i de 5 næringene for perioden 1973 til 1988.

Figur 2.8. Energiintensiteter i ulike næringer. 1973 - 1988. PJ



Variasjonene som kan observeres i det totale energiforbruket i industrien, er i samsvar med intensitetene. Som nevnt må dette i første rekke tilskrives konjunkturutviklingen, særlig den eksportrettede kraftintensive industrien. Transportsektoren har i likhet med industrien et høyt energiforbruk pr. produsert enhet. Energiintensiteten gikk markert ned på slutten av 1980-tallet, men har siden utviklet seg ganske flatt. Samtidig har omfanget, eller produksjonsnivået innen transportsektoren vokst, og dette har ført til at det totale energiforbruket har steget. Innen sektorene bygg og anlegg og primærnæringer, som utgjør mesteparten av "andre sektorer", kan det også registreres en reduksjon i energiintensiteten. I tjenesteytende næringer og husholdninger har det nesten ikke vært

Tabell 2.5. Energibruk utenom energi-sektorene og utenriks sjøfart, etter energivare. 1989. Endring 1976 - 1989

Energivare	1989 PJ	Gjennomsnittlig årlig endring i prosent 1976-87	1987-89
I alt	743	2,1	-1,9
Elektrisitet	337	3,0	0,3
Fast kraft	319	3,0	-0,3
Alm. fors.	210	4,2	-1,8
Kraftint. ind.	109	0,8	2,4
Tilfeldig kraft	18	4,8	9,5
Olje i alt	319	1,0	-4,3
Olje utenom transportolje	65	-5,7	-12,0
Olje til transp.	201	3,2	-1,7
Gass gjort flyt.	53	44,2	-2,7
Fjernvarme	3	.	0,0
Fast brensel	84	2,6	-1,2
Kull, koks	48	0,7	-3,0
Ved, treavfall, avlut, avfall	36	6,2	1,4

Tabell 2.6. Gjennomsnittspriser[1] på elektrisitet[2] og noen utvalgte oljeprodukter. Tilført energi. 1989. Endring 1988 - 1989

Energivare	1989	Prosentvis endring 1988-1989
Fyringsprodukter : Pris i øre/kWh		
Elektrisitet[3]	43,0 (38,6)	3,1 (3,8)
Fyringsparafin	28,3	10,1
Fyringsolje 1	21,6	9,6
Fyringsolje 2	20,7	10,1
Tungolje	14,7	25,6
Transportprodukter : Pris i øre/liter		
Bensin, høy oktan	578,5	7,9
Bensin, blyfri	540,5	7,5
Autodiesel	233,0	8,9

1) Alle avgifter inkludert.
2) Husholdninger og jordbruk.
3) Tallene i parentes utgjør den variable del av prisen (energileddet i en H4-tariff).

2.4. Utvikling av energiforbruket 1973-1988

Innledning

Interessen for utviklingen av energiforbruket i Norge var i mange år knyttet til ønsket om å kartlegge behovet for videre vannkraftutbygging. Økende fokusering på miljøproblemer som knytter seg til energibruk, gjør det nødvendig å se hele det norske energimarkedet i sammenheng, dvs. at også oljeforbruket vurderes nærmere. Problemstillingen aktualiseres av at produksjon av gasskraft er det mest sannsynlige alternativ til vannkraft. Gasskraftproduksjon medfører betydelige utslipp av CO_2 og i noen grad NO_x.

De viktigste drivkreftene bak endringer i energiforbruket er økonomisk vekst, realprisutviklingen på energi, næringssammensetningen og teknologiske, eventuelt organisatoriske endringer. Disse faktorene virker ikke uavhengig av hverandre. Endrede energipriser kan påskynde såvel teknologisk framgang som endring i næringssammensetningen. Mye tyder også på at raske skift i prisen på råolje i verdensmarkedet har påvirket utviklingen i verdensøkonomien i vesentlig grad i de siste 15-20 år. En fullt ut tilfredsstillende analyse av energiutviklingen i Norge krever bruk av en økonomisk modell som tar hensyn til slike sammenhenger. En gjennomgang av data for energiforbruksutviklingen som foretas her, kan imidlertid bidra til å sortere ut de viktigste forklaringsfaktorene bak endringene i nivå og sammensetning av energiforbruket.

Hovedtrekk i energiutviklingen

Figur 2.7 viser utviklingen av det samlede innenlandske energiforbruket i Norge fordelt på de fem næringene industri, tjenesteyting, transport, andre næringer og husholdninger. Transportnæringen, slik den her er avgrenset, består av bedrifter som yter transporttjenester, dvs. godstransportfirmaer, busselskaper etc. Den delen av det samlede transportarbeidet som foregår i andre næringer (for eksempel privatbilisme innen husholdninger) er derimot ikke skilt

Tall fra energiregnskapet viser en total produksjon av energi i Norge på 4 013 PJ i 1988. Primærtilgangen, det vil si brutto tilgang av energi til bruk i Norge, er 917 PJ. Dette utgjør 22,9 prosent av totalproduksjonen. Norge er nettoimportør av kull og koks og nettoeksportør av olje, gass og vannkraft.

Forbruket av petroleumsprodukter i sektorer utenom energisektorene var i 1988 på 472 PJ. Dette utgjør 52,8 prosent av total energibruk i disse sektorene. Det innenlandske forbruket av petroleumsprodukter gikk ned med 5,5 prosent fra 1987 til 1988. Den største nedgangen gjelder olje utenom transportolje, der en mangeårig tendens med synkende forbruk fortsatte etter en forbigående økning i 1985 og 1986, se tabell 2.18, avsnitt 2.11, tabellvedlegg.

Forbruket av elektrisitet og fast brensel viser en ubetydelig nedgang fra 1987 til 1988 og utgjør henholdsvis 37,4 og 9,5 prosent av total energibruk utenom energisektorene.

Bruken av energi utenom energisektorene var på 894 PJ i 1988, se tabell 2.4. Det var en oppgang på 2,4 prosent fra 1987 til 1988. Oppgangen skyldes utenriks sjøfart, hvor det har vært stor tilgang til flåten registrert i NIS (Norsk Internasjonalt Skipsregister). Innenlandsk energibruk gikk noe ned i 1988 sammenlignet med 1987 og var på omtrent samme nivå som i 1985 og 1986. Energibruken innen kraftintensiv industri lå på omtrent samme nivå i 1988 som i 1987, mens annen industri viste en nedgang på 5,3 prosent. Private husholdninger brukte 1,9 prosent mindre energi i 1988 enn året før. Den samlede energibruken i andre sektorer gikk ned med 4,2 prosent. Foreløpige tall for 1989 tyder på at innenlandsk energibruk er gått ned fra 751 PJ i 1988 til 743 PJ i 1989.

I perioden 1987-1989 har det totale energiforbruket utenom energisektorene og utenriks sjøfart gått ned 1,9 prosent pr. år, se tabell 2.5. 1988 og særlig 1989 var svært varme år i store deler av Norge. Dette forklarer en nedgang i bruken av energi til oppvarming. Fastkraftforbruket i alminnelig forsyning viser en gjennomsnittlig årlig nedgang på 1,8 prosent de to siste årene. Den kraftkrevende industrien har hatt en vekst i energiforbruket på grunn av konjunkturoppgangen i utlandet. Mye nedbør og høye temperaturer førte til lave priser og sterk vekst i forbruket av tilfeldig kraft i perioden 1987-1989. Den gjennomsnittlige årlige nedgangen de to siste årene for oljeprodukter utenom transportoljer er hele 12,0 prosent. Dette kan henge sammen med at oljeforbruk til andre formål enn transport reagerer kraftigere på temperatursvingninger enn elektrisitetsforbruket. Oljeforbruket til transportformål gikk også ned i den samme perioden - med gjennomsnittlig 1,7 prosent pr. år. Dette henger sammen med dempet økonomisk aktivitet innenlands i perioden fra 1987 til 1989.

Tabell 2.6 viser prisen på elektrisitet til husholdninger og jordbruk, samt prisene på noen utvalgte oljeprodukter.

Tabell 2.4. Energibruk[1] utenom energi-sektorene, etter næring. 1988*. Endring 1976 - 1988[2]

Næring	1988 PJ	Gjennomsnittlig årlig endring i prosent 1976-87	1987-88
I alt	894	-0,7	2,4
Utenriks sjøfart	143	-10,0	41,6
Innenlandsk bruk	751	2,1	-2,7
Landbruk og fiske	32	0,3	3,2
Kraftintensiv industri	206	2,3	-0,5
Annen industri og bergverk	108	-0,8	-5,3
Andre næringer	197	3,1	-4,8
Private husholdninger . .	208	3,0	-1,9

1) Omfatter også energivarer brukt som råstoff.
2) Fra 1987 er fjernvarme med i tallene.

av det sterke fallet i oljeprisen, sank bruttoproduktet til vel 50 milliarder kroner i 1986. Fallet fortsatte i 1988 som følge av lave olje- og gasspriser gjennom året. Stigende oljeproduksjon var ikke nok til å kompensere for dette. I 1989 økte bruttoproduktet sterkt som følge av økende priser og produksjon.

Den meravkastningen, sammenliknet med annen produksjon, som olje- og gassvirksomheten gir, kalles gjerne oljerenten. Denne kan beregnes som den delen av de samlede produksjonsinntektene ved utvinning av olje og gass, som oppnås utover løpende produksjonskostnader og en normal avkastning på investert kapital. Beregningsmåten innebærer at en ser bort fra at flere innsatsfaktorer som brukes i olje- og gassutvinningen, trolig får en høyere belønning enn de ville fått i en annen næringsvirksomhet. De kan derfor i noen grad sies å motta en del av oljerenten.

Om en setter den normale avkastningen på investert kapital til 7 prosent, som svarer omtrent til gjennomsnittlig avkastningsrate på industrikapital de siste ti år, viser foreløpige beregninger at oljerenten ble vel 20 milliarder kroner i 1989. Dette er en klar økning fra 1988 da oljerenten var bare knapt 1 milliard kroner, men fortsatt bare om lag på det samme nivået som "kriseåret" 1986. Oljerenten utgjorde i 1989 3,1 prosent av bruttonasjonalproduktet. Dette betyr at Norges "arbeidsfrie" inntekt fra olje- og gassvirksomheten i løpet av fire år er falt fra 15 000 kroner pr. innbygger til om lag tredjeparten i dagens kroneverdi. Oljerenten faller raskere enn bruttoproduktet fordi den kapitalbeholdning som skal betjenes av det samlede driftsresultat, stadig vokser ettersom nye felt bygges ut.

2.3. Uttak og bruk av energivarer

Fram til begynnelsen av 1970-årene utgjorde vannkraft det vesentligste av produksjonen av energivarer i Norge. Etter at produksjonen av først råolje og siden naturgass kom i gang utover i 70-årene, har disse energivarene overtatt en stadig større andel av den totale energiproduksjonen. Tabell 2.3 viser hvordan uttaket av energivarer har utviklet seg siden 1930 og fram til i dag. Kullproduksjonen på Svalbard holdt seg på omtrent samme nivå fra 1950 til 1987. De siste årene har uttaket vært noe mindre på grunn av driftsstans ved gruvene i Svea. Brann i en av de to øvrige gruvene ga et særlig lavt produksjonstall i 1988. Uttaket av de øvrige energivarene viser en gjennomgående økning. I løpet av 1980-årene har råoljeproduksjonen økt kraftig, mens naturgassuttaket bare viser en svakt stigende tendens fra nivået i 1980. Det totale uttaket av energivarer i 1989 er mer enn fordoblet fra 1980 og over 20 ganger større enn det var i 1970.

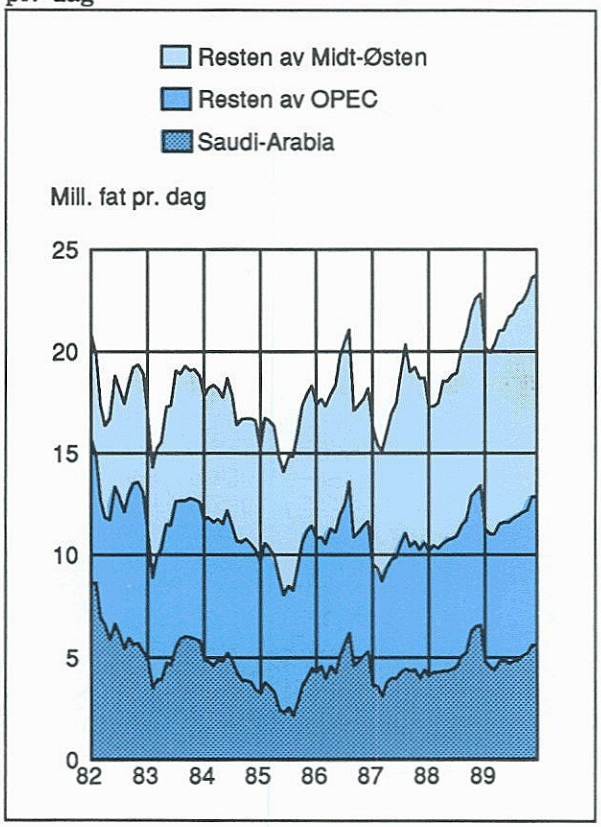
Tabell 2.3. Uttak av energivarer i Norge. 1930 - 1989. PJ

År	I alt	Vann-kraft	Rå-olje	Natur-gass	Kull
1930 . .	37	31	-	-	6
1939 . .	47	39	-	-	8
1950 . .	82	61			11
1960 . .	122	111	-	-	11
1970 . .	220	206	-	-	14
1972 . .	324	243	68	-	14
1974 . .	362	276	72	-	14
1976 . .	904	295	584	10	14
1978 . .	1 562	291	718	541	11
1980 . .	2 289	301	1 034	944	8
1981 . .	2 291	336	992	952	11
1982 . .	2 412	334	1 036	1 029	12
1983 . .	2 717	382	1 289	1 032	14
1984 . .	2 959	383	1 467	1 096	13
1985 . .	3 096	371	1 622	1 089	14
1986 . .	3 282	349	1 799	1 122	12
1987 . .	3 676	374	2 098	1 193	11
1988* .	4 013	394	2 400	1 212	7
1989* .	4 898	427	3 171	1 291	9

Energiregnskapet følger energivarene fra uttak via omforming til bruk innen de enkelte produksjonssektorer og private husholdninger. Energisektorene i regnskapet består dels av uttakssektorer, dels av omformingssektorer. Uttakssektorene er bryting av kull, vannkraftverk og utvinning av råolje og naturgass. Til omformingssektorene regnes koksverk, oljeraffinerier, varmekraftverk, kraftvarmeverk og fjernvarmeverk. Hittil er energiregnskap utarbeidet for årene 1976 til 1988. Foreløpig regnskap for 1988 er gjengitt i tabell 2.16, se avsnitt 2.11, tabellvedlegg.

vært betydelig lavere før OPEC-møtet i slutten av 1988. Prisen økte så langsomt fram til begynnelsen av 2. kvartal da den kom over 20 US$ pr. fat. Deretter begynte spotprisen å synke, og den svekket seg gjennom hele 2. kvartal og fram til begynnelsen av august, da den igjen var nede i om lag 16 US$ pr. fat. Så langt liknet denne utviklingen mye på forholdene i oljemarkedet i 1988, men i 1989 økte oljeprisen igjen utover høsten, og i perioder lå spotprisen på råolje om lag 50 prosent over prisen på samme tid i 1988.

Figur 2.6. OPECs oljeproduksjon. Millioner fat pr. dag



Kilde: Petroleum Intelligence Weekly.

OPECs økte oljeproduksjon gjennom året, er et mønster som har gått igjen de siste 2-3 år; OPEC avholder sitt ordinære ministermøte i november, kommer til en slags enighet og klarer samlet å redusere produksjonen fra desember til januar. Deretter øker produksjonen gjennom resten av året. I 1989 økte OPEC ved forskjellige anledninger sine produksjonskvoter; fra 18,5 millioner fat pr. dag i første halvår til 19,5 millioner fat pr. dag i 3. kvartal og til 20,5 millioner fat pr. dag i 4. kvartal. Produksjonen lå hele tiden over kvotene, og i gjennomsnitt for året produserte OPEC knapt 22 millioner fat pr. dag. Det var særlig Kuwait og De Forente Arabiske Emirater som produserte over sine kvoter.

Forbruket av oljeprodukter har vokst ganske betydelig etter oljeprisfallet i 1986, og forbruket i OECD-området og utviklingslandene økte med om lag 5 millioner fat pr. dag fra 1985 til 1989. Veksten er imidlertid avtakende, og IEA anslår økningen i oljeforbruket i OECD-området til under 1,5 prosent i 1989 sammenliknet med 1988. Veksten i oljeforbruket i U-land er anslått til om lag 4 prosent i 1989.

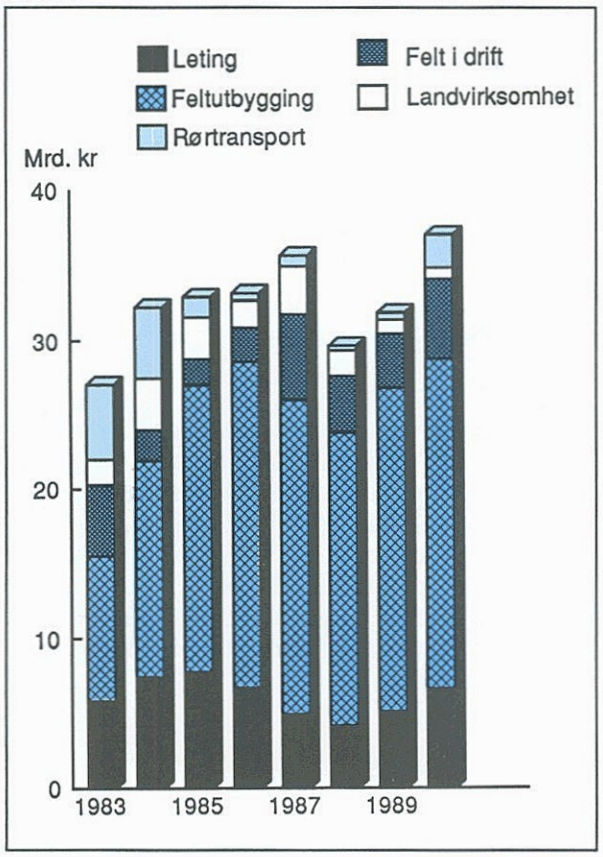
Petroleumsinntektene - oljerenten

Tabell 2.2. Petroleumsinntekter og oljerente. 1977-1989

År	Bruttoprodukt i utvinningssektoren	Oljerente	Oljerentens andel av bruttonasjonalprodukt
	Milliarder kroner		Prosent
1977	7,4	2,8	1,5
1978	12,8	7,0	3,3
1979	20,8	13,7	5,7
1980	41,0	31,8	11,2
1981	51,0	36,4	11,1
1982	55,3	37,8	10,4
1983	66,9	48,0	11,9
1984	83,4	59,5	13,1
1985	89,7	62,3	12,4
1986	51,0	18,3	3,6
1987	51,1	13,2	2,3
1988	44,2	0,9	0,2
1989*	69,6	20,1	3,1

Norges petroleumsinntekter kan beregnes som verdien av bruttoproduktet i alle oljeselskaper som opererer på norsk kontinentalsokkel, fratrukket aksjeutbytte som utenlandske selskaper tar ut av landet. Inntektene fra olje- og gassproduksjonen i Nordsjøen økte sterkt fram til 1985, da verdiskapningen, målt ved bruttoproduktet i utvinningssektoren, utgjorde knapt 90 milliarder kroner (se tabell 2.2). På grunn

Figur 2.4. Påløpte investeringskostnader i petroleumssektoren. 1983 - 1990. Milliarder kroner



Påløpte investeringskostnader i *feltutbygging* er anslått til 21,7 milliarder kroner i 1989, en vekst på 10,2 prosent fra året før. Investeringskostnadene i feltutbygging utgjør nå nesten 70 prosent av totale kostnader i utvinningssektoren. Veksten i totaltallet skjuler en kraftig vridning i sammensetningen mellom varer og tjenester; fra 1988 til 1989 økte varekostnadene med nesten 40 prosent, mens tjenestekostnadene sank med 7 prosent i verdi.

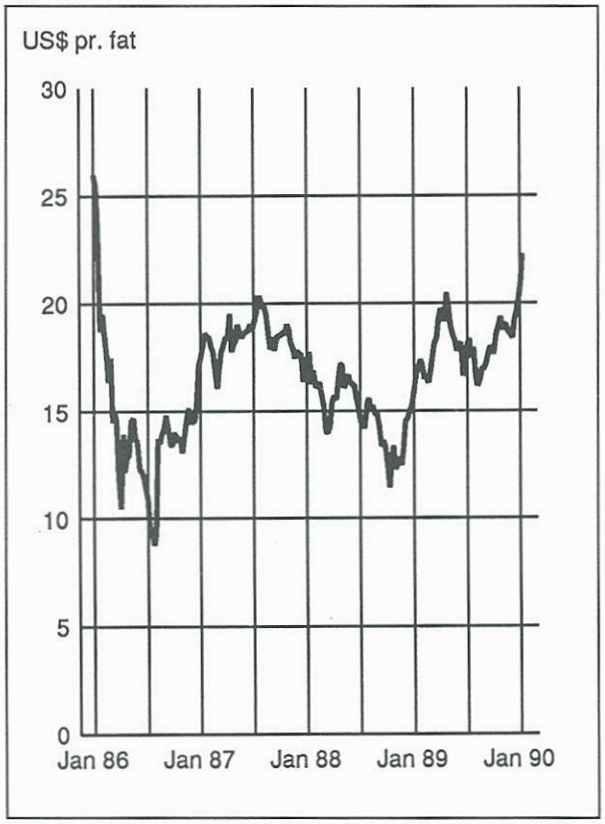
Påløpte investeringskostnader til *felt i drift* er anslått til 3,7 milliarder kroner i 1989, en mindre nedgang i verdi fra 1988. Det er kostnadene til produksjonsboring som vanligvis utgjør den største andelen av investeringskostnadene til felt i drift, og kostnadene til produksjonsboring har økt kraftig de senere årene. I årene 1985 til 1987 utgjorde disse kostnadene 1,1 milliarder kroner pr. år, i 1988 ble de doblet og i 1989 økte de til 2,5 milliarder kroner.

Anslaget for påløpte investeringskostnader i *rørtransport* er anslått til knapt 0,5 milliard kroner i 1989. Anslaget for 1990 på 2,2 milliarder kroner er de første signaler om at investeringaktiviteten i rørtransportsektoren vil bli høy under byggingen av Zeepiperørledningen fra Troll/Sleipner.

Oljemarkedet i 1989

Oljemarkedet holdt seg relativt stabilt gjennom 1989. Spotprisen på Nordsjøolje varierte mellom om lag 16 og 20 US$ pr. fat i 1989, med et gjennomsnitt på vel 18 US$ pr. fat. En stadig økende overproduksjon fra OPECs side ble stort sett motvirket av relativt sterk vekst i etterspørselen etter oljeprodukter. Denne situasjonen førte til at spotprisen for snarlig levering holdt seg relativt høy og stabil, mens prisene i terminkontrakter for framtidig levering var en god del lavere mesteparten av året.

Figur 2.5. Spotprisen på Brent Blend. US$ pr. fat

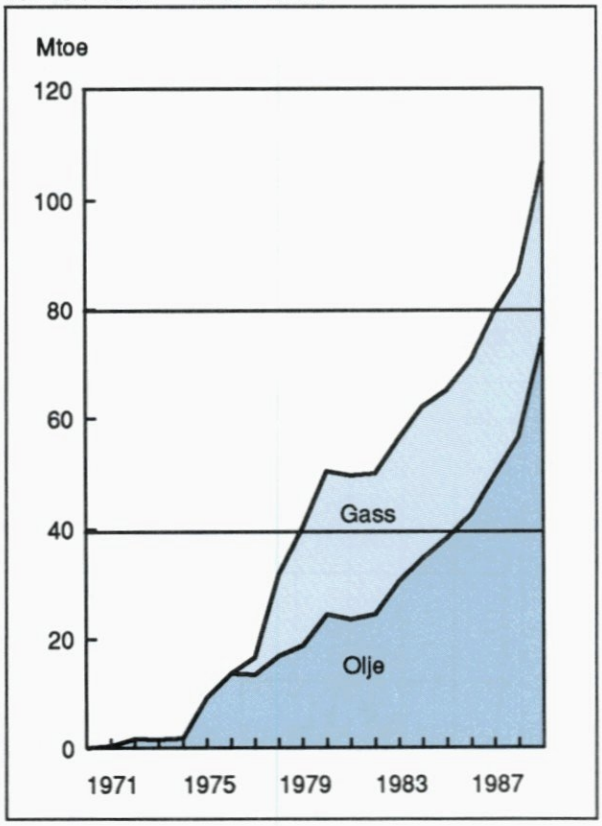


Kilde: Petroleum Intelligence Weekly.

Ved inngangen til 1989 var spotprisen på råolje om lag 16 US$ pr. fat, etter å ha

produksjonen fra feltene Oseberg, Gullfaks og Ekofisk som bidro til den store økningen i samlet oljeproduksjon. Gjennom hele året lå norsk oljeproduksjon 7,5 prosent under kapasiteten. Produksjonsbegrensningen har vært begrunnet med at den skal bidra til å stabilisere oljeprisen på et rimelig høyt nivå. Produksjonen av naturgass økte med om lag 7 prosent i 1989 sammenliknet med 1988.

Figur 2.3. Olje- og gassproduksjonen på norsk sokkel. 1971 - 1989. Mtoe



Det var oljeproduksjonen på Osebergfeltet som vokste raskest i 1989. Produksjonen startet i desember 1988, og på grunn av at et stort antall produksjonsbrønner var ferdigboret før produksjonen tok til, vokste produksjonen svært raskt etter produksjonsstart. I 1989 produserte feltet 11,6 millioner tonn. Dette utgjorde over 15 prosent av samlet norsk oljeproduksjon.

Også oljeproduksjonen på Gullfaksfeltet vokste sterkt, og den utgjorde 13,9 millioner tonn i 1989. Det er en vekst på over 80 prosent i forhold til 1988. Feltet produserte knapt 19 prosent av all norsk råolje i 1989 til tross for at Gullfaks også tar produksjonsbegrensningene for Statfjordfeltet. I midten av desember 1989 ble den tredje plattformen (Gullfaks C) satt i produksjon, noe som gjør at produksjonen fra feltet vil fortsette å vokse sterkt.

Produksjonen på Norges største oljefelt, Statfjordfeltet, har passert toppen, og ble redusert med 2 prosent i 1989 sammenliknet med 1988. Feltet sto for noen år siden for om lag 70 prosent av norsk oljeproduksjon, men i 4. kvartal 1989 utgjorde feltets produksjon "bare" om lag en tredjedel av totalen.

Norsk *gassproduksjon* domineres fortsatt av Ekofisk- og Friggfeltene. Samlet utgjorde produksjonen på de to feltene drøyt 65 prosent av total gassproduksjon i 1989. Feltene produserte i 1989 omtrent like mye, men mens produksjonen på Ekofiskfeltet økte med drøyt 10 prosent fra året før, ble gassproduksjonen fra Friggområdet redusert med 1,5 prosent.

Oljeinvesteringer i 1989

Ifølge Statistisk sentralbyrås investeringsundersøkelse fra 4. kvartal 1989 er påløpte investeringskostnader i utvinning og rørtransport av olje og gass anslått til 31,8 milliarder kroner i 1989. Det utgjorde om lag en femtedel av norske bruttoinvesteringer i alt. Anslaget innebærer en verdivekst på 7,4 prosent fra 1988. Påløpte investeringskostnader er et aktivitetsmål som gir uttrykk for den løpende ressursbruken på ulike investeringsprosjekt.

Anslaget for påløpte *letekostnader* er 5,1 milliarder kroner i 1989, en økning i verdi på 23 prosent fra 1988. Mesteparten av økningen fra 1988 skyldes svært høye kostnader i forbindelse med en bestemt brønn Saga boret i nærheten av Ekofisk, og hvor det i lang tid var fare for en ukontrollert utblåsing. Anslagene for 1988 og 1989 (eksklusive Sagas brønn) ligger i verdi om lag 50 prosent under anslaget for 1985, slik at det har vært en kraftig reduksjon i aktiviteten etter oljeprisfallet i 1986. Det er særlig kostnadene til boring som har blitt redusert.

3. FISK

Bestanden av norsk-arktisk torsk er nå vurdert til å være på et meget lavt nivå (om lag 680 tusen tonn), og kvoten for 1990 er på kun 160 000 tonn. Av dette kan norske fiskere ta 73 000 tonn. I tillegg kommer 40 000 tonn kysttorsk. Gytebestanden av norsk vårgytende sild er ved begynnelsen av 1989 vurdert til å være på om lag 1,5 millioner tonn. Om lag 90 prosent av bestanden utgjøres av årsklassen fra 1983. Loddebestanden i Barentshavet er i svak vekst, men er fremdeles på et meget lavt nivå. Det totale fangstkvantumet av fisk i norske fiskerier i 1989 var om lag 1,7 millioner tonn. Dette er en økning på om lag 20 tusen tonn fra 1988. Inkludert skalldyr, skjell, tang og tare var totalfangsten i 1989 om lag 2,0 millioner tonn til en førstehåndsverdi av 4,8 milliarder kroner. Førstehåndsverdien har gått ned med om lag 6 prosent fra 1988. Eksportverdien av fiskevarer (oppdrettslaks inkludert) økte imidlertid med 3 prosent i 1989 til i overkant av 11 milliarder kroner, hvorav eksport av oppdrettslaks utgjorde om lag 3,5 milliarder kroner. Eksportmengden av oppdrettslaks har økt med om lag 45 prosent fra 1988, mens verdien bare har økt med om lag 13 prosent.

3.1. Bestandsutvikling

I dette avsnittet presenteres en oversikt over utviklingen av noen viktige fiskebestander, i hovedsak basert på rapporter fra Det internasjonale havforskningsrådet (ICES).

Norsk-arktisk torsk

Størrelsen på bestanden av norsk-arktisk torsk ble anslått til om lag 680 tusen tonn ved begynnelsen av 1989, se figur 3.1. Utviklingen i torskebestanden har vært langt svakere enn forventet. Anslaget for gytebestanden er på et meget lavt nivå, om lag 140 tusen tonn. Bestandsregnskapet for norsk-arktisk torsk omfatter fisk som er over 2 år ved årsskiftet. Figur 3.2 viser en rekrutteringsindeks der styrken til årsklassen når den går inn i den regnskapsførte bestanden, er brukt som mål på størrelsen på kullet det året da gytingen fant sted. Rekrutteringsindeksen viser at alle årsklassene fra 1980-tallet, bortsett fra den sterke 1983-årsklassen og de mer "normale" årsklassene fra 1981 og 1982, har vært svake. Torsken blir vanligvis gytemoden som 7-8 åring.

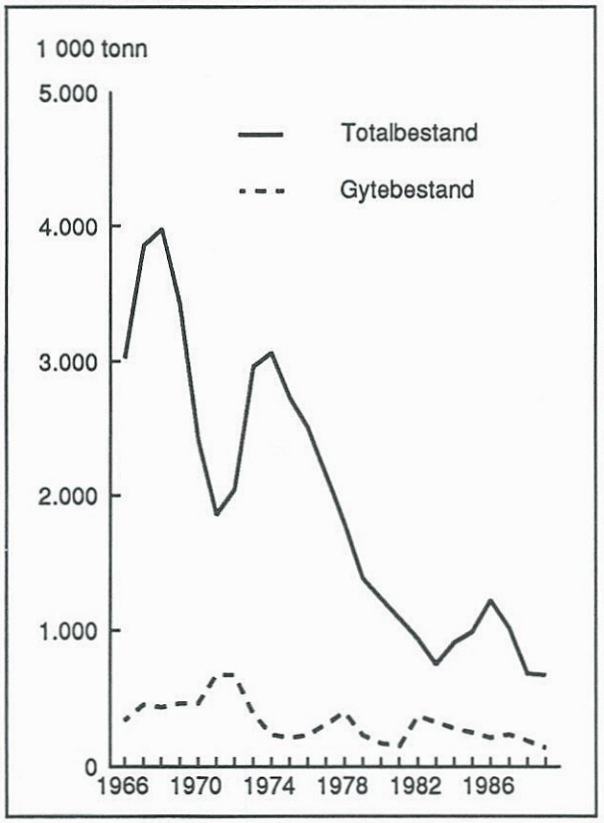
De lovende utsikter rundt midten av 1980-tallet til vekst i bestanden av norsk-arktisk torsk har ikke slått til. Årsaken til den dårlige bestandsutviklingen er ikke fullstendig klarlagt, men flere momenter har vært nevnt: for hard beskatning, utkast av småfisk, næringsmangel pga. sammenbrudd i loddebestanden, redusert vekst, kannibalisme, økning i naturlig dødelighet og økt beitepress fra sel.

Sild og lodde er "nøkkelarter" i økosystemet i Norskehavet og Barentshavet. Naturlige variasjoner, som f.eks. forandringer i vanntemperatur, vil påvirke samspillet mellom disse og andre arter. Beskatning kan så påvirke eller forsterke slike endringer. Nedfiskingen av sildebestanden fram mot

1970 og sammenbruddet av denne artens vandringsmønster, er trolig en sterkt medvirkende årsak til den bestandsutvikling for bl.a. torsk og lodde som er observert på 1980-tallet.

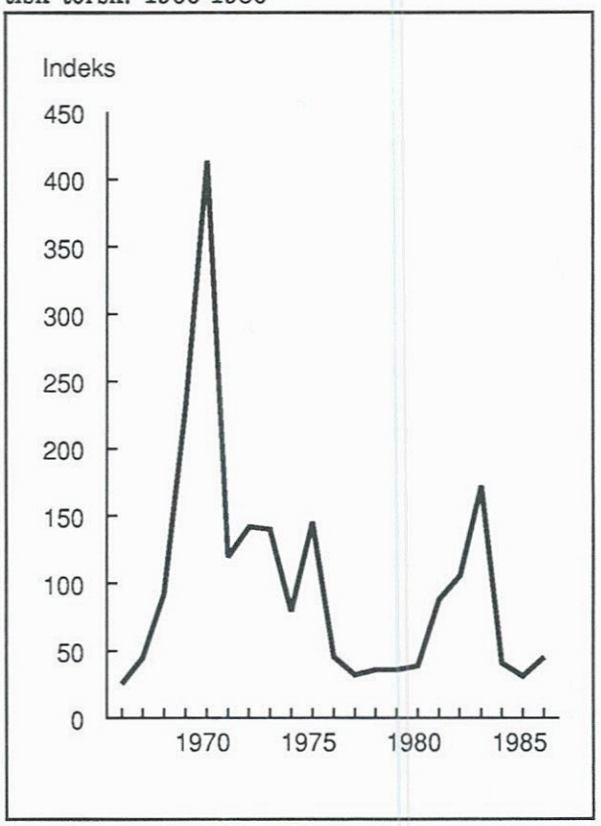
På bakgrunn av det nyeste bestandsanslaget gjør havforskerne tilbakeregninger over bestandsutviklingen på grunnlag av data for fangst og naturlig dødelighet. Dermed blir bestandsanslag for tidligere år omvurdert. Tabell 3.1 viser bestandsstørrelsen for norsk-arktisk torsk, slik den ble vurdert første gang for hvert enkelt år og slik den blir vurdert i 1989. Anslaget på 1 500 tusen tonn for 1987 som ble gitt samme år, ble justert ned med 480 tusen tonn i 1989.

Figur 3.1. Totalbestand[1] og gytebestand av norsk-arktisk torsk. 1966-1989. 1 000 tonn



1) Fisk som er over 2 år.

Figur 3.2. Rekrutteringsindeks[1] for norsk-arktisk torsk. 1966-1986



1) Gjennomsnitt 1966-1986=100.

Tabell 3.1. Bestandsutvikling[1]. Norsk-arktisk torsk. 1975-1989. 1 000 tonn

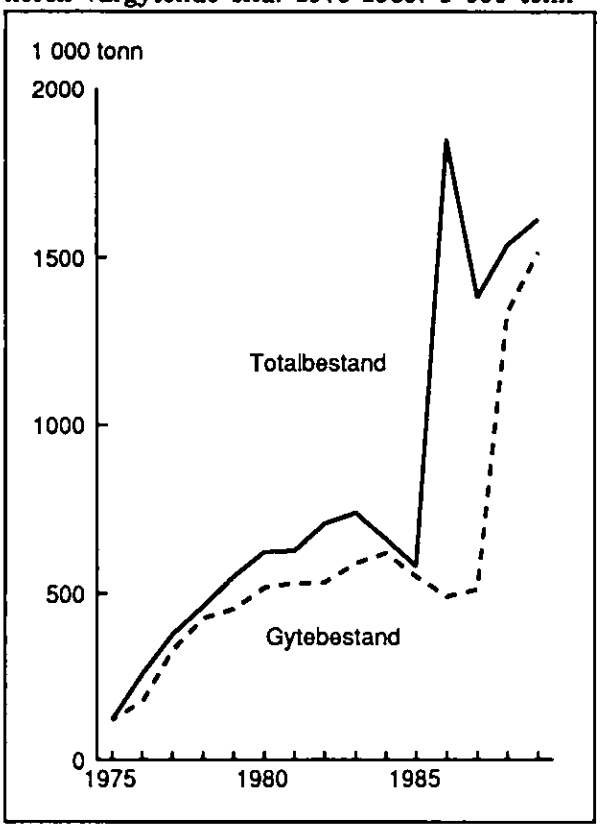
År	Første anslag (1)	1989-anslag (2)	Omvurdering (3)=(2)-(1)
1975	3 600	2 730	-870
1976	4 110	2 510	-1 600
1977	2 500	2 150	-350
1978	1 920	1 790	-130
1979	1 690	1 390	-300
1980	1 500	1 240	-260
1981	1 560	1 090	-460
1982	1 410	940	-470
1983	960	750	-210
1984	730	910	180
1985	1 020	990	-30
1986	1 880	1 220	-660
1987	1 500	1 020	-480
1988	900	690	-210
1989	680	680	.

1) Bestandsstørrelse vurdert for første gang samme år og i 1989.

Norsk vårgytende sild

Bestanden av norsk vårgytende sild i 1988 er vurdert til om lag 1,5 millioner tonn, se figur 3.3. I en prognose har ICES anslått totalbestanden av norsk vårgytende sild pr. 1. januar 1989 til om lag 1,6 millioner tonn.

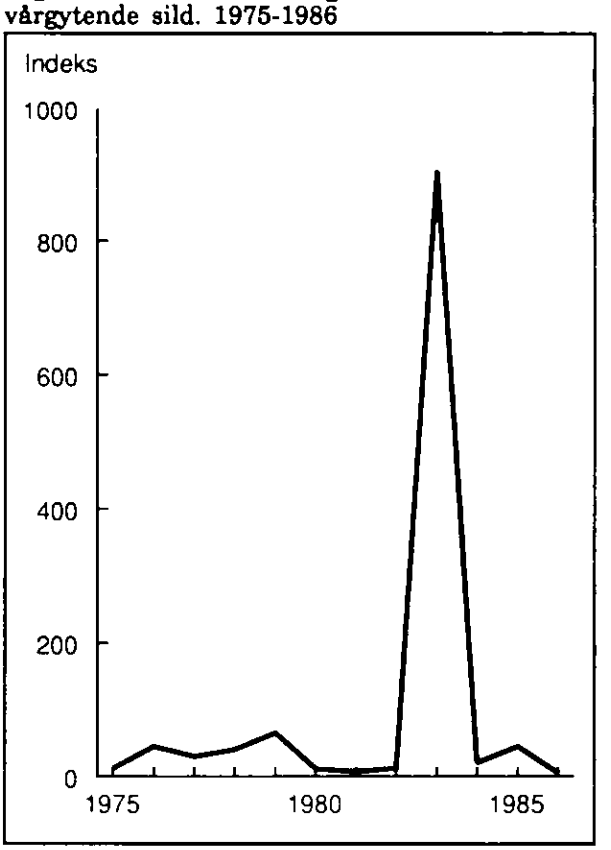
Figur 3.3. Totalbestand[1] og gytebestand av norsk vårgytende sild. 1975-1989. 1 000 tonn



1) Fisk som er over 2 år.

