

*Anne Finstad, Gisle Haakonsen
og Kristin Rypdal*

**Utslipp til luft av dioksiner i
Norge – Dokumentasjon av
metode og resultater**

Rapporter

I denne serien publiseres statistiske analyser, metode- og modellbeskrivelser fra de enkelte forsknings- og statistikkområder. Også resultater av ulike enkeltundersøkelser publiseres her, oftest med utfyllende kommentarer og analyser.

Reports

This series contains statistical analyses and method and model descriptions from the different research and statistics areas. Results of various single surveys are also published here, usually with supplementary comments and analyses.

© Statistisk sentralbyrå, mars 2002

Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen, vennligst oppgi Statistisk sentralbyrå som kilde.

ISBN 82-537-5040-4

ISSN 0806-2056

Emnegruppe

01.04.10

Design: Enzo Finger Design

Trykk: Statistisk sentralbyrå/270

Standardtegn i tabeller	Symbols in tables	Symbol
Tall kan ikke forekomme	Category not applicable	.
Oppgave mangler	Data not available	..
Oppgave mangler foreløpig	Data not yet available	...
Tall kan ikke offentliggjøres	Not for publication	:
Null	Nil	-
Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	Less than 0.5 of unit employed	0
Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	Less than 0.05 of unit employed	0,0
Foreløpig tall	Provisional or preliminary figure	*
Brudd i den loddrette serien	Break in the homogeneity of a vertical series	—
Brudd i den vannrette serien	Break in the homogeneity of a horizontal series	
Desimalskilletegn	Decimal punctuation mark	,(,)

Sammendrag

Anne Finstad, Gisle Haakonsen og Kristin Rypdal

Utslipp til luft av dioksiner i Norge – Dokumentasjon av metode og resultater

Rapporter 2002/7 • Statistisk sentralbyrå 2002

I dette arbeidet er det samlet inn data på utslipp til luft av dioksiner i Norge. Data for store industribedrifter og forbrenningsanlegg er basert på bedriftenes egenrapportering til Statens forurensningstilsyn (SFT). For alle andre kilder er utslipp beregnet basert på utslippsfaktorer og aktivitetsdata. Utslippsfaktorene er i hovedsak hentet fra internasjonal litteratur.

Tallene viser at utslippene til luft av dioksiner er lavere i dag enn i 1990. Reduksjonen har særlig vært stor innenfor prosessindustrien. Dette skyldes noen få bedrifter som tidlig på 1990-tallet hadde store utslipp av dioksin. Disse er nå blitt nedlagt eller har fått installert renseanlegg som har redusert utslippene betraktelig. Også utslippene fra avfallsforbrenning og veitrafikk er redusert. De viktigste kildene til dioksinutslipp i dag er metallproduksjon, skipsfart, forbrenning av treavfall i industrien og vedfyring. Ukontrollert forbrenning slik som husbranner og halmbrenning er også viktig.

Dette arbeidet viser også at utslippene av dioksiner er høyere enn tidligere publisert, for 1999 ca. 40 gram i forhold til tidligere oppgitte tall på ca. 20 gram. Dette skyldes hovedsakelig at flere kilder har blitt inkludert i beregningene. Særlig er utslipp fra skipsfart en stor kilde som tidligere ikke er blitt inkludert.

Prosjektstøtte: Arbeidet er finansiert av Statens forurensningstilsyn.

Innhold

Forord	7
Oppsummering	9
1. Innledning	11
2. Utslipp av dioksiner	12
2.1. Skadevirkninger	12
2.2. Sammenveing av ulike dioksinforbindelser	12
2.3. Tiltak	13
3. Metode	14
4. Datagrunnlag for den enkelte utslippskilde	15
4.1. Utslipp fra stasjonær forbrenning	15
4.2. Utslipp fra mobil forbrenning	23
4.3. Prosessutslipp	23
5. Resultater	26
5.1. Stasjonær forbrenning	26
5.2. Prosessutslipp	26
5.3. Mobil forbrenning	26
5.4. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid	28
Referanser	29
Vedlegg: Utslippsfaktorer benyttet i rapporten	31
Tidligere utgitt på emneområdet	32
De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter	33

Figurregister

Oppsummering

1. Utslipp til luft av dioksiner 1990-2000. g I-TEQ.....	9
2. Utslipp av dioksiner etter kilde. 1990 og 2000. g I-TEQ	9

4. Datagrunnlag for den enkelte utslippskilde

4.1. Utslipp av dioksiner vs. partikler.....	19
--	----

Tabellregister

2. Utslipp av dioksiner

2.1. Toksiske ekvivalentfaktorer for utvalgte dioksiner og furaner	13
--	----

4. Datagrunnlag for den enkelte utslippskilde

4.1. Utslippsfaktorer for dioksiner fra kullkraftverk.....	16
4.2. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av kull og koks i industrien.....	16
4.3. Utslippsfaktorer for dioksiner fra oljeforbrenning i industrien	17
4.4. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av spillolje i industrien	17
4.5. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av treavfall i industrien	17
4.6. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning innen tjenesteyting og landbruk.....	18
4.7. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av kull og koks i husholdningene	18
4.8. Utslippsfaktorer for dioksiner fra tradisjonelle ovner og ovner godkjent etter U.S.EPAs kriterier.....	19
4.9. Utslippsfaktorer for dioksiner fra vedfyring i husholdningene	19
4.10. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av fyringsolje i husholdningene	20
4.11. Dioksinutslipp fra fjernvarmeanlegg (avfallsforbrenning). g I-TEQ	20
4.12. Dioksinutslipp fra sykehusanlegg. g I-TEQ	21
4.13. Dioksinutslipp fra "Annen avfallsforbrenning". g I-TEQ.....	21
4.14. Dioksinutslipp fra forbrenning av maling og lakk. g I-TEQ	21
4.15. Dioksinutslipp fra bolig- og bygningsbranner. g I-TEQ	21
4.16. Dioksinutslipp fra bilbranner. g I-TEQ	22
4.17. Utslippsfaktorer for dioksiner fra halmbrenning	22
4.18. Utslippsfaktorer for dioksiner fra kremasjoner	22
4.19. Utslippsfaktorer for dioksiner fra veitrafikk	23
4.20. Veid faktor for bensinbiler. ng I-TEQ/kg drivstoff.....	23
4.21. Dioksinutslipp fra produksjon av kjemikalier og kjemiske produkter. g I-TEQ	24
4.22. Dioksinutslipp fra jern- og stålproduksjon. g I-TEQ	24
4.23. Dioksinutslipp fra produksjon av ferrolegeringer, hel- og halvfabrikat av jern og stål. g I-TEQ.....	24
4.24. Dioksinutslipp fra magnesiumproduksjon. g I-TEQ.....	24
4.25. Dioksinutslipp fra sekundær aluminiums- produksjon. g I-TEQ	24
4.26. Dioksinutslipp fra sementproduksjon. g I-TEQ	25
4.27. Dioksinutslipp fra gruvedrift. g I-TEQ	25
4.28. Utslippsfaktorer for dioksiner fra asfaltverk	25

5. Resultater

5.1. Utslipp til luft av dioksiner 1990-2000.....	27
---	----

Forord

Dioksiner er en viktig miljøgift som nå også er omfattet av internasjonale avtaler. Statistikken over utslipp av dioksiner har tidligere vært utarbeidet av Statens forurensningstilsyn og har i hovedsak omfattet utslipp fra punktkilder.

Formålet med dette arbeidet har vært å lage en fullstendig oversikt over utslipp til luft av dioksiner i Norge fra 1990 til 2000. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsanlegg til Statens forurensningstilsyn og beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer for andre kilder. Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av dioksiner siden mange utslippskilder er dårlig kartlagt, det er stor spredning i måledata og vekt faktorene er usikre. Usikkerheten er høyere for 1990 enn for de senere år.

Fra og med 2002 vil dioksiner inngå i den ordinære statistikken over utslipp til luft.

En stor takk rettes til Christel Benestad i SFT som har bidratt med opplysninger om utslipp fra industri og forbrenningsanlegg og som velvillig har sjekket opplysninger og besvart spørsmål.

Oppsummering

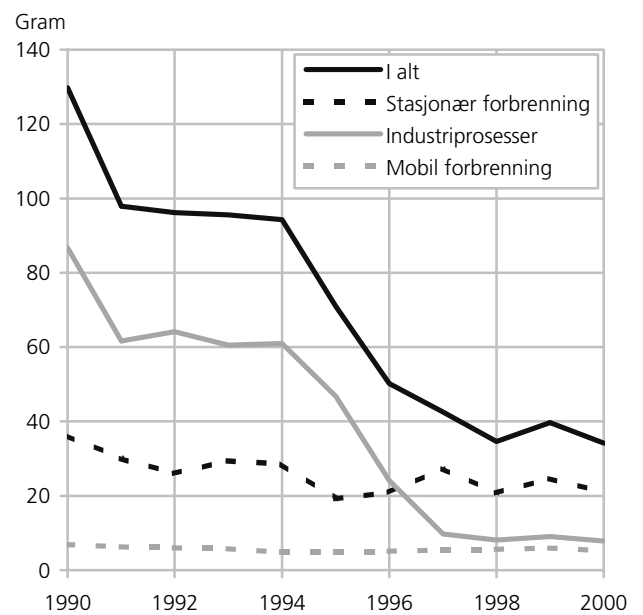
Klorerte dioksiner og furaner, populært kalt "dioksiner", er prioriterte miljøgifter i Norge. Den nasjonale målsettingen er å *redusere utslippene vesentlig innen 2010* (Miljøverndepartementet 2001). Dioksiner er også regulert gjennom langtransportkonvensjonen. Forpliktelsen her er at utslippene i 2010 ikke skal overstige nivået i 1990.

Dioksiner er fellesnavnet på en gruppe miljøgifter som består av forbindelser med den kjemiske benevnningen polyklorerte dibenzo-para-dioksiner (PCDD) og polyklorerte dibenzofuraner (PCDF). Gruppen består av 210 ulike forbindelser som alle har varierende giftige egenskaper. Dioksinforbindelsen 2,3,7,8-tetra-klor-dibenzo-para-dioksin (2,3,7,8-TCDD) regnes for å være den giftigste. På bakgrunn av giftigheten for hver enkelt forbindelse er det beregnet en såkalt giftighetsfaktor eller toksisk ekvivalentfaktor (TEF). TEF-verdien brukes for å beregne dioksinmengden, den toksiske ekvivalentmengden (TEQ), som er et uttrykk for "mengdens dioksin-giftighet" ($TEQ = \text{mengde}_{\text{dioksinforbindelse}} * TEF_{\text{dioksinforbindelse}}$)

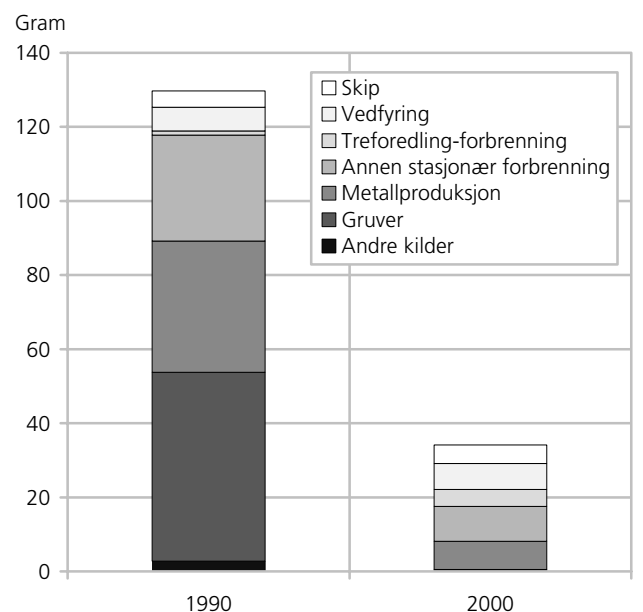
Beregning av de ulike dioksinforbindelsenes TEF-verdier gjøres ved hjelp av ulike modeller. De mest vanlige modeller brukt i den senere tid er nordisk modell, internasjonal modell (NATO-modell) og WHO-modell. Disse modellene er forholdsvis like, slik at normalt er forskjellen i resultatene ved bruk av disse modellene ikke stor. I denne rapporten er alle dioksinutslippene uttrykt i henhold til internasjonal modell, dvs. som internasjonal standard uttrykt som I-TEQ.

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av dioksiner. Utslipp er beregnet for alle kjente utslippskilder hvor datagrunnlaget er tilstrekkelig. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsanlegg og beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer. Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av dioksiner. Utslippene er til dels dårlig kartlagt, måleresultater varierer mye og vektfaktorene er usikre. Usikkerheten er høyere for 1990 enn for de senere årene, siden det foreligger ufullstendig informasjon om utslipp fra store bedrifter og forbrenningsanlegg. Tilbakeregningene er derfor nødvendigvis basert på en del antagelser.

Figur 1. Utslipp til luft av dioksiner 1990-2000. g I-TEQ



Figur 2. Utslipp av dioksiner etter kilde. 1990 og 2000. g I-TEQ



I 2000 var utslippet av dioksiner 34 gram I-TEQ. Dette er 74 prosent lavere enn i 1990 og ca. halvparten av nivået i 1995, som er basisår for den nasjonale målsettingen om *en vesentlig reduksjon* i utslippene. 62 prosent av utslippet kom fra stasjonær forbrenning, mens henholdsvis 23 og 15 prosent kom fra prosessutslipp og mobil forbrenning. 20 prosent av det totale dioksinutslippet stammer fra vedfyring. Også forbrenning av treavfall i treforedlingsindustrien er viktig. 22 prosent av det totale dioksinutslippet kommer som følge av metallproduksjon, og er dermed den største kilden til dioksinutslipp i Norge i dag. Innen mobil forbrenning er det utslipp fra skipsfart som bidrar mest. Hele 14 prosent (5 gram I-TEQ) av totalutslippet stammer fra denne kilden. Også ukontrollerte forbrenningskilder slik som husbranner og halm-brenning er viktig.

Den store reduksjonen i utslipp siden 1990 (se figur 1 og 2) skyldes i hovedsak nedleggelse av malmproduksjonen i Syd-Varanger og rensing av utslippene fra produksjon av magnesium. Utslippene fra avfallsforbrenning er redusert som følge av strengere utslippskrav og nedleggelse av mindre anlegg. Utslippene fra veitrafikk er redusert som en indirekte effekt av utfasing av blybensin.

Dette arbeidet viser at dioksinutslippene er høyere enn tidligere publisert, for 1999 ca. 40 gram i forhold til tidligere oppgitte tall på ca. 20 gram. Dette skyldes hovedsakelig at flere kilder er inkludert i beregningene. Særlig er utslipp fra skipsfart er stor kilde som tidligere ikke er blitt inkludert.

1. Innledning

Miljøgifter er nå omfattet av konvensjonen som skal begrense regional luftforurensning i Europa (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution - LRTAP). Miljøgiftene er regulert i to protokoller, en for tungmetaller (LRTAP-Heavy Metals) og en for organiske forbindelser (LRTAP-Persistent Organic Pollutants). Så langt inneholder protokollene forpliktelser om reduksjoner i utslippene av bl.a. bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), dioksiner/furaner og heksaklorbenzen. Utslippene skal reduseres uspesifisert i forhold til et basisår (for Norge 1990). Forpliktelsene i protokollene er i dag svakere enn de nasjonale målsettingene for disse stoffene og målsettinger for reduksjoner under Nordsjøavtalen. I Stortingsmelding nr. 58 (1996-1997) (Miljøverndepartementet 2001) er de nasjonale målsettingene gitt. Utslippene av bl.a. dioksiner/furaner *skal reduseres vesentlig senest innen år 2010* i forhold til dagens nivå. Man har valgt å bruke 1995 som basis år for denne målsettingen.

For de fleste miljøgiftene har det vært store endringer i utslippsnivået de senere årene. For dioksiner har det blant annet vært en reduksjon i utslipp fra industribedrifter og avfallsforbrenningsanlegg. Dette innebærer at utslipp fra andre kilder relativt sett har økt i betydning. Statens Forurensningstilsyn (SFT) har i år 2000 gjennomført en gjennomgang av egenrapportering av miljøutslipp fra bedrifter, noe som har forbedret datagrunnlaget for industribedrifter. I forbindelse med internasjonale miljøavtaler og nasjonale resultatmål er det behov for konsistente utslippsdata som dekker alle kilder og som kan vise utvikling over tid. Utslipp av dioksiner er ikke tidligere blitt beregnet i den nasjonale utslippsmodellen. Det har derfor vært nødvendig å gå igjennom datagrunnlaget nasjonalt og internasjonalt for å avdekke og beregne utslipp fra nye kilder. Formålet med dette arbeidet er å utvikle en konsistent utslippsoversikt for dioksiner fordelt på kilde og næring for perioden 1990-2000.

Denne rapporten dokumenterer beregningene av utslipp til luft av dioksiner i perioden 1990-2000. Et lignende arbeid har tidligere blitt gjort for bly, kadmium og kvikksølv samt polyaromatiske hydro-

karboner (Finstad m.fl. 2001). Dette har resultert i at bly, kadmium, kvikksølv og PAH og kvikksølv fra 2001 inngår i den ordinære statistikken over utslipp til luft. Dioksin vil inngå i denne statistikken fra 2002. De resterende prioriterte miljøgiftene arsen (As), krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni) og sink (Zn) samt heksaklorbenzen vil bli gjennomgått senere i et lignende arbeid, forutsatt finansiering.

Det er knyttet stor usikkerhet til utslipp av miljøgifter. Dette skyldes at det er gjennomført relativt få målinger fra diffuse kilder (kilder utenom industrien), og utslippsfaktorene som er gjengitt i litteraturen spriker mye. Videre er det for utslipp fra industrien ofte kun rapportert data for de senere årene, og utslippsnivået for noen år er ukjent. Det kan også forekomme utslipp fra ukjente kilder. Dataene som presenteres i denne rapporten må derfor ses på som foreløpige og vil bli forbedret etter som kunnskapsnivået øker.

2. Utslipp av dioksiner

Polyklorerte dibenzo-para-dioksiner (PCDD) og polyklorerte dibenzofuraner (PCDF) er betegnelsen på en gruppe miljøgifter som ofte går under fellesbetegnelsen "dioksiner". Gruppen består av 75 ulike klorerte dioksiner og 135 ulike klorerte furaner, som alle har varierende giftige egenskaper. Dibenzo-p-dioksin består av to benzenringer sammenbundet med en dioksinring. I dibenzofuran henger benzenringene sammen med en furanring. Disse benzenringene kan ha klor festet til seg, og klorerte dioksin- og furanforbindelser kan derfor inneholde 1 til 8 kloratomer. Dioksiner forekommer overalt i miljøet i lave konsentrasjoner, som følge av naturlige og menneskeskapt termiske prosesser. Alle forbrenningsprosesser der klor og karbon er til stede, er mulige dioksin-kilder. Dioksiner blir også dannet som biprodukter i et antall kjemiske prosesser. 2,3,7,8-tetraklordibenzo-p-dioksin (2,3,7,8-TCDD) regnes for å være den giftigste dioksinforbindelsen (SFT 2001).

2.1. Skadevirkninger

De klorerte dioksinene og furanene er alle giftige forbindelser. De toksiske egenskapene varierer hos de ulike isomerene, men forbindelser som har klor plassert i 2,3,7,8-posisjonene er de giftigste. Den akutte giftigheten varierer mye mellom ulike dyrearter og mellom ulike dioksinforbindelser. Dioksiner er akutt giftige for mange pattedyr og fugler, mens det ikke foreligger akutt giftighet for fisk (Benestad 1994). Kroniske effekter er derimot påvist for fisk ved særdeles lave konsentrasjoner.

Dioksiner akkumuleres i fettvev og oppkonsentreres i næringskjeden. Når det gjelder effekter på mennesker, er dioksiner akutt giftige ved høye konsentrasjoner, men ved lavere konsentrasjoner, er det dokumentert at relativt små doser kan gi kroniske effekter som redusert vekst, nedsatt immunforsvar, lavere testosteron-nivå og hudskader. Dioksiner vil også kunne føre til misdannelser samt kreft i lever og tarm. Folkehelse opererer derfor med svært lave verdier for hva de anbefaler som maksimalt daglig inntak av dioksiner. Maksimalt anbefalt daglig inntak er satt betydelig lavere enn de nivåene der man har sett effekter hos mennesker og dyr. Nesten hele dette inntaket skjer via mat, og da spesielt via mat med høyt fettinnhold.

Dioksiner er meget stabile forbindelser. De er generelt lite vannløslige og tåler normalt høye temperaturer. De er også lite biologisk nedbrytbare, men kan til en viss grad brytes ned av sollys under gunstige forhold. På grunn av sitt lave damptrykk absorberes de på partikler og kan således fraktes over store avstander. Som følge av dette betraktes dioksiner som et regionalt forurensningsproblem.

2.2. Sammenveining av ulike dioksinforbindelser

De klorerte dioksinene og furanene består av henholdsvis 75 og 135 ulike isomerer. Det blir derfor fort uoversiktlig hvis en skal oppgi konsentrasjonen for hver isomer i en prøve. I tillegg vil en sammenligning av flere prøver bli komplisert. Som følge av dette har det blitt innført et mål for toksisiteten av dioksiner og furaner i prøver der begrepet *toksisk ekvivalentfaktor* (TEF) blir brukt. TEF sammenligner giftigheten av de mest toksiske dioksinene og furanene. Faktorene er utarbeidet på grunnlag av de medisinske og biokjemiske kunnskaper som har vært tilgjengelige. Flere modeller er foreslått, og alle setter den mest toksiske isomeren, 2,3,7,8-TCDD lik 1. Faktorene til de andre isomerene som er mindre toksiske enn 2,3,7,8-TCDD får en lavere verdi, alt etter deres målte giftighetsgrad. Innholdet av dioksiner og furaner i prøver oppgis i enheten *toksiske ekvivalentenheter* (TEQ). Dette gjøres ved at mengden til hver dioksin/furan-komponent multipliseres med sin toksiske ekvivalentfaktor. Dette gir det relative giftighetsbidraget for hver komponent i prøven. Når alle komponentenes relative giftighetsbidrag summeres, får man dioksinresultatet uttrykt som hele prøvens dioksingiftighet (TEQ);

$$TEQ = \text{sum} (PCDD_i * TEF_i) + \text{sum} (PCDF_j * TEF_j)$$

Som nevnt er TEF-verdiene forskjellige avhengig av hvilke toksisitetmodeller/analyser som ligger til grunn. I dag er det tre ulike TEF-verdier i bruk, - den nordiske (N-TEF) basert på en nordisk toksisitetmodell, den internasjonale (I-TEQ) basert på en "NATO"-modell, og i 1997 lanserte WHO en ny TEF-verdi med tanke på risikoanalyse for dioksineksponering av mennesker/pattedyr, fisk og fugl (SFT 2001a). Dette betyr i praksis at det finnes 3 ulike dioksinenheter i bruk i dag (tabell 2.1).

Tabell 2.1. Toksiske ekvivalentfaktorer for utvalgte dioksiner og furaner

Kongener	Nordisk TEF	Internasjonal TEF ¹	WHO TEF ²
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
2,3,7,8-subst.PeCDD	0,5	0,5	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,001	0,0001
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,01	0,05	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,001	0,0001

¹ Kallt I-TEF og benyttes i denne rapporten.

² TEF-verdiene her gjelder for mennesker og pattedyr. Andre WHO TEF-verdier gjelder for fugl og fisk.

Ulike land og institusjoner benytter ulike TEQ-verdier, slik at resultatene ikke alltid er direkte sammenlignbare. Analyser gjort viser for øvrig at usikkerheten i dioksinresultatene kan være like stor som eller større enn forskjellen som skyldes bruk av ulike dioksinenheter (SFT 2001a). SFT foreslår at dioksinenhetene beregnet i henhold til WHO brukes i saksbehandling, med unntak av når internasjonal regulering krever bruk av internasjonale enheter (I-TEQ). Dette gjelder blant annet EU-direktivene som inneholder krav til dioksinutslipp. De fleste datakildene benyttet i denne rapporten opererer med I-TEQ. O-TEQ skal også brukes ved rapportering til LRTAP. Vi har derfor benyttet denne enheten i dette arbeidet.

2.3. Tiltak

Dioksiner og furaner er oppført på myndighetenes prioriteringsliste. Målsettingen er at utslippene skal reduseres vesentlig, senest innen 2010. Stoffgruppen omfattes også av Nordsjødeklarasjonene, der målsettingen var 70 prosent reduksjon i utslippene fra 1985 til 1995. Denne målsettingen er oppnådd (SFT 2001b). Videre står stoffgruppen på OSPARs liste over "prioriterte stoffer". Utslipp av dioksiner er også regulert gjennom EØS-regelverk i Spesialavfallforbrenningsdirektivet. Det vurderes også hvorvidt utslipp av dioksiner skal reguleres gjennom direktivet om krav til kommunale forbrenningsanlegg. ECE-protokollen omfatter dioksiner og krever tiltak for å redusere utslippene. Når forslaget til revidert EU-direktiv om utslipp fra kommunale avfallsforbrenningsanlegg trer i kraft, og de nye dioksinkravene implementeres, forventes ytterligere 80 prosent reduksjon i utslippene fra avfallsforbrenning forhold til 1998-utslipp (SFT 2001b).

3. Metode

Oversikter over nasjonale og kommunale utslipp til luft produseres i et samarbeid mellom SFT og SSB. SFT har ansvar for å levere data på utslipp fra store industri-bedrifter og forbrenningsanlegg samt å forbedre data-grunnlaget (for eksempel utslippsfaktorer). SSB har ansvar for aktivitetsdata, utvikling av utslippsmodellen og selve beregningene.