Fra å være på et nivå mellom 7 og 10 millioner tonn i 1950-årene ble bestanden fisket helt ned i slutten av 1960-årene. I begynnelsen av 1970-årene ble det ikke registrert noen gytebestand, men en rimelig god årsklasse i 1969 gav om lag 80 tusen tonn kjønnsmoden sild, hvorav mesteparten ble gytemoden i 1973. En del av årsklassene fra 1973 og utover ga rimelig bra rekruttering, og i 1983 ble det registrert en spesielt rik årsklasse, se figur 3.4. Denne årsklassen er nå rekruttert til gytebestanden. Anslaget for gytebestanden i 1989 på 1,5 millioner tonn er om lag tre ganger større enn gytebestanden i 1987. Årsklassene etter 1983 er vurdert til å gi lite tilskudd til gytebestanden. Det er knyttet stor usikkerhet til bestandsutviklingen, som er sterkt avhengig av hva som skjer med 1983-årsklassen i årene framover. Denne årsklassen utgjør om lag 90 prosent av både antall og biomasse av sild som er tre år eller eldre.

Figur 3.4. Rekrutteringsindeks[1] for norsk vårgytende sild. 1975-1986



1) Gjennomsnitt 1975-1986=100.

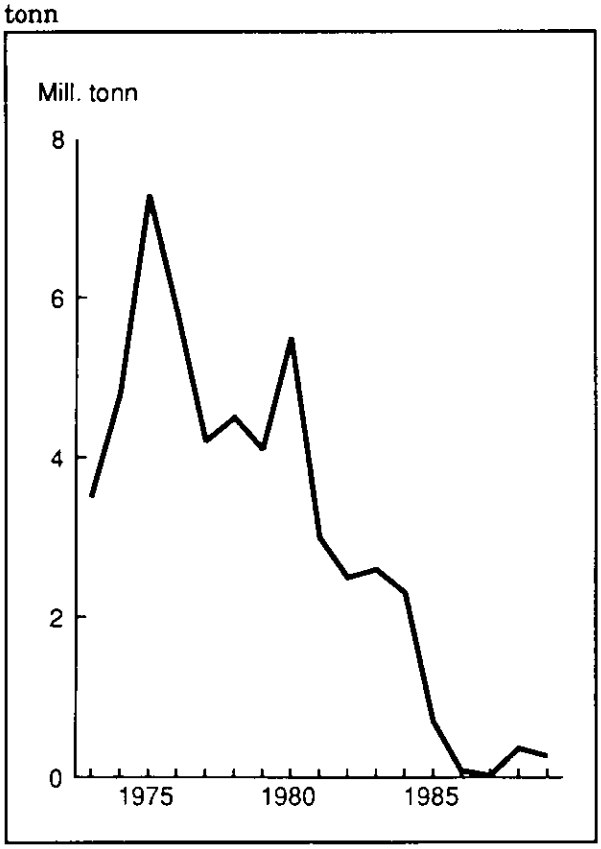
Fangstkvoten for sild i 1989 var på 100 tusen tonn. Tilrådd største fangst for 1990 er 80 tusen tonn. Til sammenligning kan nevnes at de totale fangster av norsk-vårgytende sild i perioden 1964-1967 varierte fra 1 282 tusen tonn til 1 955 tusen tonn.

Lodde i Barentshavet

Bestanden av lodde i Barentshavet er fremdeles på et alvorlig lavt nivå, og det kan i årene som kommer fortsatt være fare for svikt i rekrutteringen. Det har imidlertid vært en viss vekst i rekrutteringsgrunnlaget fra 1988 til 1989.

Figur 3.5 viser anslag over størrelsen av loddebestanden (fisk som er 2 år og eldre) i Barentshavet basert på akustiske målinger om høsten. I 1988 og 1989 er bestanden anslått til henholdsvis 0,36 og 0,26 millioner tonn, altså en nedgang fra 1988 i denne del av bestanden. Inkluderes ettåringer i bestandstallene, var biomassen høsten 1989 om lag 0,9 millioner tonn. Det tilsvarende tallet for høsten 1988 var om lag 0,4 millioner tonn.

Figur 3.5. Størrelse av loddebestanden[1] i Barentshavet om høsten. 1973-1989. Millioner tonn



1) 2 år og eldre fisk.

Lodda blir vanligvis gytemoden som 4-åring og dør for det meste etter gyting. Siden loddebestanden består av så få årsklasser, påvirkes den sterkt av naturlige svingninger i rekrutteringen. Rekrutteringen de senere år har vært dårlig, men 0-gruppeundersøkelser (årets yngel) i Barentshavet i 1989 tyder på at 1989-årsklassen er på om lag samme nivå som årsklassene fra 1983 og 1984.

Svikten i loddebestanden blir ikke vurdert til bare å være forårsaket av overfisking, selv om kvoten på 120 tusen tonn som ble fastsatt for vinterfisket i 1986, i ettertid har vist seg å ha vært en meget uheldig beskatning av en allerede redusert bestand. Nedgangen skyldes i stor grad naturlige årsaker. Den økende bestanden av norskvårgytende sild kan ha kommet i et konkurranseforhold til lodda når det gjelder næringsgrunnlaget. Voksende bestander av torsk (særlig den oppvoksende 1983-årsklassen) og hyse har også i perioder øket beitetrykket på lodda.

Andre viktige bestander

Tabell 3.2 viser utviklingen for flere bestander som er viktige for norsk fiske.

Bestanden av norsk-arktisk hyse var i en periode i sterk tilbakegang. I 1984 nådde den et bunn-nivå på 50 tusen tonn, om lag 5 prosent av størrelsen i 1973. Fra 1984 til 1985 økte den imidlertid til 170 tusen tonn og i 1986 til 340 tusen tonn. Anslaget for bestanden av hyse i 1989 er på 160 tusen tonn, og bestanden av hyse synes nå igjen å være i nedgang.

Anslagene for nordlig sei som ble gitt i 1988 viste seg å være for høye. Tallene for seibestanden ble derfor i 1989 betydelig nedjustert, og bestandsstørrelsen i 1989 er anslått til om lag 370 tusen tonn.

Tabell 3.2. Bestandsutvikling[1]. 1975-1989. 1 000 tonn

År	Norsk-arktisk torsk	Norsk-arktisk hyse	Nordlig sei	Lodde i Barentshavet	Norsk vårgytende sild	Torsk i Nordsjøen	Sei i Nordsjøen
1975	2 730	650	580	4 100	110	270	640
1976	2 510	470	570	6 210	250	240	630
1977	2 150	310	520	4 440	380	240	430
1978	1 790	280	420	3 130	460	200	360
1979	1 390	280	440	3 220	550	290	350
1980	1 240	240	450	3 260	620	270	320
1981	1 090	190	540	4 570	630	280	420
1982	940	120	480	2 465	710	310	430
1983	750	70	500	3 840	740	200	390
1984	910	50	420	1 840	660	200	400
1985	990	170	370	1 680	580	170	410
1986	1 220	340	380	..	1 850	180	450
1987	1 020	280	410	..	1 380	120	380
1988	690	190	420	..	1 540	180	350
1989	680	160	370	..	1 570	150	400

1) Fisk som er over 2 år.

3.2. Kvoter og fangst

Norsk-arktisk torsk

Tabell 3.3 viser kvoter, anbefalinger og fangst av norsk-arktisk torsk i perioden 1980-1989. Tallene bygger på opplysninger i ICES-arbeidsgrupperapporter og Havforskningsinstituttets "Ressursoversikter".

Den underliggende målsettingen i havforskernes anbefalinger har vært å redusere beskatningsgraden ned mot det nivå som på lengre sikt vil utnytte fiskens vekstpotensiale biologisk mest fornuftig (F_{max}-nivået). I anbefalingene for de enkelte år er det imidlertid forutsatt en reduksjon av beskatningsgraden over tid, slik at anbefalingene på 1980-tallet, bortsett fra i 1984 og 1985, har ligget over dette nivået. Disse anbefalingene er i tabell 3.3 ført under "øvre anbefalingsgrense". Dette kan illustreres med et sitat fra Havforskningsinstituttets "Ressursoversikt 1986" :

-"I Det internasjonale råd for havforskning mener en at beskatningsgraden for denne bestanden bør reduseres til det nivå som på lengre sikt vil utnytte fiskens vekstpotensiale biologisk mest fornuftig (det såkalte F_{max}-nivået). Denne beskatningsgraden utgjør halvparten av beskatningsgraden for 1985. En beskatningsgrad på dette nivå ville medføre en totalkvote for 1986 på 244 000 tonn. Samme beskatningsgrad som i 1985 ville medføre en totalkvote for 1986 på 446 000 tonn. Selv om styrken på årsklassene 1984 og 1985 ennå er usikre, er det ikke tvil om at bestanden vil øke betydelig i de kommende år som følge av tilskudd fra årsklassene 1982-1985. På denne bakgrunn antyder Det internasjonale råd for havforskning at beskatningsgraden kan reduseres over tid mot F_{max} . En slik forvaltningsstrategi gir mulighet til å øke totalkvoten og gjenoppbygge gytebestanden. ..... . Dette innebærer at beskatningsgraden reduseres til F_{max} innen 1988, og at totalkvoten for 1986 settes til 388 000 tonn."

Til dette kan man anmerke at det riktignok var en bestandsøkning i 1986, men at bestanden etter dette har vært i nedgang og at gytebestanden i 1989 (mellom 130 og 140 tusen tonn) ligger på et nivå som ICES i sin arbeidsgrupperapport betegner som historisk lavt.

Figur 3.6 viser den bestandsutvikling havforskerne forventet i 1986 med en gradvis reduksjon av beskatningsgraden til F_{max} i 1988, og de forventede fangstene med denne beskatningsstrategien. Figuren viser også den bestandsutvikling for perioden

1985-1988 som forskerne beregnet i 1989, samt de registrerte fangster i disse årene. Av figuren går det fram at bestandsutviklingen ble en helt annen enn det som var forventet i 1986. Det er ikke vesentlige forskjeller mellom de fangstene man anslo for perioden i 1986 og de registrerte fangstene. Beskatningen har imidlertid foregått på en bestand som har hatt en helt annen utvikling enn det man antok i 1986.

Ser man på 1980-årene samlet, har de fastsatte kvoter vært 185 000 tonn høyere enn "Øvre anbefalingsgrense". Det må her anmerkes at da de nye anbefalingene for 1988 kom, var allerede en vesentlig del av den opprinnelige kvote tatt. For perioden som helhet har derfor kvotene ikke avveket mye fra anbefalingene, bortsett fra i 1984 og 1985, da kvotene ble satt henholdsvis 70 og 50 tusen tonn over anbefaling.

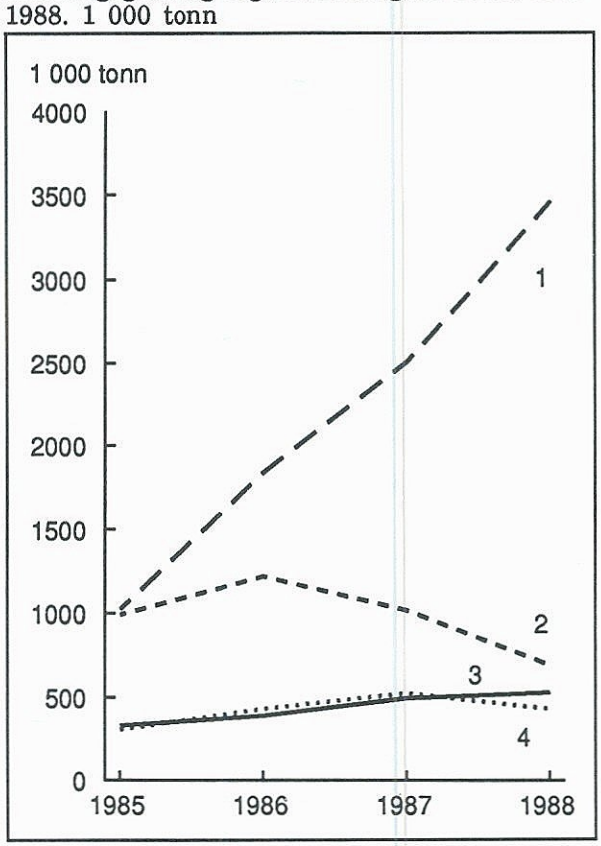
Tabell 3.3. Kvoter, anbefalinger og fangst. Norsk-arktisk torsk. 1980-1989. 1 000 tonn

År	Fastsatt kvote[1]	Anbefalinger F_{max}	Anbefalinger "Øvre anbefalingsgrense"	Fangst[1]
I alt .	3 441	2 395	3 256	3 735
1980 .	390	213	390	381
1981 .	300	220	300	399
1982 .	300	240	300	364
1983 .	300	200	300	290
1984 .	220	150	150	278
1985 .	220	170	170	308
1986 .	400	244	388	430
1987 .	560	402	595	523
1988 .	451[2]	383[3]	363[4]	432
1989 .	300	173	300	330

1) Murmansktorsk medregnet, men ikke norsk kysttorsk. 2) Opprinnelig kvote : 590 tusen tonn. Redusert sommeren 1988. 3) Opprinnelig F_{max}, som ble beregnet før de nye anbefalingene. Ingen ny F_{max} ble beregnet for 1988. Dette tallet er derfor for høyt i forhold til den angitte anbefalingen. 4) Opprinnelig "øvre anbefaling" var 530 tusen tonn.

Den registrerte fangsten har ligget 294 000 tonn over fastsatt kvote for 1980-årene som helhet, vesentlig pga. betydelig overfiske i 1981, 1982, 1984 og 1985. Videre har fangsten vært 479 000 tonn over "øvre anbefalingsgrense" og hele 1 340 000 tonn over summen av de beregnete F_{max}-verdier i perioden.

Figur 3.6. Forventet bestandsutvikling i 1986 ved reduksjon av beskatningsgraden til F_{max} i 1988 og beregnet bestandsutvikling i 1989. Forventet fangst i 1986 ved samme reduksjon i beskatningsgrad og registrert fangst i 1989. 1985-1988. 1 000 tonn



1. Forventet bestandsutvikling i 1986.
2. Beregnet bestandsutvikling i 1989.
3. Antatt fangst ved forventet bestandsutvikling, og reduksjon av beskatningsgrad mot F_{max} i 1988.
4. Registrert fangst.

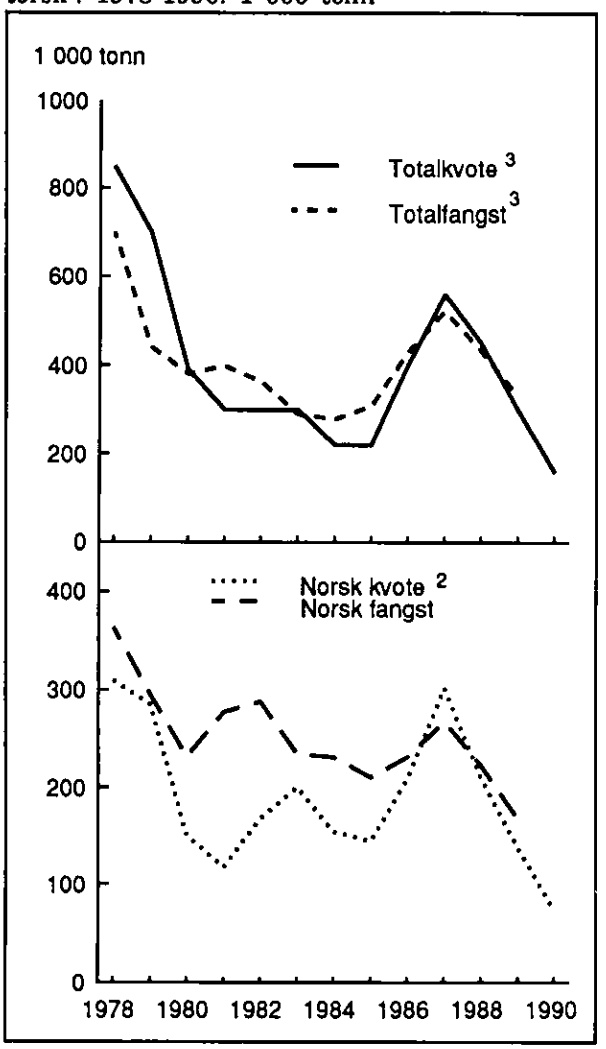
Kilder: Havforskningsinstituttet, 1986 og ICES, 1989.

Fra 1989 har havforskerne tatt i bruk nye beregningsmetoder for ulike beskatningsalternativer (F_{high}, F_{med} og F_{low}). Disse nye beregningsmetodene bygger bl.a. på en analyse av rekruttering og gytebestand, og forventes å gi bedre grunnlag for anbefalinger enn F_{max}.

For 1990 er totalkvoten av norsk-arktisk torsk satt til 160 tusen tonn (inkludert murmansk-torsk). I tillegg kommer 40 tusen tonn kysttorsk. Etter overføring fra Sovjetunionens kvote, kan norske fiskere i

1990 ta 73 tusen tonn norsk-arktisk torsk. I tillegg kan det fiskes 40 tusen tonn kysttorsk. Figur 3.7 illustrerer forholdet mellom kvoter og fangst av norsk-arktisk torsk siden 1978.

Figur 3.7. Kvoter og fangst. Norsk-arktisk torsk[1]. 1978-1990. 1 000 tonn



1) Norsk kysttorsk er ikke medregnet. 2) Medregnet tildelinger av Sovjets kvote. 3) Medregnet Murmansktorsk.

Andre bestander

Tabell 3.4 viser kvoter og fangst av norsk-arktisk hyse, nordlig sei og lodde i Barentshavet.

Bestanden av norsk-arktisk hyse var i en periode i sterk tilbakegang. Etter 1984 var det en viss vekst i bestanden, og kvotene i 1987 og 1988 ble satt opp til henholdsvis 250 og 240 tusen tonn. Fangstene både i 1987 og 1988 lå imidlertid betydelig under kvotene med henholdsvis 151 og 92 tusen tonn. Kvoten for 1989 på 83 tusen tonn synes heller ikke å ha blitt oppfisket. Allikevel er bestanden av hyse igjen i nedgang, og kvoten for 1990 er satt ned til 25 tusen tonn.

Det har ikke vært fisket lodde i Barentshavet siden 1986.

Fisket i 1989

Tabell 3.5 gir en oversikt over norsk fangst i årene 1982-1989. Totalt oppfisket kvantum i 1989 var om lag 1,7 millioner tonn. Dette er en økning på om lag 20 tusen tonn fra 1988. Oppfisket kvantum av torsk og hyse gikk ned med om lag 30 prosent fra 1988, mens fangsten av sei var omtrent på 1988-nivå. Makrellfangsten har gått ned med om lag 13 prosent fra 1988, mens loddefangsten (lodde i Norskehavet) har økt med om lag 47 prosent. Innenfor industrifisket har det vært en markert økning i total fangstmengde. Dette skyldes økte fangster av kolmule, hestmakrell og øyepål. Tobiskvantumet var om lag som i 1988.

Førstehåndsverdien av de fiskeslagene som omfattes av tabell 3.5, sank fra 4,2 milliarder kroner i 1988 til 3,9 milliarder kroneri 1989. Den totale førstehåndsverdien av fiskeriene i 1989 (medregnet skalldyr, skjell, tang og tare) var 4,8 milliarder kroner. Dette er en nedgang på om lag 300 millioner kroner fra 1988. Den totale fangstmengden var om lag 2,0 millioner tonn; en økning på om lag 30 tusen tonn fra 1988.

Tabell 3.4. Kvoter og fangst. Etter bestand. 1978-1990. 1 000 tonn

År	Norsk-arktisk hyse		Nordlig sei		Lodde i Barentshavet	
	Kvote	Fangst	Kvote	Fangst	Kvote	Fangst
1978	150	95	160	154	.	1 894
1979	206	104	153	164	1 800	1 783
1980	75	88	122	145	1 600	1 649
1981	110	77	123	175	1 900	1 987
1982	110	47	130	168	1 700	1 759
1983	77	22	130	157	2 300	2 375
1984	40	17	103	159	1 500	1 481
1985	50	41	85	107	1 100	868
1986	100	97	75	70	120	123
1987	250	151	90	92	0	0
1988	240	92	100	114	0	0
1989*	83	57	120	120	0	0
1990*	25	.	103	.	0	0

Tabell 3.5. Norsk fangst, etter grupper av fiskeslag. 1982-1989. 1 000 tonn

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988*	1989*
I alt	2 408	2 707	2 346	1 974	1 790	1 800	1 635	1 708
Torsk	343	284	276	248	270	305	252	187
Sei	231	231	241	206	131	152	148	144
Hyse	47	27	23	25	58	75	63	39
Annen torskefisk	61	61	62	65	63	57	48	62
Flyndrefisk	5	7	7	7	10	9	10	11
Annen konsumfisk	23	25	40	41	44	45	51	50
Lodde	1 153	1 493	946	641	273	142	73	107
Makrell	74	80	143	115	157	159	162	141
Sildefisk								
Sild	40	68	158	239	331	347	339	268
Brisling	31	23	16	17	5	10	12	5
Annen industrifisk	392	408	435	370	450	500	527	695

3.3. Overføring av fiskerettigheter

I 1977 opprettet Norge en 200-mils økonomisk sone etter flere år med betydelig overbeskatning av fiskeressursene. Det er generelt forbud mot utenlandsk fiske innenfor 200-milssonen, men regjeringen kan tillate et regulert og avgrenset utenlandsk fiske i samsvar med bilaterale avtaler.

De viktigste avtalene Norge inngår er med EF om fiske i Nordsjøen og med Sovjetunionen (USSR) om fiske i Barentshavet. Formålet har vært å sikre en rimelig balanse i det gjensidige fisket og å fastsette regler for samarbeid om en effektiv forvaltning av fellesbestandene.

Eksklusive bestander, dvs. bestander som bare opptrer i ett lands sone, eies og forvaltes av dette landet alene.

I Barentshavet regnes torsk, hyse og lodde som fellesbestander. Torsk og hyse deles likt mellom Norge og Sovjetunionen, mens 60 prosent av lodda tilhører Norge og 40 prosent Sovjetunionen, se tabell 3.6.

I Nordsjøen har partene nådd fram til enighet om sonefordelingen av torsk, hyse, sei, hvitting, rødspette og nordsjøsild, se tabell 3.7, mens de ennå ikke har blitt enige om delingen av nordsjømakrell.

For de øvrige fellesbestandene i Nordsjøen har det ikke vært avtalt særlige reguleringstiltak. Det fastsettes verken fordelingsnøkkel eller TAC ("Total Allowable Catch" eller totalkvote) for disse, siden det nåværende fisket ikke antas å true bestandene.

De årlige fiskeriforhandlingene med EF, Sovjetunionen, Færøyene og andre land har to siktemål. For det første fastsettes TAC på bakgrunn av anbefalinger fra Det internasjonale havforskningsrådet (ICES). For det andre fordeles og overføres det fiskerettigheter for at hver av partene skal kunne drive et fiske som samsvarer best mulig med deres behov. TAC deles i samsvar med den avtalte sonefordelingen, og disse sonekvotene danner så grunnlag for det byttet av fiskerettigheter som i det følgende omtales som overføringer.

Tabell 3.6. Deling av bestander i Barentshavet. Prosent

Bestand	Norges andel	Sovjetunionens andel
Norsk-arktisk torsk . . .	50	50
Norsk-arktisk hyse	50	50
Lodde i Barentshavet	60	40

Tabell 3.7. Deling av bestander i Nordsjøen. Prosent

Bestand	Norges andel	EFs andel
Torsk	17	83
Hyse	23	77
Sei	52	48
Hvitting	10	90
Rødspette	7	93
Nordsjøsild[1]	25-32	75-68

1) Avhengig av gytebestandens størrelse.

Tabell 3.8 viser omfang og balanse i de bytteavtaler Norge inngikk med andre land for året 1989. Ved hjelp av et sett verdivekter regnes overføringer i tonn av hvert fiskeslag om til en tilsvarende mengde torsk, torskeekvivalenter (t.e.).

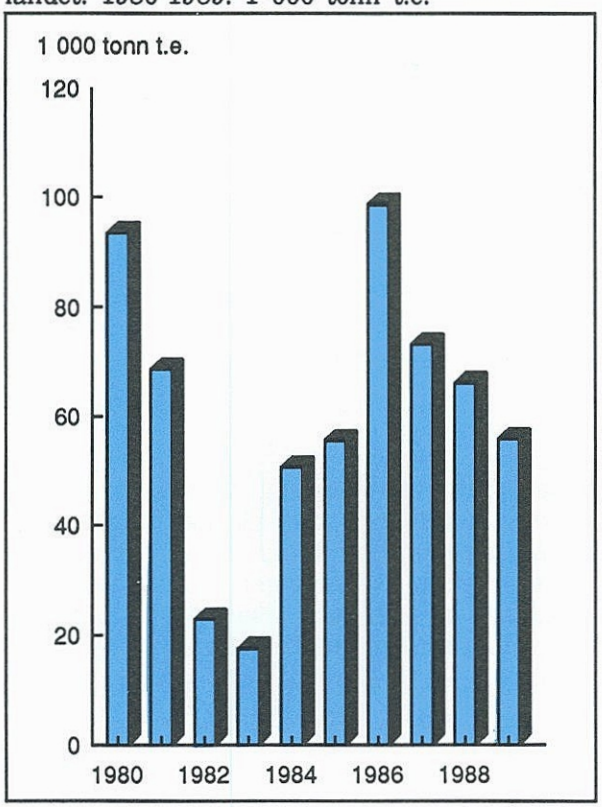
Tabell 3.8. Overføring av fiskerettigheter mellom Norge og andre land. 1989. 1 000 tonn t.e.

	Overført til Norge (1)	Overført fra Norge (2)	Balanse i norsk favør (3)=(1)-(2)
I alt . . .	134,3	190,1	-55,8
EF	89,2	92,6	-3,4
Sovjetunionen .	29,3	79,0	-49,7
Færøyene	12,0	8,8[1]	3,2
Andre . .	3,7	9,7	-6,0

1) Ikke medregnet kvoter i Svalbard-sonen.

Tabellen viser at Norge i 1989 hadde underskudd på overføringsbalansen overfor Sovjet. Balansen overfor EF gikk svakt i EFs favør. Sovjetunionens fordel på 49,7 tusen tonn t.e. i 1989 skyldes i hovedsak en kvote på den norske bestanden av kolmule. Kolmulekvoten var på 290 tusen tonn og tilsvarer 36 tusen tonn t.e.. Fiskeriavtalen med Sovjetunionen omfatter også selfangst, med tildeling av norsk kvote i Østisen og sovjetisk kvote i Vestisen. Dette er ikke regnet med i overføringsbalansen.

Figur 3.8. Nettooverføring fra Norge til utlandet. 1980-1989. 1 000 tonn t.e.



I avtalen med Færøyene er det bestemt at også kvotene tildelt Færøyene av sovjetiske myndigheter kan fiskes i norsk sone. I tillegg er det avtalt færøysk fiske i fiskevernsonen ved Svalbard. Disse avtalene er formelt ikke betraktet som overføringer fra Norge og er dermed ikke med i tabell 3.8.

Kvotene til andre land omfatter svensk fiske i den norske delen av Nordsjøen og Skagerak og polske og østtyske kvoter hovedsakelig på norske bestander av uer og kolmule i Barentshavet og ved Jan Mayen. Andre overføringer i tabell 3.8 omfatter også overføringer til Norge fra Canada.

Figur 3.8 viser utviklingen i Norges overføringsbalanse med utlandet i perioden 1980-1989.

3.4. Fiskeoppdrett

Produksjonen av oppdrettsfisk har økt sterkt siden virksomheten tok til i begynnelsen av 70-årene. Figur 3.9 viser utviklingen i produksjonen av oppdrettsfisk etter 1979. I 1988 ble det slaktet 79 tusen tonn laks mot 46 tusen tonn året før. Produksjonen av ørret var i 1988 om lag 10 tusen tonn. I følge foreløpige tall har produksjonen av laks i 1989 vært på om lag 110 tusen tonn, mens produksjonen av ørret har gått ned til mellom 3 og 4 tusen tonn. Prognoser fra Fiskeoppdretternes salgslag antyder en økning i produksjonen av laks i 1990 til om lag 150 tusen tonn.

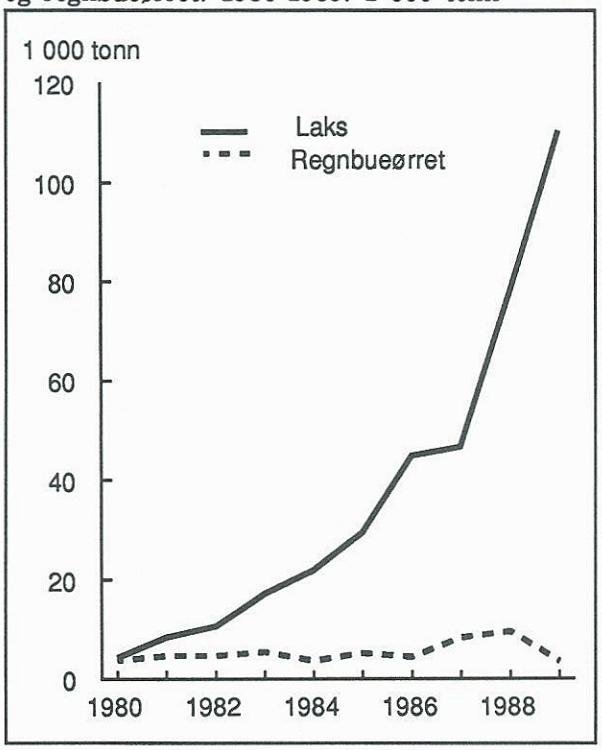
Det var i alt 691 anlegg som hadde slakt av laks eller ørret i 1988, se tabell 3.9. Hordaland hadde flest produksjonsanlegg og størst mengde slaktet fisk.

Investeringene i fiskeoppdrett var 758 millioner kroner i 1988. Av dette var 311 millioner kroner investert i klekkeri/settefiskanlegg og 447 millioner kroner i matfiskanlegg. Det var sysselsatt 4 797 personer ved oppdrettsanlegg i 1988, fordelt med 1 432 personer ved klekkeri/settefiskanlegg og 3 371 personer ved matfiskanlegg.

Tabell 3.9. Matfiskoppdrett, etter fylke. 1988

Fylke	Antall anlegg	Slaktet mengde Tonn
I alt	691	88 435
Rogaland	50	7 221
Hordaland	124	23 327
Sogn og Fjordane . .	73	12 442
Møre og Romsdal . . .	96	16 221
Sør-Trøndelag	71	7 620
Nord-Trøndelag	53	4 719
Nordland	121	12 500
Troms	50	2 638
Finnmark	28	1 019
Andre	25	730

Figur 3.9. Fiskeoppdrett. Slaktet mengde laks og regnbueørret. 1980-1989. 1 000 tonn



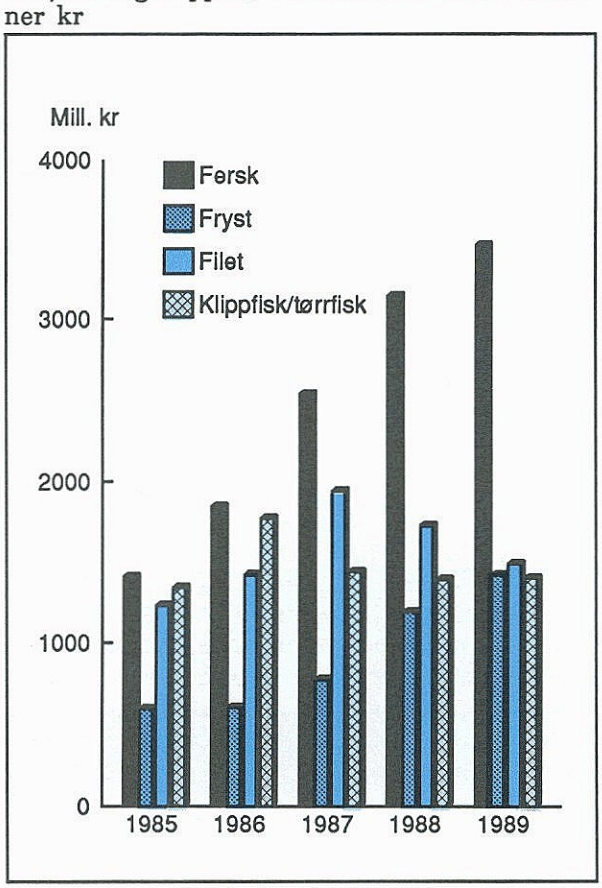
3.5. Eksport av fiskevarer

Eksportert mengde av de viktigste fiskevarene i perioden 1979-1989 er vist i tabell 3.10, hvor eksport av oppdrettsfisk også inngår. Eksportmengden av rundfryst fisk og saltet eller røykt fisk har økt med henholdsvis 26 og 28 prosent fra 1988, mens eksporten av fiskmel og fiskeolje har gått ned med henholdsvis 34 og 14 prosent. For de andre varegruppene i tabell 3.10 har det bare vært små endringer i eksportmengdene. Eksportverdien av fersk fisk, rundfryst fisk, filét og klipp-/tørrfisk i perioden 1985-1989 er vist i figur 3.10. Den samlete eksportverdien av disse varegruppene økte med om lag 3 prosent fra 1988 til 1989. Bare filet-eksporten viste en nedgang på om lag 15 prosent i verdi.

Verdien av oppdrettsfisk har steget sterkt de siste årene. Ørreten forbrukes for det meste innenlands, mens laksen hovedsakelig går til eksport. Tabell 3.11 viser at det i 1989 ble eksportert 96 tusen tonn (i underkant av 90 prosent av slaktet mengde oppdrettslaks til en verdi av 3 488 milliarder kroner. Dette tilsvarer om lag 32 prosent av den totale eksportverdien av fisk og fiskevarer i 1989, og økningen i eksportert mengde og verdi har vært henholdsvis om lag 45 og 13 prosent. Prisutviklingen for laks på eksportmarkedet har derfor vært dårlig i 1989.

Den totale eksportverdien av fiskevarer økte til i overkant av 11 milliarder kroner i 1989, se tabell 3.12. Det tilsvarer 10,1 prosent av den samlete tradisjonelle vareeksporten (vareeksport unntatt råolje, naturgass, skip og oljeplattformer m.v.).

Figur 3.10. Eksport av fersk fisk, rundfryst fisk, filét og klippfisk/tørrfisk. 1985-1989. Millioner kr



Tabell 3.10. Eksport av fiskevarer. 1979-1989. 1 000 tonn

År	Fersk	Rund-fryst	Filét	Saltet eller røykt	Klipp-fisk og tørr-fisk	Herme-tikk	Fiske-mel	Fiske-olje
1979	24,3	56,7	80,5	22,3	82,1	14,8	326,8	79,0
1980	19,0	54,6	66,6	14,5	73,3	13,9	275,2	79,4
1981	24,6	58,7	74,0	13,6	86,2	15,0	266,5	107,3
1982	46,2	100,2	76,3	14,9	68,8	11,2	228,6	101,1
1983	91,5	62,6	91,6	24,9	59,4	22,4	283,9	128,0
1984	72,9	78,7	98,5	24,6	69,5	22,7	248,9	76,9
1985	74,5	79,5	95,9	20,3	64,6	23,4	173,9	114,3
1986	139,4	98,8	95,2	22,7	62,9	24,4	92,6	38,8
1987	189,6	114,2	105,0	38,0	40,6	24,3	88,3	71,3
1988	212,5	126,7	105,1	36,9	47,0	22,9	68,9	45,6
1989*	215,0	160,2	94,1	47,1	47,6	23,2	45,4	39,1

Tabell 3.11. Eksport av oppdrettslaks. 1981-1989

År	I alt		Fersk eller kjølt		Fryst	
	Mengde 1000 t	Verdi Mill.kr	Mengde 1000 t	Verdi Mill.kr	Mengde 1000 t	Verdi Mill.kr
1981	7,4	292,9	5,5	211,4	1,9	81,5
1982	9,2	395,3	7,9	330,8	1,3	64,5
1983	15,4	709,1	13,0	582,6	2,4	126,5
1984	19,7	944,9	17,3	819,1	2,4	125,8
1985	24,0	1 308,3	21,4	1 160,6	2,6	147,8
1986	38,9	1 663,7	34,4	1 458,6	4,5	205,1
1987	43,2	2 174,4	39,2	1 967,3	4,0	207,1
1988	66,0	3 079,7	56,0	2 594,9	10,0	484,8
1989*	95,7	3 488,2	81,3	2 957,1	14,5	531,0

Tabell 3.12. Eksportverdi av fiskevarer[1] i mill. kr og i forhold til verdi av annen tradisjonell eksport. 1979-1989

År	Fisk og fiske-produkter	Fisk og fiskeprodukter som verdiandel norsk vareeksport i alt	Fisk og fiskeprod. som verdiandel av vareeksport unntatt råolje, naturgass, skip og oljeplattformer
	Mill. kr	Prosent	Prosent
1979	4 772	7,0	11,6
1980	5 054	5,5	10,9
1981	5 955	5,7	11,6
1982	5 931	5,2	11,4
1983	7 368	5,6	12,4
1984	7 675	5,0	11,1
1985	8 172	4,8	11,0
1986	8 749	6,5	12,6
1987	9 992	6,9	12,4
1988	10 693	7,3	11,6
1989*	11 088	5,8	10,1

1) Tabellen inkluderer noen flere varer enn tabell 3.10.

REFERANSER:

Havforskningsinstituttet, 1986 : *Ressursoversikt for 1986. Fisken og Havet.* (Særnummer 1).

ICES, 1989 : *Report of the arctic fisheries working group.* Copenhagen, 19-28 September 1989. C.M 1990/Assess:4

4. SKOG

Overvåkningsprogrammet for skogskader har vist små endringer i skogens sunnhetstilstand fra 1988 til 1989. Registreringer fra Aust-Agder og Nord-Trøndelag har vist en forverring av skogtilstanden fra 1984/85 til 1987/88. Bartrærnes gjennomsnittlige kronetetthet i 1989 var 85 prosent, og om lag 45 prosent av trærne hadde mer enn 10 prosent utglisning av kronene. Det er foreløpig for tidlig å si hvor mye som skyldes naturlig variasjon på grunn av skogens alder og voksested, og hvor mye som skyldes luftforurensninger eller andre menneskelige inngrep.

4.1. Skogtilstand

I Norge følges utviklingen av skogtilstanden av et eget overvåkningsprogram. Nedenfor omtales dette programmet og de siste resultatene fra overvåkningen. Dessuten presenteres resultatene fra overvåkningen av skogene i Vest-Tyskland, der slike registreringer har vært utført i flere år.

Overvåkning av skogskader i Norge

Som følge av økt oppmerksomhet om skogskader i Norge og ut fra ønsket om å kunne avsløre en eventuell negativ utvikling så tidlig som mulig, ble "Overvåkningsprogram for skogskader" påbegynt i 1985. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er gitt ansvaret for overvåkningsprogrammet, og det inngår som en del av det internasjonale overvåkningssystemet for skogskader under FAOs europeiske kommisjon for skogbruk.

Overvåkningsprogrammet er inndelt i fire hoveddeler:

- **Landsdekkende, representative, årlige registreringer** som skal danne grunnlag for en regelmessig nasjonal tilstandsrapport om skogtilstanden. Disse registreringene gjennomføres av Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og er knyttet til nær 700 systematisk utlagte prøveflater. På halvparten av flatene ble arbeidet startet i 1988, mens de øvrige ble påbegynt i 1989. Det tas sikte på samme metode for vurdering som er brukt ved registreringer av skogskader i Mellom-Europa.

- **Fylkesvise, faste flater** for å supplere programmet med informasjon om skogtilstandens utvikling lokalt over tid. Omfatter om lag 760 faste prøveflater. Skogbruksetaten i fylkene står for registreringene, som samordnes og analyseres av NISK.

- Faste prøvefelt som er gjenstand for **intensive skogøkologiske registreringer** i regi av NISK. I denne delen av programmet utforskes bl.a. kriterier og metoder som kan avsløre små endringer i skogens helsetilstand over kort tid. Det gjøres undersøkelser av trærne og jordbunnen. Dessuten overvåkes luftkvaliteten av Norsk institutt for luftforskning (NILU).

- **Befaring av rapporterte skader** ("brannkorpstjeneste"). Personale fra NISK inspiserer skogskader etter hvert som de rapporteres.