Utslipp til luft av dioksiner vil gjennom dette arbeidet bli beregnet i SSBs utslippsmodell slik som for andre miljøgifter, klimagasser og forsurende gasser. Utslippsmodellen er dokumentert i Flugsrud m.fl. (2000) for utslipp av disse komponentene. Utslipp knyttet til energibruk og prosessutslipp beregnes separat. Utslipp knyttet til kull og koks brukt som reduksjonsmidler defineres som prosessutslipp.

Utslipp fra energibruk beregnes ut fra følgende ligning:

$$3.1 \quad E_{ijklm} = [C_{jklm} - CPS_{jklm}] * EF_{ijklm} + EPS_{ijklm}$$

Hvor

E_{ijklm} = Utslipp av komponent i fra forbrenning av energivare j i kilde k i sektor l i kommune m .

C_{jklm} = Forbruk av energivare j i kilde k i sektor l i kommune m .

CPS_{jklm} = Forbruk av energivare j i kilde k i punktkilder i sektor l i kommune m .

EF_{ijklm} = Utslippsfaktor for komponent i fra forbrenning av energivare j i kilde k i sektor l i kommune m .

EPS_{ijklm} = Utslipp av komponent i fra forbrenning av energivare j i kilde k i punktkilder i sektor l i kommune m .

Utslipp fra veitrafikk beregnes i en egen satellittmodell.

Prosessutslippene beregnes i et fritt format som er avhengig av type utslipp. For utslipp fra industrien og avfallsforbrenningsanlegg benyttes om mulig data som er rapportert fra bedriftene til SFT og lagt inn i databasen *Inkosys*. Disse er imidlertid komplettert med beregninger. Metodene er beskrevet under hver utslippskilde. Prosessutslippene blir tildelt en utslippsbærer (analog til energivare) og utslippskilde (analog til teknologi for forbrenningskilder) og prosesseres videre i utslippsmodellen.

Utslippsfaktorer for forbrenningsutslipp og prosessutslipp der det ikke foreligger data rapportert direkte fra bedriftene, er bestemt ut fra litteraturdata som beskrevet under hver enkelt utslippskilde. Aktivitetsdata er ofte hentet fra Statistisk sentralbyrå, men av og til er det brukt statistikk fra andre institusjoner eller anslag.

Utslippene kan presenteres etter utslippskilde, utslippsbærer og næring (økonomisk sektor). Inkludering av miljøgifter i utslippsmodellen innebærer at ytterligere utslippskilder og utslippsbærere må defineres sammenlignet med de som er avgitt i Flugsrud m.fl. (2000). Foreløpig er det ikke lagt opp til at utslipp til luft av miljøgifter beregnes på fylkes- eller kommunenivå, men utslipp fordelt på rutenett vil bli beregnet i forbindelse med rapportering til LRTAP i 2002.

4. Datagrunnlag for den enkelte utslippskilde

Litteraturgjennomgangen er blant annet basert på

- Substance Flow Analysis for dioxins in Denmark (Hansen 2000)
- OSPAR harmonized quantification and reporting procedure (HARP-HAZ prototype) (SFT 2001)
- PCCD/F and PAH in Germany - Emission Balance and Reduction Measures (Giegrich et al. 1997)
- Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent Organic Pollutants (POPs) (Parma et al. 1995)
- Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases (UNEP 2001)

Andre datakilder er brukt for enkelte kilder som angitt i gjennomgangen. Informasjon fra U.S. Environmental Protection Agency (EPA) har ikke blitt benyttet i særlig grad selv om de har beskrevet utslippsfaktorer for en del kilder. Problemet har vært at I-TEQ-faktorer ikke har blitt benyttet, og dioksinene er vektet på en annen måte.

Data på utslipp fra store industribedrifter og forbrenningsanlegg er levert av SFT og er basert på bedriftenes egenrapportering av utslipp. Dataene er basert på uttak fra Inkosys høsten 2001. Bedriftenes egenrapportering er vesentlig forbedret de senere årene. Imidlertid varierer det hvilket år bedriftene har startet sin innrapportering av dioksiner. Noen har rapportert så langt tilbake som 1992, mens andre kun har rapportert for de senere år. For noen bedrifter finnes data bare for år 2000. Dersom bedriften har vært i drift i hele perioden, er utslipp for tidligere år for eksempel beregnet ut fra endringer i produksjon eller holdt konstant. Rettinger av inkonsistens i rapportering og beregning av tidsserier er beskrevet under hver enkelt utslippskilde.

Usikkerheten knyttet til målinger av utslipp av dioksiner er stor. De rapporterte utslippene fra bedriftene kan derfor variere en del fra år til år uten at dette nødvendigvis skyldes reelle endringer i utslippsnivå. Dette skaper problemer når dataene skal brukes til å lage nasjonale tall.

Man bør anta at flere småkilder av dioksinutslipp til luft ikke er kartlagt. En del av disse kildene kan være nevnt som potensielle dioksinkilder i litteraturen, men beregninger kan ikke gjøres før mer informasjon foreligger. Vi antar imidlertid at vi i dette arbeidet har dekket de viktigste kildene i nasjonal sammenheng.

En del av utslippsfaktorene som presenteres her regnes som svært usikre og er hentet fra noen få målinger. Utslippsnivået fra forbrenning er svært avhengig av forholdene under forbrenningen, og litteraturverdier trenger ikke alltid å være så representative for norske forhold. Vi ser at tilsynelatende sammenlignbare faktorer fra ulike datakilder kan variere ganske mye, noe som indikerer usikkerheten av de beregnede dioksinutslipp. Ved valg av utslippsfaktorer for forbrenning er det lagt vekt på å oppnå konsistens mellom de ulike kilder og energibærere.

4.1. Utslipp fra stasjonær forbrenning

4.1.1. Kullkraftverk

På Svalbard forbrennes kull til produksjon av elektrisitet og fjernvarme. Anlegget består av to ristfyrte kjeler, hver på ca. 30 MWh, og utslippene renses ved multisykloner (Finstad et. al 2001). Utslippsfaktorene funnet i litteraturen ligger i størrelsesorden 0,22-3,57 µg I-TEQ/tonn (tabell 4.1). Forbrenning av kull fra kullkraftverk vil også kunne gi partikkelbundet dioksinutslipp, men på grunn av effektive rensesystemer forventes dette utslippet til å være begrenset. UNEP (2001) opererer med en utslippsfaktor for partikkelbundet dioksin på 0,40 µg I-TEQ per tonn forbrent kull.

En faktor på 0,35 µg I-TEQ/tonn er valgt. I 2000 var forbruket av kull på 23 ktonn, noe som gir et samlet dioksinutslipp på ca. 8 mg I-TEQ.

4.1.2. Olje- og gassutvinning

Dioksinutslipp knyttet til forbrenning av naturgass antas å være små (Hansen 2000). Naturgass forbrennes hovedsakelig i gassturbiner offshore. Giegrich et al. (1997) har foreslått en utslippsfaktor på 0,05-0,1 µg I-TEQ/kSm³, mens UNEP (2001) opererer med en utslippsfaktor på 0,017 µg I-TEQ/kSm³. Danmark

Tabell 4.1. Utslippsfaktorer for dioksiner fra kullkraftverk

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1997)	µg I-TEQ/tonn	0,36 - 1,92
Hansen (2000)	µg I-TEQ/tonn	0,35
Bremmer et al. (1994)	µg I-TEQ/tonn	0,35
Parma et al. (1995)	µg I-TEQ/tonn	0,35
Berdowski et al. (1995)/TNO (1997)	µg I-TEQ/tonn	10 - 1 - 0,1 ¹
U.S.EPA (1997) (total CDD+CDF)	g/MJ	1,27 x 10 ⁻¹⁰
U.S.EPA (1997)	µg/tonn ²	3,57
U.S.EPA (1997) (multiplisert 2,3,7,8-isomerene med I-TEF faktor)	µg I-TEQ/tonn	0,22
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	0,28
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	0,35

¹ Ingen reduksjon-semi reduksjon-maks reduksjon.

² Omregnet med faktoren 28,1 GJ/tonn.

bruker en faktor på 0,06 µg I-TEQ/kSm³. Vi velger å bruke en faktor på 0,05 µg I-TEQ/kSm³ gass. Dette ga i 2000 et utslipp på 235 mg I-TEQ (turbin, fakkell og gassterminaler).

Næringen forbrenner også noe diesel. Her velger vi å benytte en utslippsfaktor på 4 µg I-TEQ/tonn drivstoff. Dette er den samme utslippsfaktoren som benyttes for forbrenning av diesel/gassolje innen skipsfart (kap. 4.2.3). Årsaken til den høye utslippsfaktoren er at forbrenning i nærvær av sjøvann gjør at dioksinutslippene blir høyere på grunn av et høyere saltinnhold i luften. Vi velger derfor å benytte dette også ved forbrenning av diesel offshore. Dette ga i 2000 et utslipp på ca. 0,6 gram I-TEQ.

4.1.3. Industri

Forbrenningsutslipp fra industrien blir stort sett ikke rapportert til SFT fordi individuelle utslipp er små. For de aller fleste bedrifter må utslippene derfor beregnes ved hjelp av generelle utslippsfaktorer. Sementproduksjon står imidlertid for det meste av forbruket av kull og koks samt spillolje. Siden denne industrien rapporterer inn utslipp som prosessutslipp til Inkosys, blir ikke dette forbruket tatt med som forbrenning her, for å unngå dobbelttelling (kap. 4.3.9).

Kull og koks

I Norge forbrennes det steinkull, en form for bituminøst kull med høy brennverdi. Omtrent 97 prosent av kullet som forbrennes i industrien blir benyttet i direktefyrte ovner, mens resten forbrennes i fyrkjeler. I tillegg forbrennes noe kullkoks i fyrkjeler, og noe petrolkoks brukes til direktefyring. Utslippsfaktorer for forbrenning av petrolkoks har ikke blitt funnet i litteraturen, så vi bruker derfor samme faktor som for annen koks.

I Finstad m.fl. (2001) er det gitt ulike utslippsfaktorer for polysykliske aromatiske hydrokarboner ved forbrenning av kull i direktefyrte ovner og fyrkjeler. I tillegg skiller det mellom store og små anlegg med

Tabell 4.2. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av kull og koks i industrien

Kilde	Enhet	Kull	Koks
Giegrich et al. (1997)	Mg TE/TJ	0,005	0,005
Giegrich et al. (1997) Omregnet ¹	µg I-TEQ/tonn	0,14	0,14
Hansen (2000)	µg I-TEQ/tonn	1,6	..
Parma et al. (1995)	µg I-TEQ/tonn	1,6	3,6
Bremmer et al. (1994)	µg I-TEQ/tonn	1,6	..
Berdowski et al. (1995)/TNO 1997)	µg I-TEQ/tonn	10 - 1 - 0,1 ²	..
U.S.EPA (1997) (total CDD+CDF)	G/MJ	1,27 x 10 ⁻¹⁰	..
U.S.EPA (1997) Omregnet ³	µg/tonn	3,57	..
U.S.EPA (1997) (multiplisert 2,3,7,8-isomerene med I-TEF faktor)	µg I-TEQ/tonn	0,22	..
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	0,28	..
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	1,6	1,6

¹ Omregnet med faktoren 28,1 GJ/tonn.

² Ingen rensing-semi rensing-maks rensing.

³ Omregnet med faktoren 28,1 GJ/tonn.

effektiv eller ingen rensing. For dioksiner gjør ikke datagrunnlaget det mulig å gjøre et slikt skille. Dette vil naturligvis gi en større usikkerhet. Aktuelle faktorer er listet i tabell 4.2. Vi har valgt en faktor på 1,6 µg I-TEQ/tonn både for kull og koks.

I Norge blir over 90 prosent av kull og petrolkoks til direktefyrte kjeler brukt innen produksjon av sement. Det samlede forbruket av kull utenom sementindustrien var i 2000 på 14,3 ktonn, mens det for petrolkoks var på ca. 3 ktonn og kullkoks på 30 ktonn. Dette ga i 2000 et samlet dioksinutslipp på ca. 76 mg I-TEQ.

Det forbrennes også små mengder kull i industrielle fyrkjeler. I 2000 ble det brukt 14 ktonn kullkoks i fyrkjeler i industrien (ikke noe kull ble rapportert, men forbruk forekommer andre år). Dette ga et utslipp på 22,4 mg I-TEQ i 2000.

Olje

I industrien benyttes fyringsolje hovedsakelig i fyrkjele, mens tungolje brukes både i fyrkjeler og i direktefyrte ovner. Av tungoljen som brukes til direktefyrte kjeler benyttes ca. 60 prosent i produksjon av papirmasse. Noe spillolje benyttes også i direktefyrte ovner, men hovedsakelig innen sementproduksjon, og utslipp beregnes, som for kull og koks, derfor ikke her.