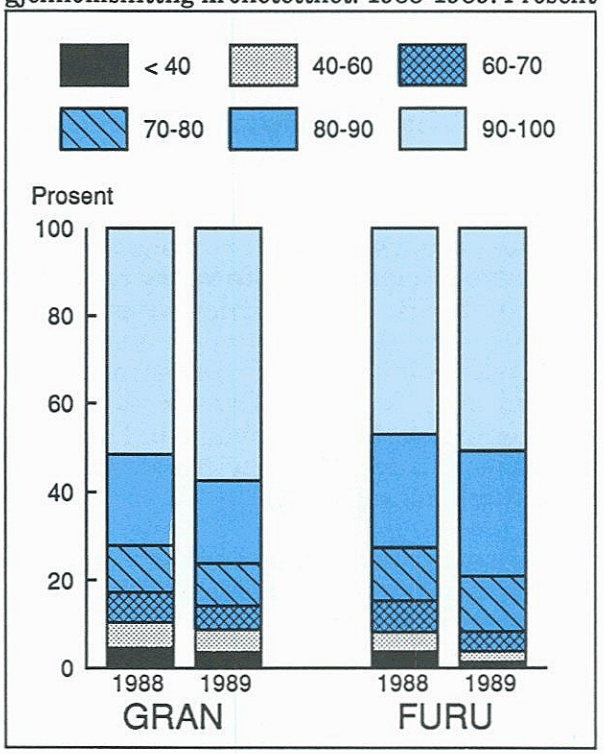
Vurdering av trekronenes tetthet og farge er hoveddelen av de årlige registreringene i overvåkningsprogrammet. En glissen eller misfarget krone er ikke noe særskilt symptom for skogskader som skyldes luftforurensning, men mer et generelt symptom på

at treet har vært utsatt for påkjenninger. Det er imidlertid vanskelig å finne mer direkte mål på virkninger av forurensning. Programmet har derfor et todelt mål: dels å følge nøye hvordan skogens sunnhetstilstand utvikler seg, og dels å utvikle metoder for å analysere forurensningenes rolle i utviklingen.

Skogtilstanden i Norge

Både de landsomfattende og de fylkesvise registreringene viste små endringer i skogens sunnhetstilstand fra 1988 til 1989. De landsdekkende registreringene viste at den gjennomsnittlige kronetettheten er forbedret fra 83,6 til 85,1 prosent for gran og fra 83,6 til 85,7 prosent for furu. Resultatene er nærmere framstilt i figur 4.1, som viser at andelen av "sunne" trær (med 90-100 prosent av full krone) har økt for begge treslagene. Gran har redusert andel i alle klasser av "svekkede" trær (med mindre enn 90 prosent av full krone), mens furu har økt andel også i klassene med lett redusert kronetetthet (NIJOS, 1989).

Figur 4.1. Skogtilstand i Norge målt ved gjennomsnittlig kronetetthet. 1988-1989. Prosent



Kilde: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, 1989.

De fylkesvise registreringene viste også en svak forbedring i kronetettheten for furu, mens det ble funnet en liten nedgang for gran. Det er betydelige regionale variasjoner. For eksempel viste gran en viss bedring i de sur nedbør-belastede Agder-fylkene (NISK, 1989).

Begge delprogrammene konkluderer med at skogens sunnhetstilstand for øyeblikket synes stabil. Det understrekes imidlertid at to års undersøkelser er et usikkert grunnlag for å vurdere den langsiktige tendensen i skogtilstanden.

De første målingene av skogens vitalitet etter mellom-europeisk mønster ble gjort i forbindelse med landsskogstakseringen i 1984/85. For fylkene Aust-Agder og Nord-Trøndelag foreligger også nyere registreringer fra 1987/88, slik at en får tall for et noe større tidsrom enn det som er omtalt ovenfor. Resultatene viste en klar nedgang i gjennomsnittlig kronetetthet, som er redusert med fra 3 til 8 prosentenheter avhengig av treslag og fylke, se tabell 4.1.

Tabell 4.1. Skogtilstand i Aust-Agder og Nord-Trøndelag målt ved gjennomsnittlig kronetetthet og andel prøvetrær med mindre enn 90 prosent kronetetthet. 1984/85 og 1987/88. Prosent

Treslag	Aust-Agder 1985	Aust-Agder 1988	Nord-Trøndelag 1984/85	Nord-Trøndelag 1987
Gjennomsnittlig kronetetthet:				
Gran . . .	90	84	85	80
Furu . . .	92	84	85	83
Andel trær med 0-90 prosent kronetetthet:				
Gran . . .	31	54	46	64
Furu . . .	21	66	47	61

Kilde: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, 1988.

Tabellen viser også endringene i andelen "svekkede" trær (med mindre enn 90 prosent kronetetthet). I treårsperioden har det vært en sterk oppgang i antall slike trær, spesielt for furu i Aust-Agder, der andelen

er økt fra 21 til 66 prosent. Bakgrunnstallene viser at det særlig er trær med lett redusert kronetetthet som har økt i antall, men at det også er en økning i de tallmessig små klassene av sterkt svekkede trær (NIJOS, 1988).

Forskerne understreker at det ikke er de samme trærne som er undersøkt ved registreringene i 1984/85 og i 1987/88. Dette medfører en usikkerhet ved tolkingen av resultatene. Dessuten påpekes det at nivået i endringene i bartrærnes kronetetthet er avhengig av klasseinndelingen. Dersom trærne med mindre enn 20 prosent utglisning av kronene sees under ett, blir endringene fra 1984/85 til 1987/88 mindre enn omtalt ovenfor. Til tross for disse reservasjonene, mener forskerne at det har vært en reell nedgang i bartrærnes kronetetthet over treårsperioden i disse to fylkene.

I alle registreringene som er gjennomført i løpet av de siste årene viser resultatene en avtagende kronetetthet ved økende alder på skogen. Dessuten er det en tydelig tendens til at kronetettheten avtar med økende høyde over havet.

Forskerne påpeker at naturlige variasjoner i skogtilstanden sannsynligvis vil vise et liknende mønster som det som er observert. Med økende alder vil trærnes sunnhetstilstand avta. Likeledes vil trær som lever under marginale jordbunnsmessige og klimatiske betingelser bli utsatt for stress som påvirker tilstanden.

På den annen side er det rimelig å forvente at redusert sunnhet som følge av langtransporterte luftforurensninger, først vil vise seg på trær som fra før er under stress av naturlige årsaker. Det er derfor vanskelig å påvise om den reduserte kronetettheten skyldes luftforurensninger. Forskerne avviser imidlertid ikke at de langtransporterte luftforurensningene har betydning for utviklingen av skogtilstanden i Norge.

En rekke hypoteser om luftforurensningenes virkninger på skogen er framsatt de siste årene, se f.eks. SSB (1988). De mest omtalte hypotesene antar at spesielt utslipp av svoveldioksid (SO_2) og nitrogenoksider (NO_x) kan medføre skogskader. Det antas at skader vil kunne skyldes virkninger gjennom trærnes blader og nåler ved sure avsetninger eller ved høye konsentrasjoner av SO_2, NO_x og ozon. NO_x bidrar til dannelsen av ozon i de nedre delene av atmosfæren. Det er også antatt at SO_2 og NO_x indirekte kan medføre skader gjennom virkninger på jordsmonnet i form av forsuring, økt konsentrasjon av aluminium m.v.

Det er derfor viktig for den framtidige skogtilstanden i Norge og resten av Europa at utslippene av SO_2 og NO_x reduseres. Det er tidligere (i 1985) inngått en internasjonal avtale om reduksjon i utslippene av SO_2. I 1988 ble det også inngått en avtale om å begrense utslippene av NO_x, se kapittel 6.

Skogtilstanden i Vest-Tyskland

I Vest-Tyskland ble et nytt mønster av skogskader med skade langt fra forurensningskilder observert tidlig i 1970-årene. (Lokale skogskader nær industriområder har vært kjent i lang tid.) Siden 1981 har det registrerte skadeomfanget økt kraftig. Liknende skader er rapportert i andre mellomeuropeiske land, som f.eks. Tsjekkoslovakia, Øst-Tyskland og Polen. Områder med skadet eller død skog i Vest-Tyskland utgjorde i 1989 om lag 53 prosent av det totale skogarealet. Dette er en økning på 0,5 prosentenheter fra 1988. Etter tre år med bedring i skogtilstanden var det fra 1988 til 1989 en økning av omfanget av både middels og hardt skadet skog. Andelen lett skadet skog gikk svakt tilbake. Omfanget av skog i de to alvorligste skadeklassene er likevel fortsatt under nivået fra årene 1984-1987.

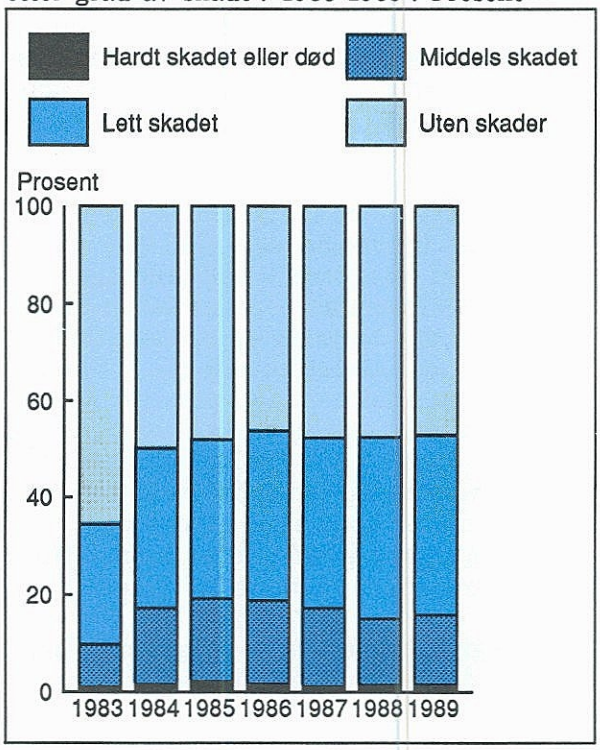
Registreringer i Vest-Tyskland fram til 1983 tydet på at det særlig var bartreartene gran, edelgran og furu som var mest utsatt for skader. Fra 1983 til 1984 ble det imidlertid registrert en kraftig økning i omfanget av skader for de viktige lauvtreartene bøk og eik. Denne forverringen har med små avvik pågått fram til i dag, mens tilstanden for bartrær har forbedret seg siden 1984. Økningen i skadeomfanget for eik fortsetter, og hele 70 prosent av eikeskogen er nå skadet. For bøk ble det igjen registrert oppgang i skadeomfanget etter en nedgang fra 1987 til 1988. Tabell 4.2 viser omfang og andel av skader for de viktigste treslagene.

For alle bartrærne er det registrert en nedgang i de to alvorligste skadeklassene. For furu og edelgran er det imidlertid en økning i lett skadet skog, slik at andelen av skadet skog totalt har økt for disse to treslagene.

Bakgrunnsmaterialet viser at for samtlige treslag er skadeomfanget størst i skog som er eldre enn 60 år. Det er små endringer i skadeomfanget i de fleste delstatene. Den klare nedgangen i middels og hardt skadet skog i de sørlige delstatene er stanset og delvis reversert fra 1988 til 1989.

Skogtilstanden målt ved trekronenes tetthet og farge ligger på om lag samme nivå i Norge som i Vest-Tyskland, se figur 4.1 og 4.2. Dette betyr likevel ikke at skogen er like ødelagt av luftforurensning i begge land. Kronetetthet og -farge er som nevnt mer generelle symptomer på påkjenninger for trærne. Målingene i Norge og Vest-Tyskland vil indikere forskjellig nivå av skader, avhengig av skogens alder, voksestedsforhold o.l. For å finne skadenivået kreves ytterligere undersøkelser, slik som i de øvrige delene av det norske overvåkingsprogrammet. De årlige registreringene av trekronenes tetthet og farge er derfor primært ment å fange opp forandringene i skogens sunnhetstilstand, og det er slik figurene 4.1 og 4.2 bør vurderes. En samlet vurdering av de absolutte skadenivåene i de to landene er ikke tilgjengelig.

Figur 4.2. Skadet skogareal i Vest-Tyskland etter grad av skade[1]. 1983-1989[2]. Prosent



1) Inndelingen i skadeklasser er basert på kronetetthet:
Uten skader Kronetetthet 90-100 prosent
Lett skader " 75-90 prosent
Middels skadet " 40-75 prosent
Hardt skadet/død " < 40 prosent
Middels til sterkt gulnede trær plasseres i en mer alvorlig skadeklasse en kronetettheten tilsier.
2) Oppgavene for 1983 er ikke uten videre sammenliknbare med senere års oppgaver.
Kilde: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1989.

Tabell 4.2. Skadet skogareal i Vest-Tyskland, etter treslag. 1986-1989. Mill. ha og prosent av arealet for hver enkelt art

Treslag	1986		1987		1988		1989	
	Areal	Andel	Areal	Andel	Areal	Andel	Areal	Andel
	Mill.ha.	Pst.	Mill.ha.	Pst.	Mill.ha.	Pst.	Mill.ha.	Pst.
I alt	3,967	54	3,863	52	3,873	52	3,909	53
Gran	1,561	54	1,410	49	1,404	49	1,347	47
Furu	0,794	54	0,729	50	0,784	53	0,790	54
Edelgran	0,145	83	0,136	79	0,127	73	0,128	74
Bøk	0,754	60	0,825	66	0,799	63	0,822	66
Eik	0,378	61	0,403	65	0,433	70	0,439	70
Andre treslag	0,335	34	0,360	37	0,326	33	0,383	39

Kilde: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1989.

REFERANSER:

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1989): *Waldschadenserhebung 1989*

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (1988): *Registrering av kronetetthet i Aust-Agder og Nord-Trøndelag 1984-1988*

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (1989): *Overvåking av skogens sunnhetstilstand.* Rapport 1989

Norsk institutt for skogforskning (1989): *Fylkesvise lokale overvåkningsflater.* Vitalitetsregistreringer 1989

SSB (1988): *Naturressurser og miljø 1987.* RAPP 88/1

5. Jordbruket -arealbruk og forurensning

Forurensningene fra landbruket har tiltatt over de siste tiåra. Jorderosjon slammer til vannsystemene, og avrenning av næringssalter (nitrogen og fosfor) fører til eutrofiering i ferskvann og saltvann. Med Nordsjøavtalen fra 1987 der Norge har forpliktet seg til å redusere avrenninga av næringssalter til utsatte deler av Nordsjøen med 50 prosent i perioden 1985 til 1995, har oppmerksomheten om landbruksforurensninger økt. Det er imidlertid usikkerhet omkring beregningene av utslippsmengder og også av effekten av utslippene. Analyser utført av Institutt for økonomi og sammfunnsfag ved NLH og av SSB tyder på at forurensningene kan reduseres i betydelig grad ved redusert gjødslingsintensitet, jordarbeiding og mindre spesialisert produksjon.

5.1. Arealbruk og arealressurser

Jordbruksarealet i Norge dekker om lag 9 500 km^2, og utgjør om lag 3,1 prosent av landarealet. Figur 5.1 viser hvordan bruken av jordbruksarealet fordeler seg på kornproduksjon, fulldyrka eng, overflatedyrka eng (ekstensiv drift) og annen åkerdrift.

Korn og eng legger beslag på størstedelen av jordbruksarealet. I de siste 50 årene har kornarealet økt, mens engarealene har blitt redusert. Nesten all økning av kornarealet har skjedd på Østlandet. Østfold, Vestfold og Akershus har økt kornarealet fra om lag 26 prosent av sitt jordbruksareal i 1949 til om lag 85 prosent i 1987. Klimaforholdene på Østlandet er gunstige for kornproduksjon, og terreng- og arronderingsforholdene har gjort det mulig å mekanisere. Overgangen fra husdyrproduksjon (som krever engarealer) til ensidig kornproduksjon har ført til redusert arbeidskraftbehov.

Jordbruksarealet i Norge er lite sett i forhold til folketallet og det totale arealet, sammenliknet med mange land. Klimaet legger sterke begrensninger på dyrking av mange vekster. Bare om lag 10 prosent av dyrkingsarealet er egnet til matkorndyrking (NIJOS, 1989). Figur 5.2 viser fordelingen av jordressurser på dyrkingsklasser.

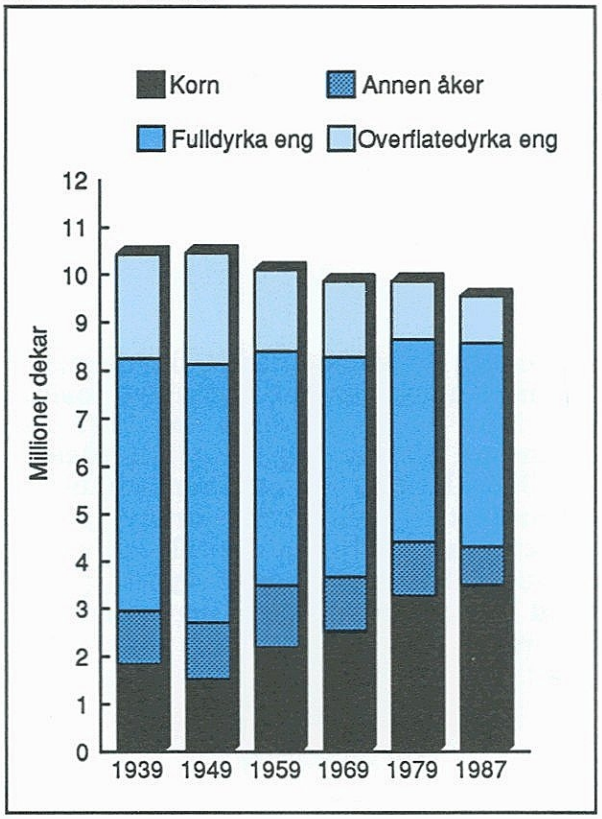
Det er svært små ubrukte arealer i dyrkingsklasse 1, og det betyr at de beste områdene allerede er tatt i bruk.

Presset til å nytte dyrka og dyrbar jord til annet enn jordbruksformål har økt med framveksten av andre næringer og urbanisering. Samtidig har jordbruket, med økt innsats av innkjøpte produksjonsmidler, kunnet øke arealavkastningen slik at matproduksjonen har økt på tross av tap av dyrka jord. Figur 5.3 viser dyrka og dyrkbar jord som er omdisponert til andre formål (veier, bebyggelse m.m.) enn jordbruk siden 1967. Dyrkbar jord (som er udyrka) ble ikke tatt med i denne statistikken før 1976.

Om lag 400 000 dekar dyrka og dyrkbar jord er omdisponert til andre formål siden 1967. Det er om lag 4,5 prosent av dagens jordbruksareal. Det aller meste av dette er tapt for seinere jordbruksproduksjon.

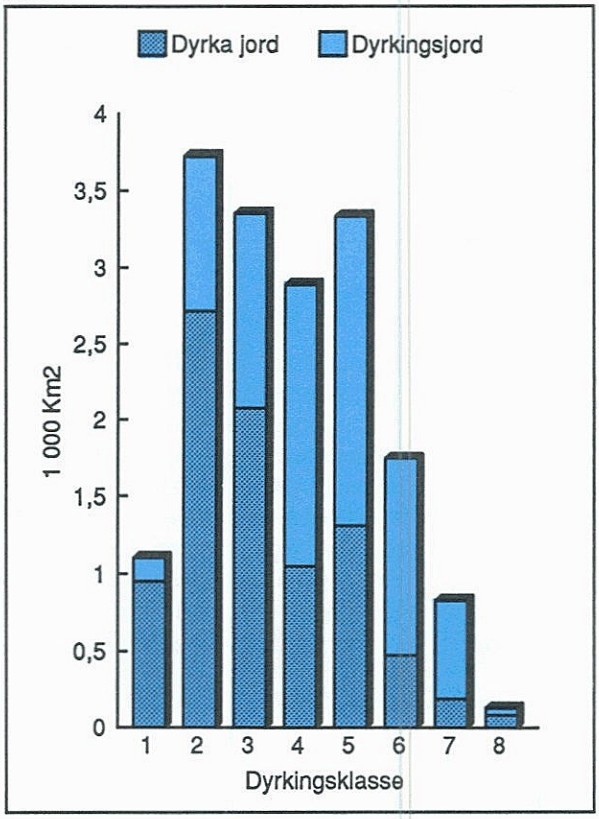
Størstedelen av den omdisponerte jorda ligger i områder med andre presserende arealbruksbehov - rundt byer og tettsteder.

Figur 5.1. Jordbruksarealet etter vekstgrupper. 1939-1987. Dekar



Kilde: SSB.

Figur 5.2. Jordressurser etter dyrkingsklasse[1]. Km^2



1) Dyrkingsklasse:
   1: Areal uten viktige begrensninger.
   2: Areal med få begrensninger.
   3: Areal med moderate begrensninger.
   4: Areal med betydelig begrensninger. Produksjon av grovfor kan gi godt resultat.
   5: Areal med sterke begrensninger. Åkerdrift lite aktuelt. Rimelige grasavlinger.
   6: Areal med svært sterke begrensninger. Marginal til fulldyrking. Beite aktuelt.
   7: Ikke dyrkbar jord. Beite i visse tilfeller aktuelt.
   8: Ikke dyrkbar jord. Beite sjeldent aktuelt.

Kilde: NIJOS, 1989, Grønlund, 1984.

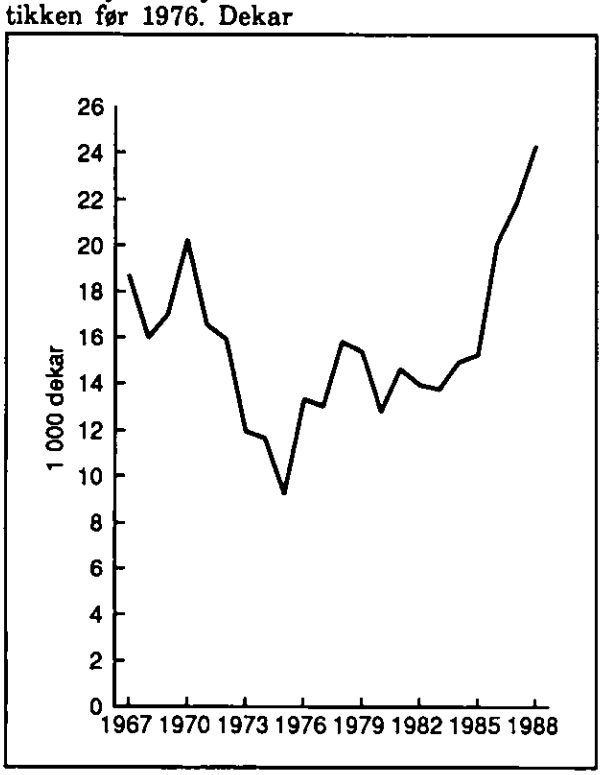
Her finnes også ofte det beste klimaet og den beste dyrkingsjorda.

Det totale dyrkingsarealet påvirkes også av nydyrking og av jord som legges brakk.

I og med at befolkningen har økt, har dyrka areal pr. innbygger gradvis blitt redusert (se figur 5.4.).

Dersom alle arealressurser ble tatt i bruk, ville en kunne øke arealet av dyrka jord fra om lag 9 millioner dekar i dag til 17-18 millioner dekar (se figur 5.2.). Det ville gi et dyrka areal pr. innbygger omtrent som i 1939. Gjennomsnittskvaliteten på arealene ville imidlertid være dårligere fordi den gjenværende dyrkingsjorda er av mindre god kvalitet, og fordi mye av den beste jorda er nedbygd. Dersom import og distribusjon av innsatsfaktorer som kunstgjødsel, drivstoff o.l. hindres slik at arealavkastningen blir redusert, vil jordbruksareal kunne bli en begrensende faktor for tilstrekkelig jordbruksproduksjon.

Figur 5.3. Dyrka og dyrkbar jord som er omdisponert til annet enn jordbruksformål. 1967-1988. Dyrkbar jord er ikke inkludert i statistikken før 1976. Dekar



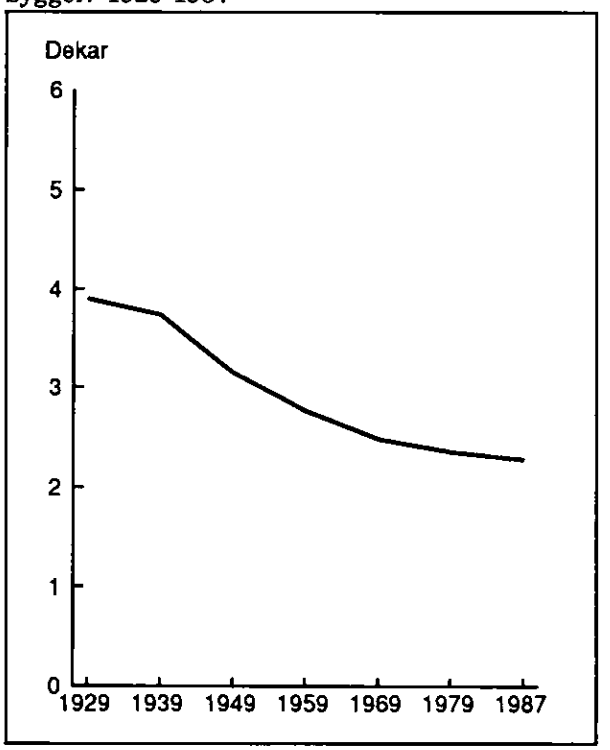
Kilde: Landbruksdepartementet.

5.2. Landbruksforurensninger

Produksjonsmåten i jordbruket i Norge har endret seg sterkt etter krigen. Et utgangspunkt for å uttrykke denne endringen er å se på endringen i bruken av innsatsfaktorer. En kan tenke seg innsatsfaktorene i jordbrukets produksjonssystem delt i tre grupper: arbeid, naturressurser (jord), samt kapital- og vareinnsats. Figur 5.5 viser relativ utvikling i bruk av disse tre grupper innsatsfaktorer etter 1959.

I figuren uttrykker dyrka areal innsatsen av naturressurser. Arbeidsinnsats er målt i antall årsverk med fast timeverksinnhold. Kapital- og vareinnsats er en sammensatt gruppe produksjonsfaktorer. I figuren er kapital- og vareinnsats målt som beregnet kapitalslit pluss ikke-varige produksjonsmidler som bonden kjøper inn utenfra, som f.eks. kunstgjødsel, plantevernmidler, fôrmidler, såfrø, drivstoff m.m. Produksjonsvolumet baserer seg på volumindeksen for

Figur 5.4. Antall dekar dyrka areal pr. innbygger. 1929-1987



Kilde: SSB.

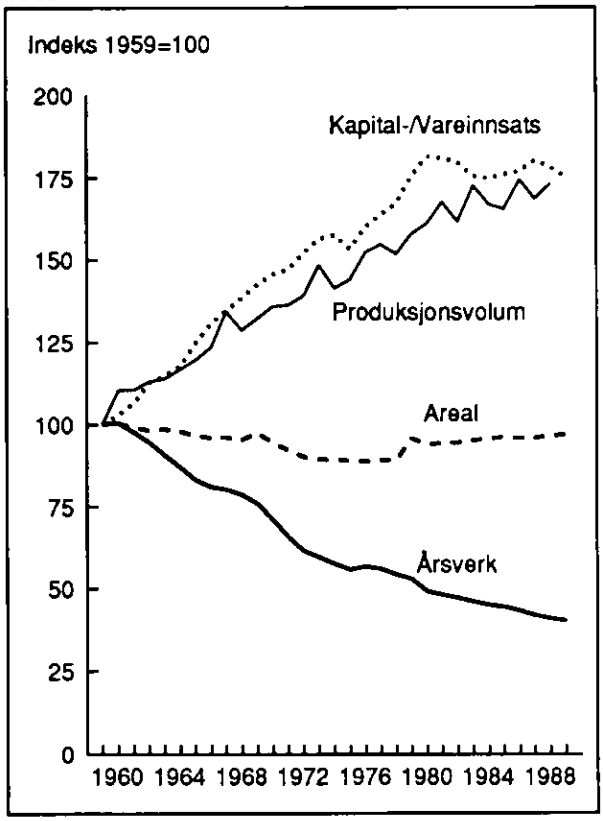
husdyr- og planteproduksjon (Budsjettnemnda for jordbruket, 1989).

Figuren viser at selv om totalproduksjonen har økt, har årsverkinnsatsen gått ned. Det betyr at hver bonde produserer vesentlig mer mat. Antall sysselsatte som arbeider i bransjer som forsyner jordbruket med produksjonsmidler og som distribuerer og foredler jordbruksproduksjonen, har ikke sunket tilsvarende og er ikke medregnet. Antall årsverk som totalt går med til landets *matforsyning* er derfor ikke redusert like mye som antall årsverk i jordbruket.

Av figuren framgår at produksjon pr. arealenhet har økt noe svakere enn produksjon pr. årsverk, mens produksjon pr. enhet kapital- og vareinnsats er lite endret i perioden.

Endringene i faktorbruk er et resultat både av landbrukspolitikken og den økonomiske og teknologiske utviklinga ellers i samfunnet. Reduksjonen i sysselsettinga og nedgangen i dyrka areal har til nå skapt små problemer fordi matproduksjonen har økt, og fordi andre sektorer har kunnet absorbere avgangen av arbeidskraft fra jordbruket.

Figur 5.5. Produksjonsvolum og bruk av innsatsfaktorer i jordbruket. Relativ endring 1960-1989



Kilde: Budsjettnemnda for jordbruket, 1989.

Den økte innsatsen av maskiner, kunstgjødsel, kjemisk plantevern o.l. har hatt store virkninger på det fysiske miljøet. Endringene har på mange måter vært negative, f.eks. gjennom økt forurensning av vannsystemene, jordtap og et mer ensformig kulturlandskap.

Rasjonell bruk av landbruksmaskiner krever store og sammenhengende arealer. Åkerkanter, som er viktige dyre- og plantebiotoper, har blitt færre og bekker er lukket. Andelen med åpenåker har økt, og det øker risikoen for jorderosjon. Store og tunge maskiner pakker jorda. Dette reduserer vanngjennomstrømningen i jorda, og vannet renner lettere av på overflata og tar med seg gjødsel og jordpartikler.

Hvert bruk er blitt mer spesialisert. En del husdyrbruk, i sær med kraftfôrbasert produksjon (svin og fjørfe), kjøper inn en stor del av fôrmidlene utenfra. Det blir dermed så mye husdyrgjødsel i forhold til jordbruksarealet at det medfører problemer med å spre husdyrgjødsla uten å forurense. Den regionale spesialiseringa i kornproduksjon og husdyrhold har forsterket forurensningsproblemene. En stadig større andel av brukene har ikke dyr og øker dermed forbruket av kunstgjødsel. Kunstgjødsla er billig og lett å håndtere, slik at bonden ofte gjødsler med den mengden som gir tilnærmet maksimal avling, noe som fører til betydelig avrenning av plantenæringsstoffer. Spesialiseringa øker innslaget av monokulturer, noe som øker ugrasplagen og faren for insekt- og soppangrep. Behovet for kjemisk plantevern øker.

Stoffer som forurenser

Følgende stoffgrupper lekker ut av produksjonssystemet i jordbruket og forurenser: næringssalter med nitrogen (N) og fosfor (P), organisk materiale, jordpartikler og "miljøgifter".

Avrenning av næringssalter som inneholder nitrogen og fosfor, har hittil fått størst oppmerksomhet. Dette skyldes særlig to forhold. For det første har disse stoffene bidratt til økologisk sett svært forstyrrende algeoppblomstringer, både i ferskvann og i sjøen. For det andre har Norge gjennom en Ministererklæring i 1987 om beskyttelse av Nordsjøen ("Nordsjøavtalen"), forpliktet seg til å redusere utslippene av næringssalter til utsatte deler av Nordsjøen med 50 prosent i perioden 1985 til 1995. Av de menneskeskapte norske utslipp til Nordsjøen, står landbruket for anslagsvis 50 prosent av nitrogenutslippene og 27 prosent av fosforutslippene (SFT, 1990).

Forurensningsvirkningen av nitrogen- og fosforavrenning og organisk materiale kan imidlertid ofte reduseres dersom utslippene reduseres. I så henseende er det verre med miljøgifter som tungmetaller (kadmium) i handelsgjødsla og tungt nedbrytbare kjemiske forbindelser (f.eks. DDT (ikke i bruk lenger i Norge) og en del klorerte hydrokarboner) i plantevernmidler. Disse stoffene inngår ikke på samme måten i et naturlig kretsløp, og opphopning av stoffene i jordsmonn og organismer kan gi uoversiktelige og permanente giftvirkninger.

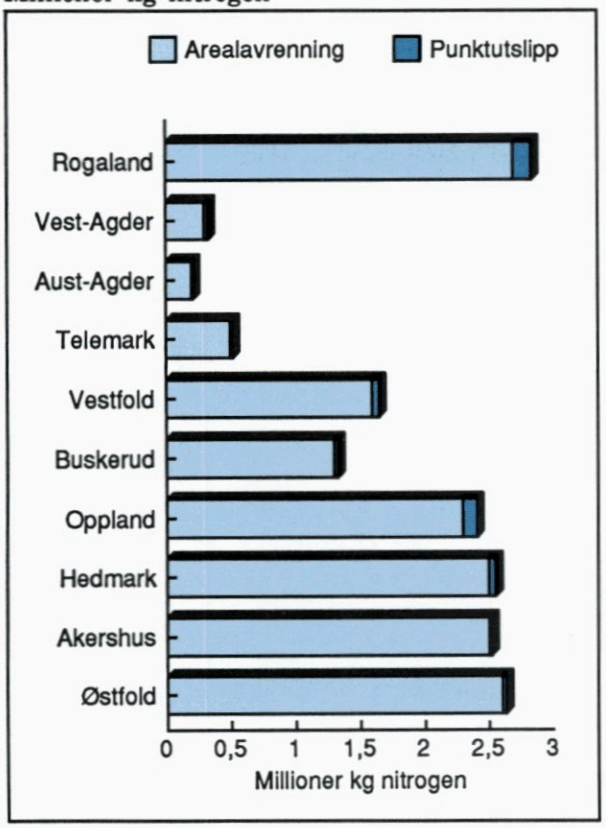
Det er verdt å merke seg at næringssalter, organisk materiale og jordpartikler som lekker ut av produksjonssystemet, egentlig

er innsatsfaktorer i produksjonen. Når lekkasjene har økt så sterkt, skyldes det flere forhold. Det har vært lite kunnskap om avrenninga blant bønder og delvis også i veiledningstjenesten. Dessuten har gjødsla vært billig slik at bøndene uten for stor økonomisk belastning har kunnet gjødsle nok for å opprettholde avlingsnivået i stedet for å iverksette tiltak eller drive på en måte som i seg selv bidrar til å redusere lekkasjene.

I det følgende vil vi begrense diskusjonen av landbruksforurensninger til utslipp av næringssalter, N og P, til vann.

Utslippskilder

Figur 5.6. Nitrogenutslipp fra jordbruket. Punktkilder og arealavrenning. Utvalgte fylker. Millioner kg nitrogen

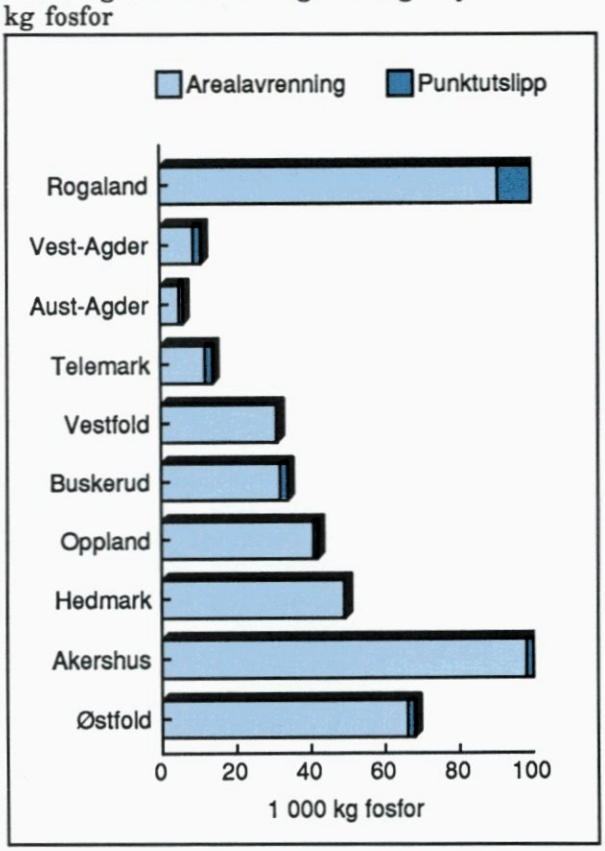


Kilde: Jordforsk, 1989.

Kildene for utslipp av næringssalter kan deles i to; punktutslipp og diffuse utslipp (arealavrenning). Punktutslipp er i hovedsak lekkasje fra gjødsel- og silolagre. Til arealavrenning regnes næringsstoffer (N og P) som tapes fra åker- og engarealene. Punktutslipp kan hindres gjennom tetting av lagrene. Arealavrenning er mer komplisert å kontrollere, fordi disse lekkasjene i stor grad henger sammen med driftsform, klimavariasjoner og jordtype.

Beregninger viser at næringstapet fra arealavrenning er langt større enn fra punktkilder (Jordforsk, 1989). Punktutslipp henger sammen med husdyrproduksjon, noe som framgår av figur 5.6. og 5.7. I Rogaland, hvor det er relativt mye husdyr, er det større andel fra punktutslipp enn i f.eks. Østfold og Vestfold hvor dyretettheten er liten. Punktkilder står for en større andel av fosforutslipp enn av nitrogenutslipp. Dette kan skyldes at fosforandelen i husdyrgjødsla er høyere enn i plantenes næringsopptak, og at fosforet bindes sterkere i jorda.

Figur 5.7. Fosforutslipp fra jordbruket. Punktkilder og arealavrenning. Utvalgte fylker. 1000 kg fosfor



Kilde: Jordforsk, 1989.

Bøndenes økonomiske vilkår er i stor grad styrt av overføringer fastlagt i jordbruksav-

talen. Kostnader til tiltak mot forurensninger er i praksis enten innarbeidet i jordbruksavtalen eller det gis støtte. Tabell 5.1 viser fordeling av tilskudd fra Landbruksdepartementet for å redusere forurensning fra punktkilder og arealavrenning.

Tabell 5.1. Fordeling av midler på punktkilder og arealavrenning i 1989. Mill. kr

Tiltak	Type effekt[1]	Beløp innvilget
I alt		89
Gjødsellager	A P	59
Mjølkeromsavløp	P	1
Silo- og pressaftanlegg	P	16
Låvetørkeanlegg	P	3
Hydrotekniske anlegg	A	2
Vegetasjonssoner	A	0
Husholdningsavløp	P	8

1) A = arealavrenning. P = punktkilder.

Kilde: Landbruksdepartementet, 1990.

Investeringer i gjødsellager kan enten brukes til tetting (redusert punktutslipp) eller til utvidelse, slik at all gjødsla kan lagres for å bli spredd i vekstsesongen (redusert arealavrenning). Opplysninger fra fylkeslandbrukskontorene i en del fylker tyder på at om lag 2/3 av tilskuddene brukes til utvidelse, og om lag 1/3 til tetting. Det betyr at anslagsvis 45 prosent av alle tilskuddene ble brukt til å redusere arealavrenninga, mens arealavrenninga står for over 90 prosent av den totale avrenninga.

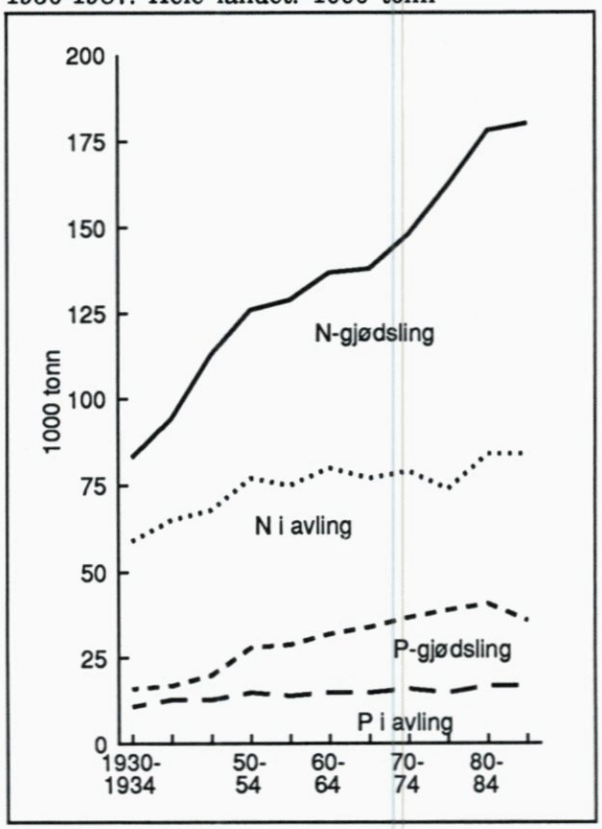
Utviklingstrekk i landbruksforurensningene

Registreringer av forurensninger fra landbruket er av relativt ny dato, og det finnes få tidlige beregninger av landbruksforurensninger. Det er f.eks. i landbruksstatistikken til nå ikke registrert opplysninger med sikte på å si noe om jordbrukets effekt på miljøet, f.eks. om gjødsling- og jordarbeidingspraksis. Forsøk på å beskrive endringer i avrenning fra jordbruket vil derfor være beheftet med stor usikkerhet.