Her gjelder også det samme som for forbrenning av kull og koks. Det finnes ingen utslippsfaktorer for dioksiner som skiller mellom forbrenning i fyrkjele og direktefyrte ovner, og man må gjøre beregninger ut i fra generelle utslippsfaktorer for oljeforbrenning. Aktuelle faktorer er listet i tabell 4.3. Faktorene virker lite konsistente, og for lett fyringsolje finnes det lite data. Det er forventet at faktoren for lett fyringsolje skal være lavere enn for kull, men høyere enn for gass.

Tabell 4.3. Utslippsfaktorer for dioksiner fra oljeforbrenning i industrien

Kilde	Enhet	Tung- olje	Lett fyrings- olje
Giegrich et al. (1997)	mg TE/TJ	0,0004	0,0005
Giegrich et al. (1997)	µg I-TEQ/tonn ¹	0,016	0,02
Parma et al. (1995)	µg I-TEQ/tonn	18,8	..
U.S.EPA (1997) (total CDD+CDF)	G/MJ	4,1 x 10 ⁻¹¹	..
U.S.EPA (1997)	µg/tonn ²	1,66	..
U.S.EPA (1997) (multiplisert 2,3, 7,8-isomerene med I-TEF faktor)	µg I-TEQ/tonn	0,31	..
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	0,1 ³	0,02 ⁴
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	0,1	0,1

¹ Omregnet med faktoren 40,6 GJ/tonn.

² Omregnet med faktoren 40,6 GJ/tonn.

³ Omregnet med faktoren 40,6 GJ/tonn.

⁴ Omregnet med faktoren 43,1 GJ/tonn.

Tabell 4.4. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av spillolje i industrien

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
Benestad (1994)	µg I-TEQ/tonn	1-2000
Bremner et al. (1994)	µg I-TEQ/tonn	2
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	4
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	4

Faktoren for tung fyringsolje er forventet å være høyere enn for lett fyringsolje. Videre bruker Hansen (2000) en faktor på ca. 0,05 µg I-TEQ/tonn for *husholdningene*. OSPAR (2001) skriver at bare faste brensler er vurdert som dioksinkilde. Vi har valgt en faktor på 0,1 µg I-TEQ/tonn olje (både for tungolje og lett fyringsolje i mangel av bedre data). Denne faktoren er svært usikker. For parafin finnes ikke data. Vi foreslår en faktor på 0,06 µg I-TEQ/tonn (samme faktor som naturgass).

Dannelsen av dioksiner er vist å øke hvis oljen forbrennes sammen med spillolje og løsemidler (UNEP 2001), og ved forbrenning av spillolje alene. Aktuelle faktorer for forbrenning av spillolje er gitt i tabell 4.4. Vi velger å bruke en faktor på 4 µg I-TEQ/tonn olje.

I 2000 brukte industrien (inkludert noe forbruk fra energisektoren) omtrent 167 ktonn tungolje (forbruk innen produksjon av andre metaller er trukket i fra, da bedriften rapporterer utslipp), 31 ktonn tungdestillat, 212 ktonn fyringsolje, 31 ktonn spesialavfall (regnes som spillolje) og 1 ktonn fyringsparafin, som gir et dioksinutslipp på ca. 165 mg I-TEQ.

Treavfall

Treavfall forbrennes bl.a. ved sagbruk, i treforedlingsindustrien og i møbelindustrien. Treavfallet fra ulike industrier kan inneholde maling, konserveringsmidler og mye annet. Dette kan øke dannelsen av dioksin under forbrenningen. I mange tilfeller kan forbrenningsforholdene være dårlige slik at dioksinutslippet øker betraktelig. I moderne anlegg blir treavfallet brent i enten stasjonære eller sirkulerende "fluidised bed"

Tabell 4.5. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av treavfall i industrien

Kilde	Enhet	Ved
Giegrich et al. (1997)	mg TE/TJ	0,27
Giegrich et al. (1997)	µg I-TEQ/tonn ¹	4,5
Parma et al. (1995)	µg I-TEQ/tonn	50,9 (med lim)
OSPAR (SFT 2001)	µg I-TEQ/tonn	1-30
U.S.EPA (1997)	µg I-TEQ/tonn	0,62
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	100-10-1
Berdowski et al. (1997) / TNO (1997)	µg I-TEQ/tonn	20 (semi rensing)
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	1

¹ Omregnet med faktoren 16,8 GJ/tonn.

ovner, hvor dannelsen av dioksiner er betraktelig redusert på grunn av de gode forbrenningsforholdene (UNEP 2001). Disse anleggene vil også som oftest ha gode rensesystemer. Ovnene fører ofte til lave dioksinutslipp, men dette avhenger selvfølgelig av hva avfallet inneholder (UNEP 2001). Avfall med høyt innhold av halogenerede hydrokarboner eller tungmetaller som kobber, bly og kadmium vil resultere i høyere dioksinutslipp enn forbrenning av rent avfall (UNEP 2001). Det er kun UNEP (2001) som kommer med ulike utslippsfaktorer fra ulike forbrenningsovner med fullstendig installert, delvis installert og uten rensesystemer. I Norge er de fleste anleggene ristfyrte, med unntak av to større anlegg i treforedlingsindustrien med sirkulerende "fluidised bed" (PIL 2000). Vi antar at større forbrenningsanlegg har elektrostatisk filter i tillegg til sykron/multisykron for reduksjon av partikkelutslipp. Faktorene er listet i tabell 4.5. Vi har valgt en faktor på 1 µg I-TEQ/tonn som ligger i nedre del av intervallet.

I Norge ble det i 2000 forbrent 1 642 ktonn treavfall (inkludert noe forbruk fra energisektoren) som ga et utslipp på ca. 1,6 gram I-TEQ.

4.1.4. Landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer

Utslippene beregnes ved hjelp av generelle utslippsfaktorer. Selv om utslipp fra disse sektorene beregnes separat i modellen, er det ikke grunnlag for å operere med egne utslippsfaktorer. De samme utslippsfaktorene benyttes her som for industrien. Tabell 4.6 oppsummerer utslippsfaktorene ved forbrenning innen tjenesteytende næringer og landbruk. I 2000 var forbruket av fyringsparafin 4 ktonn, LPG 17 ktonn, fyringsolje 234 ktonn, tungdestillat 15 ktonn, marint brensel 4 ktonn, 500 tonn tungolje, 210 tonn kull og 12 ktonn treavfall for disse næringene. Dette gir et samlet utslipp på ca. 42 mg I-TEQ med utslippsfaktorene gitt i tabell 4.6.

4.1.5. Husholdningene

Ved er den viktigste energivaren når man skal beregne dioksinutslipp fra husholdningene, men det brennes også parafin og fyringsolje samt mindre mengder kull og koks.

Tabell 4.6. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning innen tjenesteyting og landbruk

	Dioksin ($\mu\text{g I-TEQ/tonn}$)
Kull/koks	1,6
Koks	1,6
Ved	1,0
LPG	0,06
Fyringsparafin	0,06
Fyringsolje	0,1
Tungdestillat	0,1
Tungolje	0,1

Tabell 4.7. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av kull og koks i husholdningene

Kilde	Enhet	Kull	Koks
Parma et al. (1995)	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	75,3	13,7
OSPAR(SFT 2001)	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	2,0	..
Berdowski et al./TNO, 1997	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	10	..
Quass et al. (1997)	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	10	..
U.S.EPA (1997)	$\mu\text{g/tonn 2,3,7,8-TCDD TEQ}$	89,4 (bituminøst) 54,5 (antracitt)	..
UNEP (2001)	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	2	..
Valgt faktor	$\mu\text{g I-TEQ/tonn}$	10	10

Kull og koks

Kull og koks brukes det lite av i norske husholdninger i dag, slik at totalutslippene knyttet til dem blir små. Tabell 4.7 viser ulike utslippsfaktorer funnet for dioksinutslipp fra forbrenning av kull og koks i husholdningene. Ved valg av faktor på 10 $\mu\text{g I-TEQ/tonn}$ for kull og koks ga dette et utslipp på ca. 38 mg I-TEQ i 2000.

Ved i vedovn og peis

Dannelse av dioksiner kan skje ved all forbrenning basert på naturlig organisk materiale, inkludert ved og biobrensel. Dette skyldes at klor og forbindelser som kan virke som katalysatorer (f.eks. kobber), finnes naturlig som sporstoffer i naturlig organisk materiale. Større forekomster av klor og katalysatorstoffer kan ventes å øke dioksinmengden som dannes (Hansen 2000). Dioksinutslippene fra vedfyring kan derfor ventes å variere med f.eks. klorinnholdet i treslaget som brennes.

Forbrenning av ved i ovn og peis bidrar til en relativt stor andel av de norske dioksinutslippene, selv om utslippene ved å brenne ren ved er små. De store utslippene kommer når det også brennes andre ting i ovnen, som f.eks. impregnert trevirke (inneholdende pentaklorfenol - PCP), papir, papp og melkekartonger (Hansen 2000). De tre sistnevnte materialene kan ventes å inneholde kobber (fargestoff) som virker som en katalysator for dioksin dannelse (Hansen 2000). En tysk studie viste at ved å inkludere 30 prosent papir i ovnen økte dioksinutslippene til det femdobbelte (Launhardt et al. 1996 referert av Hansen 2000). I SSBs Levekårsundersøkelse i år 2000 svarte 8 prosent at de fyrte med aviser (Haakonsen og Kvingedal 2001).

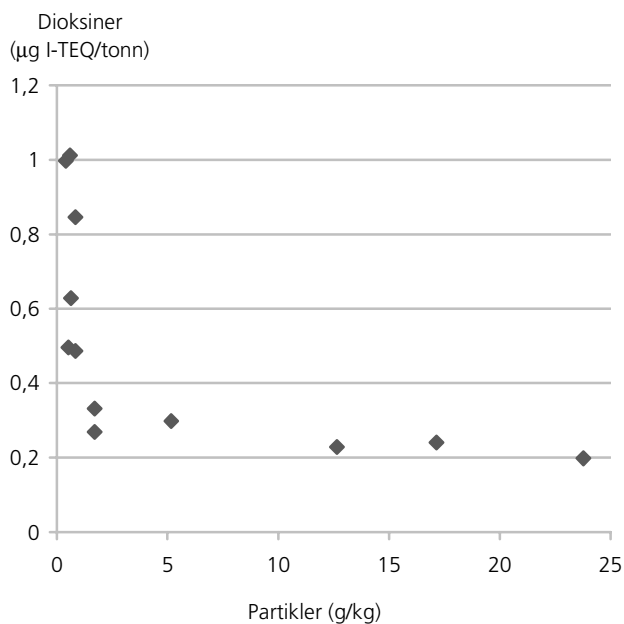
Dette kommer i tillegg til aviser brukt som opp-tenningsmateriale. I samme undersøkelse oppga 9 prosent at de fyrte med drikkkartong, annen papp eller kartong, mens 12 prosent fyrte med planker og materialer. Vi har ingen opplysninger om hvor stor andel av disse materialene som er PCP-impregnerte eller inneholder malingsrester. Hansen (2000) nevner også at temperaturene som er både i ovns for-brenningssone og i pipa er mer eller mindre optimale for dioksin dannelse.

En dansk studie referert av Hansen (2000) tyder på at dioksinutslippet minker når belastningen på ovnen (i kg ved/time) minker. Dette er motsatt av f.eks. hva som skjer ved utslipp av partikler. Hvis man fyller ovnen med ved og skrur ned trekken om kvelden for å sikre at ovnen brenner gjennom natten (rundfyring), vil partikkelutslippene være svært store i en tradisjonell ovn (Haakonsen og Kvingedal 2001). Den danske studien viser at dette fører til en nedgang i dioksinutslippet fra 5,1 $\mu\text{g I-TEQ/tonn}$ til 0,52 $\mu\text{g I-TEQ/tonn}$ ved fyring med rein bjørkeved. Bjørk er ifølge SSBs Levekårsundersøkelse det dominerende treslaget for bruk til fyring i Norge (Haakonsen og Kvingedal 2001).

Et spørsmål som det har vært knyttet usikkerhet til, var hvorvidt vedovner med moderne teknologi ("rentbrennende") også ville redusere utslippene av dioksiner. Resultatene for 12 tester av partikler og dioksiner gjort av Environment Canada (2000) er vist i figur 4.1. Resultatene fra denne analysen tyder på at rentbrennende ovner ikke reduserer dioksinutslippene. Tvert imot viste studien at utslippene av dioksiner fra tradisjonelle vedovner var lavere enn fra moderne "rentbrennende" vedovner (Environment Canada 2000). De har testet begge typer ovner med testved av lønn og gran. Det tradisjonelle ildstedet hadde en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 0,260 $\mu\text{g/tonn}$, mens det "rentbrennende" hadde et utslipp på 0,745 $\mu\text{g/tonn}$ (tabell 4.8). I Norge forbrennes bare 7 prosent av veden i "rentbrennende" ildsteder, men andelen er økende (Haakonsen og Kvingedal, 2001). Ser man på en kommune som Oslo er andelen enda mindre, 4 prosent. Dominic Cianciarelli (Environmental Technology Center, Canada) skriver i en e-post at årsaken til at utslippene er høyere i en ovn med moderne teknologi enn i en tradisjonell ovn, kan skyldes "de novo"-syntese¹ av dioksiner og furaner (Cianciarelli 2001). Utslippsfaktorene som fremkommer etter slike dioksinanalyser er imidlertid veldig avhengige av oppsett av eksperimentet, type ved og forbrenningsbetingelser. Dette kan variere noe fra analyse til analyse. Vi kan derfor ikke slutte av dette at utslippet i moderne ovner generelt er høyere enn i tradisjonelle ovner.

¹ De novo-syntese er dannelse av dioksiner fra grunnstoffene karbon, hydrogen, oksygen og klor ved temperaturer på 250-500°C på katalytisk aktive overflater (Hansen, 2000).

Figur 4.1. Utslipp av dioksiner vs. partikler



Kilde: Environment Canada (2000).

Et problem ved gjennomgang av litteratur med utslippsfaktorer for dioksiner, er at forskjellige dioksiner er inkludert i noen av studiene og at dioksinene er vektet på ulik måte. Vi har av denne grunn blant annet måttet se helt bort fra U.S. EPA som vanligvis har gode oversikter over faktorer.

Parma m.fl (1995) anbefalte faktoren 8,5 µg I-TEQ/tonn for forbrenning av ved i peis. UNEP (2001) har valgt å bruke en faktor på 1,5 µg I-TEQ/tonn for ren ved, mens 25 µg I-TEQ/tonn brukes på forurenset ved. I Benestad 1994 oppgis det at utslippsfaktoren for forbrenning av ren ved er i området 0,23-1,25 µg I-TEQ/tonn.

Hansen (2000) lister opp resultater fra en rekke undersøkelser av dioksinutslipp. En tysk undersøkelse ga et utslipp på 0,46 µg I-TEQ/tonn (0,07-1,25 µg I-TEQ/tonn) for åpen peis. Den samme undersøkelsen ga en faktor på 0,71 µg I-TEQ/tonn (0,53-0,94 µg I-TEQ/tonn) for brenning av ren ved i ovn. En nederlandske studie konkluderte med at vedovner og peiser hadde faktorer på hhv. 1,0-3,3 og 13-29 µg I-TEQ/tonn.

Hansen (2000) og SFT (2001) har begge brukt utslippsfaktorer hentet fra The European Dioxin Inventory. Forbrenning av PCP-impregnerte materialer er her gitt en utslippsfaktor på 500 µg I-TEQ/tonn (tabell 4.9). Noe kontaminert ved er gitt en faktor 50, mens ren ved har en faktor på 1 µg I-TEQ/tonn. Disse faktorene er et resultat av en gjennomgang av faktorer funnet i litteraturen fram til midten av 90-tallet. SSB velger å bruke disse faktorene i dette arbeidet. Ved å bruke disse utslippsfaktorene ser man imidlertid bort fra eventuelle forskjeller i utslippene som måtte skyldes ulik forbrenningsteknologi.

Tabell 4.8. Utslippsfaktorer for dioksiner fra tradisjonelle ovner og ovner godkjent etter U.S.EPAs kriterier

Ovnstype	Type ved	Utslippsfaktor, µg I-TEQ/tonn
Ovn godkjent etter U.S. EPAs kriterier	Lønn	0,95
	Gran	0,54
Tradisjonell vedovn	Lønn	0,30
	Gran	0,22

Kilde: Environment Canada (2000).

Tabell 4.9. Utslippsfaktorer for dioksiner fra vedfyring i husholdninger

	Utslippsfaktor
Ren ved	1 µg I-TEQ/tonn
Noe kontaminert ved (ikke PCP)	50 µg I-TEQ/tonn
Sterkt kontaminert ved (med PCP)	500 µg I-TEQ/tonn
Anslått faktor - Norge ¹	5,9 µg I-TEQ/tonn

¹Faktoren er utregnet på basis av antagelsen om at det brennes 90 prosent ren ved og 10 prosent noe kontaminert ved/aviser.

Kilde: Hansen (2000) og SFT (2001).

Siden utslippsfaktorene for ved og trevirke varierer sterkt med ulik kontamineringsgrad, er det viktig for utslippsberegningene å ha gode estimater på dette. SSB har ikke funnet noen rapporter der dette er kartlagt i Norge. Det har derfor vært nødvendig å gjøre noen antagelser. Det har i det følgende blitt antatt at det ikke brennes vesentlige mengder PCP-impregnerte materialer i Norge². Denne antagelsen kan være en viktig feilkilde i beregningene, siden utslippsfaktoren for slike materialer er 500 ganger større enn for ren ved. Det antas videre at det meste av det som brennes i Norge er ren ved, men at mange bruker avisepapir til oppvenning³. I tillegg kommer den andelen som nevnt over som fyrer med aviser, papp og kartong. Det antas derfor at utslippene i de fleste ovner i Norge vil ligge et sted mellom 1 og 50 µg I-TEQ/tonn. Med et vedforbruk i 2000 på 1 175 ktonn (tørrvekt) gir dette et utslipp på 1,4-71 g I-TEQ. Hvis man antar at 10 prosent av ovnsfyringen i 2000 skjedde med noe kontaminert ved (inkludert avisepapir, kartong o.l.), var utslippet 6,9 g I-TEQ. Dette er imidlertid et svært usikkert estimat, og svært avhengig av antagelsene om kontamineringsgrad. Siden utslippskilden er så viktig og estimatet så usikkert, bør det gjøres nærmere undersøkelser for å redusere denne usikkerheten. En tilnærming for å få ned usikkerheten noe er å kartlegge hva folk faktisk fyrer med ved å spørre detaljert om dette i en utvalgsundersøkelse, f.eks. Levekårsundersøkelsen.

Gass

Gass utgjør i dag en ubetydelig del av energiforbruket i husholdningene. Noen få boliger har installert gasspeis eller gasskomfyr. I tillegg inngår også bruk av propan på hytter o.l. samt gassgriller i denne kilden. UNEP

² Det kan være at vi har underestimert bruken av f.eks. rivingsmaterialer.

³ Omfanget av brenning av rekved er ukjent og bidrar her til usikkerhet i tallene.

Tabell 4.10. Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av fyringsolje i husholdningene

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn	0,43
Hansen (2000)	µg I-TEQ/tonn	0,05
U.S.EPA (1997) (total CDD+CDF)	mg/l	1,82 x 10 ⁻⁶
U.S.EPA (1997) (total CDD+CDF)	µg/tonn ¹	2
U.S.EPA (1997)	µg/tonn (2,3,7,8 -TCDD TEQ)	0,2
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	0,2

¹ Omregnet med tettheten 0,84 tonn/m³.

(2001) benytter en utslippsfaktor på 0,06 µg I-TEQ/tonn, mens European Dioxin Inventory (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997) opererer med en faktor på 0,07 ng I-TEQ/m³. Totalforbruket og det resulterende dioksinutslippet med bruk av disse faktorene er så lite at vi velger å se bort i fra det.

Fyringsparafin

Utslippsfaktorer for dioksiner fra forbrenning av fyringsparafin har ikke blitt funnet i litteraturen. Vi velger derfor å bruke UNEPs utslippsfaktor for gass i husholdningene. Med en utslippsfaktor på 0,06 µg I-TEQ/tonn, ga dette i 2000 et utslipp på ca. 7 mg I-TEQ.

Fyringsolje

Det er kun funnet generelle utslippsfaktorer for forbrenning av fyringsolje. Som for andre utslippskomponenter, finnes det ikke utslippsfaktorer for dioksiner som skiller mellom forbrenning i kjele og ovn, slik som for PAH (Finstad et al. 2001). European Dioxin Inventory i Tyskland (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997) opererer med en utslippsfaktor på 0,05 µg I-TEQ/tonn, mens UNEP (2001) foreslår en faktor på 0,43 µg I-TEQ/tonn. Vi har valgt å bruke en faktor på 0,2 µg I-TEQ/tonn (tabell 4.10). Med et forbruk i 2000 på ca. 100 ktonn skulle dette gi et utslipp på 20 mg I-TEQ.

4.1.6. Avfallsforbrenning

De fleste fjernvarmeanlegg har siden 1994 rapportert inn dioksinutslipp til SFT. Der vi har data har disse blitt benyttet, mens for de tidligere år har vi beregnet utslippene ved hjelp av utslippsfaktorer og mengde avfall som forbrennes. Når det gjelder sykehusanlegg har kun to av syv anlegg rapportert, og de rapporterte første gang i 1995. Som for fjernvarmeanlegg benyttes data der dette foreligger, mens utslippsfaktorer er blitt brukt for å beregne utslippet for gjenværende år og anlegg som ikke har rapportert.

Fjernvarmeanlegg

Alle avfallsforbrenningsanleggene har rapportert inn dioksinutslipp til Inkosys de siste par årene. Før 1994 foreligger ikke utslippsdata for dioksiner fra det enkelte anlegg. Imidlertid er det rapportert hvor mye avfall som ble forbrent i fjernvarmeanlegg i disse årene og det totale dioksinutslipp fra denne kilden (Aronsen,

Tabell 4.11. Dioksinutslipp fra fjernvarmeanlegg (avfallsforbrenning), g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
12	7,9	7,0	8,3	7,7	2,8	3,3	4,5	4,8	5,3	1,9

pers. meddelelse 2000). Ut i fra dette har vi beregnet en utslippsfaktor som tilsvarer 20 µg/tonn forbrent avfall.

Av tabell 4.11 ser vi en betydelig nedgang i dioksinutslippet fra 1994 til 1995. Dette skyldes at det fra og med 1995 ble satt strengere krav til utslipp av dioksiner fra avfallsforbrenning. Fra 1995 til 1999 har det vært en økning. Dette skyldes at det har kommet tre nye avfallsforbrenningsanlegg de siste årene, og at den totale mengde avfall som har blitt forbrent per år har økt. Vi ser imidlertid en stor nedgang i utslippet fra 1999 til 2000, selv om forbrent mengde har holdt seg på samme nivå. Dette skyldes blant annet at ett anlegg ble pålagt å benytte aktivt kull for å redusere utslippene.

I 1990 var utslipp fra fjernvarmeanlegg på ca. 12 gram I-TEQ med en forbrent avfallsmengde på 385 ktonn, mens i 2000 var utslippet på 1,9 gram I-TEQ med en forbrent avfallsmengde på 583 ktonn.

Forbrenning av sykehusavfall

Dioksinutslipp fra forbrenning av sykehusavfall har vært forholdsvis store (Benestad 1994). Dette skyldes både at avfallet vanligvis inneholder mye klor (biologisk/organisk materiale og PVC) og fordi sykehusovnene ofte har vært mindre anlegg uten avansert røykgassrensing. I 1992 ble det gjort et anslag på at utslipp fra avfallsforbrenning fra sykehus lå på ca. 5 g dioksiner per år (Benestad 1994). Dette er et usikkert anslag, men er det eneste tallet vi kan forholde oss til. Årsaken er at det fra 1990 til 1995 ikke ble rapportert inn dioksinutslipp fra sykehusforbrenningsanlegg.

For å beregne dioksinutslippet fra hvert enkelt anlegg i årene 1990 til 1994, har det blitt generert en utslippsfaktor ved å dividere total utslippet (5 gram) på totalt forbrent mengde avfall per år. Denne utslippsfaktoren multipliseres så med forbrent mengde avfall for hvert anlegg for det gjeldende år. For de tidligste årene blir dette åpenbart galt siden en del anlegg er nedlagt siden da. Det finnes imidlertid ingen samlet informasjon om hvilke anlegg dette er.

Fra og med 1995 ble det satt strengere krav til utslipp fra avfallsforbrenning, fra 1995 til 1999 har kun to av syv sykehusanlegg rapportert utslipp av dioksin. Det finnes imidlertid anslag på forbrent mengde avfall for enkelte år fra 1990 til 1999 (Finstad et al. 2001) for alle eksisterende anlegg. For de årene hvor data mangler, settes verdien lik det nærmeste året med data. Ut i fra de rapporterte utslippene og avfallsmengder har vi beregnet en utslippsfaktor basert på de

to anleggene. Utslippene i anleggene som ikke rapporterer, er beregnet basert på denne utslippsfaktoren og forbrent mengde avfall i hvert anlegg. Ved bruk av denne faktoren kommer man fram til et dioksinutslipp på kun 0,18 gram I-TEQ i 1999 (tabell 4.12). Vi antar inntil videre at det samme gjelder for 2000.