Ved å se på forholdet mellom hva som tilføres jordbruksarealene av nitrogen og fosfor ved gjødsling og hva som fjernes i avlinger, vil en få et bilde av overskudd eller underskudd av næringsstoffer i produksjonssystemet.

Det er imidlertid vanskelig å sette opp et fullstendig regnskap. I tillegg til gjødsel, tilføres jordbruksarealene nitrogen gjennom nedbøren og fra nitrogengass i lufta ved hjelp av nitrogenfikserende organismer i jorda. Mengdeforholdet mellom disse tre kildene varierer med gjødslingsintensiteten, nedbørens "surhet" og innslag av vekster med nitrogenfikserende bakterier (belgvekster). En kan anta at totalt sett tilføres størstedelen ved gjødsling. Fosfor tilføres stort sett bare gjennom gjødsling.

Figur 5.8. Nitrogen- og fosforinnhold i kunstgjødsel og husdyrgjødsel og bortføring i avling. 1930-1987. Hele landet. 1000 tonn



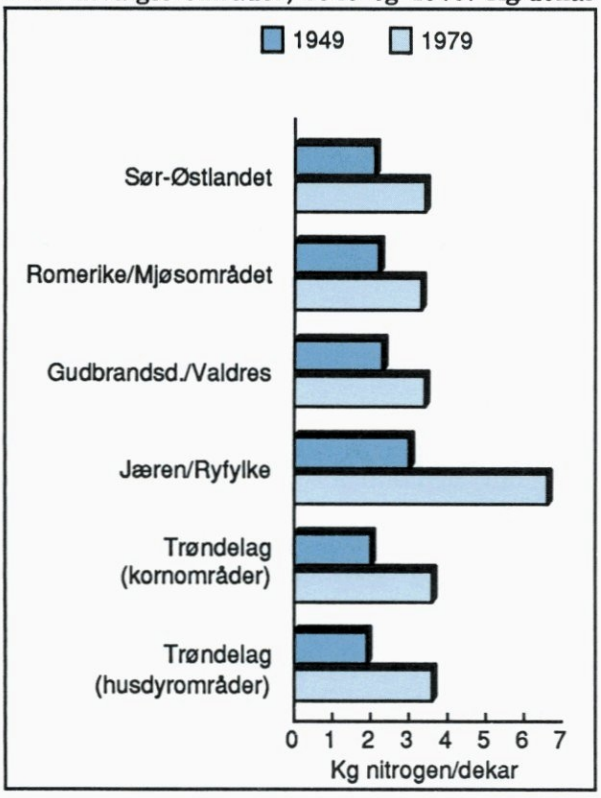
Kilde: GEFO, 1986, SSB, Åstebøl og Tveitnes, 1988.

Figur 5.8 viser et betydelig overskudd av nitrogen og fosfor, og at dette overskuddet har vært økende i perioden 1934 til 1987. Nitrogenoverskuddet har økt mest. Det er en del usikkerhet i beregningene av nitrogen- og fosforinnholdet i husdyrgjødsla, samt det som fjernes i avlingene.

En del av N- og P-overskuddet vil ende som avrenning til vannsystemene, men det er usikkert hvor stor andel. For nitrogenets vedkommende skjer det betydelige lekkasjer til luft i form av ammoniakkfordamping og denitrifikasjon. En del vil kunne magasineres i jorda dersom det organiske innholdet øker, f.eks. ved at engarealet øker. Engarealet har imidlertid gått ned. Fosfor kan magasineres i jordsmonnet gjennom kjemisk binding til jordpartiklene.

Figur 5.8 gir imidlertid klare indikasjoner på at økt gjødslingsintensitet har medvirket til økt avrenning. Figur 5.8 antyder dessuten at for hver ny gjødselenhet som har blitt tilført produksjonssystemet, har jorda gitt en stadig mindre del tilbake i avling.

Figur 5.9. Beregnet avrenning av nitrogen i noen utvalgte områder, 1949 og 1979. Kg/dekar

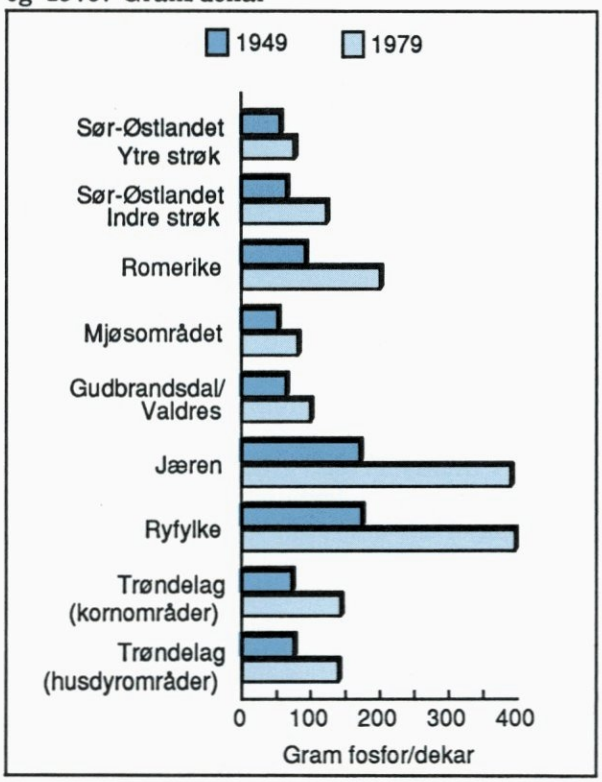


Kilde: Uhlen og Lundekvam, 1988, SSB.

Avrenning av nitrogen og fosfor fra store områder er vanskelig å måle, og kvantifiseringer må derfor basere seg på teoretiske anslag. Slike tall vil nødvendigvis være beheftet med en del usikkerhet. Beregninger av nitrogenavrenning baserer seg på antakelsen om at gjødslingsnivået i stor grad styrer avrenningsnivået. Fosforavrenning er i mindre grad direkte avhengig av gjødslingsnivået fordi fosforet bindes sterkt til jordpartiklene. Fosforavrenning er av den grunn mer avhengig av jorderosjon og P-konsentrasjonen i jordsmonnet.

Beregninger av nitrogenavrenningen pr. dekar i 1949 og 1979 i noen utvalgte områder er vist i figur 5.9.

Fig 5.10. Beregnet avrenning av biologisk tilgjengelig fosfor i noen utvalgte områder, 1949 og 1979. Gram/dekar



Kilde: Uhlen og Lundekvam, 1988.

Beregningene viser at nitrogenavrenningen pr. dekar har økt med mellom 20 og 120 prosent fra 1949 til 1979 (Uhlen og Lundekvam, 1988, SSB egne beregninger for 1979 basert på forutsetninger i Uhlen og Lundekvam, 1988). Tallene for 1949 er beregnet på grunnlag av totalt N-forbruk, og er derfor svært usikre. Tallene for 1979 baserer

seg på bruk av kunstgjødsel-N og beregnede mengder husdyrgjødsel-N på hvert bruk.

Landbrukstellinga 1979 er den nyeste detaljerte informasjon om gjødselbruk for større områder. Beregninger for seinere år vil derfor være mer usikre enn beregningene for 1979. Landbrukstellinga for 1989 vil snart foreligge og dermed gjøre det mulig med en mer oppdatert beregning.

Beregning av fosforavrenning for noen utvalgte områder viser en liknende økning (se figur 5.10). Også disse tallene er usikre, særlig for 1949.

Økningen i fosforavrenninga på Østlandet kan skyldes økt jorderosjon som følge av økte kornarealer (åpenåker). Romerike, f.eks., har i tillegg mye jord som er lett eroderbar. Økningen i Rogaland skyldes i stor grad økt husdyrtetthet.

5.3. Analyseprosjekt: Effekt av intensitetsreduksjon og omstrukturering av produksjonen

Figur 5.8 antyder at det i dag lekker ut større mengder nitrogen og fosfor fra produksjonssystemet i jordbruket enn før, både totalt sett og pr. arealenhet.

Mange husdyrbruk produserer så store gjødselmengder i forhold til spredearealet at det skjer en betydelig overgjødsling i forhold til plantenes næringsopptak. Gjødsellagerkapasiteten er ofte så liten at husdyrgjødsla må spres utenom vekstsesongen. Dette gir dårlig utnytting av husdyrgjødsla og dermed økt avrenning. I andre strøk drives det ensidig kornproduksjon, noe som gir store, sammenhengende områder med åpenåker drift. Dette forårsaker betydelig jorderosjon i erosjonsutsatte jordtyper.

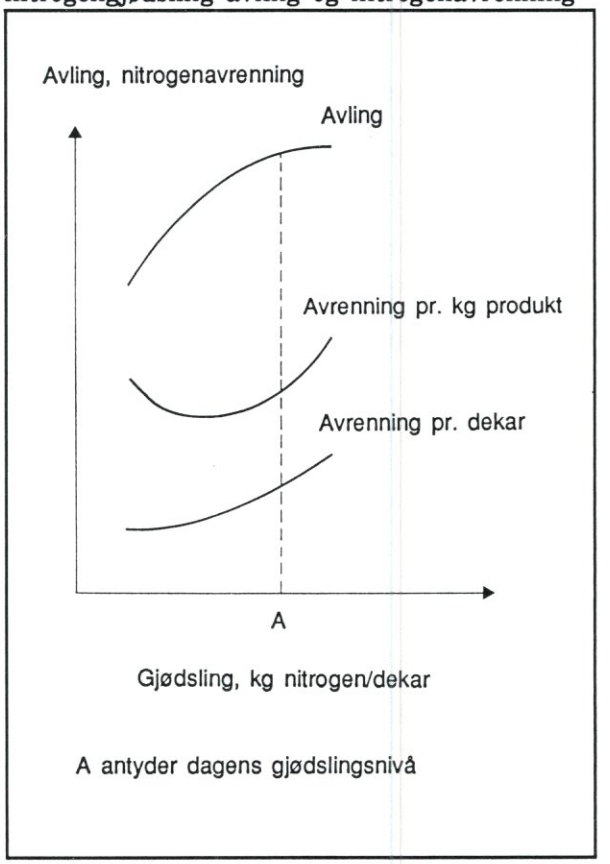
Figur 5.11 viser stiliserte sammenhenger mellom nitrogengjødsling, nitrogenavrenning og avling.

Gjødslingsintensiteten ligger i dag betydelig over nivået som gir minimum avrenning pr. produktenhet.

Med dagens utgangspunkt kan en anta:

- redusert nitrogen- og fosforgjødsling vil føre til redusert avrenning. Med dagens gjødslingsnivå vil nitrogenavrenninga reduseres relativt sterkere enn avlingsnivået.
- dyrking av grovfor (eng) i erosjonsutsatte områder vil redusere jordtapet og dermed tapet av partikkelbundet fosfor.

Figur 5.11. Stiliserte sammenhenger mellom nitrogengjødsling avling og nitrogenavrenning



Nitrogengjødslinga reguleres først og fremst gjennom bruken av kunstgjødsel. Fosforgjødslinga reduseres gjennom tilstrekkelig areal til å spre husdyrgjødsla på (spredearealkrav) og gjennom bruken av kunstgjødsel.

Dyrking av eng i erosjonsutsatte områder kan gjennomføres ved å innføre grovfôrspisende dyr (storfe og sau).

Statistisk sentralbyrå har i samarbeid med Institutt for økonomi og samfunnsfag ved Norges landbrukshøgskole utviklet en mo-

dell der en kan simulere tre tiltak, nemlig innføring av spredearealkrav, redusert jordarbeiding og endret gjødslingsintensitet. Ved innføring av spredearealkrav må dyretallet reduseres på bruk som har for mange dyr i forhold til kravet. Disse dyrene kan modellen "flytte inn" på bruk med ledig spredeareal. Slik kan en i modellen dirigere grovfôrbasert husdyrhold til bruk som har arealer med stor erosjonsrisiko og på den måten innføre eng på disse arealene.

Etter simulering av spredearealkrav, redusert jordarbeiding og/eller endret gjødslingsintensitet, kan en ved hjelp av modellen beregne effekten på arealavrenning, arbeidskraftbehov, bondens arbeidsgodtgjørelse og produksjon. Resultatene kan aggregeres til alle geografiske nivåer høyere enn kommune. Modellen, som er kalt SIMJAR (SIMuleringsmodell for Jorderosjon og ARealavrenning fra jordbruket), finnes i to versjoner:

SIMJAR 1 kan benyttes til beregninger i to avgrensede områder (på Jæren og på Romerike). Her benyttes produksjonsstatistikk ("Stønadsregisteret") og jordtypedata fra jordsmonnskartlegging. Erosjonsrisiko bestemmes på grunnlag av jordtypedata. Endringer i både nitrogen- og fosforavrenning beregnes etter simulering av tiltak. Denne versjonen av SIMJAR er presentert i detalj i Naturressurser og miljø 1988 (SSB, 1989). En del modellforbedringer er gjort i mellomtida.

SIMJAR 2 gjelder for hele Sør-Norge. Jordtypedata foreligger ikke, slik at det foreløpig ikke blir gjort beregninger av fosforavrenning. I SIMJAR 2 er det tatt hensyn til ulike vekstvilkår gjennom en inndeling av Sør-Norge i 4 avlingssoner. Dette har betydning for sammenhengen mellom gjødsling, nitrogenavrenning, avrenning og avling.

Resultater av simulerte tiltak

1. Redusert arealintensitet

Ved hjelp av SIMJAR 2 har vi simulert intensitetsreduksjoner ned til det nivå som tilsvarer 10 prosent avlingsreduksjon, og til det nivå der en har tilnærmet minimal avrenning pr. produkt (se tabell 5.2).

Noen bruk har for mye husdyrgjødsel til å kunne klare den reduksjon i gjødslingsintensitet som er forutsatt i beregningene. For disse brukene er gjødslingsintensiteten beregnet etter mengden husdyrgjødsel.

På grunnlag av sammenhengene mellom N-gjødsling, N-avrenning og avling som modellen bygger på, ser en av tabell 5.2 at både avrenning og gjødsling reduseres langt sterkere enn avlingsnivået. Ingen andre tiltak er tatt i betraktning. Tallene vil være mer usikre dersom den lavere intensiteten vedvarer, og dagens produksjonsmetoder ellers blir opprettholdt. Tabell 5.2 viser at intensitetsreduksjonene synes å ha størst effekt på eng. Vanlig praksis er at gjødslingsintensiteten på eng jevnt over er høyere enn for kornareal, noe som i følge figur 5.11 gir større reduksjon i avrenning ved redusert gjødsling. Gjødslingsintensiteten på korn begrenses av fare for legde.

Tabell 5.2. Relative nivåer i gjødsling, avling og N-avrenning ved reduksjon i arealintensitet til omtrent 90 prosent avlingsnivå og til den intensitet som gir minimum avrenning pr. produktenhet. Korn og eng. Gjennomsnitt for hele Sør-Norge. Dagens nivå = 100

	Tilnærmet 90 prosent avlingsnivå	
	Korn	Eng
Gjødsling	67	69
Avling	90	91
Avrenning	73	54
	Tilnærmet minimum avrenning/produkt	
Gjødsling	60	39
Avling	86	77
Avrenning	70	32

2. Innføring av spredearealkrav

Fra 1. mars 1989 er det innført krav om minst 4 dekar disponibelt fulldyrket areal pr. gjødseldyrenhet til spredning av husdyrgjødsel. Hensikten er naturligvis å begrense overgjødslinga fra husdyrgjødsla for å redusere forurensningene. Et slikt krav vil ventelig få store konsekvenser for

deler av husdyrbruket.

Ved simulering av spredearealkrav omregner en i SIMJAR dyretallet på hvert bruk til antall gjødseldyrenheter, og beregner antall gjødseldyrenheter pr. dekar spredeareal. Dermed kan en finne hvor mange overtallige dyr det er dersom et spredearealkrav skal tilfredsstilles. Tabell 5.3 viser overtallige dyr i utvalgte regioner og fylker i Sør-Norge ved innføring av spredearealkrav på 4 dekar pr. gjødseldyrenhet. Våre omregninger til gjødseldyrenheter baserer seg på fosforinnholdet i husdyrgjødsla. Det gjør at våre beregninger av overtallige dyr blir noe høyere enn reglene i forskriftene skulle tilsi.

og dermed høyere timeutbytte for bonden. Størrelsen på besetninger med grovfôrspisende dyr reguleres i stor grad av gårdens kapasitet til å produsere tilstrekkelig grovfôr, og det blir dermed ikke særlig mangel på spredeareal for husdyrgjødsla.

Rogaland skiller seg klart ut i forhold til andre fylker når det gjelder dyretetthet. I tillegg har Rogaland en betydelig andel av husdyrene i Norge, slik at husdyrproduksjon er en viktig næring i fylket. Beregninger med SIMJAR viser at dersom ikke den reduksjon i husdyrtallet gitt i tabell 5.2 kompenseres ved flytting av produksjonen

Tabell 5.3. Andel av husdyr som er overtallige (må flyttes eller slaktes) ved innføring av spredearealkrav på 4 dekar pr. gjødseldyrenhet på hvert bruk. Utvalgte fylker og regioner. Prosent

Dyreslag	Hele Sør-Norge	Roga-land	Vest-landet	Akershus/ Østfold/ Vestfold	Hedmark/ Oppland	Trøndelag
Kyr	0,5	1,5	0,5	0	0	0
Sau	3,0	10,0	2,0	1,5	0,5	0,5
Slaktegris	36	76	60	14	19	19
Fjørfe	54	77	71	50	33	48

Kilde: SSB.

Beregningene baserer seg på arealer og dyretall i søknader om produksjonstillegg for 1987, og forutsetningen om at spredeareal ikke er tilgjengelig utenom brukets egne, eksisterende jordbruksarealer. Dersom det er flere dyreslag på bruket, tar en først de dyrene som gir minst inntekt pr. produsert gjødselmengde (Sødal, 1988). Det gjør at kraftfôrspisende dyr som slaktegris og fjørfe reduseres først.

Tabellen viser at bruk som baserer seg på kraftfôrspisende dyreslag (svin og fjørfe) får størst problemer med spredearealkravet. Hele 36 prosent av slaktegrisene og 54 prosent av alt fjørfe i Sør-Norge må slaktes eller flyttes ved 4 dekars krav, noe som tilsvarer omtrent 22 prosent av kjøttproduksjonen i jordbruket. Størrelsen på disse besetningene begrenses ikke av gårdens fôrproduksjonskapasitet (kraftfôr kjøpes omtrent utelukkende utenfor gården), og store besetninger gir rasjonaliseringsgevinst

til bruk med ledig spredeareal, vil antall årsverk i Rogalands jordbruk bli redusert med drøyt 1 000, eller om lag 8 prosent av sysselsettinga i jordbruket. Tilsvarende tall for hele Sør-Norge er om lag 2 200 årsverk og 2,5 prosent.

3. Eng på erosjonsutsatt jord og redusert jordarbeiding

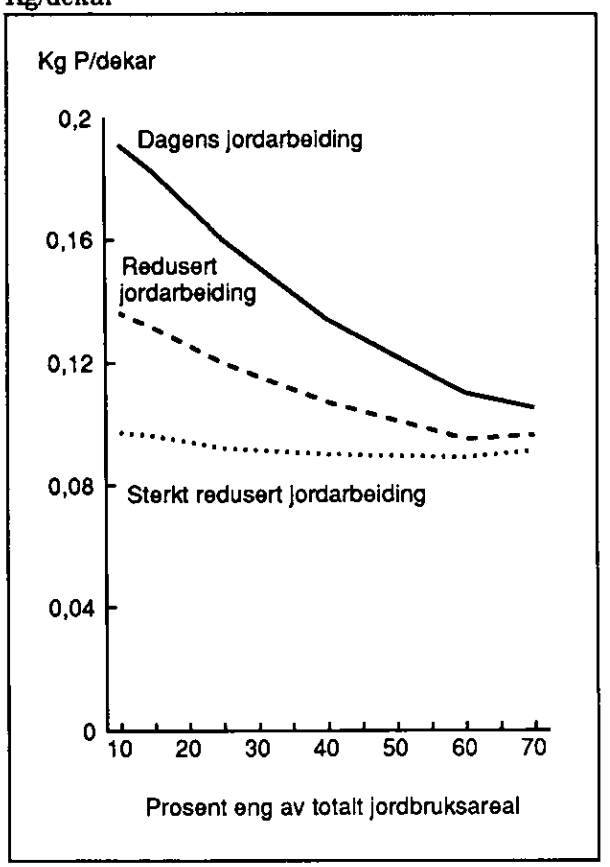
Når en innfører spredearealkrav, kan en tenke seg at de overtallige dyrene flyttes inn på bruk som har ledig spredeareal. Ved å flytte dyr som fôres med gras til bruk som har erosjonsutsatt jord, kan en få dyrka eng på denne jorda og dermed redusert jorderosjonen. Redusert jordarbeiding på åpenåker vil også gi redusert erosjon. En god del av fosforavrenninga følger med jordpartiklene som eroderes.

Et slikt krav til flytting av dyr krever informasjon om jordtype på driftsenhets-

nivå. Slik informasjon om jordtype baserer seg på jordsmonnskartlegging. Kun små deler av Norges jordbruksarealer er jordsmonnskartlagt. SIMJAR 1 gjør simuleringene innenfor et område der slik jordtypeinformasjon foreligger.

Figur 5.12 viser konsekvensene på fosforavrenning ved en tenkt økning i antall kyr i et område av Ullensaker, kombinert med ulike grader av redusert jordarbeiding på åpenåker (Aanestad og Sødal, 1990). Ved innføring av kyr, må grasarealet økes.

Figur 5.12. Reduksjon i fosforavrenning pr. dekar i et område av Ullensaker ved overgang fra åpenåker til eng på erosjonsutsatt jord i kombinasjon med ulike grader av redusert jordarbeiding. Gjennomsnitt for området.
Kg/dekar



Kilde: Aanestad og Sødal, 1990.

I beregningene er det forutsatt at bruk som har den mest erosjonsutsatte jorda får kyr - og dermed gras - først. Det kan diskuteres hvor lett det er å få til det i praksis. I dag er tallet på kyr i området om lag 250. Økning av engarealet fra om lag 10 til 70 prosent av jordbruksarealet (som i alt er på 21 000 dekar) vil kreve om lag 3 500 kyr i området. P-avrenninga vil da bli redusert med ca. 40 prosent. En videre øking av engarealet vil ikke redusere P-avrenninga særlig mer.

Det er verdt å merke seg at maksimal reduksjon i jordarbeiding, uten ellers å endre produksjonsmønsteret, gir større P-avrenningsgevinst enn en radikal overgang til eng og husdyrproduksjon uten jordarbeidstiltak.

Ullensaker er, sett i norsk sammenheng, et ekstremområde når det gjelder kombinasjonen av erosjonsutsatt jord og åpenåkerarealer. Det gjør at en må forvente mindre reduksjon i P-avrenninga ved overgang fra åpenåker til eng andre steder.

Dersom kyr overføres fra områder med stor dyretetthet, kan en forvente en reduksjon i fosforavrenninga her. Analysene tyder imidlertid på at fosforavrenninga i de husdyrtette områdene reduseres relativt lite på kort sikt når dyretallet reduseres.

REFERANSER:

Aanestad, J. og Sødal, D. P., 1990: *Tiltak mot arealavrenning.* En modellstudie av økonomiske og miljømessige virkninger av redusert arealintensitet og endret regional produksjonsfordeling. Melding fra Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH, Ås. Under trykking

Budsjettnemnda for Jordbruket, 1989: *Volum- og prisindekser for jordbruket, regnskapsårene 1959-1988*

GEFO, 1986: *Forurensning fra landbruket - ressurser på avveie.* Landbruksforlaget

Grønlund, A., 1984: *Klassifikasjon av areal etter egenskaper for jordbruk.* Særtrykk av Jord og Myr nr. 2, 1984

Holm, Ø., Sødal, D.P. og Vestøl, J.Å., 1989: *Arealavrenning fra jordbruket.* En modellstudie med vekt på endret regional produksjonsfordeling og endret arealintensitet. Rapport nr. 12 i "Landbrukspolitikk og miljøforvaltning". SEFO, Ås

Jordforsk, 1989: *Avrenning og effekt av tiltak i landbruket.* Delrapport av Nasjonal

Nordsjøplan. Senter for Jordfaglig miljøforskning, Ås

Landbruksdepartementet, 1990: *Årsoppgave for tekniske miljøtiltak fordelt på deltiltak.* Ordinære søknader

NIJOS, 1989: *Jordressursdata på nasjonalt nivå.* Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås

SFT, 1990: *Forurensningstilstand og behov for tiltak.* Foredrag på "Kysten rundt", 8-10 februar. Statens forurensningstilsyn, Oslo

SSB, 1989: *Naturressurser og miljø 1988.* Rapport 89/1. Statistisk sentralbyrå, Oslo-Kongsvinger

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

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

Åstebøl, S.O. og Tveitnes, S., 1988: *Arealbruk og husdyrgjødselmengder 1949 - 1979.* N-og P-forbruk i husdyrgjødsel og kunstgjødsel i 1979. Rapport nr. 6 i "Landbrukspolitikk og miljøforvaltning". SEFO, Ås

6. LUFT

SSB lager hvert år oversikter over norske utslipp til luft av en rekke forurensningskomponenter. Utslippene skyldes produksjon og konsum av varer og tjenester. Det er også laget oversikter over indirekte utslipp knyttet til ulike forbruksvarer. De indirekte utslippene fra frambringelse av innsatsfaktorer i produksjonen, er ofte langt større enn utslippene knyttet til selve produksjonen av varene. Oversiktene er et ledd i miljøovervåkningen og danner også grunnlaget for analyser av framtidige utslipp til luft og virkninger av ulike utslippsreduserende tiltak. Slike tiltak medfører utgifter for samfunnet, men gir også nytte-effekter ved reduserte skader på helse, natur og produksjonsutstyr. I dette kapitlet er hovedvekten lagt på å studere avgifter på bruk av fossile brensler som miljøpolitisk virkemiddel. I et eksempel bestemmes avgiftsnivået ut fra hvor stor lokal skade utslipp fra ulike sektorer påfører omgivelsene. I et annet eksempel bestemmes avgiftsnivået implisitt ved at det settes en grense for hvor store utslippene av drivhusgassen karbondioksid (CO_2) får bli. Kostnader og størrelsen av noen nytte-effekter anslås under de ulike avgiftsregimene.

Mange luftforurensningsproblemer er av internasjonal karakter. Det er utarbeidet grove framskrivninger over utslipp til luft av de viktigste komponentene i Europa fram mot år 2000 under ulike forutsetninger. Betydningen av en overgang fra bruk av kull og olje til bruk av gass for utslippsnivåene er anslått. Videre studeres effekten av å overføre renseressurser fra de nordiske land til store forurensere som Polen og Øst-Tyskland. Beregningene tyder på at det er vesentlig billigere å redusere nedfallet av svovel i Norden ved å rense utslippene fra Øst-Europeiske land enn det er å rense nordiske utslipp. Avslutningsvis drøftes enkelte sider ved drivhuseffekten, med hovedvekt på å beskrive de ulike drivhusgassenes bidrag til økt drivhuseffekt.

6.1. Luftforurensning - noen kilder og virkninger

Utslipp til luft stammer hovedsakelig fra bruk av kull, koks og oljeprodukter til oppvarming og transport samt fra industrielle prosesser og fordampning. Prosessutslipp kjennetegnes ved at forurensningene frigjøres fra andre innsatsfaktorer enn energi. Fordampningsutslipp stammer fra løsningsmidler og lettere oljeprodukter. Det er vanlig å skille mellom utslipp som skyldes forbrenning av fossile brensler i stasjonære anlegg og mobile brenselsutslipp fra biler, fly, båter o.l.

Luftforurensning i Norge skyldes dels innenlands utslipp fra industri, transportvirksomhet og fyringsanlegg, dels langtransporterte luftforurensninger. Norske utslipp bidrar mest til lokal forurensning som skader helse og materialer, mens langtransporterte forurensninger fra kontinentet og Storbritannia er hovedkilde til forsuringsskader i naturen.

Utslippene bestemmes hovedsakelig av nivå og sammensetning av produksjon og konsum av varer og tjenester. Økonomisk

aktivitet krever energibruk med tilhørende utslipp. Utslippene kan dempes ved rensetiltak. Andre tiltak som reduserer utslipp kan rettes mot bruk av forurensende innsatsfaktorer og produkter, enten som kvalitetskrav til for eksempel olje, eller som avgifter for å redusere bruken av spesielt forurensende produkter.

Også andre faktorer enn totale utslipp er med på å bestemme konsentrasjonsnivået av en forurensningskomponent; meteorologiske forhold/spredningsforhold, utslippsmønster, etc.

Skadevirkninger av luftforurensninger avhenger blant annet av konsentrasjon av de ulike forurensningskomponentene og eksponeringstid for natur og mennesker. For mange komponenter opptrer det ikke skader før konsentrasjonen overstiger en terskelverdi. For andre forurensningskomponenter eksisterer ikke slike terskelverdier, det vil si at selv svært lave konsentrasjoner kan medføre risiko for skade. Dette gjelder spesielt for forurensninger som har kreftfremkallende egenskaper. Ofte er det allerede utsatte grupper, som astmatikere, barn og eldre, som blir sterkest rammet av forurensningsskader.

Virkninger av luftforurensninger er noen ganger knyttet til sekundære forurensningsprodukter. Dette er stoffer som er dannet i lufta for eksempel ved oksidasjon av komponentene i det opprinnelige utslippet. Eksempler på sekundære forurensningsprodukter er sulfat (SO_4^{2-}) som dannes ved oksidasjon av svoveldioksid (SO_2), og ozon (O_3) som dannes ved fotokjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksider (NO_x) og hydrokarboner eller karbonmonoksid (CO) under påvirkning av sollys. Helseskader på grunn av eksponering for ozon synes å være mer alvorlig og omfattende, og forekomme ved lavere konsentrasjoner, enn det man tidligere antok (ned mot 0,08 ppm O_3, svarende til 170 µg/m^3 midlet over 8 timer).

Tabell 6.1 gir en oversikt over noen kilder, virkninger og grenseverdier knyttet til de viktigste luftforurensningsproblemene. Med "grenseverdier for helsevirkninger" menes et eksponeringsnivå som man ut fra nåværende viten antar befolkningen kan utsettes for uten fare for helseskader.

Boks 6.1.

Noen kjemiske betegnelser

Svoveldioksid	SO_2
Sulfat	SO_4^{2-}
Nitrogenoksider	NO_x (NO og NO_2)
Nitrat	NO_3^-
Karbonmonoksid	CO
Karbondioksid	CO_2
Ozon	O_3
Flyktige organiske komponenter	VOC
Bly	Pb
Metan	CH_4
Benzen	C_6H_6
Lystgass	N_2O
Klorfluorkarboner	KFK
Hydroksyl	OH

Tabell 6.1. Kilder, skadevirkninger og grenseverdier knyttet til noen ulike forurensningskomponenter

Komponenter	Kilder	Skadevirkninger	Grenseverdi
Svoveldioksid	Oljeforbrenning Transport Prosessutslipp: - Raffinering - Metallproduksjon - Silisiumkarbid - Treforedling	Helse: SO_2 sammen med svevestøv øker faren for luftveislidelser Natur: Vegetasjonsskader av SO_2. Bidrar til forsuring av jord og vann. Korrosjon av materialer	Helse: 100-150 µg/m³ (døgn) 40-60 µg/m³ (halvår) Vegetasjon: 30 µg/m³ (halvår)
Nitrogenoksider	Transport Oljeforbrenning Prosessutslipp: - Gjødselsproduksjon - Metallproduksjon	Helse: Øker faren for luftveissykdommer. NO_2 mer skadelig enn NO Natur: Bidrar til forsuring av jord og vann. Danner ozon sammen med VOC eller CO under påvirkning av solstråling Korrosjon av materialer (lite) Påvirker atmosfærens oksidasjonskapasitet	Helse (NO_2): 200 µg/m³ (time) 100-150 µg/m³ (døgn) 75 µg/m³ (halvår)
Karbonmonoksid	Transport Vedfyring Oljeforbrenning Prosessutslipp: - Silisiumkarbid	Helse: CO binder seg til de røde blodlegemene og hindrer opptak av oksygen. - Økt risiko for hjertekrampe - Redusert aktivitet hos friske mennesker - Lavere fødselsvekt på nyfødte - Natur: Påvirker atmosfærens oksidasjonskapasitet. Danner ozon sammen med NO_x under påvirkning av solstråling	Helse: Effekter:25 mg/m³ (time) 10 mg/m³ (8-timer)
Flyktige organiske forbindelser	Transport Vedfyring Oljeforbrenning Løsningsmidler Bensinstasjoner	Helse: Kan inneholde kreftfremkallende stoffer slik som PAH og benzen. Natur: Danner ozon sammen med NO_x under påvirkning av solstråling. Påvirker atmosfærens oksidasjonskapasitet	
Polysykliske aromatiske hydrokarboner	Vedfyring Aluminiumsverk	Helse: PAH via luft kan gi kreft i luftveissystemet.	
Sot	Kullfyring Vedfyring Transport	Helse: Sot sammen med SO_2 kan gi luftveissykdommer. Sot er ofte også bærer av kreftfremkallende stoffer (bly, PAH)	Helse: 100-150 µg/m³(døgn) 40- 60 µg/m³(halvår)
Støv	Kullfyring Veistøv (piggdekk)	Trivsel: Nedsmussing av vegetasjon og materiale nær utslippskildene	
Bly	Bensinbiler	Helse: Risiko for hjerte- og karsykdommer og spontanabort. Endret adferdsmønster og nedsatt intelligens og fruktbarhet. Anemi	Helse: 1,5 µg/m³ (halvår)
Fotokjemiske oksidanter (Ozon, PAN)	Dannes i atmosfæren ved reaksjoner mellom NO_x, CO, hydrokarboner og solstråling	Helse: Kan gi luftveislidelser Natur: Skader på skog og vegetasjon Materialer: Skader på f.eks. gummi og plast	Vegetasjon: 200 µg/m³ (time) Helse: 100-200 µg/m³ (time) målt ved O_3-innhold
Karbondioksid	Fossilt brensel Avskogning/endret arealbruk, biomassebrenning Sementproduksjon	Bidrar til økt drivhuseffekt	
Metan	Utvinning, transport og forbrenning av fossilt brensel, biomassebrenning, våtmarker, rismarker, drøvtyggere, etc.	Bidrar direkte til økt drivhuseffekt, medfører O_3-dannelse i troposfæren og endring av atmosfærens egenskaper og sammensetning (også av betydning for stratosfærisk ozon)	

Tabell 6.1. (forts.)

Komponenter	Kilder	Skadevirkninger	Grenseverdi
Dinitrogen-oksid (lystgass)	Fossile brensler, endret arealbruk, biomassebrenning, kunstgjødsel, mikro-biologiske prosesser	Bidrar til økt drivhuseffekt, reduserer ozonlaget i stratosfæren	
Klorfluor-karboner	Kjøleanlegg, kjemisk rensing, drivgass i spraybokser, produk-sjon av skumplast	Reduserer ozonlaget i stratosfæren, Bidrar til økt drivhuseffekt	
Haloner	Brannslukkingsanlegg	Reduserer ozonlaget i stratosfæren	

Kilde: SSB.

6.2. Utslipp til luft i Norge

Nasjonale utslipp til luft 1987

Oversikter over utslipp av svoveldioksid (SO_2), nitrogenoksider (NO_x), karbonmonoksid (CO), karbondioksid (CO_2), flyktige organiske komponenter (VOC), partikler og bly (Pb) til luft er laget for årene 1973-1987. For 1988 og 1989 har SFT utarbeidet foreløpige tall. Det foreligger også grove oversikter over utslipp av enkelte komponenter for perioden 1960-1972. Generelt er oversiktene over utslipp i tidligere år mindre detaljerte og mer usikre enn oversikter for senere år. Utslippstallene for de senere årene er beregnet på grunnlag av detaljerte oversikter over energiforbruk (Ressursregnskapet for energi og Industristatistikk fra Statistisk sentralbyrå), utslippskoeffisienter, og oversikter over utslipp fra industribedrifter med utslippstillatelse fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Det er knyttet endel usikkerhet både til brenselforbrukstallene og utslippskoeffisientene.

Tabell 6.2 og 6.3 viser noen av de utslippskoeffisientene som er benyttet ved beregningene av utslipp. Utslippskoeffisientene endres noe fra år til år, dels som følge av endringer i den kjemiske sammensetning av brenslene, dels fordi forbrenningsteknologien endres, og endelig som følge av bedre kunnskap om forhold som er med på å bestemme utslippskoeffisientene. Utslipp av SO_2 og bly ved energibruk er bestemt av hhv. svovel- og blyinnhold i energivaren. CO_2-utslipp fra de ulike energivarene er bestemt av karboninnholdet i brenslet og av utslippet av andre karbonholdige forbindelser fra forbrenningsprosessen. Utslippene av de andre komponentene er i hovedsak bestemt av forbrenningsforholdene.

Utslippsoversiktene gir ikke direkte informasjon om *konsentrasjoner* i omgivelsesluft av forurensninger som kan medføre skadevirkninger på helse, naturmiljø og materialer. Det viser seg imidlertid at det er godt samsvar mellom målte endringer i forurensningskonsentrasjoner og endringer i utslipp (se avsnitt 6.3). Utslippsoversiktene gir derfor indikatorer for forurensningsnivået og endringer i forurensningsbelastningen. De danner et viktig grunnlag for å vurdere hvor tiltak mot luftforurensning best kan settes inn, og viser effekten av allerede gjennomførte tiltak mot luftforurensning. Utslippsoversiktene danner også basis for framskrivninger av utslipp til luft og gir derved en indikasjon på om Norge følger opp avtaler og mål om begrensning av utslipp til luft.

Utslipp til luft etter næring og kilde

Utslipp av SO_2, NO_x, VOC, CO, CO_2, partikler og Pb i 1987 fordelt etter næring er vist i tabell 6.4, mens tabell 6.5 viser utslipp fordelt etter type utslippskilde. I motsetning til tidligere år er utslipp fra utenriks sjøfart i norske farvann *ikke* inkludert i oversiktene. Utslippene fra denne type aktivitet i 1987 var omtrent 9 tusen tonn SO_2, 21 tusen tonn NO_x, 2 tusen tonn

Tabell 6.2. Utslippskoeffisienter for NO_x, VOC, CO og partikler. 1987

		NO_x	VOC	CO	Partikler
		kg/tonn			
STASJONÆR FORBRENNING					
Naturgass	Industri	7,0	1,5	2,0	0,0
Fyringsolje	Husholdninger	2,5	0,6	6,5	0,3
	Industri	3,0	0,4	2,0	0,3
Tungolje	Husholdninger	4,2	0,3	0,4	1,3
	Industri	5,0	0,3	0,2	1,3
Kull	Husholdninger	1,4	10,0	100,0	8,5
	Industri	4,5	0,8	3,0	1,4
Trevirke	Husholdninger	0,7	20,0	100,0	10,0
	Industri	0,9	1,3	15,0	2,4
FORDAMPNING					
Bensin	Salg		2,8		
	Lagring		1,7		
MOBILE KILDER					
Marint brensel	Sjøfart	70,0	5,0	7,0	4,0
		g/km			
BENSINDREVNE					
Lette kjøretøy	Bykjøring	1,7	4,0	39	0,07
	Landeveiskjøring	2,3	1,2	9	0,07
Tunge kjøretøy	Bykjøring	5,2	9,0	85	0,14
	Landeveiskjøring	7,8	3,0	30	0,14
DIESELDREVNE					
Lette kjøretøy	Bykjøring	1,0	1,0	2	0,45
	Landeveiskjøring	1,5	1,0	2	0,45
Tunge kjøretøy	Bykjøring	9,0	1,5	4	0,90
	Landeveiskjøring	13,5	1,5	4	0,90

Kilde: SSB, SFT.