Tabell 4.12. Dioksinutslipp fra sykehusanlegg. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
5	5	5	5	5	0,10	0,06	0,14	0,2	0,18	0,18

Årsaken til den store nedgangen på midten av nittitallet er som nevnt strengere utslippskrav, men også at en del anlegg ble nedlagt. Utslippstallene både før og etter 1990 er meget usikre.

Annen avfallsforbrenning

To bedrifter i Norge rapporterer utslipp fra forbrenning av biobrensel og avfall fra treforedlingsindustrien. Dette kan være returpapir og annet som følger med, som for eksempel binders og plast. Den ene bedriften som startet opp sitt forbrenningsanlegg i 2000, har således kun rapportert for 2000. Det innrapporterte tallet er kun et resultat av en måling og er derfor usikkert. Den andre bedriften har store variasjoner i sine dioksinutslipp fra år til år. Dette kan skyldes måleusikkerhet, samt sammensetningen av avfallet som brennes. Bedriften har rapportert utslipp fra 1996. Utslipp før dette har blitt satt lik utslippet i 1996, da man regner med at utslippene har vært på omtrent samme nivå (tabell 4.13).

Tabell 4.13. Dioksinutslipp fra "Annen avfallsforbrenning". g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	5,1	0,1	3,3	3,4

4.1.7. Forbrenning av maling og lakk

Det er rapportert utslipp av dioksiner fra ett anlegg. Utslippstall før 1994 finnes ikke da bedriften ikke var pålagt å måle. Det er antatt at utslippene i perioden 1990 til 1993 er lik 1994. Dataene rapportert varierer, noe som antakelig skyldes måleusikkerhet. Siste rapporterte data er fra 1999. Etter dette ble virksomheten lagt ned (tabell 4.14).

Tabell 4.14. Dioksinutslipp fra forbrenning av maling og lakk. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,013	0,03	0,0026	0,025	0,125	0,0

4.1.8. Brønntesting

Oljeindustriens landsforening (OLF) har bl.a. målt utslipp av dioksiner ved fullskalaforsøk for utslipp fra brønntesting (OLF 1993). De målte da et gjennomsnittlig utslipp på 10 ng/kg forbrent olje.

I 2000 gikk det med 12 ktonn olje til brønntesting. Dette gir et dioksinutslipp på 120 mg I-TEQ.

4.1.9. Annet

Husbranner

Branner er en kilde til dannelse av dioksiner. Bygninger så vel som transportfartøy inneholder klorforbindelser (som PVC), kobber og organisk materiale (Hansen 2000). Noen bygninger kan videre inneholde tre behandlet med PCP-beskyttelse så vel som PCP-overflatebehandlet tre før maling. Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) oppgir at i 2000 var det 1 647 boligbranner i Norge og 1 511 branner i andre bygninger. Dette er branner som er innrapportert til brannvesenet. Antall bolig- og bygningsbranner har holdt seg relativt stabilt siden 1990, men hadde en topp i 1996.

Det er vanskelig å anslå hvor mye materiale som brenner i slike branner. Ifølge DBE var skadebeløpet for 35 prosent av brannene under 10 000 kroner og 29 prosent mellom 10 000 og 100 000 kroner. For 30 prosent var skadebeløpet over 500 000 kroner. Det er antatt at i 15 prosent av brannene var boligen helt utbrent, og i 15 prosent av tilfellene halvt utbrent. Videre er det antatt at skader under 100 000 kroner er begrenset til 10 m², og skader under 10 000 til 1 m². Mengde tre i bygninger er satt til 150 kg/m² (SFT 1996) og mengde møbler til 10 kg/m². Det er rimelig at andre materialer i boliger (som er brennbare og gir dioksinutslipp) er mindre enn dette. Vi har antatt 11 kg/m² (materialer og inventar). Boligareal per hustype som brenner er hentet fra SSBs byggearealstatistikk (SSB 1999).

For bygninger utenom boliger har 69 prosent et skadeomfang som tilsvarer et erstatningsbeløp på under 100 000 kroner. Det er antatt at skadeomfanget da er 10 m². Det er videre antatt at skadeomfanget i større branner er 150 m². I SFT (1996) ble det anslått at slike bygninger har 15 kg tre/m². Det er vanskelig å anslå mengde annet brennbart materiale, det er her antatt 15 kg/m².

Hansen (2000) oppgir en utslippsfaktor for bolig- og bygningsbranner som ligger mellom 50-1000 µg I-TEQ per tonn forbrent materiale. Videre oppgis det at når et bolighus brenner går det med omtrentlig 5-10 tonn materiale. Dette gjelder danske forhold. OSPAR (SFT 2001) foreslår en utslippsfaktor på 170 µg I-TEQ per tonn forbrent materiale.

Brukes utslippsfaktoren foreslått av OSPAR, bidro husbranner i 2000 med et dioksinutslipp på ca. 1,8 gram I-TEQ. Bygningsbranner (utenom bolig) bidro med ca. 0,4 gram I-TEQ (tabell 4.15).

Tabell 4.15. Dioksinutslipp fra bolig- og bygningsbranner. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2,0	2,0	2,0	2,2	2,1	2,4	2,6	2,4	2,2	2,4	2,2

Bilbranner

I Tyskland er det gjennomført tunneleksperimenter på hvor mye dioksin som dannes når en bil brenner (Hansen 2000). De kom fram til at det dannes ca. 48 µg I-TEQ dioksin per bil når bilen blir totalt utbrent. OSPAR (SFT 2001) bruker en utslippsfaktor som er den samme som for boligbranner (170 µg/tonn forbrent materiale). Da det er vanskelig å estimere hvor mye materiale som blir forbrent i en bilbrann, benytter vi oss av dataene fra undersøkelsen gjort i Tyskland (Hansen 2000).

Direktoratet for brann- og elsikkerhet opplyser at det i 2000 var ca. 1 590 bilbranner i Norge. Dette er branner hvor brannvesenet ble tilkalt. I tillegg kan det være noen mindre branner. Skadeomfanget i bilbranner hvor brannvesenet blir tilkalt er gjerne høyt. Antallet bilbranner har også holdt seg relativt stabilt siden 1990. Med en antagelse om at 48 µg I-TEQ dioksin dannes per bilbrann, bidro denne kilden med et dioksinutslipp på ca. 76 mg I-TEQ i år 2000 (tabell 4.16).

Tabell 4.16. Dioksinutslipp fra bilbranner. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,068	0,06	0,06	0,062	0,066	0,065	0,073	0,073	0,073	0,081	0,076

Andre branner

Her under kommer skogbranner, bålbrenning og brenning av hageavfall.

Dioksinutslipp fra skogbranner kan være vesentlige. Vi anser dette imidlertid for å være en "naturlig utslippskilde" som ikke skal inngå i totale utslippstall ved rapportering til internasjonale miljøprotokoller (EEA 2000). Det blir derfor ikke beregnet noe utslipp fra denne kilden i forbindelse med dette arbeidet.

Når det gjelder brenning av bål, mangler vi aktivitetsdata. Disse utslippene blir derfor heller ikke beregnet i dette arbeidet.

Røyking av matvarer

Røyking for bevaring av kjøtt og fisk er en kilde til dioksin dannelse (Hansen 2000). Dette skjer gjerne i små installasjoner der forbrenningsforholdene ofte ikke er så gode. Brenselet brukt er ofte ved og våt flis. Vi mangler imidlertid aktivitetsdata slik at beregninger ikke vil bli gjort i dette arbeidet.

Halmbrenning

Aktivitetsdata fra halmbrenning kan baseres på anslag gjort ved Planteforsk (Stabbetorp 2001). I utslippsberegningene har vi lagt til grunn at halmbrenning er redusert fra anslagsvis 30 prosent av avlingen i 1990 til 15 prosent i 2000 (Finstad et al. 2000). Med 184 ktonn halm brent i 2000 og ved bruk av en faktor på 17 µg I-TEQ per tonn halm (tabell 4.17) ga dette et utslipp på 3,1 gram I-TEQ dette året.

Tabell 4.17. Utslippsfaktorer for dioksiner fra halmbrenning

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
OSPAR (SFT 2001)	µg I-TEQ/tonn materiale	17
Bremmer et al. (1994)	µg I-TEQ/tonn materiale	10
UNEP (2001)	µg I-TEQ/tonn materiale	30
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn materiale	17

Kremasjoner

I litteraturen finnes ulike utslippsfaktorer for kremasjoner. Som vi kan se av tabell 4.18, varierer utslippsfaktorene ganske mye. Vi velger å forholde oss til utslippsfaktorene fra UNEP (2001) på 10 µg I-TEQ/kremasjon. Med 11 000 kremasjoner i Norge i 2000 blir det et totalt utslipp på 110 mg I-TEQ.

Tabell 4.18. Utslippsfaktorer for dioksiner fra kremasjoner

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
Giegrich et al. (1997)	µg TEQ/kremasjon	0,1
Landesumweltamt		
Nordrhein-Westfalen (1997)	µg I-TEQ/kremasjon	8,0
Hansen (2000)	µg I-TEQ/kremasjon	0,3
UNEP (2001)	µg I-TEQ/kremasjon	90-10-0,4 ¹
Valgt faktor	µg I-TEQ/kremasjon	10

¹ Ingen kontroll - medium kontroll - optimal kontroll.

Forbrenning av dyreskrotter

Forbrenning av dyreskrotter er ofte dårlig kontrollert og forbrenningen er ofte ufullstendig da det viktigste er desinfisering og fullstendig utrydding av biologisk aktivitet (UNEP 2001). Type ovn som blir benyttet varierer, men de er ofte enkle og ikke konstruert for å garantere kontrollerte forbrenningsforhold. Den eneste utslippsfaktoren funnet (UNEP 2001) opererer med 3 utslippsfaktorer (500-50 og 5 µg I-TEQ per tonn kremert) avhengig av alder på ovnen brukt og graden av rensing. Vi mangler imidlertid aktivitetsdata, slik at utslipp fra denne kilden er ikke beregnet i dette arbeidet.

Grilling med trekull

Det er kun funnet én utslippsfaktor for denne utslippskilden. Hansen (2000) oppgir en utslippsfaktor ved grilling til å være 6-15 µg I-TEQ per tonn forbrent grillkull. Vi velger å benytte en mellomliggende faktor på 10 µg I-TEQ/tonn. Gjesdal m.fl. (1998) anslo forbruket av grillkull til å være i størrelsesorden 2 000 tonn årlig. Dette gir et utslipp på 20 mg I-TEQ per år.

Sigarettrøyking

Som andre termiske prosesser produserer også "forbrenning" av sigaretter og sigarer utslipp av dioksiner. Mye av dioksinene i tobakksrøyk vil avsettes i lungene til røykeren, men utslippsfaktorene gitt her er hvor mye som slipper ut i luft. Undersøkelser av de ti mest populære merkene røkt i Tyskland ga utslipp på 0,1 pg I-TEQ/sigaret (UNEP 2001). Da en sigarett inneholder 0,75 g tobakk (Tiedemanns Tobaksfabrik, pers.meddelelse), gir dette en faktor på 1,3 µg I-TEQ/tonn tobakk. SFT (Benestad 1994) opererer med en utslippsfaktor på 0,06-0,5 µg I-TEQ/tonn tobakk. Vi velger å benytte en utslippsfaktor på 1,3 µg I-TEQ/tonn tobakk. Med forbruket av tobakk i 2000 ga dette et utslipp på 5,9 mg I-TEQ.

4.2. Utslipp fra mobil forbrenning

4.2.1. Veitrafikk

Både klorerte og bromerte dioksiner og furaner er påvist i bilavgasser. Konsentrasjonene er størst fra kjøretøyer som bruker blyholdig bensin, fordi blyholdig bensin inneholder brom- og klorholdige tilsetningsstoffer (hovedsakelig dikloretan og dibrommetan). Det virkelige dioksinbidraget fra biler og motorkjøretøyer er vanskelig å måle nøyaktig, fordi utslippet varierer med hastigheten, belastningen på kjøretøyet og med motortypen.

Utslippsfaktorene som er funnet i litteraturen er aggregerte og gjør det ikke mulig å gjennomføre en mer detaljert beregning slik man gjør for andre utslippskomponenter. En oversikt er gitt i tabell 4.19. Forbruket av blybensin ble faset ut i løpet av 90-tallet, og utslipp fra bensinkjøretøy er kraftig redusert (tabell 4.20). Faktoren på 0,1 ng TEQ per kilo drivstoff for blyfri bensin og diesel er konsistent med faktor for bruk av fyringsolje i industrien.

Årlig utslipp (alle bensinkjøretøy) blir 153 mg TEQ, for diesel person- og varebil 51 mg I-TEQ og for tunge kjøretøy ca. 81 mg TEQ. Til sammenligning var utslippet fra bensinkjøretøy hele 2,3 g I-TEQ i 1990.