CO, i underkant av 1 million tonn CO_2, vel 1 tusen tonn av både VOC og partikler, og bare små mengder bly. Utslipp fra luftfartsaktiviteter dekker bare avgangs-/landingssykluser. For CO_2 er allikevel alle utslipp fra norske flygninger tatt med.

Blant sektorer som gjennomgående har relativt store utslipp, finner vi private husholdninger, innenriks samferdsel og metallproduksjon, se tabell 6.4. Fra tabell 6.5 framgår det at biltrafikk og sjøfart er blant de største forurensningskildene for de fleste komponentene. Nedenfor følger en kort oversikt over kilder og sektorer som bidro mye til utslipp av hver av komponentene SO_2, NO_x, CO, CO_2, VOC, partikler og Pb i 1987.

Utslipp av SO_2

Den største kilden til utslipp av svoveldioksid er industrielle prosesser som står for 42 prosent, mens stasjonær forbrenning og mobile kilder står for henholdsvis 33 og 25 prosent av utslippene.

Industrisektorene står for om lag 66 prosent av SO_2-utslippene. Den klart største

Tabell 6.3. Utslippskoeffisienter for SO_2 og CO_2. 1987

Energivare	Kg SO_2 /tonn energivare	Tonn CO_2 /tonn energivare[1)]
Naturgass	-	2,75
LPG (propan)	-	3,00
Parafin	0,4	3,15
Bensin	0,7	3,15
Fyringsoljer	4,4	3,15
Diesel	4,4	3,15
Marint brennstoff	4,4	3,15
Spesialdestillat	9,0	3,15
Tungolje LS	19,0	3,15
Tungolje NS	44,0	3,15
Kull, industri	16,0	2,42
Kull, husholdninger	20,0	2,42
Trevirke	0,4	-

1) Utslippskoeffisientene for CO_2 er basert på totalmengde karbon; dvs. at karbonet i andre karbonholdige stoffer er regnet med i koeffisientene.

Kilde: NP, SFT.

utslippssektoren er produksjon av metaller. For denne sektoren er utslippene imidlertid redusert i forhold til tidligere år. Andre sektorer med store utslipp er innenriks samferdsel, produksjon av kjemiske og mineralske produkter, produksjon av treforedlingsprodukter og produksjon av kjemiske råvarer.

Utslipp av NO_x

Mobile kilder står for 85 prosent av utslippene av nitrogenoksider i Norge. Stasjonær forbrenning og industrielle prosesser bidrar med henholdsvis 12 og 3 prosent.

Biler og båter er de viktigste mobile kildene. I forhold til drivstofforbruket er utslippet av NO_x fra dieseldrevne kjøretøy og båter vesentlig større enn fra bensindrevne kjøretøy.

Etter sektor er NO_x-utslippene størst fra innenriks samferdsel (33 prosent), private husholdninger (16 prosent) og fiske og fangst (14 prosent).

Utslipp av CO

75 prosent av utslippene av karbonmonoksid kommer fra mobile kilder. De stasjonære forbrenningsutslippene utgjør i underkant av 20 prosent av de totale CO-utslippene og skyldes for det meste vedforbrenning. Private husholdninger er den viktigste utslippssektoren med 95 prosent av de stasjonære utslippene.

Utslipp av CO_2

Mobile kilder bidrar med 45 prosent av CO_2-utslippene mens stasjonær forbrenning står for ca. 40 prosent. Industrielle prosesser står for 15 prosent. De største CO_2-utslippene kommer fra innenriks samferdsel (17 prosent), private husholdninger (18 prosent), olje- og gassvirksomheten på norsk kontinentalsokkel (15 prosent), produksjon av metaller (11 prosent) og produksjon av kjemiske og mineralske produkter (8 prosent).

Utslipp av VOC

Utslipp av flyktige organiske forbindelser stammer hovedsakelig fra fordampning (nesten 40 prosent) og ufullstendig forbrenning i mobile kilder (omtrent 45 prosent). Den største kilden til fordampningsutslipp

Tabell 6.4. Utslipp til luft etter næring. 1987. 1 000 tonn når ikke annet er oppgitt

MSG-sektor		SO_2	NO_x	VOC[1]	CO	CO_2	Partikler	Pb
						Millioner tonn		Tonn
	I alt	74,7	231,8	115,0	652,6	34,2	25,4	277,0
11	Landbruk	1,0	5,4	3,6	11,3	0,7	0,8	1,9
12	Skogbruk	0,1	0,7	1,1	3,1	0,1	0,1	0,8
13	Fiske og fangst	2,2	32,8	3,6	6,3	1,5	1,9	1,0
14	Prod. av nærings- og nytelsesmidler	4,2	2,5	0,4	1,8	0,8	0,3	0,8
18	Prod. av tekstil- og bekledningsvarer	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1
26	Prod. av trevarer	0,5	0,8	0,2	1,0	0,1	0,1	0,3
28	Grafisk produksjon	0,0	0,2	0,1	0,7	0,0	0,0	0,4
29	Prod. av kjemiske og mineralske produkter	6,1	6,3	0,5	2,0	2,9	0,4	0,7
34	Treforedling	6,6	1,6	0,1	0,6	0,5	0,3	0,2
37	Prod. av kjemiske råvarer	7,0	6,0	0,8	32,4	1,4	0,1	0,0
40	Raffinering av jordolje	4,1	1,9	3,6	0,0	1,1	0,1	0,0
43	Prod. av metaller	19,5	5,2	1,3	4,2	3,8	0,2	5,1
44	Prod. av verkstedsprodukter og bygging av skip	0,9	1,2	0,3	1,7	0,3	0,1	1,0
55	Bygge- og anleggsvirksomhet	0,9	8,2	1,2	4,8	0,6	0,6	1,5
63	Bank og forsikring	0,1	0,5	0,5	4,0	0,1	0,0	2,6
64	Utvinning av olje og naturgass	0,2	11,3	2,4	3,3	4,3	0,0	0,0
68	Oljeboring	1,2	13,7	1,0	1,4	0,6	0,8	0,0
71	Elektrisitetsproduksjon[2]	0,6	1,1	0,3	0,4	0,2	0,1	3,5
74	Innenriks samferdsel	12,2	76,4	12,3	49,8	5,9	5,1	16,9
81	Varehandel	1,2	11,7	7,0	57,2	1,3	0,6	35,8
83	Boligtjenester	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	Annen privat tjenesteprod.	0,6	3,4	2,8	24,2	0,7	0,1	15,4
92	Forsvar	0,4	3,7	0,4	2,3	0,6	0,2	0,6
93	Undervisning og forskningsvirksomhet	0,3	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
94	Helsetjenester mv.	0,7	0,2	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0
95	Annen offentlig tjenesteprod.	0,1	0,7	0,1	0,8	0,1	0,0	0,5
P	Private husholdninger	3,9	36,1	71,4	439,1	6,0	13,1	188,0

1) Utslipp utenom fordampning. Fordampningsutslipp; se tabell 6.5.
2) Inkluderer utslipp fra søppelforbrenningsanlegg.

Kilde: SSB, SFT.

Tabell 6.5. Utslipp til luft etter kilde. 1987. 1 000 tonn når ikke annet er oppgitt

Kilder	SO_2	NO_x	CO	CO_2	VOC	Partikler	Bly
				Millioner tonn			Tonn
I ALT	74,7	231,8	652,6	34,2	188,2	25,4	277,0
STASJONÆR FORBRENNING	24,4	27,5	123,9	14,0	26,2	13,0	4,1
- Industriell forbrenning	17,9	22,6	4,8	10,0	2,9	1,2	0,4
- Forbrenning utenom ind.	6,0	3,8	118,8	3,9	23,1	11,7	0,2
- Avfallsforbrenning	0,6	1,1	0,4	0,1	0,3	0,1	3,5
INDUSTRIELLE PROSESSER	31,2	7,9	36,1	5,0	5,4	0,0	5,0
- Treforedling	3,3	-	-	-	-	-	-
- Kjemiske råvarer	5,8	4,3	32,3	0,5	0,7	-	-
- Mineralske produkter	1,9	-	-	1,1	-	-	-
- Oljeraffinering	3,4	-	-	-	3,6	-	-
- Metallproduksjon	16,8	3,6	3,8	3,3	1,1	0,0	5,0
- Jordbruk (kalking)	-	-	-	0,2	-	-	-
FORDAMPNINGSUTSLIPP	-	-	-	-	73,2	-	-
- Lagring av bensin	-	-	-	-	3,0	-	-
- Bensinstasjoner	-	-	-	-	5,0	-	-
- Løsningsmiddelutslipp	-	-	-	-	50,0	-	-
- Olje- og gassutvinning	-	-	-	-	15,2	-	-
MOBILE KILDER	19,0	196,5	492,6	15,3	83,4	12,5	267,9
- Biltrafikk	4,6	79,6	406,4	7,8	49,7	4,5	252,4
-Lette kjøretøy	1,7	44,7	370,3	5,3	43,2	2,2	234,6
-Bensin	1,1	42,5	367,1	4,9	41,6	1,4	234,5
-Diesel	0,6	2,2	3,2	0,4	1,6	0,7	0,0
-Tunge kjøretøy	3,0	34,9	36,1	2,5	6,5	2,4	17,8
-Bensin	0,1	3,9	25,9	0,4	2,7	0,1	17,8
-Diesel	2,9	31,0	10,2	2,1	3,8	2,3	0,1
- Små motorredskap, motorsykler, mopeder, traktorer og motorredskap	1,4	13,7	65,6	1,1	24,3	2,0	15,2
- Jernbane	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
- Lufttrafikk	0,2	4,1	10,6	1,8	2,2	0,2	0,0
- Innenriks sjøfart	9,6	52,1	5,2	2,4	3,7	3,0	0,2
- Fiskeflåte	2,2	32,8	3,3	1,5	2,3	1,9	0,1
- Oljeboring	0,9	13,7	1,4	0,6	1,0	0,8	0,0

Kilde: SSB, SFT.

er bruk av løsningsmidler. Andre viktige kilder er fordampning av hydrokarboner fra olje- og gassutvinning på kontinentalsokkelen og utslipp ved lagring og salg av bensin. Stasjonære forbrenningsutslipp sto for 14 prosent av VOC-utslippene i 1987. Anslagene for VOC-utslipp er relativt grove og må betraktes som usikre.

Fordampning av løsningsmidler er foreløpig ikke sektorfordelt.

Utslipp av partikler

Partikkelutslipp fordeler seg jevnt på mobile kilder og stasjonær forbrenning. De største kildene til mobile partikkelutslipp er dieseldrevne bil-, traktor- og båtmotorer.

Private husholdninger er den største utslippssektoren når det gjelder partikler og står for om lag halvparten av utslippene. Innenriks samferdsel står for 20 prosent av utslippene.

Utslipp av Pb

Hele 97 prosent av blyutslippene til luft stammer fra mobile kilder og skyldes nesten alene tilsetting av bly i bensin. Resten av blyutslippene er prosessutslipp fra metallindustrien og utslipp fra søppel- og oljeforbrenning.

De viktigste utslippssektorene i 1987 var private husholdninger, varehandel, innenriks samferdsel og annen privat tjenesteproduksjon.

Utslipp i Norge i perioden 1973-1989

Den underliggende utvikling i økonomisk aktivitet og tilhørende energibruk forklarer, sammen med spesielle utslippsreduserende tiltak, utviklingen i utslipp til luft. Den historiske utviklingen i bruken av energi og sammensetningen av denne er nærmere beskrevet i kapittel 2. Her beskrives kort de viktigste utviklingstrekkene ved utslippene av SO_2, NO_x, CO, VOC, partikler, Pb og CO_2 i perioden 1973-1989. Utslippene er eksklusive utslipp fra utenriks sjøfart. Tallene for 1988 og 1989 er foreløpige anslag fra SFT.

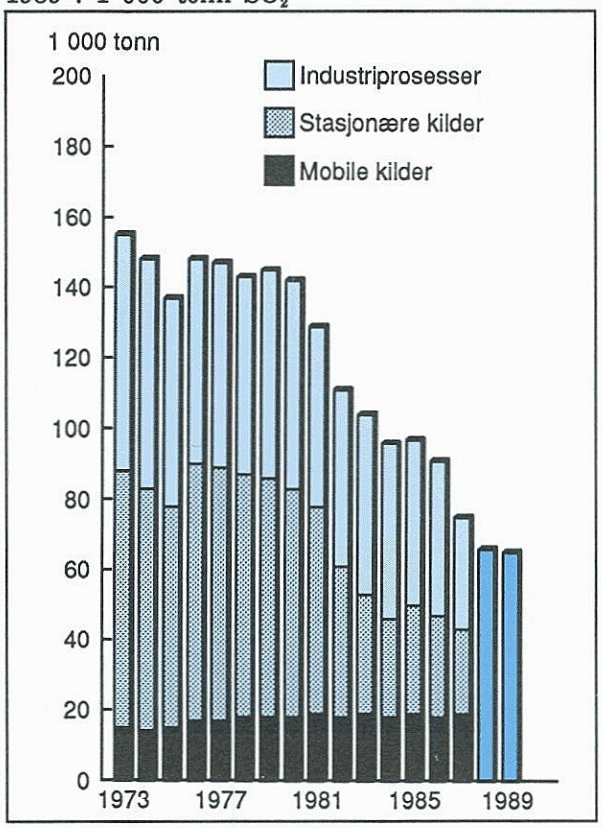
Utslippene av SO_2 er kraftig redusert i perioden 1973-1989, se figur 6.1. Dette skyldes dels at utslippene fra stasjonær forbrenning har gått ned fra 73 000 tonn i 1973 til noe under 20 000 tonn i 1989, og dels at prosessutslippene har sunket fra 67 000 tonn til i overkant av 30 000 tonn over samme periode. Flere faktorer forklarer nedgangen i SO_2-utslippene:

- Svovelinnholdet i ulike oljeprodukter er redusert.
- Forskrifter om svovelinnhold i tungolje trådte i kraft i 1977 i kystfylkene i Sør-Norge, og ble skjerpet for de 13 sørligste fylkene fra og med 1986.
- Et 10-års program for opprydding i eldre forurensende industri ble iverksatt i 1974. Programmet innebar konsesjonsbehandling av utslipp og pålegg om installering av renseanlegg i en rekke bedrifter. Renseanleggene har hovedsakelig vært rettet inn mot utslipp av partikler.
- Tilgangen på billig tilfeldig kraft har vært god i 1980-årene. Dette har redusert forbruket av olje i en rekke bedrifter.
- Sist i perioden har det vært en rekke milde vintrer som har redusert behovet for oppvarming.

De største utslippsreduksjonene har skjedd i treforedlingssektoren. Utslippene er redusert fra 33 000 tonn i 1976 til 6 600 tonn i 1987. Denne sektoren er den største brukeren av tilfeldig kraft. Utslippene fra kraftkrevende industri har holdt seg omtrent stabile i hele perioden. Utslipp fra oljeraffinerier har hatt en kraftig reduksjon og utslipp fra annen industri og andre næringer, utenom transportsektorene, er mer enn halvert i perioden som følge av utslippsreduserende tiltak som påbud om lavere svovelinnhold i tungolje og overgang fra olje til elektrisitet som energibærer. Utslippene økte noe fra 1984 til 1985 som følge av høyt aktivitetsnivå. Nedgangen fra 1985 til 1986 skyldes i hovedsak nye forskrifter om svovelinnhold i tungolje som ble satt iverk 1. januar 1986. Reduksjonen i SO_2-utslipp fra 1986 til 1987 skyldes først og fremst nedleggelse av smeltehytta ved A/S Sulitjelma gruver, men utslipp fra stasjonære kilder ble også redusert med omtrent 4 000 tonn. Utslipp fra mobile

kilder har økt noe fra 1986 til 1987. Nedgangen fra 1987 til 1989 skyldes først og fremst reduserte utslipp fra stasjonære kilder. Det har også vært en viss reduksjon i utslippene fra mobile kilder.

Figur 6.1. Utslipp av SO_2 etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn SO_2

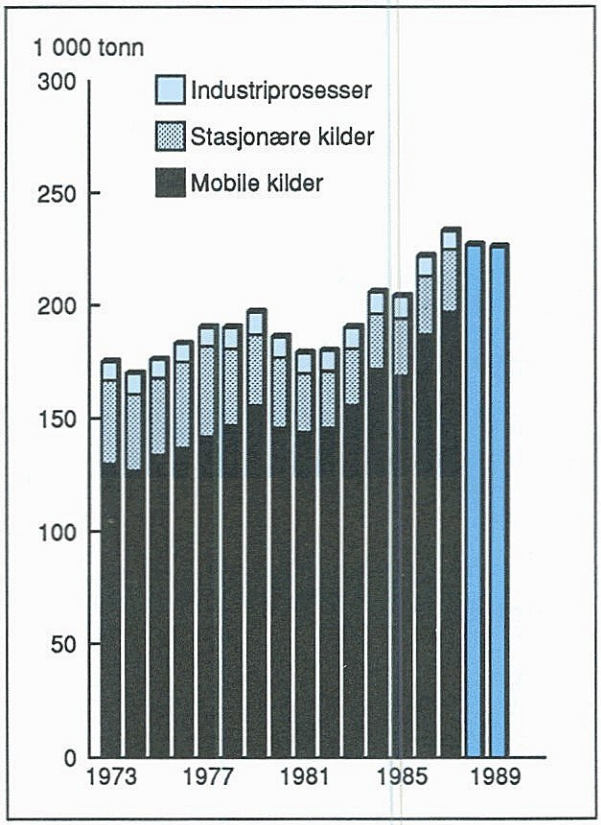


Kilde: SSB, SFT.

NO_x-utslippene økte kraftig fra begynnelsen av 1980-tallet fram til 1987 for så å gå endel ned i 1988 og 1989, se figur 6.2. Det er særlig utslippene fra mobile kilder som har gått ned. Årsaken til dette er at det har vært en nedgang i salget av diesel og marint brensel fra 1987 til 1988. Forbruk av diesel og marint brensel er blant de aktiviteter som gir størst utslipp av NO_x. Den sterkeste veksten har funnet sted i utslipp fra private husholdninger. En stor del av økningen i privat konsum på 1980-tallet er tatt ut i form av kjøp og bruk av privatbiler. Samtidig har NO_x-utslipp pr. enhet drivstoff økt som følge av høyere energieffektivitet i nye biler. NO_x-utslippene fra stasjonær forbrenning har blitt mindre i perioden på grunn av et redusert forbruk av fyringsoljer, mens prosessutslippene har vært stabile.

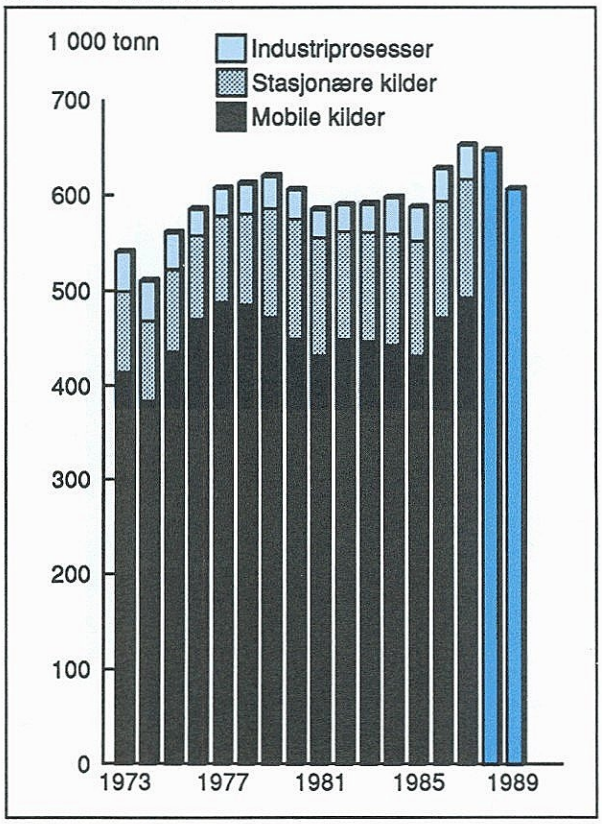
Utslippene av CO har vært relativt stabile på 1980-tallet fram til 1985, økte deretter fram til 1987, for så å vise en avtagende tendens de siste to årene, se figur 6.3. Økningen fra 1985 til 1987 skyldes at salget av bensin økte og at nesten 70 prosent av de totale CO-utslippene kommer fra forbrenning av bensin. Noe av forklaringen på dette er økningen i kjøp og bruk av privatbiler på 1980-tallet som var sterkere enn virkningen av forbedringer i den tekniske standard. De siste par årene har salget av transportoljer (inklusive bensin) avtatt noe.

Figur 6.2. Utslipp av NO_x etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn



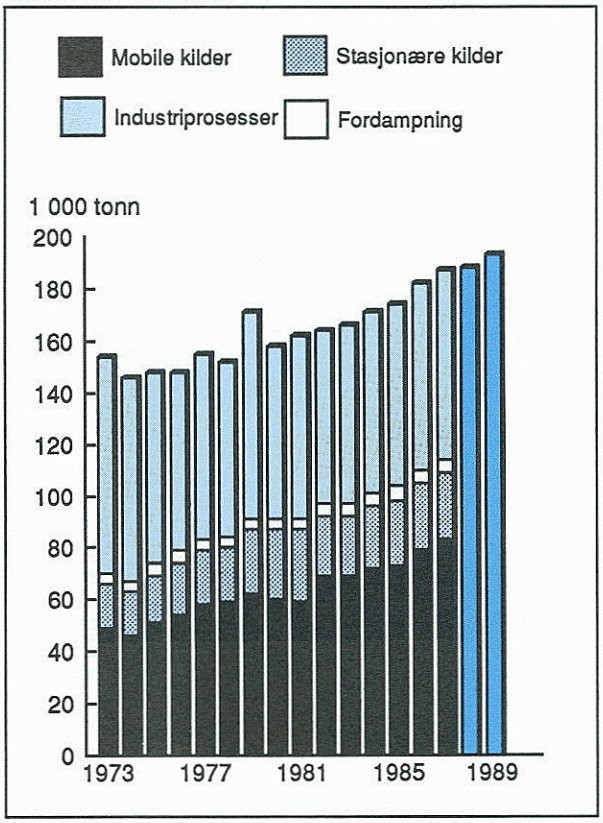
Kilde: SSB, SFT.

Figur 6.3. Utslipp av CO etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn



Kilde: SSB, SFT.

Figur 6.4. Utslipp av VOC etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn



Kilde: SSB, SFT.

Prosessutslipp av CO har vært stabile gjennom hele perioden. Utslippene fra stasjonære kilder har økt noe på 1980-tallet som en følge av økt vedforbruk. Vedfyring gir opphav til om lag 90 prosent av de stasjonære utslippene av CO.

Utslippene av VOC har på samme måte som CO vært relativt stabile fram til 1985, for så å øke endel de siste årene. Også for VOC er det de mobile utslippene som har økt kraftigst, se figur 6.4.

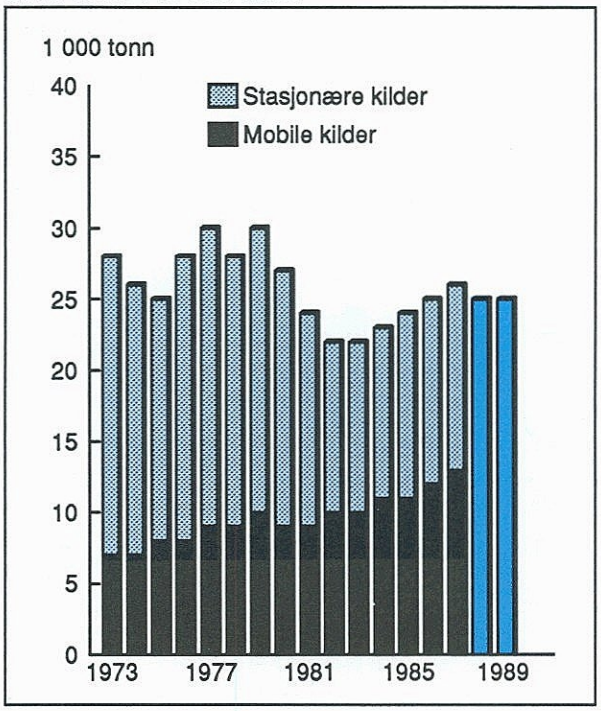
Partikkelutslippene ble redusert fra 1973 og fram til 1983, se figur 6.5. Dette skyldtes hovedsakelig mindre omfang av stasjonær forbrenning av tungolje. Deretter var det en økning fram til 1987 på grunn av høyere forbruk av ved i private husholdninger og generell trafikkøkning. De siste to årene har utslippene holdt seg konstant.

Utslippene av bly gikk sterkt ned fram til 1986, se figur 6.6. Dette skyldes redusert blyinnhold i bensin (forskrifter trådte i kraft i 1980 og 1983) og innføring av blyfri bensin fra 1986. Prosessutslippene av bly fra metallindustrien, har vært relativt stabile fram til 1986.

Prosessutslippene er kraftig redusert fra 1987 i og med at smeltehytta i Sulitjelma ble nedlagt og produksjon av jern og stål har blitt redusert.

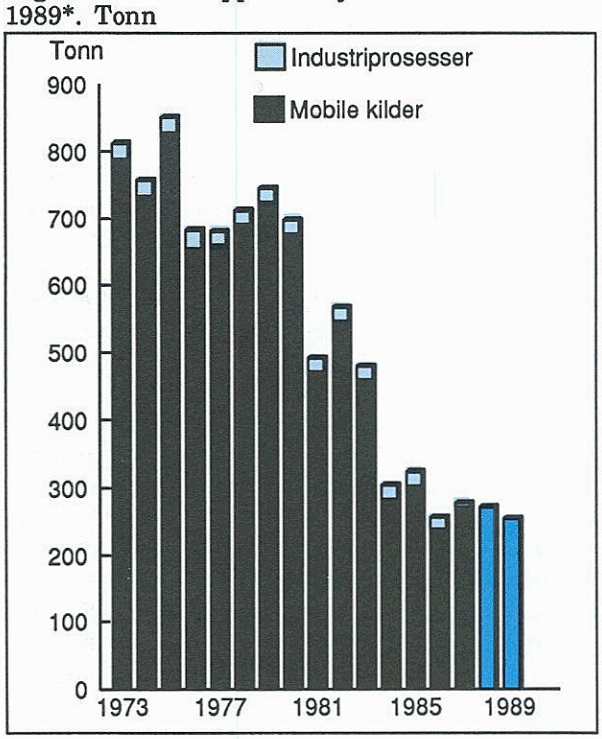
Utslippene av CO_2 har variert ganske mye i perioden. Av figur 6.7 ser vi at utslippene gikk sterkt ned fra 1973 til 1974 for så å stige igjen fram til 1979. Etter 1979 gikk så utslippene ned fram til 1982. Disse to markerte nedgangene i utslippene skyldes redusert forbruk av oljeprodukter som følge av oljeprisøkningene i 1973-74 og 1979-80. Virkningen på utslippene av oljeprisøkningene kommer spesielt klart fram for CO_2 siden disse utslippene ikke kan renses. Etter 1982 har utslippene av CO_2 økt.

Figur 6.5. Utslipp av partikler etter kilde. 1973-1989*. 1 000 tonn



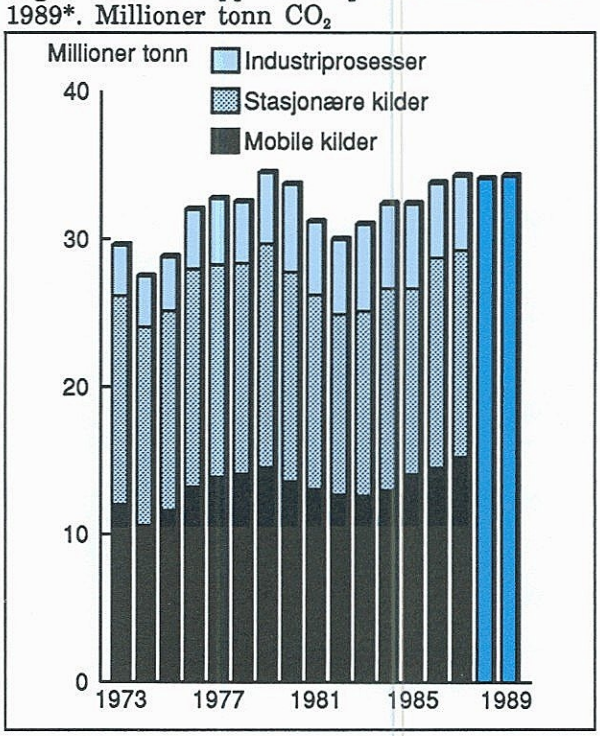
Kilde: SSB, SFT.

Figur 6.6. Utslipp av bly etter kilde. 1973-1989*. Tonn



Kilde: SSB, SFT.

Figur 6.7. Utslipp av CO_2 etter kilde. 1973-1989*. Millioner tonn CO_2



Kilde: SSB, SFT.

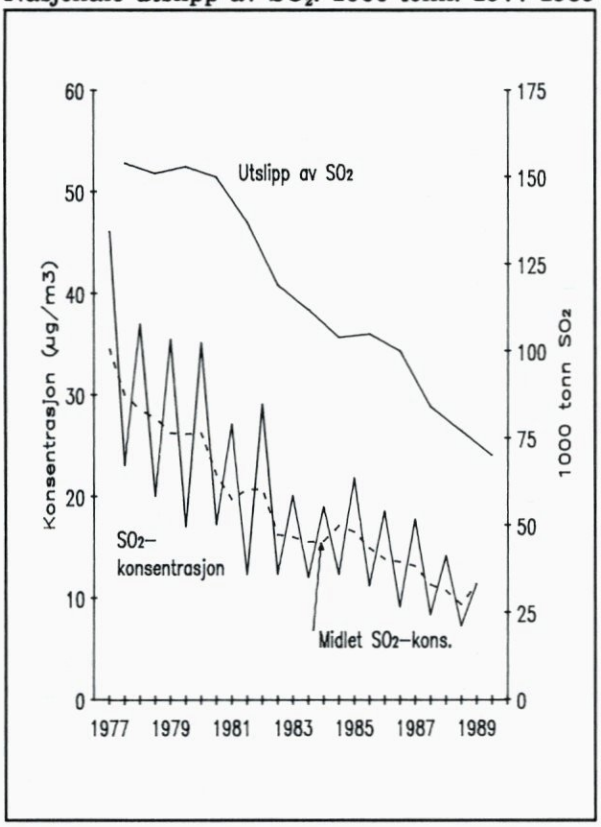
6.3. Utviklingen i regional forurensningskonsentrasjon

I Statlig program for forurensningsovervåkning inngikk i perioden fra april 1988 til mars 1989 målinger av luftforurensningskonsentrasjoner ved 29 stasjoner i 25 byer og tettsteder. Målinger gir døgnmiddelverdier for svoveldioksid, bly, sot og nitrogenoksider. Målingene foregår på ulike tider av året, og tidsseriene for de forskjellige komponenter varierer i lengde. For eksempel startet målinger av NO_x først i 1986.

Resultatene av målingene viser at alle komponenter har tydelige årstidsvariasjoner med høye konsentrasjoner i vinterhalvåret og lavere konsentrasjoner om sommeren. Figurene 6.8-6.10 viser sesongvariasjoner og endringer i gjennomsnittskonsentrasjonen av svoveldioksid, sot og bly ved noen målestasjoner i større norske byer (Fredrikstad, Oslo, Drammen, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim og Tromsø). Figurene viser også endringer i nasjonale utslipp av disse komponentene.

Figur 6.8 viser at gjennomsnittlig svoveldioksidkonsentrasjon har gått klart ned i løpet av de siste 10 årene i byene som inngår i målingene. Sotkonsentrasjonene viste en fallende tendens i begynnelsen av perioden, men har de siste årene stabilisert seg på et noe høyere nivå, se figur 6.9. Konsentrasjonen av bly ble redusert mye som følge av overgangen til blyfri bensin, men har de siste par årene holdt tilnærmet konstant nivå, se figur 6.10.

Figur 6.8. Gjennomsnittlig SO_2-konsentrasjon i luft i endel større norske byer. µg SO_2 /m³. Nasjonale utslipp av SO_2. 1000 tonn. 1977-1989

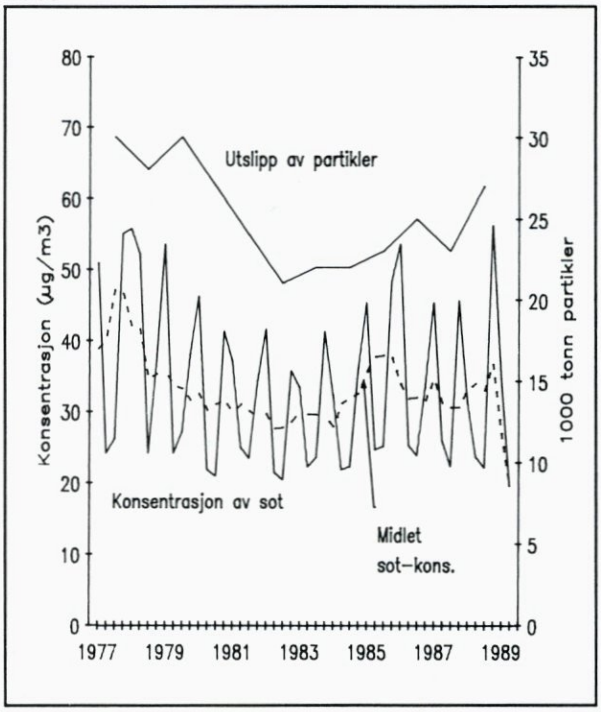


Kilde: NILU, SSB.

Endringene i luftkvalitet, midlet over flere byer, viser seg i store trekk å variere i samsvar med utslippene av de aktuelle komponentene.

Gjennomsnittsverdier kan tilsløre problemene med dårlig luftkvalitet. For noen komponenter, som SO_2 og NO_x, er korte episoder med høy belastning mest skadelig. Målinger viser at SO_2-episoder var færre og oppviste lavere konsentrasjonsnivåer vinteren 1988-1989 enn noen gang før siden 1977. Dette er en konsekvens av stadig reduserte SO_2-utslipp. En del av årsaken til dette er at vinteren 1988/89 var 1-2 grader mildere enn foregående vinter. Relativt mildest var det på Østlandet og Sørlandet.

Figur 6.9. Gjennomsnittlig sot-konsentrasjon i luft i endel større norske byer. µg sot/m³. Nasjonale utslipp av partikler. 1000 tonn. 1977-1989



Kilde: NILU, SSB.

SO_2-episoder inntreffer oftest på steder med store prosessutslipp. De høyeste SO_2-verdiene måles nå i Østfold (Sarpsborg og Halden) og Øvre Årdal. Kirkenes opplever episoder med høye SO_2-konsentrasjoner som skyldes transporterte forurensninger fra Sovjet. Se tabell 6.6.

NO_2-målinger ble først startet høsten 1986. Resultatene viser at hele 9 av 12 målestasjoner hadde NO_2-konsentrasjoner over nedre grenseverdi for døgnmiddel (100 µg/m³) i vinterhalvåret 1988-1989.

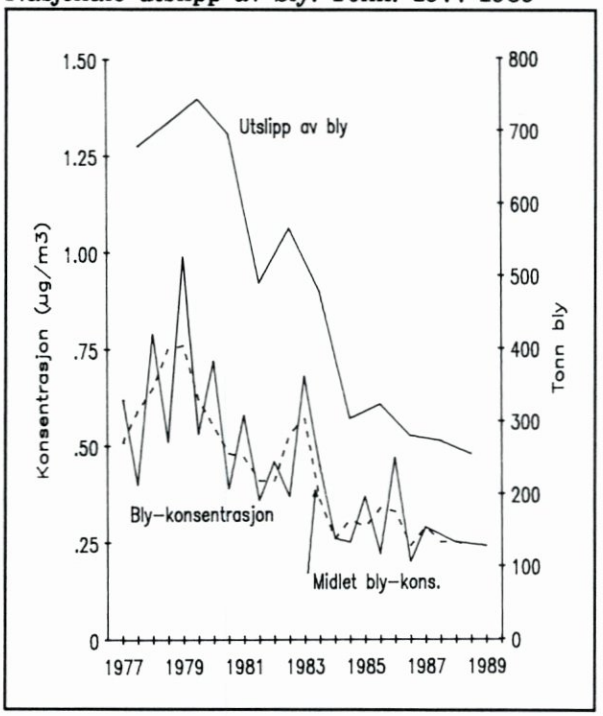
De høyeste døgnmiddel-verdiene ble observert i Oslo, Stavanger og Drammen. På en stasjon, i Stavanger, ble også grenseverdien for halvårsmiddel (75 µg/m³) overskredet, se tabell 6.7. Det er først og fremst biltrafikk som er kilde for NO_2-utslippene i disse områdene. Stasjonene på Østlandet viste

Tabell 6.6. Målestasjoner med overskridelse av grenseverdier for SO_2 vinteren 1988-1989. µg SO_2 /m³

Målested	Stasjon	Middel-verdi	Maks. døgn-middel	Antall observasjoner I alt	>100 µg/m³	>150 µg/m³
Halden	Stubberudveien	22	101	182	1	-
Sarpsborg	St. Olavs Vold	71	361	182	41	15
Øvre Årdal	Farnes	27	147	181	5	-
Kirkenes	Rådhuset	18	187	182	1	1

Kilde: NILU.

Figur 6.10. Gjennomsnittlig bly-konsentrasjon i luft i endel større norske byer. µg Pb/m³. Nasjonale utslipp av bly. Tonn. 1977-1989



Kilde: NILU, SSB

gjennomgående litt høyere verdier vinteren 1988-1989 enn foregående vinter, til tross for at siste vinter var vesentlig mildere. Disse målingene forsterker inntrykket av at NO_x kan bli et stort problem i luftforurensningsammenheng i årene fremover.

For sot er det også registrert overskridelser av grenseverdier. Døgnmiddelverdien (150 µg/m³) ble overskredet i Fredrikstad, Oslo, Drammen, Skien, Stavanger og Bergen. Man kan anta at de fleste større tettsteder med stor biltrafikk fra tid til annen har overskridelser av grenseverdiene langs sterkt trafikkerte veier.

Det ble ikke målt overskridelser av grenseverdien for konsentrasjon av bly i luft ved noen stasjoner vinteren 1988-1989.

Luftkvaliteten på norske bakgrunnsstasjoner

Langtransportert forurensning i luft og nedbør blir registrert ved 7 bakgrunnsstasjoner. Dette er målestasjoner som i liten grad blir påvirket av lokale utslippskilder. Mye av forurensningen kommer fra andre land. Det er for eksempel beregnet at kun 8 prosent av svovelnedfallet i Norge skriver seg fra norske utslipp. Årlig gjennomsnitt av halvårsmiddelkonsentrasjoner for SO_2 og partikulært sulfat ved norske bakgrunnsstasjoner er gjengitt i tabell 6.8. De målte konsentrasjonene har vist en svakt fallende tendens. Tabellen viser også at det er regionale forskjeller i svovelbelastningen på bakgrunnsstasjonene. De høyeste gjennomsnittskonsentrasjonene er målt på stasjonene på Sørlandet (Birkenes), Sør-Vestlandet (Skreådalen) og Øst-Finnmark (Jergul).

Luftkvaliteten ved bakgrunnsstasjoner viser store variasjoner fra døgn til døgn. En stor del av årlig forurensningstilførsel kommer ofte i løpet av noen få dager, oftest på vinterstid. De største verdiene måles når luftpakker som har ligget i ro over sterkt industrialiserte områder i Europa, omsider blir transportert til Norge.

Tabell 6.7. Målestasjoner med overskridelse av grenseverdier for NO_2 vinteren 1988-1989. µg NO_2 /m³

Målested	Stasjon	Middel-verdi	Maks. døgn-middel	Antall observasjoner I alt	>100 µg/m³	>150 µg/m³
Fredrikstad	Brocks gate	50	129	179	2	-
Halden	Rådhuset	40	106	178	1	-
Drammen	Engene	74	233	175	18	3
Lillehammer	Kirkegata	62	121	172	4	-
Skien	Kongens gate	57	102	162	1	-
Stavanger	Handelens hus	80	149	171	37	-
Bergen	Chr.Mich.inst.	44	115	180	4	-
Trondheim	Brattøra	46	111	169	1	-
Oslo	St. Olavsplass	62	130	179	12	-

Kilde: NILU.

Tabell 6.8. Årsmiddelkonsentrasjoner[1] av SO_2 og partikulært sulfat ved noen bakgrunnstasjoner. 1980-1988. µg/m³

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
SO_2									
Hedmark (Hummelfjell/Osen)[2]	..	0,8	0,4	0,7	0,8	0,7	0,7	0,3	0,7
Aust-Agder (Birkenes)	1,5	2,4	1,0	1,3	1,6	1,2	1,6	1,4	1,0
Vest-Agder (Skreådalen)	1,3	2,1	1,0	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,2
Møre- og Romsdal (Kårvatn)	0,7	1,1	0,4	0,7	1,1	0,7	1,3	0,7	0,4
Nordland (Tustervatn)	0,9	1,4	0,5	1,2	1,5	0,9	1,4	1,5	0,4
Finnmark (Jergul)	2,6	2,4	1,3	2,3	2,6	2,3	3,4	2,6	1,0
Partikulært sulfat									
Hedmark (Hummelfjell/Osen)[2]	1,3	1,5	1,0	1,2	1,4	1,4	1,1	0,7	1,7
Aust-Agder (Birkenes)	3,2	3,6	2,7	3,2	3,7	2,5	2,6	2,2	2,2
Vest-Agder (Skreådalen)	2,8	3,0	2,4	2,8	3,0	2,4	2,4	2,2	1,7
Møre- og Romsdal (Kårvatn)	1,4	1,5	1,1	1,3	1,7	1,4	1,3	1,2	1,0
Nordland (Tustervatn)	1,8	1,7	1,4	1,8	2,1	1,5	1,6	2,0	0,8
Finnmark (Jergul)	1,9	1,9	1,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,5	1,3

1) Midlet over halvårsmiddelverdier. 2) Hummelfjell t.o.m. 1987. Osen fra 1988.

Kilde: NILU.

6.4. Indirekte utslipp til luft

I avsnitt 6.2 er det gjengitt en oversikt over utslipp til luft fra ulike produksjonssektorer. Disse tallene forteller hvilke *typer bedrifter* som slipper ut mye eller lite av bestemte forurensningskomponenter. Ved produksjon av en vare inngår normalt mange forskjellige innsatsfaktorer. Når en vil vite hvor forurensende en forbruksvare er, må en derfor også ta hensyn til utslipp som er oppstått ved produksjon av innsatsfaktorene, de såkalte indirekte utslippene. *Kryssløpskorrigerte* utslipp består både av direkte utslipp fra produksjonen av varen, og indirekte utslipp, som er utslipp ved produksjon av den nødvendige vareinnsatsen. For eksempel vil ikke selve trykkingen av denne publikasjonen gi særlig store utslipp til luft, men hvis en tar hensyn til utslipp ved produksjon og transport av papir, trykksverte og så videre, kan bildet bli et annet. I dette avsnittet presenteres kryssløpskorrigerte utslipp til luft av stoffene karbondioksid (CO_2), nitrogenoksider (NO_x) og svoveldioksid (SO_2). Beregningene er gjort på oppdrag av Statens forurensningstilsyn.

Alt som produseres av en vare vil enten bli brukt til vareinnsats i videre produksjon, eller til det som kalles *sluttanvendelse:* det vil si konsum, realinvestering, eksport eller lager. De kryssløpskorrigerte tallene angir hvor store utslipp en får hvis sluttanvendelsen av en varegruppe økes med en million kroner, målt i faste 1987-priser.

Beregningene er gjort ved hjelp av MODIS V, en makroøkonomisk modell som inneholder en relativt detaljert beskrivelse av strukturen i norsk vare- og tjenesteproduksjon. Utenriks sjøfart samt olje- og gassvirksomheten er holdt utenfor analysen.

Eksport og import av varer

De kryssløpskorrigerte utslippstallene vil variere alt etter hvordan eksport og import av varer og tjenester behandles i beregningene. I denne studien har en valgt å ta med alle utslipp knyttet til produksjon av eksportvarer.

En vesentlig del av vareinnsatsen som brukes i norske bedrifter, er importert fra utlandet. Nedenfor er det gjengitt tall for utslipp både med og uten utslipp fra produksjon av importerte varer. Utslipp via import er beregnet ut fra en forutsetning om at de importerte varene er produsert i utlandet med samme bruk av innsatsfaktorer som ved produksjon av tilsvarende varer i Norge.

Utslipp ved produksjon av ikke-konkurrerende import er imidlertid ikke beregnet. Dette er import av varetyper som overhodet ikke lages i Norge. Ikke-konkurrerende import av matvarer, råvarer og ferdigvarer utgjorde i 1987 omtrent 5 prosent av all import.

Tabell 6.9 viser endring i innenlandske utslipp når sluttanvendelsen av en varegruppe øker, forutsatt at hele økningen blir produsert i Norge. Dette gjelder da både vareinnsats og sluttanvendelser som konsum eller realinvestering. Tabell 6.10 viser tilsvarende tall når utslipp fra produksjon av alle importerte varer holdes utenom. For sammenlikningens skyld er de direkte utslippene målt pr. enhet bruttoprodukt, gjengitt i tabell 6.11.

I MODIS V blir produksjonen i jordbruk, skogbruk og fiske bestemt utenfor modellen. Når etterspørselen etter en varegruppe fra en av disse sektorene øker i modellen, vil derfor etterspørselen etter - og importen av - disse varene øke, men ikke innenlandsk produksjon. Dette innebærer at virkninger gjennom vareinnsats fra jordbruk, skogbruk og fiske bare kommer med i tallene som inkluderer utslipp knyttet til import (tabell 6.9). Tallene i tabell 6.10 blir derfor lavere enn de ellers ville vært for varegrupper som produseres med vareinnsats fra disse primærnæringene. Dette gjelder særlig nærings- og nytelsesmiddelindustrien.

Om tallene

En bestemt varetype kan produseres i mange forskjellige bedrifter, og en bedrift kan produsere mange ulike varer. Dette gjør det vanskelig å gruppere produkter og bedrifter. For eksempel kan noen av varene i gruppen "jordbruksvarer" være produsert i andre sektorer enn "jordbruk". Det innebærer at produksjonen i "jordbrukssektoren"

ikke er nøyaktig det samme som mengden av produserte jordbruksvarer.

De direkte utslippstallene gjengitt i tabell 6.11 knytter seg til *produksjonssektorer*, mens de kryssløpskorrigerte tallene i tabell 6.9 og 6.10 knytter seg til *varegrupper*. Videre angir tall for de direkte utslippene mengde utslipp pr. mill. kroner bruttoproduksjon, mens kryssløpskorrigerte tall angir utslipp pr. mill. kroner økt sluttanvendelse. Dette betyr at de direkte og de kryssløpskorrigerte tallene som er gjengitt her, ikke er helt sammenliknbare.

Resultater

I det store og hele opprettholdes mønsteret over hvilke sektorer/varegrupper som er mest forurensende når vi ser på kryssløpskorrigerte tall. Enkelte unntak er det allikevel. Disse vil bli nevnt under gjennomgangen av de enkelte utslippskomponentene nedenfor.

For alle sektorer/varegrupper det er sett på her, er de indirekte utslippene betydelige. Det er videre store forskjeller mellom varegruppene når det gjelder hvor store de

Tabell 6.9. Kryssløpskorrigerte utslipp til luft, inklusive utslipp fra produksjon av importerte varer. Ikke-konkurrerende import er utelatt. Endringer i utslipp ved en økning i sluttanvendelse av hver varegruppe på 1 mill. 1987-kroner

Varegruppe	CO_2 tonn	NO_x kg	SO_2 kg
Jordbruksvarer	118	774	331
Nærings- og nytelsesmidler	90	950	325
Tekstil- og bekledningsvarer	70	404	274
Treforedlingsprodukter	133	509	1131
Grafiske produkter	52	384	257
Kjemiske og mineralske produkter	234	694	590
Metaller	323	732	2239
Verkstedprodukter, skip, oljeplattformer	71	365	392
Bygg og anlegg	77	429	275
Varehandel	43	272	87
Private tjenester	33	305	87
Innenriks transport utenom sjøfart	101	807	148
Innenriks sjøfart	645	13553	2999
Private helse- og veterinærtjenester	35	298	92

Kilde: SSB.

En sammenlikning mellom sektorutslipp og de indirekte utslipp knyttet til den varekategorien sektoren i hovedsak produserer, gir likevel et visst inntrykk av de indirekte utslippenes betydning for ulike sektorer/-varegrupper. Særlig kan det være interessant å se på to forhold:

- Endres *rekkefølgen* av hvilke varegrupper som er mest forurensende når en ser på kryssløpskorrigerte tall i stedet for direkte utslippstall?

- Er det noen varegrupper som har svært store indirekte utslipp i forhold til de direkte?

indirekte utslippene er i forhold til direkte utslipp i den tilsvarende produksjonssektoren. Det kan derfor virke rart at sektorene/varegruppene ikke i større grad "bytter rekkefølge" når det gjelder hvem som forurenser mest.

Tabell 6.10. Kryssløpskorrigerte utslipp til luft, eksklusive utslipp fra produksjon av importerte varer. Endringer ved en økning av sluttanvendelse av hver varegruppe på 1 mill. 1987-kroner

Varegruppe	CO_2 tonn	NO_x kg	SO_2 kg
Jordbruksvarer	51[1]	341[1]	161[1]
Nærings- og nytelsesmidler	27	152	153
Tekstil- og bekledningsvarer	25	166	107
Treforedlingsprodukter	97	338	942
Grafiske produkter	29	292	126
Kjemiske og mineralske produkter	171	427	350
Metaller	235	423	1779
Verkstedprodukter, skip, oljeplattformer	17	180	78
Bygg og anlegg	40	286	114
Varehandel	34	227	47
Private tjenester	20	210	42
Innenriks transport utenom sjøfart	88	741	94
Innenriks sjøfart	617	13413	2887
Privat helse- og veterinærtjeneste	21	200	48

1) Tall for jordbruksvarer er beregnet med en noe annerledes modellspesifikasjon enn tall for de andre varegruppene. Dette innebærer at tallene for jordbruksvarer ligger noe høyt i forhold til andre tall i tabellen.

Kilde: SSB.

Tabell 6.11. Direkte utslipp pr. enhet bruttoproduksjon i millioner 1987-kroner

Produksjonssektorer	CO_2 tonn	NO_x kg	SO_2 kg
Jordbruk	23	222	44
Nærings- og nytelsesmidler	12	36	78
Tekstil- og bekledningsvarer	13	33	62
Treforedlingsprodukter	60	149	645
Grafiske produkter	1	9	2
Kjemiske og mineralske produkter	119	190	215
Metaller	172	227	1352
Verkstedprodukter, skip, oljeplattformer	4	13	10
Bygg og anlegg	8	97	10
Varehandel	14	5	1
Private tjenester	5	105	12
Innenriks transport utenom sjøfart	70	522	51
Innenriks sjøfart	570	12561	2705
Privat helse- og veterinærtjenester	5	35	3

Kilde: SSB.

Det er to forhold som forklarer dette: For det første er det i utgangspunktet store nivåforskjeller mellom direkte utslipp fra de ulike sektorene. Selv om noen varegrupper har indirekte utslipp som er mye større enn de direkte utslippene i tilsvarende sektor, vil dette som regel ikke være nok til å bytte rekkefølgen mellom de mest forurensende gruppene. For det andre er det ofte slik at de sektorene/varegruppene som har størst direkte utslipp også har de største indirekte utslippene.

Generelt gjelder det at de kryssløpskorrigerte tallene blir vesentlig høyere når vi inkluderer importen. Dette avspeiler at Norge er et land med stor utenrikshandel i forhold til egen produksjon. Det betyr også at vi i stor grad "bytter" utslipp med andre land gjennom samhandel.

Offentlig sektor er holdt utenom tabellene 6.9-6.11. Dette skyldes at det er vanskelig å beregne tall som er helt sammenliknbare med andre tall i disse tabellene. Grovere anslag tyder imidlertid på at denne delen av økonomien er blant de mindre forurensende selv etter kryssløpskorrigering.

Utslipp av karbondioksid

Av de varegruppene/sektorene som er med i analysen er det *innenriks sjøfart* som har størst utslipp av CO_2 pr. produsert enhet. Deretter følger *metaller* og *kjemiske og mineralske produkter*. Dette gjelder enten en ser på direkte utslipp eller kryssløpskorrigerte tall, med eller uten utslipp via import.

Produksjon av de to siste varegruppene medfører store indirekte såvel som direkte utslipp. Innenriks sjøfart har relativt små indirekte utslipp sett i forhold til de direkte. De direkte utslippene fra denne sektoren er imidlertid så mye større enn for andre sektorer at selv kryssløpskorrigert er innenriks sjøfart mest forurensende.

Grafiske produkter markerer seg med kryssløpskorrigerte utslipp som er svært mange ganger høyere enn de direkte utslippene. Dette henger sammen med at produksjonen av slike produkter i stor grad baserer seg på forurensende varer og tjenester som papir og transport. Fordi de direkte utslippene er så små, fører dette likevel ikke til at grafiske produkter kommer opp blant de mest forurensende produkttypene. Dette gjelder også - om enn i svakere grad - bygg og anlegg, og også verkstedprodukter, skip og oljeplattformer, særlig når importen inkluderes for den siste gruppens vedkommende.

Utslipp av nitrogenoksider

Også for denne forurensningskategorien er de direkte utslippene fra innenriks sjøfart, målt pr. produsert enhet, så store at de fullstendig overskygger alle indirekte virkninger. Annen innenriks transport kommer som en klar nummer to i direkte utslipp av NO_x. Dette gjelder også for kryssløpskorrigerte utslipp eksklusive import.

Når en tar hensyn til importen, er det imidlertid nærings- og nytelsesmidler som gir nest størst kryssløpskorrigerte utslipp. Dette skyldes antakelig for en stor del at disse varene produseres med store innsatsfaktorleveranser fra jordbruk, fiske og transport, tre sektorer som alle har høye direkte NO_x-utslipp. På grunn av egenskaper ved modellen, kommer ikke disse virkningene med når importen utelates.

Varehandel og grafiske produkter har ikke spesielt høyt nivå på de indirekte NO_x-utslippene, men sett i forhold til de svært lave direkte utslippene i de tilsvarende sektorene er de indirekte utslippene høye. Varehandel er svært avhengig av transporttjenester, mens grafiske produkter anvender treforedlingsprodukter som innsatsfaktor. Andre varer med lave direkte utslipp, men høye indirekte utslipp er verkstedprodukter, skip og oljeplattformer, som alle benytter mye metaller.

Utslipp av svoveldioksid

Også for denne komponenten har innenriks sjøfart høyest direkte utslipp målt pr. produsert enhet. Deretter følger produksjon av metaller og treforedlingsprodukter. Dette mønsteret opprettholdes når en ser på kryssløpskorrigerte tall, både med og uten import. Metaller gir likevel langt høyere indirekte utslipp enn sjøfart, særlig når en tar hensyn til importen.

Produksjon av grafiske produkter har me-

get lave direkte SO_2-utslipp. Når utslippene kryssløpskorrigeres, rykker disse produktene et godt stykke opp på lista over de mest forurensende varegruppene. Grafisk produksjon krever leveranser fra treforedlingsindustrien, som slipper ut store mengder SO_2.

Verkstedprodukter, skip og oljeplattformer er en produktgruppe der indirekte utslipp av SO_2 blir viktige når importen inkluderes.

En kan også merke seg at varehandelen har svært høye kryssløpskorrigerte utslipp i forhold til direkte utslipp. Dette skyldes først og fremst at varehandelen har stor innsats av transporttjenester.

6.5. Miljøavgifter etter marginal skade

Norge har gitt sin tilslutning til prinsippet om at forurenseren skal betale for de miljøskader han forårsaker. Når det gjelder forurensning som skyldes forbrenning av fossile brensler, er innføring av miljøavgifter en hensiktsmessig måte å innføre dette prinsippet på. Avgiftene skal ideelt sett settes lik den skade på natur og miljø som forårsakes av en enhets økning i brenselsbruken (marginal skade).

Stigende bekymring om miljøtilstanden har etterhvert blitt etterfulgt av betydelig forskning omkring skadevirkninger. Det er neppe mulig å få en tilfredsstillende oversikt over alle miljøkostnader, men kunnskapsmengden om enkelte skadevirkninger har etterhvert blitt omfattende. Ved å sammenfatte resultater fra flere studier av partielle skadevirkninger har en forsøkt å anslå marginale miljøkostnader som skyldes forbruk av fossilt brensel. Materialet om skader som er lagt til grunn her, stammer i hovedsak fra Statens forurensningstilsyn (SFT), Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Transportøkonomisk institutt (TØI). Det omfatter anslag for helseskader som skyldes utslipp av NO_x, SO_2, CO og partikler, forsuringsskader på skog og vassdrag som skyldes utslipp av NO_x og SO_2, samt materialskader fra SO_2-forurensning. Anslaget av optimal avgift inkluderer også skader som skyldes veitrafikk direkte, det vil si kostnader ved trafikkulykker, køer, vegslitasje og støy. Det må understrekes at skadeanslagene er beheftet med betydelig usikkerhet. Blant annet refererer anslagene seg til dagens utslippsnivå. Det er rimelig å tro at de marginale skadene vil øke med økte utslipp. For enkelthets skyld er de likevel holdt konstante i beregningene som presenteres her.

Økonomiske konsekvenser

Virkningen på økonomisk vekst av å legge en avgift tilsvarende marginal miljøkostnad på bensin og fyringsolje, er analysert ved hjelp av den makroøkonomiske planleggingsmodellen MSGTAX, se boks 6.2.

Virkningsberegningene er usikre og må tolkes med varsomhet. De gir likevel en illustrasjon av størrelsesordenen av mulige virkninger

Marginal miljøskade av brenselsforbruk varierer mellom produksjonssektorene siden brenselsaggregatet er forskjellig sammensatt i de ulike sektorer. Ved implementering i modellen ble det derfor beregnet sektorspesifikke avgiftssatser. Tiltak som allerede er vedtatt, vil gi ubetydelige endringer i utslipp pr. brenselsenhet framover. Unntaket er innføring av katalysator på personbiler. For å ta hensyn til dette ble avgiften på bensin redusert i takt med reduksjonen i utslipp som kommer med økt andel av biler med katalysator over årene 1989-1999.

Tabell 6.12. Virkning av miljøavgifter. Avvik fra referansealternativet. År 2000. Prosent

Bruttonasjonalprodukt . . .	-1,8
Import	-1,8
Eksport	-4,1
Privat konsum	-0,8
Offentlig konsum	0,2
Investeringer	-1,3

Kilde: SSB.

Tabell 6.12 viser anslag over endringer i endel økonomiske hovedstørrelser som følge av å innføre miljøavgifter. Endringene er regnet relativt til en referansebane uten miljøavgifter, se boks 6.2.

Bruttonasjonalproduktet (BNP) er anslått til å bli om lag 1,8 prosent lavere i avgiftsalternativet enn i referansealternativet i år 2000. Privat forbruk reduseres med 0,8 prosent, men sammensetningen endres betydelig til fordel for ikke-brenselsintensive varer. Eksportvolumet går ned med vel 4 prosent. Årsaken er at avgiftsøkningen hever priser på norske produkter i forhold til verdensmarkedspriser, slik at norske eksportører forverrer sin konkuranseevne. Importen reduseres i takt med BNP og mindre enn eksporten. Dette har sammenheng med at bytteforholdet bedres når eksportprisene øker. Dermed blir det rom for at import og innenlandsk bruk av varer og tjenester avtar mindre enn eksporten selv om beregningen forutsetter uendret handelsbalanse.

Brenselsavgiften fører til at staten får en inntektsøkning i år 2000 på i underkant av 13 mrd. 1986-kroner. Ifølge modellen blir alle ressurser utnyttet både før og etter avgiftspåleggelse. Det er i denne langsiktige studien sett bort fra spørsmålet om hvordan avgiftsinntektene brukes, siden det hovedsakelig er relative priser som styrer ressursallokeringen i modellen. Resultatene kan tolkes som en illustrasjon av situasjonen med akkurat dette nye prissettet, uavhengig av hvordan skatte- og avgiftssystemet er endret for å få dette til.

Energibruk

Tabell 6.13 viser beregnete endringer i pris på og forbruk av oljeprodukter forårsaket av miljøavgiften.

En avgift som tilsvarer marginal miljøskade gir ifølge beregningene en gjennomsnittlig økning i prisen på oljeprodukter på 75 prosent i produksjonssektorene i år 2000. I husholdningene øker prisen på oljer til oppvarming med nesten 30 prosent og prisen på privat transport med 35 prosent. I produksjonssektorer blir forbruket av bensin og fyringsoljer (målt i tonn) vel 35 prosent lavere i år 2000 dersom miljøavgifter innføres. I husholdningene går bensinforbruket ned med 10 prosent og oljer til oppvarming ned med om lag 12 prosent.

Tabell 6.13. Pris på oljeprodukter og forbruk av bensin og fyringsolje. Avvik fra referansealternativet. År 2000. Prosent

	Pris på oljeprodukter	Bruk av bensin[1)]	Bruk av fyringsoljer[1)]
Produksjonssektorer	75	-37	-36
Husholdninger			
Oppvarming . .	27	-	-12
Privat transport	35	-10	-

1) Målt i tonn.

Kilde: SSB.

Høyere oljepriser medfører en økning i etterspørselen etter elektrisk kraft på nesten 8 prosent i husholdningene. Etterspørselen etter elektrisk kraft i produksjonssektorene reduseres med nesten 10 prosent som følge av lavere produksjonsnivå enn i referansealternativet.

Utslipp til luft

Nedgangen i årlige utslipp er betydelig for alle de fire komponentene som inngår i skadeberegningene. I tillegg oppnås en markert reduksjon i utslippene av CO_2. SO_2, NO_x- og CO_2-utslippene reduseres alle med om lag 25 prosent relativt til referansealternativet i år 2000 som følge av økte brenselsavgifter. Når reduksjon i CO- og partikkelutslippene bare er på om lag 20 prosent, skyldes det at disse utslippene i større grad stammer fra husholdningenes vedforbruk, som ikke berøres av avgiftene. Utslippsreduksjonene er beregnet under forutsetning av at gasskraft ikke innføres i løpet av beregningsperioden. Tabell 6.14 gir en oversikt over anslåtte utslippsreduksjoner som følge av brenselsavgiftene.

Tabell 6.14. Avvik i utslipp fra referansealternativet. År 2000. Prosent

Svoveldioksid (SO_2)	-25
Nitrogenoksider (NO_x)	-24
Karbonmonoksid (CO)	-18
Partikler	-20
Karbondioksid (CO_2)	-23

Kilde: SSB.

Miljøgevinst

Tabell 6.15 viser anslag over kostnadsreduksjoner i form av lavere miljøbelastning ved å pålegge brenselsavgifter etter marginal miljøskade. Dette gjelder for eksempel gevinster i form av reduserte helseskader, mindre forsuringsskade i naturen og lavere støy.

Tabell 6.15. Kostnadsreduksjon, relativt til referansealternativet, ved å pålegge brenselsavgifter i henhold til marginal miljøskade. Mrd. 1986-kroner. År 2000

Skadetyper		Kostnadsreduksjon
Forsuring av skog og vassdrag		0,0
Helseskader		5,3
NO_x	4,7	
SO_2	0,4	
CO	0,0	
Partikler	0,2	
Korrosjon		0,1
Trafikkulykker		1,6
Framkommelighet		1,8
Veislitasje		2,2
Trafikkstøy		1,3
Total kostnadsreduksjon		12,4

Kilde: SSB.

Beregningene antyder at brenselsavgifter i samsvar med marginale miljøkostnader vil kunne gi en gevinst på 12 mrd. 1986-kroner rundt år 2000. Denne gevinsten er av om lag samme størrelsesorden som det beregnede tapet i BNP (14 mrd. 1986-kroner). Skog og vassdrag blir knapt berørt av utslippsreduksjonen. Grunnen er at langtransportert forurensning fra utlandet er hovedkilden til sur nedbør i Norge. Reduksjon i NO_x-utslipp gir en betydelig helsegevinst på nærmere 5 mrd. kroner. Helsevirkningen fra reduksjon av andre komponenter er relativt ubetydelig på grunn av lave konsentrasjoner i utgangspunktet. Gevinster av mindre trafikkbelastning er derimot store, 7 mrd. kroner inklusiv 1,3 mrd. gevinst i form av støyreduksjon. Virkninger på grunn av mindre trafikkbelast-

Boks 6.2. MSGTAX

MSGTAX er en versjon av den makroøkonomiske planleggingsmodellen MSG-4 (Longva et. al. 1985) som bl.a. brukes av Finansdepartementet til perspektivberegninger for norsk økonomi. I likhet med MSG er MSGTAX en generell likevektsmodell med 31 produksjonssektorer. Det er substitusjonsmuligheter mellom arbeidskraft, kapital, energi og vareinnsats i produksjonen. Energi er et aggregat av elektrisitet og et oljeaggregat der relative priser bestemmer fordelingen på elektrisitet og olje.

Den generelle økonomiske vekstraten blir bestemt av forventet vekst i arbeidsstyrken, vekst i realkapitalbeholdningen og raten for teknisk endring. Privat forbruk beregnes under forutsetning av at det hele tiden er full sysselsetting. Husholdningenes forbruk fordeles på 18 forbruksvarer ut fra pris- og inntektselastisiteter. Fossile brensler inngår i konsumgruppene boligoppvarming og privat transport. I motsetning til MSG er eksporten og importandeler i sektoretterspørselen i MSGTAX bestemt av forholdet mellom innenlandske priser og prisene på verdensmarkedet. Kapitalakkumulasjon og utviklingen i utenlandsgjelden er eksogent gitt i modellen. Se Holmøy og Vennemo (1989) for en nærmere dokumentasjon av modellen.

Referansebanen i beregningene som er presentert her, beskriver en mulig utviklingsbane for norsk økonomi *uten* ekstra miljøavgifter på fossile brensler. Referansebanen er kjennetegnet ved en relativt beskjeden vekst i produksjonen, men høy vekst i privat konsum, spesielt i husholdningenes forbruk av bensin og fyringsoljer.

ning bidrar altså mer til kostnadsreduksjonen enn forbedret luftkvalitet.

Det må igjen understrekes at usikkerheten ved anslagene over marginale kostnader er betydelige. Det er derfor gjort anslag over hvordan usikkerheten i anslagene innvirker på beregningene for totale miljøkostnader.

Sannsynlighetsfordelingen til de totale miljøkostnader er anslått med utgangspunkt i forskjellige forutsetninger om egenskapene til sannsynlighetsfordelingen for de enkelte marginalkostnadsanslagene. Spredningen i disse fordelingene er i enkelte tilfeller svært store, men anslag over forventede reduksjoner i de totale miljøkostnader ligger alle i intervallet 10-15 mrd. 1986-kroner.

6.6. Stabilisering av CO_2-utslipp

Begrensninger i utslipp av karbondioksid (CO_2) til atmosfæren vil utgjøre en viktig del av innsatsen for å dempe global oppvarming. Bruk av fossile brensler er en hovedkilde til utslipp av CO_2. På verdensbasis utgjør fossile brensler (kull, gass og olje) om lag 80 prosent av det totale energiforbruket. CO_2 sto for om lag halvparten av atmosfærens oppvarming i 80-årene, se avsnitt 6.10.

Brundtlandkommisjonen anbefalte de industrialiserte land å redusere energiforbruket pr. innbygger med 50 prosent på ca. 50 års sikt. Norske myndigheter har som mål å stabilisere CO_2-utslippet i løpet av 1990-årene og få utslippene ned på 1989-nivå innen år 2000. Internasjonalt er det foreløpig ikke inngått noen avtale om utslippsbegrensninger, men forslag om stabilisering innen 2000 og 20 prosent reduksjon i forhold til 1989-nivået innen 2005 blir drøftet i internasjonale organer.

Siden CO_2-utslipp i praksis ikke kan renses, betyr utslippsreduksjoner med nødvendighet at forbruket av brensler må reduseres. Kostnaden ved utslippsreduksjoner ligger derfor ikke i at en må investere i renseutstyr, men i at begrensninger i bruken av brensler kan dempe den økonomiske veksten. Vanskene med å få til en internasjonal avtale tyder på at flere land vurderer denne kostnaden som betydelig.

Statistisk sentralbyrå har gjort en analyse av hvordan utsiktene til økonomisk vekst kan påvirkes av en begrensning i utslipp av CO_2 i Norge. I analysen tillates CO_2-utslippene ikke lenger å øke etter år 2000. En avgift på fossile brensler sørger for at CO_2-taket ikke overskrides fram til år 2010.

I Norge brukes det svært lite kull og gass. I denne studien er det derfor CO_2-utslipp fra forbruk av oljeprodukter (fyringsolje og transportoljer) som begrenses. Alle oljetyper har omtrent samme CO_2-innhold, og avgiften, som i denne studien tenkes å begrense utslippene, er derfor satt lik for både fyringsoljer, diesel og bensin. Nivået på avgiften bestemmes i en økonomisk modell som beskriver hvor stor betydning tilgang på olje vil ha for økonomisk vekst framover.

Analysen bygger på den langsiktige, generelle likevektsmodellen MSGTAX, som er nærmere omtalt i boks 6.2. Det økonomiske utviklingsalternativet som utgjør referansebanen i beregningen, samsvarer i hovedsak med det utviklingsalternativ som er skissert i NOU 1988:21 Norsk økonomi i forandring. Referansealternativet skisserer en utvikling med høyere gjennomsnittlig vekst i oljeforbruket enn i BNP. Referansealternativet er ikke å betrakte som den mest sannsynlige utviklingsbanen for norsk økonomi, men kan likevel gjøre nytte som grunnlag for virkningsberegninger. Tabell 6.16 viser utviklingen i økonomiske hovedstørrelser i referansealternativet.

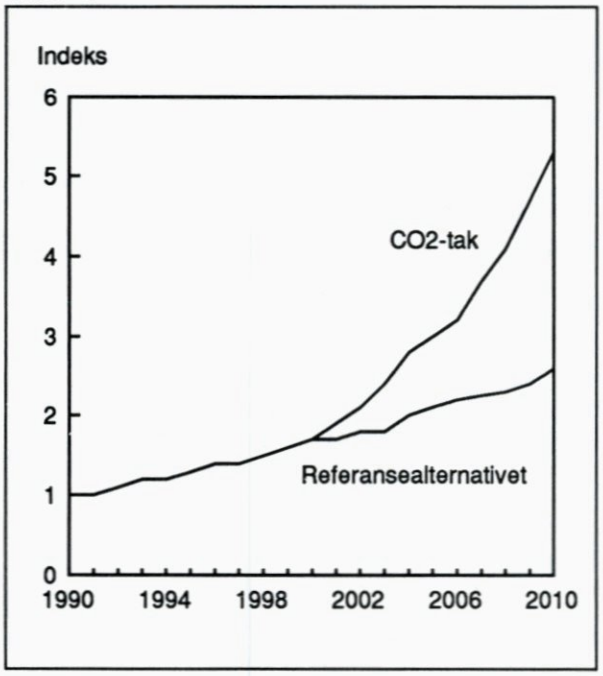
Tabell 6.16. Økonomisk utvikling i referansealternativet. Milliarder 1986-kroner

	Nivå 1990	Årlig vekstprosent i perioden 1990-2010
BNP	586	2,6
Import	197	3,5
Eksport	295	3,6
Privat konsum	163	3,8
Offentlig konsum	112	1,6
Investeringer	211	2,7

Kilde: SSB.

Referansealternativets nivå for oljeforbruk i 2000 tilsvarer et forbruk av olje som er om lag 30 prosent høyere enn dagens. Figur 6.11 viser hvordan oljeprisen ifølge denne beregningen må stige fra år 2000 for å stabilisere forbruket på dette nivået. Avgiften utgjør avviket mellom oljeprisbanen under CO_2-begrensning og i referansealternativet. Riktignok reduserer teknologisk framgang bruk av innsatsfaktorer pr. produsert enhet over tid, også bruk av olje, men den generelle veksten genererer også en etterspørselsøkning når det gjelder olje som mer enn oppveier virkningen av mer effektiv energibruk. Følgelig må det en stadig økende avgift til for å holde oljeforbruket stabilt. I år 2010 må oljeprisen være om lag dobbelt så høy som i referansealternativet.

Figur 6.11. Pris på oljeprodukter i referansealternativet og under CO_2-begrensning. Indeks, 1990=1



Kilde: SSB.

Innføring av et CO_2-tak demper den økonomiske veksten, men ikke drastisk. Ifølge beregningen blir bruttonasjonalproduktet 2,7 prosent lavere i år 2010 under CO_2-begrensning enn i referansealternativet, men BNP i 2010 under CO_2-tak, ligger likevel 80 prosent over nivået i 1988. At den økonomiske veksten dempes relativt moderat, har sammenheng med at fossile brensler utgjør en liten del av de totale produksjonskostnader (om lag 5 prosent), og at det delvis er mulig å erstatte olje med elektrisitet eller andre innsatsfaktorer (kapital, arbeidskraft eller vareinnsats). I denne langsiktige beregningen er det også forutsatt at avgiftsøkninger kompenseres av skattelette på en slik måte at kapital og arbeidskraft stadig er fullt utnyttet. I et kortsiktig perspektiv vil imidlertid en CO_2-avgift kunne virke aktivitetsdempende og gi arbeidsledighet. I SIMEN- prosjektet ble det imidlertid vist at oljeavgifter demper aktiviteten svært lite selv i en konjunkturfølsom økonomi når de kompenseres med lavere inntektsskatt (SIMEN, 1989).

Tabell 6.17 viser endringer i pris på og forbruk av oljeprodukter ved innføring av CO_2-tak.

Selv om CO_2-taket ikke reduserer produksjonsnivået drastisk, skjer det betydelige endringer i produksjonsstrukturen. Noen eksportrettede sektorer må redusere aktiviteten som følge av økte produktpriser og etterspørselsreduksjon på verdensmarkedet. Eksempler er treforedlingsindustrien og produksjon av kjemiske råvarer.

Tabell 6.17. Pris på oljeprodukter og forbruk av bensin og fyringsolje. Avvik fra referansealternativet ved innføring av CO_2-tak. Prosent. År 2010

	Pris på oljeprodukter	Bensin[1]	Fyringsolje[1]
Produksjonssektorer	+107	-35	-30
Husholdninger			
Oppvarming . . .	+130	.	-54
Privat transport	+116	-36	.

1) Målt i tonn.
Kilde: SSB.

Sammensetningen av det private konsumet påvirkes sterkt av oljeavgiften. Bruk av olje til oppvarming reduseres med 54 prosent, mens bruk av personbil (bensin og vedlikehold) reduseres med en tredjedel. CO_2-avgiften på bensin reduserer bilkjøp i 2010 med en fjerdedel i forhold til referansebanen. Alt i alt er det private konsum i 2010 om lag 1 prosent lavere under CO_2-taket.

Den sterke nedgangen i oljerelatert konsum åpner for økt forbruk av andre varer og tjenester. Elektrisitetsforbruket øker mest, deretter boligkonsumet.

Reduksjonen i oljeforbruk gir andre miljømessige forbedringer i tillegg til å dempe drivhuseffekten. CO_2-tiltak bør derfor ikke vurderes isolert fra tiltak mot andre forurensningskomponenter som ønskes redusert fordi de skader mennesker, natur og materialer lokalt og regionalt. Tabell 6.18 viser virkningen det vil ha på andre forurensende utslipp til luft.

Det er gjort beregninger som antyder hvor stor verdi miljøforbedringene ved et CO_2-tak representerer, hovedsakelig basert på data fra SFTs tiltaksanalyser for Oslo og for Fredrikstad/Sarpsborg. I tillegg til miljøforbedringer har en inkludert verdien av færre trafikkulykker, mindre veislitasje og effektivitetsgevinster ved lavere trafikktetthet (se også avsnitt 6.4.) Tabell 6.19 antyder hvor stor kostnadsreduksjon CO_2-taket kan medføre på disse områdene i 2010.

Tabell 6.18. Utslipp. Avvik fra referansealternativet som følge av CO_2-tak. 2010. Prosent

Svoveldioksid (SO_2)	-25
Nitrogenoksider (NO_x)	-23
Karbonmonoksid (CO)	-28
Partikler	-20
Karbondioksid (CO_2)	-26

Kilde: SSB.

Samlet representerer disse forbedringene nesten 20 milliarder 1986-kroner i år 2010. Dette oppveier langt på vei produksjonstapet, som i 2010 er anslått å være i underkant av 30 milliarder 1986-kroner. En vesentlig del av det beregnede veksttapet kompenseres altså av forbedringer en vanligvis ikke inkluderer i økonomisk planlegging.

Tabell 6.19. Årlige miljøkostnader og transportulemper. Avvik fra referansealternativet ved CO_2-tak. 2010. Milliarder 1986-kroner

Skadetyper		Kostnadsreduksjon
I alt		19,1
Forsuring av skog og vassdrag		0,1
Helseskader		7,6
NO_x	6,7	
SO_2	0,5	
CO	0,0	
Partikler	0,4	
Korrosjon		0,2
Trafikkulykker		2,7
Framkommelighet		2,9
Vegslitasje		3,6
Trafikkstøy		2,1

Kilde: SSB.

6.7. Framskrivninger av utslipp til luft i ECE-land

Luftforurensning er et internasjonalt problem. Det gjelder både de globale konsekvensene av utslipp av drivhusgasser som f.eks. CO_2 og de regionale konsekvensene av utslipp av gasser som forårsaker sur nedbør, først og fremst SO_2 og NO_x. Det er derfor av interesse å studere hva som kan skje med disse utslippene framover innenfor større regioner enn nasjonalstatene.

Økonomisk utvikling, etterspørsel etter energi og omfanget av miljøverntiltak er, som for nasjonale utslipp, av avgjørende betydning for utviklingstendensen i utslipp til luft internasjonalt. I tillegg til å framskaffe et konsistent bilde av utviklingen i ulike økonomiske sektorer og deres energibruk, må imidlertid internasjonale framskrivninger også beskrive handel mellom landene på en konsistent måte.

Tabell 6.20. Økonomiske indikatorer for ECE-området. Gjennomsnittlig årlig vekst. Prosent

	1965-1973	1974-1980	1981-1985	1986-1990	1991-2000
Vest-Europa					
BNP (faste priser)	4.3	2.6	1.3	2.4	2.5
Privat konsum	4.9	2.5	0.8	3.1	2.6
Offentlig konsum	3.8	3.0	0.4	2.1	2.3
Investeringer	5.0	0.4	1.5	2.8	2.8
Nord-Amerika					
BNP (faste priser)	3.8	2.3	2.4	2.5	2.6
Privat konsum	4.2	2.8	3.2	1.8	2.6
Offentlig konsum	2.9	2.3	1.8	0.8	1.8
Investeringer	3.8	0.7	6.0	2.3	2.7
Sentralstyrte økonomier					
NMP[1] produsert	7.1	4.6	3.1	3.9	4.0
NMP konsumert	6.3	6.0	3.1	4.1	4.1
NMP akkumulert	9.3	0.6	3.0	3.3	3.5

1) NMP = Netto materialprodukt.
Kilde: OEP/ECE.

I nasjonale studier blir krav til konsistens mellom aktivitetene i ulike sektorer vanligvis tatt vare på ved bruk av generelle økonomiske modeller der viktige regnskapsidentiteter er innebygget. På internasjonalt plan foreligger det også enkelte modeller som gjør det mulig å studere økonomisk vekst, energibruk og framtidige utslipp til luft på en konsistent måte. Nedenfor omtales en framskrivning av utslipp basert på modellberegninger utført av FNs Økonomiske kommisjon for Europa (ECE) og Statistisk sentralbyrå. Antakelser, metodegrunnlag og økonomisk utvikling er mer utførlig beskrevet i *Overall Economic Perspectives to the Year 2000 (OEP)* (ECE, 1988).

Beregningene dekker utslipp av svoveldioksid, nitrogenoksider og karbondioksid i ECE-medlemsland som, foruten Vest- og Øst-Europeiske land også omfatter USA og Canada. Beregningene dekker 3-4 aggregerte regioner; Nord-Amerika, de europeiske markedsøkonomier (Vest-Europa) og sentralstyrte økonomier (Øst-Europa inklusive den europeiske delen av Sovjetunionen). Den siste regionen deles i enkelte tilfeller opp i Øst-Europa og den europeiske delen av Sovjetunionen. Scenariene over økonomisk utvikling, energibruk og utslipp til luft er ikke først og fremst ment å si noe om den mest sannsynlig utvikling, men er heller ment som illustrasjoner på mulige utviklingsbaner.