Tabell 4.19. Utslippsfaktorer for dioksiner fra veitrafikk

Kilde	Enhet	Blybensin (personbil)	Blyfri bensin (personbil)	Diesel - personbil	Diesel - tunge kjøretøy
EEA (2000)	pg TEQ/km	31,5	..	1,5	10,9
EEA (2000) ¹	ng TEQ/kg drivstoff	0,46	..	0,02	0,04
OSPAR (SFT 2001)	ng TEQ/kg drivstoff	2,2	0,104	0,014	0,014
UNEP (2001)	pg TEQ/km	2 800	320		
UNEP (2001) (omregnet)	ng TEQ/kg drivstoff	44	5
Griegrich et al. (1997)	ng TEQ/kg drivstoff	0,66	0,13/0,096 ²	0,05	0,09
Valgt faktor	ng TEQ/kg drivstoff	2	0,1	0,1	0,1

¹ Omregnet. En bensindrevet personbil har på 90-tallet i snitt brukt 65 gram bensin per kilometer. Det gir en gjennomsnittlig utslippsfaktor for dioksin på 0,46 ng TEQ/kg drivstoff. Tilsvarende bruker en dieseldrevet personbil ca. 63 gram bensin per kilometer. Dette gir en utslippsfaktor på 0,02 ng TEQ/kg drivstoff. En omregning for tunge kjøretøy kan ikke gjøres tilsvarende nøyaktig fordi forbruksfaktorene varierer mye med størrelsen på bilen. Vi har ved omregningen lagt til grunn en forbruksfaktor på 277 g/kilometer. Det gir en utslippsfaktor for dioksin på 0,04 ng TEQ/kg drivstoff.

² Katalysatorbil.

Tabell 4.20. Veid faktor¹ for bensinbiler. ng I-TEQ/kg drivstoff

År	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997-2000
Faktor	1,32	1,11	0,95	0,69	0,25	0,23	0,11	0,1

¹ Tar hensyn til salg av blybensin og blyfri bensin.

4.2.2. Motorredskap, småbåter og jernbane

Ingen utslippsfaktorer for dioksiner fra bruk av motorredskaper, småbåter og jernbane har blitt funnet i

litteraturen. Vi velger derfor å benytte oss av de samme utslippsfaktorene for bensin og diesel fra veitrafikk.

Forbruket av autodiesel innen jernbane, småbåter og motorredskaper var 249 ktonn i 2000, noe som ga et utslipp på ca. 25 mg I-TEQ. Tilsvarende gir et bensinforbruk på ca. 60 ktonn et dioksinutslipp på 6 mg I-TEQ.

4.2.3. Skip og fiskebåter

Forbrenning i nærvær av sjøvann gjør at dioksinutslippene fra skip blir høyere enn forbrenning i andre dieselmotorer. Dette skyldes at det er salt (klor) i forbrenningsluften.

Lloyds har utført målinger av utslipp til luft av ulike utslippskomponenter, inkludert dioksin (Lloyds 1995). De angir et intervall for gjennomsnittlig utslippsfaktor på 80-8000 ng TEQ/tonn. Gjennomsnittet er 4 ng TEQ/kg drivstoff (anbefalt i EEA (2000)) og som vi velger å benytte. Danmark bruker en faktor på 4 ng TEQ/kg drivstoff for tungolje og 1 for gassolje (diesel). Dette er basert på nederlandske målinger.

Totalt utslipp fra innenriks sjøfart og fiske blir da hele 5,0 g I-TEQ dioksin.

4.2.4. Luftfart

Det har ikke blitt funnet utslippsfaktorer for dioksiner fra luftfart. I mangel av data brukes utslippsfaktoren for blybensin fra veitrafikk også for flybensin. For jetparafin velger vi å bruke en utslippsfaktor på 0,06 µg I-TEQ/tonn drivstoff (samme faktor som ved forbrenning av gass i gasturbin). Med et forbruk i 2000 på 2,4 ktonn flybensin og 468 ktonn jetparafin gir dette et totalt utslipp på ca. 32 mg I-TEQ.

Merk at dagens rapporteringsretninger for LRTAP kun inkluderer utslipp fra innenriks luftfart.⁴ Vi baserer oss derfor på denne avgrensningen når vi beregner totale utslipp her.

4.3. Prosessutslipp

4.3.1. Olje-, gass- og kullutvinning

Det finnes ingen informasjon om dioksinutslipp i litteraturen, og vi antar at de er neglisjerbare.

4.3.2. Produksjon av kjemikalier og kjemiske produkter

En bedrift i Norge produserer vinylklorid. I produksjonsprosessen inngår et oksykloreringsstrinn for produksjon av etylenklorid, med etterfølgende cracking til vinylkloridmonomer og saltsyre. I disse prosesstrinnene blir det dannet flere klororganiske forbindelser, deriblant dioksiner. Det vesentlige av denne mengden ender opp i EDC-tjæren, som forbrennes i eget klorgjenvinningsanlegg til HCl. Bedriften har rapportert

⁴ Forslag til nye retningslinjer for rapportering til LRTAP.

inn utslipp for alle år siden 1990 med unntak av 1992 og 1994. Tall for disse årene har da blitt bestemt ut i fra rapporterte data for 1991 og 1993 (tabell 4.21). I tillegg har det for et par år vært relativt store avvik i tidsserien. Dette skyldes sannsynligvis måleusikkerhet.

Tabell 4.21. Dioksinutslipp fra produksjon av kjemikalier og kjemiske produkter. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,064	0,041	0,0185	0,05	0,018	0,003

4.3.3. Jern- og stålproduksjon

Utslipp fra stålproduksjon skyldes den metalliske smelteprosessen. En bedrift har rapportert inn data for første gang i 2000. Data før dette finnes ikke da bedriften ikke har hatt pålegg om å måle dioksinutslipp tidligere. Siden man ikke regner med at produksjonen har endret seg vesentlig fra 1990 til i dag, har utslippene blitt antatt å være de samme i denne perioden. En annen bedrift har rapportert siden 1997. Utslipp før dette har blitt satt lik utslippene i årene fra 1997 til og med 1999 (tabell 4.22).

Tabell 4.22. Dioksinutslipp fra jern- og stålproduksjon. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,09

4.3.4. Produksjon av ferrolegeringer, hel- og halvfabrikat av jern og stål

Alle bedrifter som produserer ferrosilisium rapporterer inn utslipp av dioksin til Inkosys. De fleste bedriftene har rapportert siden 1992, mens tre bedrifter kun har rapportert for år 2000. For de bedriftene som har rapportert siden 1992, har utslipp fra 1990 og 1991 blitt satt lik utslippet gitt i 1992. For å få en konsistent tidsserie for de tre bedriftene som kun har rapportert i 2000, har vi tatt utgangspunkt i utslippet fra 2000 og justert med hensyn til produksjonsnivå for de aktuelle årene (tabell 4.23). Ingen av de fire bedriftene som produserer ferromangan/ferrokrom rapporterer inn tall til SFT. Årsaken til dette er sannsynligvis at utslippene vurderes å være så små at de ikke måles og derfor ikke rapporteres (personlig meddelelse, SFT 2001). Vi har valgt å beregne disse utslippene ut fra den generelle faktoren for forbrenning med kull og koks i industrien, dette gir et årlig utslipp på ca. 0,4 g I-TEQ.

Tabell 4.23. Dioksinutslipp fra produksjon av ferrolegeringer, hel- og halvfabrikat av jern og stål. g I-TEQ¹

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2,61	2,56	2,76	2,71	3,16	3,15	3,25	3,29	3,20	3,14	3,10

¹ Tallene inkluderer rapporterte tall samt beregninger for bedrifter som ikke har rapportert.

4.3.5. Magnesiumproduksjon

Det er rapportert utslipp av dioksiner fra en magnesiumbedrift. Utslippene på begynnelsen av 90-tallet var store, men etter at nye renseanlegg ble satt i gang i 1990 og 1992, har utslippene blitt redusert med mer enn 95 prosent. Som vi ser av tabell 4.24, har det også vært en nedgang på slutten av 90-tallet. Årsaken til svingningene i utslippene de siste årene kan muligens tilbakeføres til regulariteten på forbrenningsanlegget for klogass. Denne bedriften skal legges ned i 2002.

Tabell 4.24. Dioksinutslipp fra magnesiumproduksjon. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
30	5,6	7,6	3,7	3,6	3,5	1,3	3,26	2,0	2,5	1,3

4.3.6. Primær aluminiumsproduksjon

Siden prosessen innebærer bruk av kull og koks som reduksjonsmidler, er det sannsynlig at det er noe utslipp av dioksin. Utslippene er imidlertid så små at det ikke er krav om rapportering fra enkeltbedrifter. Vi har valgt å beregne utslippene ut fra standard faktor for forbrenning av kull/koks på 1,6 µg I-TEQ tonn kull/koks. Et forbruk på 510 ktonn (inkludert anoder) gir et utslipp på 0,8 gram I-TEQ i 2000.

4.3.7. Sekundær aluminiumsproduksjon

Et valseverk i Norge driver med sekundær aluminiumsproduksjon. Utslippene fra denne bedriften skyldes den termiske omsmeltningsprosessen. Bedriften har rapportert dioksinutslipp fra 1993. Før det var de ikke pålagt å måle utslippene. Utslipp fra 1990 til og med 1992 er satt lik utslippet i 1993 (tabell 4.25). Dataene rapportert inn varierer. Dette kan skyldes usikkerhet i målingene eller prosessomlegginger.

Tabell 4.25. Dioksinutslipp fra sekundær aluminiumsproduksjon. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,25	0,43	0,3

4.3.8. Produksjon av glass og glassprodukter

Produksjon av glass og glassprodukter er en kilde til dioksin dannelse (UNEP 2001). Ingen av glassproducentene i Norge rapporterer inn dioksinutslipp. OSPAR (SFT 2001) opererer med en utslippsfaktor på 0,21 µg I-TEQ per tonn. Utslippet er antageligvis også avhengig av type glass som blir produsert og ingen utslipp er beregnet.

4.3.9. Produksjon av sement

To norske bedrifter produserer sement. Dioksiner dannes i den termiske prosessen ved klinkerproduksjon i sementovnen. Begge bedriftene rapporterer utslipp til Inkosys. Den ene bedriften har rapportert siden 1994, mens den andre kun har rapport for de siste to årene. Tallene rapportert inn preges av store variasjoner som mest sannsynlig skyldes måleusikkerhet. Vi har derfor måttet gjøre tilbakeberegninger for de årene man ikke har innrapporterte tall, samt gjort endringer der det helt klart har vært inkonsistens i måledataene (tabell 4.26). Det antas at de rapporterte utslippene også inkluderer utslipp fra forbrenning av kull, koks, spillolje mm. i denne industrien. For å unngå dobbelttelling blir det derfor ikke beregnet dioksinutslipp fra forbrenning i denne næringen.

Tabell 4.26. Dioksinutslipp fra sementproduksjon. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,184	0,184	0,184	0,184	0,144	0,151	0,351	0,269	0,194	0,044	0,13

4.3.10. Gruvedrift

Aktieselskapet Sydvaranger har hatt store dioksinutslipp, noe som skyldtes den termiske prosessen ved pelletsproduksjonen. Dioksinutslipp fra driften ble første gang rapportert i 1994 (51 gram). Utslipp fra tidligere år antas imidlertid å ha vært de samme som det som ble rapportert inn i 1994 (tabell 4.27). Etter 1994 ble utslippene redusert på grunn av redusert drift, og i mars 1996 ble gruva lagt ned.

Tabell 4.27. Dioksinutslipp fra gruvedrift. g I-TEQ

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
51	51	51	51	51	37	16,3	0	0	0	0

4.3.11. Asfaltpreparering og -resirkulering

Asfaltpreparering og -resirkulering er antatt å være en mulig dioksinkilde, spesielt i land som driver med utstrakt resirkulering og som bruker salt på veiene om vinteren (Hansen 2000). I Norge brukes mye salt på veiene i vinterhalvåret, og når denne asfalten oppvarmes ved resirkulering, vil vi anta å få dioksinutslipp. OSPAR (SFT 2001) foreslår en utslippsfaktor fra asfaltverk på 0,047 µg I-TEQ per tonn asfalt (tabell 4.28). Denne faktoren er basert på data fra et verk som resirkulerer gammel asfalt, og er derfor ansett for å være høy i forhold til andre asfaltverk. Fyns Amt opererer med en mye lavere faktor, som antageligvis gjenspeiler dioksinutslipp fra asfaltpreparering av ny asfalt. Norge resirkulerer mye asfalt (Ruud 2001). Noe av denne asfalten har antageligvis blitt saltet i løpet av vinterhalvårene. Av dette skulle man forvente at det forekommer dioksinutslipp ved norske asfaltverk. Asfaltteknisk institutt har ingen data eller litteratur om dioksinutslipp fra asfaltverk.

Hvis vi bruker en mellomliggende faktor på 0,025 µg I-TEQ per tonn og asfaltmengde produsert i Norge på 3,7 millioner tonn per år (1991), fås et dioksinutslipp på 0,09 gram I-TEQ.