Økonomisk utvikling

Tabell 6.20 angir noen indikatorer for økonomisk vekst og sammensetningen av denne for ulike regioner i referansealternativet i OEP. Dette alternativet representerer stort sett en fortsettelse av historisk observerte utviklingstrekk over perioden 1973-1985. Spesielle trekk ved den økonomiske utvikling ble vurdert særskilt, for eksempel ble handelsbalanseproblemene i USA vurdert å være uholdbare. Innenlandsk etterspørsel i USA er derfor noe dempet i forhold til observert utvikling. Inflasjonsraten i framskrivningene er også antatt å ligge nær de observerte rater på midten av 1980-tallet, dvs. langt under gjennomsnittet for den historiske perioden. Det er antatt relativt lav produktivitetsvekst i Nord-Amerika, noe høyere i Vest-Europa. En regner ikke med å løse sysselsettingsproblemene i Vest-Europa innenfor tidsperspektivet til analysen (år 2000). For de sentralstyrte økonomier antas en produktivitetsvekst på linje med hva som ble observert over perioden 1974-1985. Dette må sies å være en meget ambisiøs målsetting sett i lys av de omstillingsproblemer

disse landene nå står overfor, men kanskje mer realistisk i dag enn da OEP ble publisert i 1988.

Energibaner

I referansebanen er utviklingen i totalt energiforbruk i de ulike regioner fordelt etter energivarer. Tabell 6.21 viser faktisk forbruk i 1985 og vekstrate i totalt forbruk over perioden 1985-2000 for tre typer av fossile brensler; fast brensel (kull og koks), flytende brensel (oljeprodukter) og brensel i gassform.

Mens markedsøkonomiene (Nord-Amerika og Vest-Europa) i referansealternativet forventes å ha en relativt sterk vekst i bruk av faste brensler, forutsettes det at de sentralstyrte økonomiene vil oppvise en markant overgang til mer bruk av gass som brensel. I tillegg oppviser den Øst-Europeiske regionen en svakere vekst i totalt forbruk av fossile brensler, både sammenliknet med veksten i de andre regionene og sammenliknet med den økonomiske veksten i regionen selv. Dette henger sammen med en antatt sterk vekst i energieffektiviteten i dette området.

Tabell 6.21. Bruk av fossile brensler. 1985. Millioner tonn olje-ekvivalenter (Mtoe). Årlig gjennomsnittlig vekst 1985-2000 i referansealternativet. Prosent

	Forbruk 1985			Årlig vekst 1985-2000		
	Fast	Flytende	Gass	Fast	Flytende	Gass
	Mtoe			Prosent		
Vest-Europa .	308	562	200	2,8	1,2	1,3
Øst-Europa .	252	92	73	0,1	0,1	2,3
Sovjetunionen .	366	437	472	0,5	1,8	3,4
Nord-Amerika	526	785	472	3,0	0,1	2,1

Kilder: ECE Energy Balances for Europe and North America 1970-2000. UN 1989. ECE Overall Economic Perspectives to Year 2000.

Alternative energibaner

Andre energibaner enn den presentert som referansebane i OEP kan tenkes å være konsistente med den underliggende økonomiske veksten. For å illustrere betydningen av usikkerhet med hensyn til framtidig energibruk, er det utviklet to alternative energibaner basert på stilistiske antakelser om vekst i den enkelte sektors produksjon og sektorens energiforbruk. I alternativ *1a* er det således antatt at 1 prosent vekst i produksjon fører til 0,5 prosent vekst i forbruk av alle fossile brensler i alle sektorer og regioner utenom Nord-Amerika, der den prosentvise veksten i fossilt energibruk er antatt å bli 0,7. I alternativ *1b* er forholdstallene (inntektselastisitetene) henholdsvis 1,0 og 1,1. I en viss forstand kan disse alternativene sies å representere en lav og en høy energibane. Tabell 6.22 viser hvordan dette slår ut i vekstratene for totalt forbruk av fossile brensler. Veksten i forbruk av fossile brensler i Øst-Europa i alternativ 1a ligger langt over vekstraten forutsatt i referansealternativet. Dette er en illustrasjon på den meget høye energieffektiviseringen man antar for denne regionen i referansealternativet. Alternativene *1a* og *1b* kan sies å representere mer konvensjonelle antakelser om energieffektivisering.

Tabell 6.22. Årlig vekst i forbruk av fossile brensler 1985-2000. Prosent

	Referansealternativ	Alternativ 1a	Alternativ 1b
Vest-Europa . . .	1,7	1,4	2,7
Øst-Europa	0,6	2,1	4,2
Sovjetunionen . .	2,1	2,1	4,1
Nord-Amerika . .	2,4	1,9	3,0

Kilde: SSB.

Utslipp til luft

Gitt de ulike energibaner, kan utslippene til luft beregnes ved hjelp av utslippskoeffisienter. I denne analysen er det beregnet utslipp av svoveldioksid (SO_2), nitrogenoksider (NO_x) og karbondioksid (CO_2). SO_2 og NO_x gir lokal skade på helse og materialer og forårsaker sur nedbør over store

regioner i Europa. NO_x bidrar dessuten til dannelse av troposfærisk ozon. (Grovt regnet utgjør troposfæren de 15 nederste kilometrene av atmosfæren. Området videre opp til ca. 50 km kalles stratosfæren). CO_2 regnes som den viktigste drivhusgassen i dag, se avsnitt 6.10.

Utslippskoeffisientene gjenspeiler delvis kjemiske egenskaper ved de ulike brenslene, delvis forbrenningstekniske forhold og endelig informasjon om rensetekniske tiltak. Informasjon om utslippskoeffisienter er hentet fra ulike kilder. For svoveldioksid er tall fra IIASAs modell RAINS, som beskriver europeiske utslipp av svovel, lagt til grunn. I dette modellgrunnlaget finnes beregninger av utslipp (inklusive renseeffekter) i 1985 og informasjon om forventede rensetiltak fram mot år 2000. Utslippskoeffisienter for Nord-Amerika er basert på informasjon om utslippskoeffisienter for Vest-Europa. NO_x-koeffisientene er basert på flere detaljerte studier av NO_x-utslipp i Vest-Europa såvel som i Øst-Europa, utført av NILU. CO_2-koeffisientene er basert på stilistiske antakelser om karboninnholdet i de ulike brenseltyper i de ulike regioner. Alt i alt er det betydelige usikkerheter knyttet til koeffisientene.

Utslippene i referansealternativet og i alternativene 1a og 1b (basert på alternative energibaner) er beregnet med faste utslippskoeffisienter fra 1985 for hele perioden. Det vil si at i disse alternativene er det ikke antatt at det vil bli gjennomført rensetiltak utover de som faktisk var satt i verk i 1985. I tillegg er det utviklet to alternative utslipps-scenarier: alternativ 2 og alternativ 3. Siden CO_2-utslipp ikke lar seg rense på noen kostnadseffektiv måte i dag, ble ikke disse utslippskoeffisientene endret i disse scenariene.

I *alternativ 2* ble det forutsatt at planlagte tiltak, som rapportert i RAINS, for rensing av svovelutslipp ville bli gjennomført. Kravene til NO_x-utslipp i Nord-Amerika og Vest-Europa ble satt til strengeste gjeldende krav i dag, dvs. såkalte California-krav til utslipp fra mobile kilder og vesttyske krav til utslipp fra stasjonære kilder. Utslippskoeffisientene for NO_x for de sentralstyrte regioner ble ikke endret i dette alternativet.

I *alternativ 3* ble det forutsatt størst mulig rensing av svovel-utslipp i alle regioner. Informasjon om dette ble igjen hentet fra RAINS-modellen. Videre ble det forutsatt at også de sentralstyrte regioner innførte de strenge NO_x-regulerende tiltakene allerede innført i de markedsøkonomiske regioner i alternativ 2.

Tabell 6.23 viser beregnet årlig vekst i utslippene fra de ulike regioner over perioden 1985 til 2000 i de ulike alternativene. Disse resultatene er også illustrert i figur 6.12. Tabellene 6.24 og 6.25 viser hvordan veksten er fordelt på ulike brenseltyper og økonomiske sektorer.

Selv om beregninger av denne type med nødvendighet er beheftet med stor usikkerhet, og til tross for at flere forhold er behandlet på en rudimentær måte, gir resultatene noen holdepunkter som kan danne en nyttig bakgrunn for en videre diskusjon av miljøtilstanden innen ECE området:

i) *SO_2:* Uten ytterligere tiltak for å begrense utslippene, og med en økonomisk vekst i nærheten av den som er skissert i referansealternativet, vil veksten av SO_2-utslippene i de ulike regioner bli mellom 0,1 prosent (Øst-Europa) og 2,3 prosent (Nord-Amerika) pr. år over perioden 1985-2000. Kraftproduksjon står for de største utslippene i alle regioner, og det meste kommer fra forbrenning av faste brensler. I Vest-Europa står kraftproduksjon også for den største veksten i utslipp. Utslipp fra annen industri dominerer utslippsveksten i Nord-Amerika, mens utslipp av SO_2 fra transport vokser raskest i de sentralstyrte økonomier.

   NO_x og CO_2: Gjennomsnittlig vekst i utslipp av NO_x og CO_2 varierer mellom 0,3 prosent (Øst-Europa) og 2,6 prosent (Nord-Amerika) pr. år over perioden 1985-2000. Transport og kraftproduksjon står for de største bidragene. Det er særlig veksten i bruk av faste brensler som bidrar til utslippsveksten i Vest-Europa og Nord-Amerika, mens den relativt kraftige overgangen til bruk av gass i Øst-Europa og Sovjetunionen gjør at utslippsveksten fra denne type brensel dominerer der.

ii) *Moderat rensing (alternativ 2):* Ved å

gjennomføre planlagte rensetiltak mot SO_2-utslipp og innføre strenge krav for NO_x-utslipp i Nord-Amerika og Vest-Europa, kan disse utslippene henholdsvis stabiliseres på 1985-nivå og reduseres med om lag 10 prosent når man ser ECE-området under ett. CO_2-utslippene påvirkes ikke av disse rensetiltakene.

iii) *Strenge rensetiltak (alternativ 3):* Ved å innføre strenge utslippstiltak kan utslippene av SO_2 i år 2000 reduseres med nesten 80 prosent, mens NO_x-utslippene nesten kan halveres sammenliknet med utslippsnivåene i basisåret (1985).

iv) *Alternative energibaner (1a, 1b):* Uten en bedring i energieffektiviteten minst på nivå med det som er forutsatt i referansealternativet, vil utslippene i ECE området kunne vokse raskt. Enhver målsetting om reduserte utslipp vil være urealistisk om man ikke kan opprettholde eller øke takten i energieffektiviseringen.

Alt i alt tyder beregningene på at med en forsatt energieffektivisering av en størrelsesorden som den historisk observerte, og med relativt moderate rensetiltak, vil utslippene av SO_2 kunne reduseres betraktelig samtidig med at man oppnår mer moderate utslippsreduksjoner av NO_x. CO_2-utslippene fortsetter derimot å vokse. Mer ambisiøse målsettinger om reduksjon av totale NO_x-utslipp med mer enn 50 prosent synes vanskelig å oppnå.

Avslutningsvis bør det påpekes to forhold som kan ha stor innflytelse på realismen av beregningene presentert her, men som det er sett bort fra ved utarbeidelsen av såvel de økonomiske scenariene som energibanene. Det ene forholdet er planene om opprettelse av et indre marked i EF i 1992. Dette vil på den ene side kunne føre til et økt transportbehov med alle de miljø-ulemper som følger med dette. På den annen side gir det også mulighet for å rasjonalisere en i utgangspunktet ineffektiv bruk av transportkapitalen. Beregninger uført for

Tabell 6.23. Gjennomsnittlig årlig vekst i utslipp. 1985-2000. Prosent

	Referanse	Alternativer			
		1a	1b	2	3
Utslipp av SO_2					
ECE	1,5	1,7	3,3	-0,3	-9,2
Vest-Europa	1,9	1,3	2,6	0,6	-9,5
Øst-Europa	0,1	2,1	4,2	-0,8	-9,3
Sovjetunionen	1,3	2,1	4,2	-1,1	-8,9
Nord-Amerika	2,3	1,5	2,4	-0,1	-9,1
Utslipp av NO_x					
ECE	2,0	1,9	3,6	-1,7	-3,9
Vest-Europa	1,7	1,5	3,0	-3,2	-3,2
Øst-Europa	0,3	2,1	4,3	0,3	-6,1
Sovjetunionen	1,8	2,2	4,3	1,8	-3,4
Nord-Amerika	2,6	2,1	3,3	-4,4	-4,4
Utslipp av CO_2					
ECE	1,9	1,8	3,4	1,9	1,9
Vest-Europa	1,8	1,4	2,7	1,8	1,8
Øst-Europa	0,4	2,1	4,2	0,4	0,4
Sovjetunionen	1,8	2,1	4,1	1,8	1,8
Nord-Amerika	2,4	1,9	3,0	2,4	2,4

Kilde: SSB.

EF-kommisjonen tyder på at med uendret miljøvernpolitikk vil utslippene i EF kunne øke med omtrent 10 prosent i år 2010 i forhold til en tenkt situasjon uten et indre marked.

Det andre forholdet henger sammen med de store omveltninger vi har vært og er vitne til i de sentralstyrte økonomier. Det er for tidlig å si noe om hvordan dette vil påvirke økonomisk vekst, energibruk og utslipp til luft. Men det synes allerede nå klart at den neglisjering av miljøproblemer som har funnet sted i flere av de største landene over lange perioder, ikke vil bli tolerert i samme omfang i framtiden. Om ikke evnen til å løse viktige miljøproblemer er den største de nærmeste årene, er ihvertfall viljen til stede.

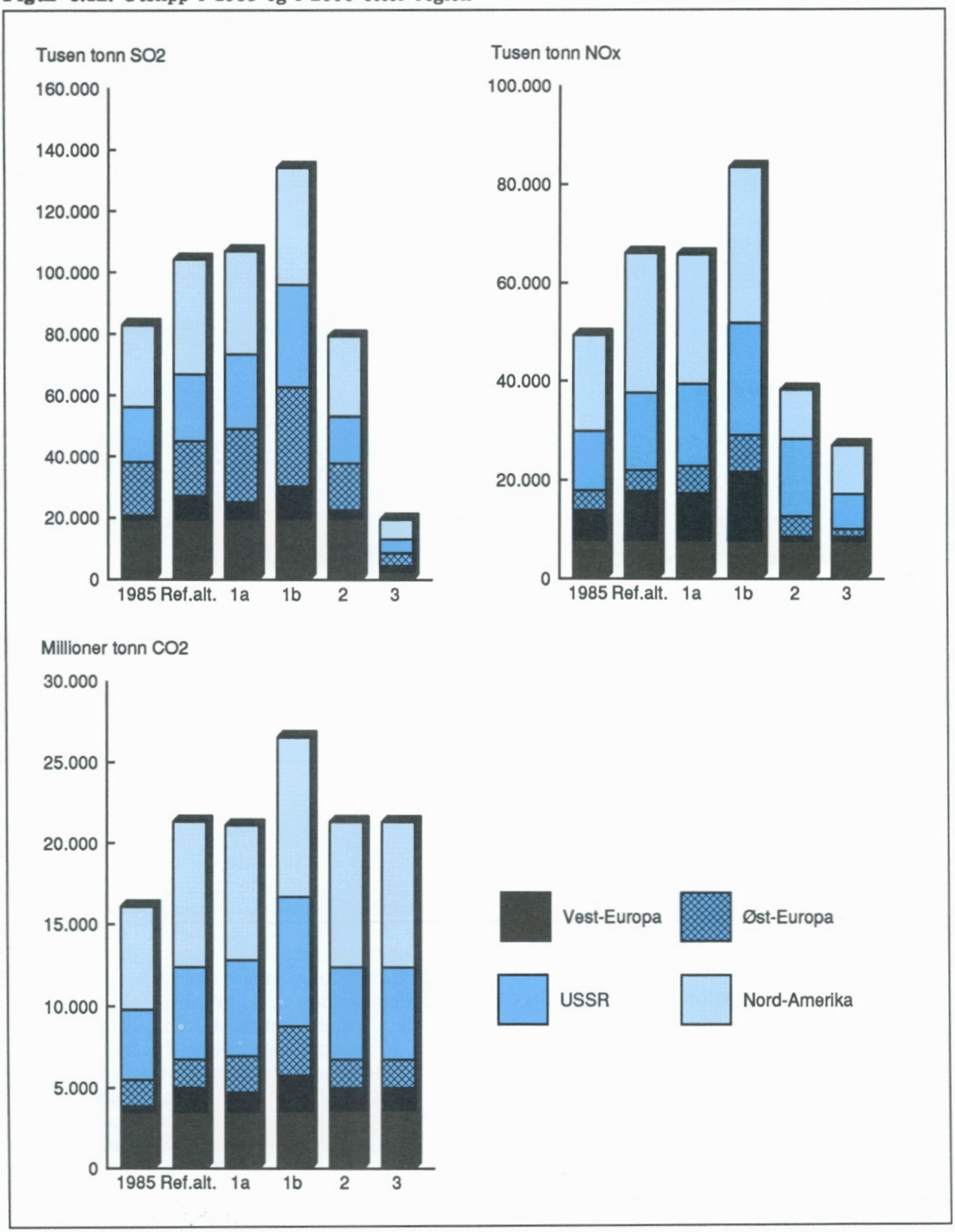
Tabell 6.24. Utslipp etter region og brenseltype. Millioner tonn. Årlig gjennomsnittlig vekst i referansealternativet 1985-2000. Prosent

	Utslipp 1985			Vekstrate 1985-2000		
	SO_2	NO_x	CO_2	SO_2	NO_x	CO_2
	Millioner tonn			Prosent		
Vest-Europa						
I alt	20,7	14,0	3 872	1,8	1,7	1,8
Fast brensel	9,2	3,1	1 387	2,7	2,7	2,8
Flytende brensel	9,1	10,0	2 025	1,0	1,3	1,2
Prosess/gass[1]	2,4	0,8	461	1,0	1,3	1,3
Øst-Europa						
I alt	17,5	4,0	1 633	0,1	0,3	0,4
Fast brensel	13,8	2,7	1 135	0,1	0,1	0,1
Flytende brensel	3,7	1,0	331	0,1	0,2	0,1
Prosess/gass[1]	..	0,3	167	..	2,3	2,3
Sovjetunionen						
I alt	18,0	12,0	4 013	1,3	1,8	1,8
Fast brensel	7,6	4,1	1 648	0,5	0,5	0,5
Flytende brensel	10,4	5,8	1 572	1,8	1,9	1,8
Prosess/gass[1]	..	2,1	1 085	..	3,4	3,4
Nord-Amerika						
I alt	26,7	19,5	6 280	2,3	2,6	2,4
Fast brensel	15,0	8,2	2 369	2,8	2,9	3,0
Flytende brensel	6,3	9,8	2 825	1,3	2,4	2,1
Prosess/gass[1]	5,5	1,5	1 086	1,8	2,3	2,1

1) Prosessutslipp av SO_2. NO_x og CO_2 fra forbrenning av gass.

Kilde: SSB.

Figur 6.12. Utslipp i 1985 og i 2000 etter region



Tabell 6.25. Utslipp etter region og sektor. Millioner tonn. Årlig gjennomsnittlig vekst i referansealternativet 1985-2000. Prosent

	Utslipp 1985			Vekstrate 1985-2000		
	SO_2	NO_x	CO_2	SO_2	NO_x	CO_2
Vest-Europa						
I alt	20,7	14,0	3872	1,8	1,7	1,8
Kraftproduksjon	9,2	2,6	1004	2,3	2,4	2,4
Industri	4,6	1,9	728	1,5	2,0	1,9
Transport	0,6	8,4	790	1,4	1,4	1,4
Annet	2,4	..	472	1,0	..	1,4
Husholdninger, jordbruk, m.m.	2,1	1,0	878	1,6	1,3	1,4
Øst-Europa						
I alt	7,5	4,0	1633	0,1	0,3	0,4
Kraftproduksjon	11,3	2,2	810	0,1	0,3	0,3
Industri	2,1	0,7	249	0,1	0,6	0,7
Transport	0,1	0,7	69	0,3	0,3	0,3
Annet	1,3	..	156	0,1	..	0,7
Husholdninger, jordbruk, m.m.	2,7	0,4	349	0,0	0,4	0,3
Sovjetunionen						
I alt	18,0	12,0	4305	1,3	1,8	1,8
Kraftproduksjon	10,5	5,5	2068	1,3	1,6	1,8
Industri	3,0	1,6	785	0,8	1,6	1,7
Transport	1,5	4,1	396	2,0	2,0	2,0
Annet	1,6	..	400	1,8	..	2,0
Husholdninger, jordbruk, m.m.	1,4	0,8	656	0,6	1,6	1,2
Nord-Amerika						
I alt	26,7	19,5	6280	2,3	2,6	2,4
Kraftproduksjon	15,4	7,2	1954	2,4	2,6	2,5
Industri	2,7	2,5	1067	3,1	3,2	2,3
Transport	0,9	8,8	1737	2,5	2,5	3,1
Annet	6,4	..	642	1,7	..	1,5
Husholdninger, jordbruk, m.m.	1,3	1,0	881	1,4	2,0	1,9

Kilde: SSB.

6.8. Sur nedbør: Nordiske tiltak i Øst-Europa?

Sur nedbør påfører Skandinavia betydelige skader i form av fiskedød, skogskader og forsuring av jordsmonn. Utslipp til luft av svoveldioksid (SO_2) og nitrogenoksider (NO_x) på kontinentet og i Storbritannia transporteres over store avstander. Nedfallet styres av meteorologiske forhold. Vindretning og klima gjør at det sørlige Skandinavia mottar betydelige mengder sur nedbør. Det forsterker skadevirkningen at jordsmonnet i området har liten evne til å nøytralisere surt nedfall.

I 1985 ble det inngått en avtale mellom 21 europeiske land, deriblant Norge, om å redusere SO_2-utslippene med 30 prosent fra 1980 til 1993. De nordiske landene har dessuten vedtatt mer vidtgående nasjonale mål for reduksjon av svovelutslipp. Siden rensekostnaden er svært forskjellig fra land til land, kunne samme totale utslippsreduksjon i Europa oppnås til lavere kostnad, hvis land med lave rensekostnader reduserte utslippene mer enn de med høye rensekostnader. Lavest samlet kostnad oppnår Europa hvis hvert land reduserer utslippene sine slik at kostnaden ved å rense ytterligere ett tonn SO_2 er lik i alle land.

Men det er ikke bare total mengde utslipp av SO_2 og NO_x i Europa som betyr noe i denne sammenhengen. Det er viktig hvor

utslippene finner sted, fordi det har betydning for hvor de avsettes og hvor sårbar naturen er der. Utslippsreduksjonene bør derfor også vurderes i forhold til skadevirkninger utslippene og nedfallet påfører ulike land. I tillegg kommer at landene har ulik betalingsvillighet for reduksjoner av de skader SO_2- og NO_x-utslippene medfører, avhengig av inntektsnivå og bevissthet om skadevirkninger.

Internasjonale forhandlinger om utslippsreduksjoner har hittil ikke tatt hensyn til alle disse forholdene, og den inngåtte SO_2-avtalen pålegger alle parter samme prosentvise reduksjon i utslipp. Avtalen om lik prosentvis utslippsreduksjon er et resultat av en komplisert internasjonal situasjon hvor det ikke er etablerte tradisjoner for å gjennomføre en kostnadseffektiv løsning. Det har også vært mangel på kunnskap om sammenhenger mellom utslipp, rensekostnader og skader.

Det siste året er det imidlertid gjort vedtak om økonomisk støtte fra nordiske land til utslippsreduserende tiltak i Øst-Europa. Dette gjenspeiler at Øst-Europa i høy grad bidrar til forsuring i de nordiske land, at den økonomiske situasjonen i disse landene gir lite rom for egne investeringer i rensetiltak, samtidig som en kan oppnå større reduksjoner pr. krone i Øst-Europa enn i nordiske land.

Arbeidet med å kartlegge sammenhengen mellom utslipp, nedfall og skade har kommet mye lengre etter at avtalen om 30 prosent reduksjoner ble inngått. Ved International Institute for Applied System Analysis (IIASA) i Østerrike er det utarbeidet en modell som behandler spørsmålet om kostnadseffektiv fordeling av utslippsreduksjoner mellom land (Alcamo et al. 1987). Modellen RAINS (Regional Acidification Information and Simulation Model) skisserer utslippsscenarier på grunnlag av framtidige energibaner for europeiske land under ulike antakelser om bruk av renseteknologi. Rensekostnadsfunksjoner er spesifisert for hvert enkelt land. Delmodellen for beregning av transport av forurensning mellom områder i Europa bygger på meteorologiske data og er utarbeidet ved Meteorologisk Institutt i Oslo for EMEP (Program for måling og overvåking av langtransportert luftforurensning i Europa) (Iversen et al. 1989). RAINS inneholder også delmodeller som beskriver virkning av avsetning av sure forbindelser på jordsmonn, vassdrag og skog. Nedenfor følger et eksempel på bruk av RAINS til en studie av nordiske overføringer til SO_2-tiltak i Øst-Europa.

Norden renser billigere i Øst-Europa

De nordiske land har allerede gjennomført store reduksjoner av SO_2-utslipp. Tabell 6.26 viser utslippsreduksjoner i de nordiske land i forhold til utslippsnivået i 1980. Kostnaden ved å redusere utslippene ytterligere i Norden er nå langt høyere pr. tonn SO_2 enn i omkringliggende land som forårsaker sur nedbør i Norden. Kostnaden ved å rense SO_2-utslipp i norsk industri er anslått av SFT til 20 000 kroner pr. tonn. I Polen er det et rensepotensial på om lag 700 tusen tonn SO_2 til 2 000 kroner pr. tonn. I Øst-Tyskland er den marginale kostnaden ved å rense om lag 2 700 kroner etter at utslippene er redusert til 30 prosent under 1980-nivået.

Tabell 6.26. Reduksjon i utslipp av SO_2[1]. Prosent

	Reduksjon 1980-1989	Nasjonalt mål 1993/ 1995
Norge	50	50
Danmark	40	50
Sverige	40	65
Finland	50	50

1) Foreløpige anslag.
Kilde: SSB, SFT.

Finland og Norge har nådd sine nasjonale målsettinger om 50 prosent reduksjon i forhold til utslippsnivået i 1980. Danmark har samme mål om 50 prosent reduksjon, men må redusere noe mer for å nå dette. Sveriges mål er 65 prosent reduksjon, men hittil er bare 38 prosent reduksjon gjennomført. For alle landene er det en vedvarende utfordring at videre økonomisk vekst ikke skal øke de framtidige utslippene.

Under forberedelsene av Nordisk handlingsplan mot luftforurensning drøftes ytterligere reduksjon av SO_2-utslippene.

Bakgrunnen er at nedfallet av sure forbindelser anbefales redusert til om lag 70-80 prosent av 1980-belastningen for ikke å overskride naturens tålegrense. En tilsvarende reduksjon i utslippsnivået er derfor antydet som mål. Dette kan imidlertid bare oppnås til høye kostnader. Reduksjoner i Øst-Europa kan gjøres billigere og bety stor miljøforbedring i Norden. Statens forurensningstilsyn og Statistisk sentralbyrå har ved hjelp av RAINS-modellen gjort en studie av hva det ville gi av ekstra miljøgevinst dersom midler til utslippsreduksjon ble brukt til rensing i Polen og Øst-Tyskland istedenfor i Norden. To alternativer ble vurdert:

Alternativ 1: Alle nordiske land reduserer utslippene ned til 70 prosent under 1980-nivået.

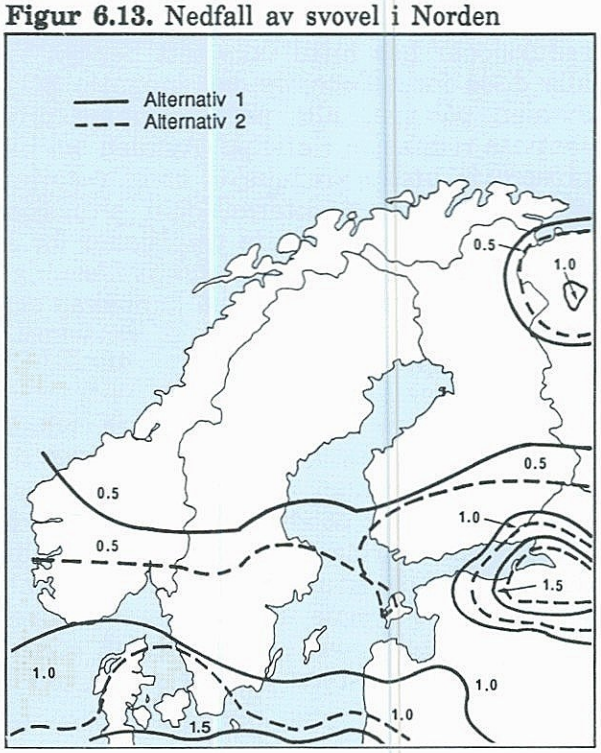
Alternativ 2: De nordiske land innfører ingen tiltak for å redusere utslipp, men overfører et beløp tilsvarende kostnaden ved å gjennomføre alternativ 1 til Øst-Tyskland og Polen.

I begge alternativene er det forutsatt at nasjonale planer om utslippsreduksjoner blir gjennomført i Europa. Det innebærer at Øst-Tyskland forutsettes å redusere SO_2-utslippene med 30 prosent av 1980-nivået med egen innsats innen 1993. Polen har imidlertid ikke sluttet seg til SO_2-avtalen, slik at dagens utslippsnivå forventes opprettholdt i situasjonen uten overføringer fra Norden.

Det er beregnet at kostnaden ved å redusere SO_2-utslippene i hvert av de nordiske landene fra dagens nivå til 70 prosent av 1980-nivået vil være om lag 7 milliarder NOK for Norden sett under ett. Alternativ 2 innebærer i stedet å bruke tilsvarende beløp på rensing i Polen og Øst-Tyskland, og fordele dette mellom de to land slik at midlene gir størst mulig reduksjon i svovelnedfall i Norden. Virkningen på svovelnedfallet i de nordiske land ble så beregnet ved hjelp av RAINS. Det er tatt hensyn til ulike rensekostnader i de to landene, og at utslipp i Polen og Øst-Tyskland bidrar i ulik grad til nedfall over Norden.

Figur 6.13 viser et kart med nivålinjer som markerer størrelsen på nedfallet over de nordiske land. Heltrukken linje viser situasjonen når alternativ 1 gjennomføres, det vil si når de nordiske land bare gjennomfører og finansierer utslippsreduserende tiltak innenfor egne grenser. Stiplet linje viser nivåer for nedfall av svovel ved alternativ 2. Det framgår at store deler av det sørlige Skandinavia og Finland går over fra en belastning på 0,5-1,0 g/m² årlig til maksimum 0,5 g/m², som regnes for å være på grensen av hva naturen i området kan tåle.

Figur 6.13. Nedfall av svovel i Norden



Resultatene av slike beregninger er usikre, men kan antyde hva som er en fordelaktig rangering av tiltak i regional skala. Således vil forurensningsproblemet i Norden reduseres merkbart dersom den nordiske handlingsplan ble en nord-europeisk handlingsplan, med samme mengde ressurser til disposisjon.

Utslippene i Øst-Tyskland og Polen blir redusert med henholdsvis 40 prosent og 20 prosent i forhold til dagens utslippsnivå som følge av nordiske renseinvesteringer i disse landene. Det betyr at disse to landene også kan ha en betydelig gevinst fra utslippsreduksjonen. Begge har områder som er sterkt belastet med helseskader og bygningsskader fra utslipp av SO_2.

De nordiske land vil beholde dagens utslippsnivå i alternativ 2. Det betyr at helse- og materialskader, som for det meste skyldes lokale utslipp, ikke reduseres ytterligere. Omfanget av disse skadene anses imidlertid å være lite i Norge. Det negative aspektet ved å rense SO_2-utslipp i Øst-Tyskland og Polen framfor i Norge har dermed liten vekt.

6.9. Miljøeffekter av en europeisk satsing på gass som brensel

Naturgass kan betraktes som et "rent" brensel når man sammenlikner med andre fossile brensler som olje og kull.

- Gass inneholder nesten ikke svovel, mens svovelinnholdet i olje og kull varierer, avhengig av kvalitet. Lette oljeprodukter inneholder generelt mindre svovel enn tyngre kvaliteter. En overgang fra bruk av olje og kull til bruk av gass vil på det nærmeste fjerne utslippene av svovel.

- Utslipp av karbondioksid (CO_2) ved utnytting av en gitt energimengde fra fossile brensler avhenger av karboninnholdet i brenslet, av brennverdien til brenslet og av virkningsgraden ved forbrenning. Generelt er karboninnholdet noe lavere og brennverdi og virkningsgrad noe høyere for gass enn for olje og kull. En overgang fra bruk av olje og kull til bruk av gass vil derfor også redusere CO_2-utslippene noe.

Svovel- og karbonutslipp er blant de viktigste faktorene bak internasjonale luftforurensningsproblemer. Svovel forårsaker sur nedbør, mens karbondioksid er den dominerende drivhusgassen i dag, se avsnitt 6.10.

Nivå og sammensetningen av energiforbruket avhenger av mange faktorer, som total etterspørsel etter energi, tekniske muligheter for utnytting av ulike brensler og relative priser på brenslene. Statistisk sentralbyrå har tidligere publisert enkle anslag over potensialet for utslippsreduksjoner ved en overgang fra mer forurensende brensler til gass i Europa (Alfsen et al. 1989). Beregningene bygger bl.a. på forutsetningen om at bruk av olje og kull i en sektor byttes ut med gass på en slik måte at nyttiggjort energiforbruk i sektoren holdes konstant. Det er sett på to ulike beregningsalternativer; i *alternativ 1* er det kun kraftsektoren (elektrisitetsproduksjonen) som bytter brensel, i *alternativ 2* skjer dette i alle sektorer utenom transportsektoren. Tabell 6.27 viser noen hovedresultater.

Tabell 6.27. Prosentvis reduksjon i utslipp og nedfall av svovel i Europa ved en overgang fra bruk av olje og kull til bruk av gass

	Alternativ 1	Alternativ 2
Utslipp av SO_2 i Europa	55	92
Nedfall av svovel i Europa	48	80
Utslipp av CO_2 fra forbrenning av fossile brensler i OECD Europa	15	28

Kilde: SSB.

Det framgår av resultatene at det er muligheter for å oppnå tildels kraftige reduksjoner i utslipp og nedfall av svovel. Karbondioksidutslippene reduseres vesentlig mindre ved en overgang fra bruk av kull og olje til bruk av gass, men er allikevel betydelige. Det må imidlertid understrekes at det kan by på store problemer å få til en slik overgang. Dette skyldes framfor alt den plass den nasjonale kullindustrien har i flere mellom-europeiske land.

Tallene i tabell 6.27 dekker over store regionale forskjeller. Norge vil for eksempel ikke få noen reduksjon av svovelutslippene i alternativ 1, siden så og si all kraftproduksjon i Norge er basert på vannkraft, mens land som Polen og Øst-Tyskland, med hovedsakelig kullbasert kraftproduksjon, vil kunne redusere sine samlete utslipp med opp mot 70 prosent. Nedfallsreduksjonene er jevnere fordelt. Blant annet Norge vil kunne oppleve betydelige reduksjoner i svovelnedfall som følge av reduserte utslipp i andre land.

En sterkere satsing på naturgass som brensel i Europa er av interesse for Norge av flere grunner:

- Norge har store gassreserver
- Overgang fra bruk av olje og kull til gass vil langt på vei kunne fjerne de problemer Norge har med langtransportert svovelnedfall
- Karbondioksidutslippene fra en vesentlig del av den industrialiserte verden vil kunne reduseres.

Det er imidlertid viktig å ta hensyn til at bruk av gass i seg selv gir negative miljøvirkninger. CO_2-utslippene ved forbrenning av naturgass er store, selv om de er lavere enn for olje og kull. Produksjon, distribusjon og bruk av naturgass kan føre til utslipp av metan (CH_4), som også er en drivhusgass (se avsnitt 6.10). En overgang fra bruk av olje og kull til gass gir ingen reduksjon i utslipp av nitrogenoksider (NO_x), med mindre utslippene renses.

Transportsektoren er holdt utenfor beregningene. Det finnes grunner for å reservere bruk av fossile brensler nettopp for transportformål. For de fleste andre anvendelser finnes det alternative energibærere som relativt lett kan erstatte bruk av fossile brensler. For transport derimot synes det foreløpig vanskeligere å finne akseptable erstatninger. I den grad man ønsker å husholdere med bruken av fossile brensler, f.eks. av miljøhensyn, kan det derfor være grunn til å reservere slike brensler nettopp for transportformål.

6.10. Atmosfæren i endring

Jordas atmosfære har gjennomgått endringer også i tidligere tider. Men aldri før i menneskets histore har atmosfærens sammensetning forandret seg så raskt som den har gjort i dette århundret. Oppmerksomheten er rettet mot konsentrasjonene av gasser som, til tross for at de er tilstede i meget små mengder, er svært viktige for atmosfærens kjemiske og fysiske egenskaper.

I dette avsnittet vil det kort bli gjort rede for hvordan en endring i atmosfærens sammensetning og egenskaper kan virke inn på jordas klima. Blant annet vil de ulike gassenes betydning for økt drivhuseffekt bli omtalt. Virkningene (størrelsen på en eventuell temperaturendring, heving av havnivå etc.) vil ikke bli tatt opp.

Atmosfæren fungerer som et oksiderende medium som inngår i de globale kretsløpene for viktige stoffer som karbon, nitrogen og svovel. Når disse stoffene frigjøres fra naturen, forekommer de vanligvis som reduserte forbindelser. I atmosfæren blir de oksidert og fjernes i neste omgang ved tørr- eller våtavsetning. Atmosfærens evne til å oksidere de ulike forbindelsene er derfor av stor betydning for omsetningen av en rekke viktige stoffer. Det er på denne måten atmosfæren renses slik at konsentrasjonen av ulike stoffer ikke bygges opp.

Etterhvert som verdens befolkning har økt, har menneskenes aktiviteter ført til store utslipp til atmosfæren utover de som er en del av de naturlige kretsløpene. Disse antropogene utslippene frigjøres også oftest som reduserte eller ikke fullstendig oksiderte forbindelser. For en del viktige stoffer er utslippsmengdene sammenlignbare med eller større enn de naturlige utslippene. Mange av stoffene går gjennom de samme prosesser ved omdanning og fjerning fra atmosfæren. De antropogene utslippene kan derfor føre til sterk belastning på atmosfæren og påvirke dens oksidasjonsevne. Redusert oksidasjonskapasitet og evne til selvrensing vil medføre endring av atmosfærens sammensetning og akkumulering av endel stoffer. Dette kan igjen føre til endring i viktige kjemiske, fysiske og klimatiske egenskaper ved atmosfæren.

Tabell 6.28 viser økningen i konsentrasjon for noen viktige stoffer som er av stor betydning for atmosfærens egenskaper. Noen av disse er stoffer som er naturlig tilstede i atmosfæren, men som har økt i konsentrasjon på grunn av menneskenes aktiviteter. Videre har også mengden av menneskeskapte stoffer som er fullstendig naturfremmede økt meget raskt, for eksempel klorfluorkarboner (KFK). Tabellen viser konsentrasjoner av de ulike gassene i atmosfæren før industrialiseringen og intensivert jordbruk skjøt fart og dermed før menneskets forstyrrelse av atmosfærens sammensetning satte i gang for alvor. Dagens konsentrasjoner og årlig økning er også vist.

Tabell 6.28. Konsentrasjoner og økning av drivhusgasser i atmosfæren[1)]

Gass	Preindustriell konsentrasjon	Dagens konsentrasjon	Økning i konsentrasjon (prosent pr. år)
CO_2	275 ppm	350 ppm	0,4
CH_4	0,7 ppm	1,7 ppm	0,8-1,0
N_2O	280 ppb	308 ppb	0,2-0,3
KFK-11	0	240 ppt	4,0
KFK-12	0	415 ppt	4,3
KFK-113	0	45 ppt	11,3
KFK-22	0	100 ppt	7,1
O_3 (i troposfæren)	10-20 ppb	20-40 ppb	1

1) ppm: Parts per million (1 molekyl pr. 10^6 luftmolekyler).
ppb: Parts per billion (1 molekyl pr. 10^9 luftmolekyler).
ppt: Parts per trillion (1 molekyl pr. 10^{12} luftmolekyler).

Kilder: Institutt for Geofysikk, Universitetet i Oslo, NILU.

De økte konsentrasjonene av bl.a. ozon (O_3), metan (CH_4) og karbonmonoksid (CO) kan tyde på at det finner sted endringer i kjemisk aktivitet i troposfæren. Hydroksylradikalet (OH) er det viktigste oksidasjonsmidlet i troposfæren og OH-konsentrasjonen er derfor viktig for atmosfærens oksidasjonskapasitet og evne til å rense seg selv. (Et radikal eller et fritt radikal er et atom eller en gruppe atomer med et eller flere uparrede elektroner og er derfor meget reaktivt). Andre viktige oksidanter er O_3, NO_3, HO_2, organiske peroksyradikaler (RO_2) og H_2O_2. Konsentrasjonen av OH kontrollerer konsentrasjonen av en rekke stoffer av antropogen opprinnelse (NO_x, CO, SO_2, CH_4 og andre hydrokarboner). Man kan ikke fastslå med sikkerhet om atmosfærens oksidasjoneevne er endret, men det foreligger sterke indikasjoner på at slike endringer har funnet sted (Isaksen, 1988). Endrede konsentrasjoner av O_3 og kjemiske forløpere for O_3, tyder på at det må ha skjedd endringer i OH-konsentrasjonen. Det er utslipp av NO_x, CO, CH_4 og andre hydrokarboner som er av størst betydning for oksidasjonskapasiteten. Modellberegninger som tar hensyn til økte utslipp av CO og CH_4, viser en reduksjon i OH-konsentrasjonen frem til i dag på 20-40 prosent. Andre studier som også tar hensyn til økte NO_x-utslipp, har kommet til at OH-konsentrasjonen bare har endret seg svakt (Isaksen, 1988).

Økt UV-stråling pga. reduksjon av O_3-laget i stratosfæren, kan føre til økte konsentrasjoner av OH. Reduksjon av ozon-laget kan derfor medføre reduserte konsentrasjoner av forbindelser som spaltes av UV-stråling eller som reagerer med OH i troposfæren eller lavere stratosfære.

Klimaendringer kan påvirke kjemien i stratosfæren gjennom temperaturavhengige reaksjoner. I troposfæren kan en få økte konsentrasjoner av OH og økt fotokjemisk aktivitet slik at konsentrasjonen av gasser som CH_4, CO og O_3 påvirkes.

Økt drivhuseffekt

Drivhuseffekten er et naturlig fenomen som spiller en avgjørende rolle for det klima vi har på jorden. Ca. halvparten av solstrålingen passerer gjennom atmosfæren og varmer opp jordas overflate. Jorda sender tilbake varmestråling (infrarød stråling). I atmosfæren finnes det gasser som er naturlig tilstede, og som har den egenskap at de absorberer en stor del av den strålingen jorda sender ut. Disse gassene stråler i neste omgang noe av denne energien videre ut i verdensrommet og noe tilbake til jordoverflaten. Fangingen av energi i atmosfæren kalles gjerne for drivhuseffekten. Uten denne effekten ville jordas gjennomsnittlige overflatetemperatur vært om lag 33 grader lavere enn hva den faktisk er.

Allerede i 1827 påpekte den franske matematiker Fourier denne egenskapen ved atmosfæren. Han mente at menneskenes aktivitet kan påvirke klimaet på jordens overflate. Den svenske kjemikeren Swante Arrhenius arbeidet videre med klimatiske effekter av en økning av atmosfærens CO_2-konsentrasjon. I 1896 presenterte han en modell for strålingsenergibalansen i jordoverflate/atmosfære-systemet. Modellen tok bl.a. hensyn til strålingsegenskapene til CO_2, vanndamp, jordoverflaten og skyene. Arrhenius' beregninger antydet at en dobling av CO_2-innholdet i atmosfæren kunne medføre en økning i jordas overflatetemperatur på 5 grader Celsius.

Som tabell 6.28 viser har konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren økt med i overkant av 25 prosent siden preindustriell tid. Økningen skyldes aktiviteter som brenning av kull, olje og gass, nedhugging og brenning av skog, og oppdyrking av jord slik at organisk karbon oksideres og frigjøres til atmosfæren.

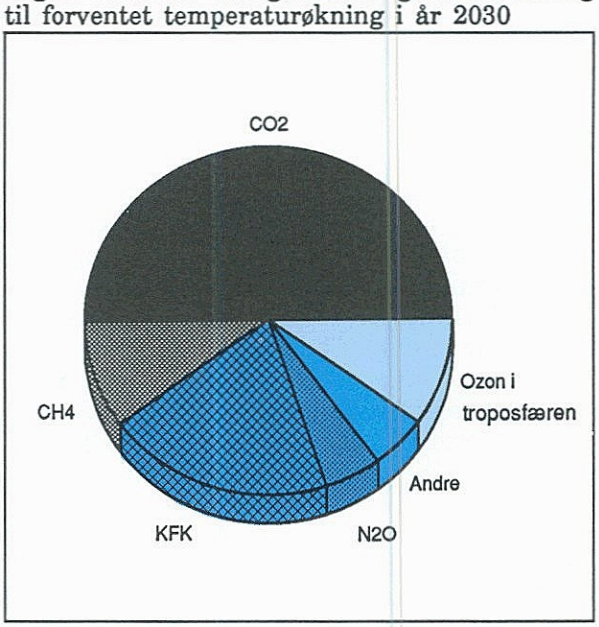
Etterhvert har man blitt oppmerksom på at det er flere gasser som er av betydning for drivhuseffekten. Økte konsentrasjoner av disse kan derfor medføre en økning i drivhuseffekten. De viktigste klimagassene som slippes ut i atmosfæren i tillegg til karbondioksid (CO_2), er metan (CH_4), lystgass (N_2O) og ulike klorfluorkarboner (KFK). KFK-gassene er meget sentrale i forbindelse med reduksjon av ozonlaget i stratosfæren, men mange av dem bidrar også til drivhuseffekten. De viktigste i denne sammenheng er KFK-12 (CF_2Cl_2), KFK-11 ($CFCl_3$), KFK-113 ($C_2F_3Cl_3$) og KFK-22 (CHF_2Cl).

Ozon (O_3) er også en viktig klimagass. Dette er en komponent som ikke slippes ut direkte, men som dannes ved fotokjemiske reaksjoner i atmosfæren, det vil si reaksjoner der solstråling tilfører energi som er nødvendig for at reaksjonene skal finne sted.

Vanndamp er den komponenten i atmosfæren som er av størst betydning for den naturlige drivhuseffekten. Vanndamp regnes likevel ikke som en drivhusgass sammen med de tidligere nevnte gassene, da menneskenes aktivitet ikke påvirker konsentrasjonen direkte gjennom utslipp. Vanndampmengden i atmosfæren bestemmes av klimatiske forhold. En klimaendring pga. endrede konsentrasjoner av andre drivhusgasser vil påvirke vanndampkonsentrasjonen, og dette utgjør derfor en viktig tilbakekoplingsmekanisme i klimasystemet.

Blant de gassene som vanligvis omtales som drivhusgasser, er det idag CO_2 som er av størst betydning for økningen i drivhuseffekten. Av drivhusgassene er denne tilstede i størst mengde (bortsett fra vanndamp). Figur 6.14 viser de viktigste drivhusgassenes bidrag til forventet temperaturøkning i år 2030.

Figur 6.14. De viktigste klimagassenes bidrag til forventet temperaturøkning i år 2030



Kilde: NILU.

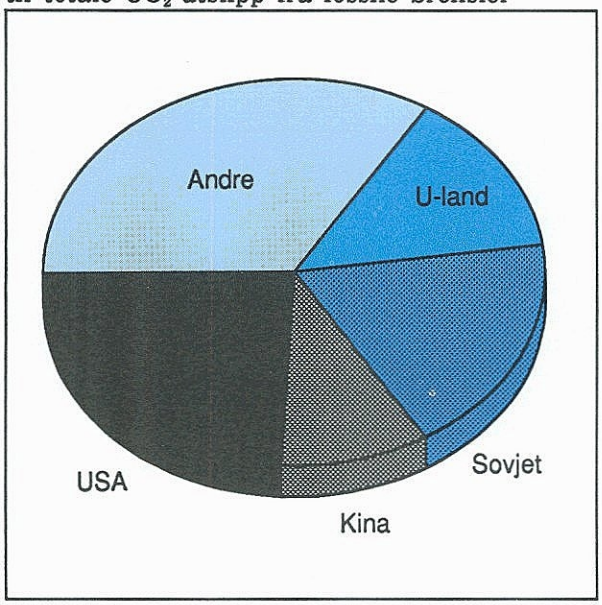
Utslipp av drivhusgasser

De viktigste CO_2-kildene er forbrenning av kull, olje og gass (5,5 milliarder tonn C pr. år), avskogning/endret arealbruk (0,4-2,6 milliarder tonn C pr. år) og sementproduksjon (0,13 milliarder tonn C pr. år). Karbon-frigjøringen pga. menneskenes aktiviteter er små i forhold til de naturlige strømmene. Men dette er CO_2-utslipp som kommer som et tillegg til den naturlige frigjøringen og representerer nettobidrag av CO_2 til atmosfæren.

De landene som bidrar mest til de globale utslipp av CO_2 fra fossile brensler er USA, Sovjet og Kina. Figur 6.15 viser fordeling

av antropogene CO_2-utslipp fra fossile brensler på land og grupper av land.

Figur 6.15. Bidrag fra land og grupper av land til totale CO_2-utslipp fra fossile brensler



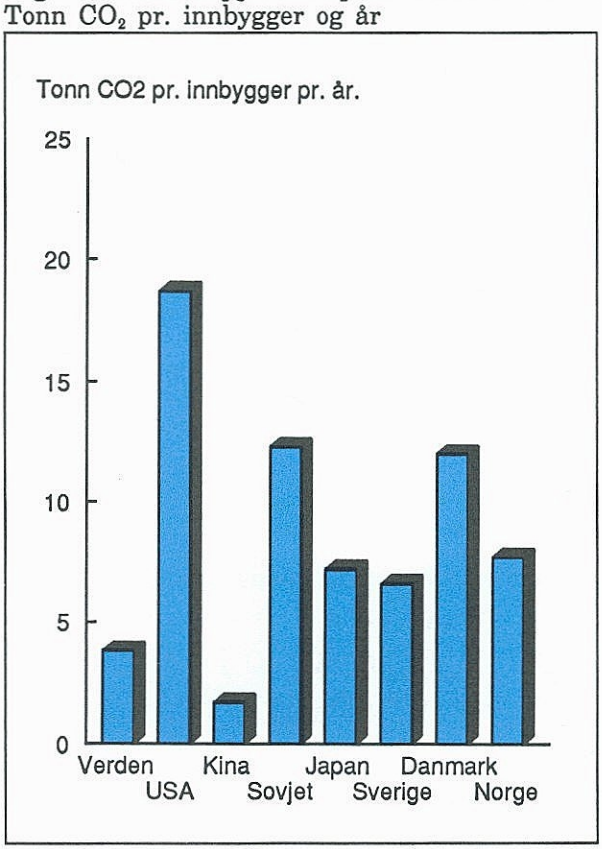
Kilde: SAF.

Det er de industrialiserte land som har de største utslipp av CO_2, og det er her reduksjonspotensialet er størst i dag. Grovt regnet står 25 prosent av verdens befolkning for hele 75 prosent av de samlede CO_2-utslipp. Samtidig er vekstpotensialet størst i U-landene. Studier tyder på at Kinas energiforbruk, der kull utgjør 3/4, vil fordobles fra 1980 til år 2000.

Landenes energiforbruk regnet pr. innbygger varierer meget sterkt. Land som USA og Canada ligger på topp, mens India og Kina ligger blant de laveste. Norge ligger på et høyt vest-Europeisk nivå. CO_2-utslipp pr. innbygger varierer derfor også sterkt, men her spiller også forhold som sammensetning av energiforbruket (fossile vs ikke-fossile energikilder) og energieffektivitet inn.

Figur 6.16 viser utslipp av CO_2 fra fossile brensler pr. innbygger og år for noen utvalgte land. Mens gjennomsnittet for hele verden ligger på litt under 4 tonn CO_2 pr. innbygger og år, er tilsvarende tall for USA i underkant av 20. For Kina, som er verdens mest folkerike land, er utslippet i underkant av 2 tonn pr. innbygger og år. Norge, med sin store andel vannkraft i energiforbruket, har et utslipp pr. innbygger på litt i underkant av 8 tonn CO_2 pr. innbygger og år (når utslipp fra utenriks sjøfart holdes utenfor).

Figur 6.16. Utslipp av CO_2 fra fossile brensler. Tonn CO_2 pr. innbygger og år



Kilde: SAF/SSB.

Frigjøringen av karbon ved avskogning og endret arealbruk er som nevnt anslått til 0,4-2,6 milliarder tonn C pr. år. I 1980-årene sto 6 land (Brasil, Indonesia, Colombia, Elfenbenskysten, Thailand og Laos) for 55 prosent av netto karbon-frigjøring fra tropisk avskogning.

Konsentrasjonen av metan, CH_4, har i løpet av de siste 200-300 årene vokst i takt med verdens befolkning. Menneskelige aktiviteter forårsaker mer enn halvparten av de globale utslippene av denne gassen. Befolkningsveksten har derfor medført økte totalutslipp. Men noe av økningen kan også komme av reduserte OH-konsentrasjoner noe som medfører redusert nedbrytning av metan i atmosfæren. Naturlige utslipp av metan skyldes først og fremst nedbryting av organisk materiale uten tilgang på

oksygen, samt gjæringsprosessene i tarmsystemet hos dyr, særlig drøvtyggere. Tabell 6.29 viser globale utslipp fra de viktigste kildene.

Tabell 6.29. Utslipp av metan fra ulike kilder. Millioner tonn CH_4 pr. år

NATURLIGE KILDER	
Våtmarker	110 ± 2
Insekter	25 ± 20
Hav	10 ± 3
Tarmsystemet i ville dyr	5 ± 3
Innsjøer	4 ± 2
Tundra	3 ± 2
Annet	40 ± 40
ANTROPOGENE KILDER	
Tarmsystemet i husdyr	75 ± 35
Rismarker	70 ± 30
Biomassebrenning	70 ± 40
Naturgass og gruvedrift	50 ± 25
Anaerob nedbrytning av avfall	30 ± 30

Kilde: Wuebbles og Edmonds, 1988.

De globale utslipp av N_2O er lite kjent. De viktigste kildene er biologiske prosesser i jord og vann, og forbrenning av fossile brensler. Tabell 6.30 viser kilder og årlige globale utslipp.

Det er gjort beregninger som viser at for å stabilisere konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren må de årlige utslipp reduseres med over 50 prosent. For metan, som har en mye kortere levetid i atmosfæren, er det tilstrekkelig med en reduksjon i de antropogene utslippene på 10-20 prosent for at konsentrasjonen skal stabiliseres. For N_2O må de antropogene utslippene reduseres med 80-85 prosent (det antas da at konsentrasjonsøkningen i atmosfæren skyldes økningen i antropogene utslipp). For KFK-11 og KFK-12 er det nødvendig med reduksjoner i utslippene på hhv. 75 prosent og 85 prosent for å stabilisere konsentrasjonene. (Men for å stabilisere konsentrasjonene av klor i stratosfæren, der reduksjon av ozonlaget finner sted, må alle utslipp av fullstendig halogenerte KFK'er stoppes, og forbruket av metylklorid stabiliseres.) For gasser som NO_x og CO, som påvirker atmosfærekjemien, men som selv ikke er direkte drivhusgasser, vil det være tilstrekkelig å stabilisere utslippene på dagens nivå for å stabilisere sammensetningen av atmosfæren, forutsatt at konsentrasjonen av de langlivede gassene stabiliseres. (EPA, 1989).

Tabell 6.30. Utslipp av N_2O fra ulike kilder. Millioner tonn N pr. år

NATURLIGE KILDER	
Hav og elveutløp	2,0 ± 1,0
Udyrket jord	6,5 ± 3,5
ANTROPOGENE KILDER	
Fossile brensler	6,5 ± 1,0
Biomasseforbrenning	0,7 ± 2,0
Gjødslede marker	0,8 ± 0,2
Dyrkede, ugjødslede marker	1,5 ± 0,5

Kilde: Wuebbles og Edmonds, 1989.

Gassenes drivhusstyrke

De gassene som er beskrevet ovenfor, er gasser som har direkte effekt på jordas strålingsbalanse, dvs. de absorberer varmestråling som jorda sender ut. Forhold som avgjør gassenes (direkte) "drivhusstyrke" er:

1) Hvor sterkt de absorberer varmestråling fra jorda,
2) hvilke bølgelengder de absorberer og
3) i hvilke konsentrasjoner de er tilstede i atmosfæren.

Regnet pr. molekyl har KFK-12 ca. 22 000 ganger større oppvarmingsstyrke enn CO_2. Dette kommer av at denne gassen absorberer i en del av spekteret der varmestrålingen fra jorda er sterk. Men fordi konsentrasjonen av CO_2 er langt høyere enn konsentrasjonen av KFK, betyr CO_2 mer for drivhuseffekten totalt sett.

Noen gasser har en *indirekte* effekt på strålingsbalansen ved sin måte å påvirke den kjemiske dannelse og nedbrytning av gasser som har direkte effekt på jordas strålingsbalanse. Det er først og fremst O_3 og CH_4 som påvirkes.

Konsentrasjonen av ozon, som altså er en viktig drivhusgass, kontrolleres av andre stoffer i atmosfæren. Ozon dannes i troposfæren ved følgende reaksjoner:

Først dannes atomært oksygen ved fotokjemisk spalting av NO_2:

NO_2 + solstråling ---> NO + O

Oksygenatomet reagerer videre med luftens O_2 og et luftmolekyl, M (gjerne N_2 eller O_2) og danner ozon, O_3:

M + O + O_2 ---> O_3 + M

Ozon reagerer videre med NO:

NO + O_3 ---> NO_2 + O_2

Slik dannes og nedbrytes ozon uten at det finner sted noen nettoproduksjon. Denne balansen forstyrres ved at andre stoffer enn O_3 oksiderer NO til NO_2 slik at O_3 ikke forbrukes. Konsentrasjonen av ozon kan dermed bygge seg opp. Stoffer som kan oksidere NO til NO_2 kan være hydroperoksylradikaler (HO_2) og organiske peroksyradikaler (RO_2), som dannes når CO og hydrokarboner oksideres i atmosfæren ved reaksjon med hydroksylradikaler (OH), f.eks:

$$CH_4 + OH \xrightarrow{O_2} CH_3O_2 + H_2O$$

og

$$CO + OH \xrightarrow{O_2} CO_2 + HO_2$$

Oksidasjon av NO til NO_2 kan da skje ved følgende reaksjoner:

$NO + HO_2$ ---> NO_2 + OH
$NO + CH_3O_3$ ---> NO_2 + CH_3O

Via disse mekanismene vil utslipp av NO_x, CO, metan og andre hydrokarboner bestemme fordelingen av ozon i troposfæren.

Siden disse utslippene også påvirker mengden av OH vil de videre virke inn på fordelingen av CH_4. Hele 90-95 prosent av nedbrytningen av metan skjer ved reaksjon med OH i troposfæren (resten brytes ned i stratosfæren). Økte CH_4-utslipp medfører reduserte konsentrasjoner av OH. Dette vil videre føre til redusert nedbryting av CH_4. Dette utgjør dermed en positiv feedbackmekanisme i troposfærens kjemi. (Men endring i utslipp av andre stoffer vil også påvirke OH og derfor også konsentrasjonen av CH_4.) De indirekte effektene for metan er altså at utslipp bidrar til forsterket O_3-dannelse i troposfæren, samt reduksjon av sin egen nedbrytning. Dette kommer i tillegg til de direkte effektene metan har som drivhusgass.

Tabell 6.31. Klimafaktorer for de viktigste klimapåvirkende gassene. * indikerer at det er tatt hensyn til indirekte effekter

Gass	Drivhusstyrke (CO_2-ekvivalenter pr. kg utslipp)
CO_2	1
CH_4	8 / 14 *
N_2O	300
KFK-11	3 400
KFK-12	9 200
KFK-113	4 400
KFK-22	1 150
Metylkloroform	70
CCl_4	1 650
NMHC[1)]	1.7 *
NO_x	16 *
CO	4 *

1) NMHC: Non-methane-hydrocarbons.
Kilde: Isaksen, 1990.

Ut i fra den kjennskap en har til gassenes direkte oppvarmingseffekt pr. molekyl og deres rolle i atmosfærekjemien kan en beregne de aktuelle gassenes drivhusstyrke med hensyn til både direkte og indirekte effekter (Isaksen, 1989). Slike oppvarmingsfaktorer kan relateres til effekten av CO_2, slik at oppvarmingseffekten av andre gasser kan angis som CO_2-ekvivalenter, se tabell 6.31. Beregningen av oppvarmingsfaktorene baserer seg på en økning av CO_2 fra 315-445 ppm. Dette er av betydning siden den direkte oppvarmingseffekt (uten tilbakekoplingseffekter) av CO_2 ikke øker lineært, men logaritmisk med konsentrasjonen. For O_3 og KFK øker oppvarmingseffekten lineært, mens den for CH_4 og N_2O øker med kvadratroten av konsentrasjonen.

De konsentrasjoner en får i atmosfæren av de ulike komponentene er bestemt av utslippenes størrelse og nedbrytningsraten av stoffene i atmosfæren. Dette er det tatt hensyn til ved utarbeiding av verdiene for drivhusstyrke.

Utslipp regnet som CO_2-ekvivalenter ved forbrenning av kull, olje og gass

Klimafaktorene kan brukes til å sammenligne utslipp fra ulike brensler, transportmidler (bensinbiler, dieselbiler, gassdrevne biler) o.l. med hensyn til betydning for økt drivhuseffekt.

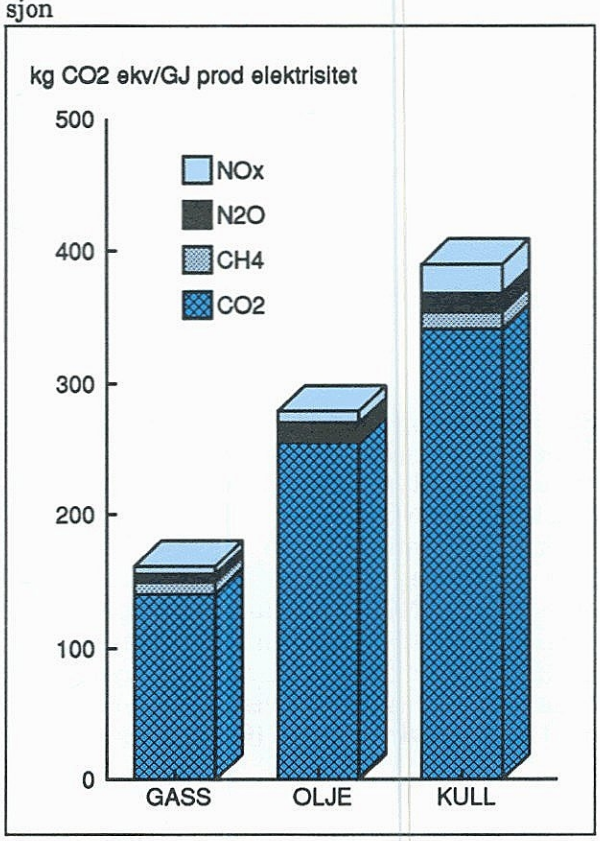
Ved vurdering av ulike brensler og former for produksjon av elektrisitet bør ideelt sett hele prosessen fra uttak av energivarer, transport, raffinering og omforming/bruk tas med i et regnskap over samlet drivhusstyrke.

Figur 6.17 viser resultatene av en slik sammenligning. En har her sammenlignet kull, olje og gass brukt til produksjon av elektrisk kraft. Utslipp ved gruvedrift og boring, transport og raffinering av brensler, lekkasjer og utslipp ved forbrenning er inkludert i beregningene. Utslippenes drivhusstyrke er gitt i antall CO_2-ekvivalenter pr. produsert energienhet elektrisk kraft. Figuren viser at for disse formene for elproduksjon er CO_2-utslippene viktigst med hensyn til drivhuseffekten, men at utslipp av andre stoffer også har en viss tilleggseffekt. Med de utslippene som er inkludert i dette "regnskapet", har olje til bruk i kraftverk bare ca. 70 prosent av drivhuseffekten til kull når det benyttes til samme formål, mens gass har ca. 40 prosent av verdien for kull.

Slike vurderinger er svært avhengige av hvilke antagelser som gjøres om teknologi (evt. renseutstyr, NO_x-utslipp etc.) og spesielt virkningsgrad, siden drivhusstyrken i dette tilfellet er regnet i forhold til mengde produsert energi. I tillegg er klimafaktorene beheftet med usikkerhet. Eksemplet illustrerer likevel nivåene for de tre brenseltypene og hvilke stoffer som er av størst betydning.

I vurderingene er det er tatt hensyn til diffuse utslipp (spredte lekkasjer) av metan. Størrelsen på disse er av betydning for drivhuseffekten for gass som brensel. Andre vurderinger tyder på at lekkasjene av naturgass må være mindre enn henholdsvis 10 og 14 prosent for at gass skal ha lavere total drivhusstyrke enn olje og kull (Roland, 1990). Anslag viser at slike lekkasjer i dag er langt under disse grensene.

Figur 6.17. Utslipp regnet i CO_2-ekvivalenter ved gass-, olje- og kullbasert elektrisitetsproduksjon



REFERANSER:

Alcamo, J., M. Amann, J.-P. Hetteling, M. Holmberg, L. Hordijk, J. Kamari, L. Kauppi, G. Kornai, A. Makela (1987): *Acidification in Europe: A simulation model for evaluating control strategies.* Ambio 16:5

Alfsen, K. H., L. Lorentsen og K. Nyborg (1989): *Miljøkonsekvenser av en europeisk satsing på gass som brensel.* Økonomiske Analyser nr. 8

Braathen, G.O., Dovland, H. og Aune, B.: *Foreløpig rapport fra NILU og DNMI om drivhuseffekten og klimautviklingen.* NILU OR: 79/89. Referanse: 0-1387. November 1989

ECE/UN (Economic Commission for Europe/United Nations) (1988): *Overall Economic Perspectives to the Year 2000.* ECE/EC.AD/32

Grøtvedt, L. (1987): *Støy og helse. Analyse av støyopplevelse i Norge.* Sosiale og økono-

miske studier nr. 66, Statistisk sentralbyrå. Oslo

Halvorsen, B., Kverndokk, S., Torvanger, A., (1989): *Global, regional and national Carbondioxide Emissions 1949-86.* Working Paper No. 59/1989. Centre for applied research (SAF)

Isaksen, I.S.A., (1988): *Is the Oxidizing Capacity of the Atmosphere Changing?* "The Changing Atmosphere", Dahlem Workshop Reports. Eds. F.S. Rowland og I.S.A. Isaksen

Isaksen, I.S.A., (1989): *Forurensningsgassers betydning for drivhuseffekten: Beregning av klimafaktor ved forurensningsutslipp.* Institutt for Geofysikk, Universitetet i Oslo

Isaksen, I.S.A., (1990): Personlig meddelselse

Iversen, T., S. Saltbones, H. Sandnes, A. Eliassen, and Ø. Hov (1989): *Airborne Transboundary transport of sulphur and nitrogen over Europe - model description and calculations.* (EMEP MSC-W 2/89). The Norwegian Meteorological Institute. Oslo

Levander, T., (1989): *Betydelsen av andra växthusgaser än koldioxid och eventuella andra skillnader mellan olika bränslen.* Statens Energiverk, PM 1989-09-14

MD (Miljøverndepartementet) (1988): *Skogskade-scenarier.* Rapport fra Prosjektgruppe for perspektivanalyse for norsk skog

Nielsen, G. (1985): *Veitrafikkstøy 1979-2000. Et forsøk på framskriving av trafikkstøyproblemet i Norge.* Transportøkonomisk institutt. Notat av 10/5-1985

Roland, K. (1990): Personlig meddelelse

SFT (Statens forurensningstilsyn) (1987): *Ytterligere reduksjon av luftforurensningen i Oslo.* Hovedrapport fra samarbeidsprosjekt mellom Oslo kommune og Statens forurensningstilsyn. Oslo

SFT (Statens forurensningstilsyn) (1988a): *Overvåkingsresultater 1987.* Statlig program for forurensningsovervåking

SFT (Statens forurensningstilsyn) (1988b): *Reduksjon av luftforurensning og vegtrafikkstøy i Sarpsborg/Fredrikstad-området.* Hovedrapport fra et samarbeidsprosjekt mellom de berørte kommuner, vegkontoret, fylkesmyndighetene og Statens forurensningstilsyn. Oslo

Syvertsen, T. (1988): *Vekting av ulike nyttevirkninger. Tiltaksanalysen for Sarpsborg-/Fredrikstad-området.* Statens forurensningstilsyn. Notat 4/1-1988

TØI (Transportøkonomisk Institutt) (1988): *Ulykkeskostnader og verdien av unngåtte ulykker.* Notat 877/1988

US Environmental Protection Agency, (1989): *Policy Options for Stabilizing Global Climate.* Report to Congress

Wuebbles, D.J. og Edmonds, J.: *A primer on greenhouse gases.* US Department of Energy Washington, DC. DOE/NBB 0083, 1988

VEDLEGG 1

PUBLIKASJONER FRA SEKSJON FOR RESSURS- OG MILJØANALYSE. 1988-1989/90

Discussion Paper:

No. 29 Berger, K., Cappelen, Å. and Svendsen, I.: Investment Booms in an Oil Economy - The Norwegian Case

32 Berger, K., Hoel, H., Holden, S. and Olsen, Ø.: The Oil Market as an Oligopoly

34 Holmøy, E. and Olsen, Ø.: A Note on Myopic Decision Rules in the Neoclassical Theory of Producer Behaviour

39 Aslaksen, I., Bjerkholt, O. and Brekke, K.A.: Optimal Sequencing of Hydroelectric and Thermal Power Generation under Energy Price Uncertainty and Demand Fluctuations

40 Bjerkholt, O. and Brekke, K.A.: Optimal Starting and Stopping Rules for Resource Depletion when Price is Exogenous and Stochastic

43 Mork, K.A., Mysen, H.T. and Olsen, Ø.: Business Cycles and Oil Price Fluctuations: Some Evidence for Six OECD Countries

44 Bye, B., Bye, T. and Lorentsen, L.: SIMEN. Studies of Industry, Environment and Energy towards 2000

45 Bjerkholt, O., Gjelsvik, E. and Olsen, Ø.: Gas Trade and Demand in Northwest Europe: Regulation, Bargaining and Competition

Interne notater (INO):

Nr. 88/4 Berger, K., Cappelen, Å., Knudsen, V. og Roland, K.: The impact on the Norwegian economy of low oil prices

" 88/22 Fadum, E.: Oppbygging og bruk av statistikkområder. Statistikk tilknyttet vassdragenes nedbørfelt - basert på en kobling av Vassdragsregisterets stedfestingssystem REGINE og SSBs grunnkretser

" 89/3 Vigerust, B. og Vik, T.: Ressursregnskap for energi. Dokumentasjonsnotat nr. 8. Fylkesvise energiregnskap 1984 og 1985

" 89/29 Bye, B.: Husholdningenes bruk av energi

" 89/30 Bye, T. og Hansen, M.I.: En økonomisk modell for temperaturkorrigering av energibruken

" 90/1 Berger, K.: Dokumentasjon av OEGs analyseverktøy for norsk oljevirksomhet

" 90/2 Hetland, T., Vik, T. og Aaheim, A.: Ressursregnskap for energi. Dokumentasjonsnotat nr. 9. Tilgang og bruk av energi 1980-1987

" 90/5 Bye, B.: MODAG W benyttet til energi- og miljøanalyser: Dokumentasjon av SIMEN-beregningene

V E D L E G G 1

Rapporter (RAPP):

Nr. 88/1 Naturressurser og miljø 1987
" 88/11 Næsset, E.: Ressursregnskap for skog 1970-1985
" 88/17 Selboe, O.K.: Modeller for beregning av nasjonale og regionale utslipp til luft
" 88/19 Næsset, E.: Verdsetting av skog. Estimering av hjelpefunksjoner basert på data fra flybilder og Økonomisk kartverk
" 88/31 Glomsrød, S. og Rosland, A.: Luftforurensning og materialskader: Samfunnsøkonomiske kostnader
" 89/1 Naturressurser og miljø 1988
" 89/6 Engebretsen, Ø.: Utbyggingsregnskap. Dokumentasjon av metode og resultater fra prøveregnskap 1986 og 1987
" 89/22 Bye, T og Johnsen, T.A.: Energisubstitusjon i treforedlingssektoren

Reprints (REPR):

No. 42 Biørn, E., Holmøy, E. og Olsen, Ø.: Gross and Net Capital, and the Form of the Survival Function: Theory and some Norwegian Evidence

Samfunnsspeilet:

Nr. 88/3 Alfsen, K.H. og Glomsrød, S.: Ikke bare fisk som dør .....
" 89/2 Brunvoll, F.: Kommunal avløpsrensing: Når får vi tilfredsstillende kvalitet?

Sosiale og økonomiske studier (SØS):

Nr. 67 Olsen, Ø. og Roland, K.: Modelling demand for natural gas : A review of various approaches
" 68 Miljøstatistikk 1988
" 73 Brekke, K.A. og Torvanger, A. (red.): Vitenskapsfilosofi og økonomisk teori

Statistisk ukehefte (SU):

Nr. 88/30 Ressursregnskap for energi 1986
" 88/30 Ressursregnskap for energi 1987. Foreløpige tall
" 89/33 Ressursregnskap for energi 1987.
" 89/33 Ressursregnskap for energi 1988. Foreløpige tall

VEDLEGG 1

Økonomiske analyser (ØKA):

Nr. 88/3 Bye, B. og Aaheim, A.: Innføring av gasskraft
" 88/4 Brekke, K.A., Gjelsvik, E. og Olsen, Ø.: Utbygging av oljefelter med usikre oljepriser. Eksemplet Snorre
" 89/3 Alfsen, K.H.: Kald fusjon - noen spekulative perspektiver
" 89/3 Bjerkholt, O., Bye, T. og Olsen, Ø.: Kraft på billigsalg
" 89/5 Brekke, K.A., Johnsen, T.A. og Aaheim, A.: Petroleumsformuen - prinsipper og beregninger
" 89/5 Bye, B., Bye, T. og Lorentsen, L.: Kan miljøvern og økonomisk vekst forenes?
" 89/8 Alfsen, K.H., Lorentsen L. og Nyborg K.: Miljøkonsekvenser av en europeisk satsing på gass som brensel

UTKOMMET I SERIEN RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ ETTER 1. JANUAR 1989 (RAPP)
Issued in the series Reports from the Central Bureau of Statistics since 1 January 1989 (REP)
ISSN 0332-8422

- 88/9 Radiolytting og fjernsynsseing vinteren 1988 Landsoversikt for programdagene 30. januar - 5. februar/Gustav Haraldsen. 1988-91s. (RAPP; 88/9) 40 kr ISBN 82-537-2653-8

- 88/10 Radiolytting og fjernsynsseing vinteren 1988 Fylkesoversikt for programdagene 30. januar - 5. februar/Gustav Haraldsen. 1988-168s. (RAPP; 88/10) 50 kr ISBN 82-537-2654-6

- 88/11 Ressursregnskap for skog 1970-1985/Erik Næsset. 1988-68s. (RAPP; 88/11) 40 kr ISBN 82-537-2661-9

- 88/15 Inntektsulikhet i Norge 1973-1985/Rolf Aaberge og Tom Wennemo. 1988-94s. (RAPP; 88/15) 45 kr ISBN 82-537-2671-6

- 88/16 Individuelle faktorer ved rekruttering til uførepensjonsordningen. En empirisk studie 1977-1983/Ellen J. Amundsen. 1988-96s. (RAPP; 88/16) 45 kr ISBN 82-537-2728-3

- 88/26 Radiolytting og fjernsynsseing Høsten 1988 Fylkesoversikt for programdagene 1.-7. oktober Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1988-130s. (RAPP; 88/26) 50 kr ISBN 82-537-2699-6

- 88/27 Radiolytting og fjernsynsseing Høsten 1988 Landsoversikt for programdagene 1.-7. oktober/ Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1988-85s. (RAPP; 88/27) 40 kr ISBN 82-537-2700-3

- 88/28 Radiolytting og fjernsynsseing blant barn og ungdom høsten 1988 Programdagene 1.-7. oktober/Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1988-55s. (RAPP; 88/28) 40 kr ISBN 82-537-2703-8

- 88/29 Kommunehelsetjenesten Årsstatistikk for 1987. 1988-67s. (RAPP; 88/29) 40 kr ISBN 82-537-2698-8

- 88/31 Luftforurensning og materialskader: Samfunnsøkonomiske kostnader/Solveig Glomsrød og Audun Rosland. 1989-70 s. (RAPP; 88/31) 40 kr ISBN 82-537-2727-5

- 88/32 Den norske informasjonssektoren - Hvor stor del av totaløkonomien har med informasjon å gjøre?/Jan Brunsgaard og Erling Joar Fløttum. 1989-73s. (RAPP; 88/32) 40 kr ISBN 82-537-2707-0

- 89/1 Naturressurser og miljø 1988 Energi, petroleumsøkonomi, mineraler, fisk, skog, jordbruk, avfall, avløp og vannforsyning, luft Ressursregnskap og analyser. 1989-116s. (RAPP; 89/1) 75 kr ISBN 82-537-2765-8

- 89/2 KVARTS-86 A Quarterly Macroeconomic Model Formal Structure and Empirical Characteristics/ Einar Bowitz and Torbjørn Eika. 1989-104s. (RAPP; 89/2) 45 kr ISBN 82-537-2714-3

- 89/3 Lønnsrelasjoner i en kvartalsmodell for norsk økonomi En KVARTS-rapport/Einar Bowitz. 1989-87s. (RAPP; 89/3) 70 kr ISBN 82-537-2738-0

- 89/4 Innvandringens betydning for befolkningsutvikling i Norge/Inger Texmon og Lars Østby. 1989-55s. (RAPP; 89/4) 70 kr ISBN 82-537-2723-2

- 89/5 Statistisk sentralbyrå Hovedtrekk i arbeidsprogrammet for 1989. 1989-53s. (RAPP; 89/5) 60 kr ISBN 82-537-2720-8

- 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

- 89/7 Sociodemographic Differentials in the Number of Children A Study of Women Born 1935, 1945 and 1955/Øystein Kravdal. 1989-138s. (RAPP; 89/7) 75 kr ISBN 82-537-2766-6

- 89/8 Radiolytting og fjernsynsseing Vinteren 1989 Landsoversikt for programdagene 4. - 10. februar/Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1989-69s. (RAPP; 89/8) 70 kr ISBN 82-537-2769-0

- 89/9 Radiolytting og fjernsynsseing Vinteren 1989 Fylkesoversikt for programdagene 4. - 10. februar/Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1989-130s. (RAPP; 89/9) 85 kr ISBN 82-537-2770-4

- 89/10 Rehabilitering av bygninger 1986/Arild Thomassen. 1989-41s. (RAPP; 89/10) 70 kr ISBN 82-537-2791-7

- 89/12 De eldres inntekter Nivå og ulikhet Income of Aged People Level and Inequality. 1989-156s. (RAPP; 89/12) 95 kr ISBN 82-537-2785-2

- 89/13 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1983-1986. 1989-38s. (RAPP; 89/13) 60 kr ISBN 82-537-2783-6

- 89/14 Ensliges inntekt og forbruk. 1989-107s. (RAPP; 89/14) 75 kr ISBN 82-537-2796-8

- 89/15 Husholdningsstørrelse og -sammensetning 1960, 1970 og 1980 Noen utvalgte alderstrinn/Bjø Moen. 1989-50s. (RAPP; 89/15) 60 kr ISBN 82-537-2847-6

- 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

- 89/17 Fruktbarhet og dødelighet i Norge 1771-1987. 1989-44s. (RAPP; 89/17) 60 kr ISBN 82-537-2840-9

- 89/18 Undersøkelse om bruk av folkebibliotek 1988. 1989-83s. (RAPP; 89/18) 60 kr ISBN 82-537-2832-8

- 89/19 Aktuelle skattetall 1989 Current Tax Data. 1989-44s. (RAPP; 89/19) 60 kr ISBN 82-537-2844-6

- 89/21 Kommunehelsetjenesten Årstatistikk for 1988. 1990-83s. (RAPP; 89/21) 70 kr ISBN 82-537-2870-0

- 90/2 Region-2 En modell for regionaløkonomisk analyse/Knut Ø. Sørensen og Jøran Toresen. 1990-76s. (RAPP; 90/2) 70 kr ISBN 82-537-2880-8

Pris kr 75,00

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

ISBN 82-537-2918-9
ISSN 0332-8422