Tabell 4.28. Utslippsfaktorer for dioksiner fra asfaltverk

Kilde	Enhet	Utslippsfaktorer
OSPAR (SFT 2001)	µg I-TEQ/tonn	0,047 ¹
Fyns Amt (2000)	µg I-TEQ/tonn	0,0022
Valgt faktor	µg I-TEQ/tonn	0,025

¹ Faktoren er bestemt for et verk med resirkulering av gammel asfalt. Verdien er derfor ansett for å være høy.

5. Resultater

Utslippene etter kilde i årene 1990-2000 er vist i tabell 5.1. Totale utslipp er redusert med 74 prosent siden 1990 og med 50 prosent siden 1995. Nedleggelse av malmproduksjon i Syd-Varanger og rensing av utslippene fra magnesiumproduksjon har bidratt mest til denne nedgangen.

5.1. Stasjonær forbrenning

Utslipp fra stasjonær forbrenning er helt klart den viktigste kilden til dioksinutslipp i dag. I 2000 bidro stasjonær forbrenning med hele 62 prosent av alt utslipp av dioksin. Av dette kommer 33 prosent fra vedfyring i husholdningene og 22 prosent fra forbrenning av treavfall i industrien. En annen stor kilde for dioksin dannelse er halmbrenning (15 prosent). Husbranner og avfallsforbrenning bidro begge med ca. 10 prosent av utslippet fra stasjonærforbrenning i 2000. Utenom forbrenning av treavfall bidrar forbrenning i industrien og olje- og gassvirksomhet lite til det samlede utslippet.

Utslippene fra stasjonær forbrenning er redusert siden 1990. Reduksjonen i utslipp skyldes lavere utslipp fra avfallsforbrenning som følge av strengere utslippskrav og færre anlegg. Også utslipp fra halmbrenning er redusert. Imidlertid har utslippene fra treforedling økt som følge av større aktivitet. Husholdningenes forbruk av ved har økt på 90-tallet, og dette har ført til høyere utslipp.

5.2. Prosessutslipp

23 prosent av dioksinutslippet i 2000 kom fra prosessutslipp. Hele 97 prosent av dette utslippet stammer fra metallproduksjon, der 66 prosent stammer fra produksjon av jern, stål og ferrolegeringer. Til sammenligning kommer 14 prosent av prosessutslippet fra produksjon av aluminium.

Det har vært store reduksjoner i prosessutslippene fra 1990 til i dag. På begynnelsen av 1990-tallet var prosessutslipp den største kilden til utslipp av dioksiner i Norge. Dette skyldtes hovedsakelig produksjon av malm i Syd-Varanger og produksjon av magnesium. Malmproduksjonen ble lagt ned i 1996 og magnesiumbedriften har redusert sine utslipp betydelig på grunn av bedre renseanlegg.

5.3. Mobil forbrenning

Dioksinutslipp fra mobil forbrenning bidro med ca. 15 prosent av de totale dioksinutslippene i 2000. Forbrenning innenfor skipsfart og fiske utgjør hele 94 prosent av utslippet innenfor mobil forbrenning. Årsaken til at skipsfart er en av de viktigste dioksinkildene i Norge, er dels at Norge har mye skipsfart samt at forbrenning i nærvær av saltvann øker utslippene. Til sammenligning kom kun 5 prosent av utslippet fra mobil forbrenning fra veitrafikk.

I 1990 var utslippet fra veitrafikk 8 ganger høyere enn det var i 2000. Nedgangen skyldes utfasing av blybensin da tilsetningsstoffer i blybensin øker dioksinutslippene. Skipsfarten har økt i omfang på 90-tallet, med påfølgende økte utslipp.

Tabell 5.1. Utslipp til luft av dioksiner 1990-2000

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
UTSLIPP I ALT	129,8	97,9	96,2	95,6	94,3	70,9	50,1	42,5	34,6	39,6	34,1
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	36,1	30,0	26,0	29,4	28,5	19,3	20,9	27,3	20,8	24,7	21,0
Olje- og gassvirksomhet	0,6	1,2	0,9	0,7	1,0	0,8	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9
- Naturgass	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
- Fakling	0,3	0,7	0,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2
- Dieselbruk	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Gassterminal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industri	1,8	1,7	1,7	1,6	1,8	1,9	1,9	7,0	1,9	5,4	5,3
- Oljeraffinerier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Treforedling	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	6,3	1,2	4,6	4,6
- Sement, kalk og gips	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Annen mineralisk produksjon	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- Petrokjemi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
- Gjødelseproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Metallproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Annen industri	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5
Andre næringer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
Boliger	6,4	5,7	5,7	6,4	7,0	6,8	7,2	7,4	6,9	7,0	7,0
Forbrenning av avfall og deponigass	17,0	12,9	12,0	13,4	12,9	2,9	3,4	4,6	5,0	5,5	2,1
Annen forbrenning	10,3	8,6	5,7	7,2	5,8	6,9	7,5	7,1	5,9	5,7	5,6
PROSESSUTSLIPP I ALT	86,7	61,6	64,1	60,5	61,0	46,7	24,1	9,8	8,1	9,0	7,8
Olje- og gassvirksomhet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Oljeboring: lekkasjer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Utvinning: venting mm.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Oljelasting offshore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Oljelasting onshore	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gassterminal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utvinning av kull	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bensindistribusjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Raffinering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Treforedling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kjemisk produksjon	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
- Gjødelseproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Karbidproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Petrokjemisk	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
- Annen kjemisk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralisk produksjon	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,0	0,1
- Sementproduksjon	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,0	0,1
- Annen mineralisk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metallproduksjon	35,4	10,3	12,8	9,2	9,7	9,4	7,3	9,4	7,8	8,9	7,6
- Jern	4,6	4,6	4,5	4,7	5,2	5,2	5,3	5,3	4,7	5,2	5,2
- Aluminium	0,7	0,1	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	1,0	1,2	1,1
- Andre metaller	30,0	5,6	7,6	3,7	3,6	3,5	1,3	3,3	2,0	2,5	1,3
- Metaller: anodeproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Landbruk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Husdyr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Husdyrgjødsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Nitrogengjødsling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Kalking: jordbruk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Andre landbruksutslipp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Avfallsdeponigass	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Løsemidler	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gruver	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	37,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Prod. brød og øl (gjæring)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kalking: industriavfall	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kommunale avløp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Veistøv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bildekkslitasje	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Asfaltverk	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Bruk av produkter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Andre prosessutslipp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MOBIL FORBRENNING I ALT	6,9	6,3	6,0	5,8	4,8	4,9	5,1	5,4	5,6	5,9	5,3
Veitrafikk	2,4	1,9	1,6	1,2	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
- Bensinkjøretøyer	2,3	1,8	1,5	1,1	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
- - Lette kjøretøy: bensin	2,2	1,8	1,5	1,1	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
- - Tunge kjøretøy: bensin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Dieselskjøretøyer etc.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
- - Lette kjøretøy: diesel etc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
- - Tunge kjøretøy: diesel etc.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- Motorsykkkel - moped	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- - Motorsykkkel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- - Moped	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Snøscooter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Småbåt	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Motorredskap	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Motorredskap	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- - Motorredskap: bensin 2-takt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- - Motorredskap: bensin 4-takt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Motorredskap: diesel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jernbane	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Luftfart	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Innenriks < 1000 m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Utenriks < 1000 m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Innenriks > 1000 m	0,0	0,0	4,3	4,4	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Skip og båter	4,4	4,2	2,4	2,6	2,4	4,4	4,7	5,1	5,3	5,6	5,0
- Kysttrafikk mm.	2,3	2,2	1,6	1,6	1,6	2,5	2,6	2,7	2,9	3,3	2,7
- Fiske	1,9	1,7	0,3	0,3	0,2	1,7	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9
- Mobile oljerigger mm.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4

5.4. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid

Det er første gang det har blitt foretatt en grundig beregning av dioksinutslipp til luft i Norge fra alle kjente og potensielle dioksinkilder siden Benestad (1994). Datagrunnlaget er forbedret siden 1994, og dette har gjort at utslipp fra flere kilder kan inkluderes i statistikken. Det er imidlertid generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av dioksiner. Det er flere grunner til dette:

1. Den viktigste er at det finnes lite informasjon om utslippsfaktorer. For noen kilder kan utslippsfaktorer mangle helt, mens for andre kan de sprike i stor grad.
2. Det er også uklart hvor mye av det som finnes i internasjonal litteratur som er anvendbart på norske forhold.
3. Videre er det ikke sikkert at alle utslippskilder er kjent eller tilstrekkelig kartlagt. Bedriftenes egenrapportering av utslipp til SFT er forbedret, men mange bedrifter har først i de senere årene begynt å rapportere dioksinutslipp. De fleste bedriftene har ikke rapportert data fra begynnelsen av 1990-tallet. Dette medfører at utslippsberegningene for basisåret 1990 hovedsakelig er basert på antagelser basert på senere rapporterte data. Utslippene i 1990 er dermed mye mer usikre enn for 2000.

Flere av disse forholdene kan rettes opp. Det er altså et potensiale for å forbedre utslippstallene og redusere utslippstallene på sikt.

De viktigste forbedringsmulighetene er :

- Vurdere utslippsfaktorene for forbrenning av treavfall i industrien basert på teknologi som brukes i Norge.

- Vedfyring i husholdningene bidrar mye til totale utslipp, og det ville være nyttig å få gjennomført flere målinger for å få kartlagt nivået og hva som påvirker utslippene.
- Følge opp og vurdere nærmere utslippsfaktorene knyttet til oljeforbrenning, da disse er meget usikre. Oljeforbrenning bidrar imidlertid lite til totale utslipp.
- For utslipp rapportert fra industrien er måleusikkerheten høy. Det bør vurderes om det finnes enkle måter å få den redusert på, f.eks. midling av data.
- Vurdere nærmere utslipp fra produksjon av aluminium og enkelte typer ferrolegeringer hvor beregningene indikerer et relativt høyt bidrag på nasjonalt nivå.
- Husbranner bidrar relativt mye til utslipp av dioksiner. Utslippene her er imidlertid usikre, grunnet blant annet usikkerheten rundt hva som faktisk brenner og hvor mye som går tapt i hver brann. Det vil derfor være ønskelig å følge opp utslippsfaktorer og forbrenningsmønster knyttet til husbranner.
- Vurdere effekten av kystklima på dioksinutslipp.
- Prøve å anskaffe aktivitetsdata fra noen få kjente utslippskilder som ikke er beregnet (bla. røyking av matvarer og forbrenning av dyreskrotter). Vi antar imidlertid at disse betyr lite for de totale utslipp.
- Anslå aktivitetsdata for ukontrollerte forbrenningskilder, slik som bålrenning.
- Følge med på internasjonal litteratur og oppdatere utslippsfaktorene når ny informasjon foreligger.

Referanser

- Aronsen, H. (1994): Personlig meddelelse, SFT-notat datert 4.september 2000. Statens forurensningstilsyn.
- Benestad, C. (1994): *Dioksiner*, SFT-dokument 94:04, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Berdowski, J.J.M., C.Veldt, J. Baas og A.E. Klein (1995): *Technical paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE emission inventory of heavy metals and persistent organic pollutants*. TNO-report. TNO_MEP-R95/247 Delft, The Netherlands.
- Berdowski, J.J.M., J. Baas, J.P.J. Bloos, A.J.H. Visscheijk og P.Y.J. Zandveld (1997): *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 104 02 672/03. TNO Institute of Environmental Science, Energy and Process Innovation.
- Bremmer, H.J., L.M. Troost, G. Kuipers, J. de Koning og A.A. Sein (1994): *Emission of dioxins in the Netherlands*. National institute of public health and environmental protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- Cianciarelli (2001): Personlig meddelelse, epost datert 20. juni 2001, Emissions Research and Measurement Division, Environmental Technology Center.
- EEA (2000): *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, second edition. A joint EMEP/CORINAIR Production, European Environmental Agency.
- Environment Canada (2000): *Characterization of Organic Compounds from Selected Residential Wood Stoves and Fuels*, Report ERMD 2000-01, Environmental Technology Center, Environment Canada.
- Finstad, A., G.Haakonsen, E. Kvingedal og K. Rypdal (2001): *Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge. Dokumentasjon av metode og resultater*. Rapport 2001/17, Statistisk sentralbyrå.
- Fyns Amt (2000): *Estimeret beregning for årlig dioxinmission på 8 anlegg i Fyns Amt*. Rapport 15.420. dk-TEKNIK Fredericia, maj 2001.
- Giegrich, J., A. Detzel, H. Fehrenbach, B. Franke, M. Lell, A. Patyk (1997): *PCDD/F and PAH in Germany. Emission balance and Reduction Measures*. Research project no. 104 02 365, Institut Für Energie-und Umweltforschung. Heidelberg.
- Gjesdal, S.F.T., K.E. Rosendahl og K. Rypdal (1998): *A balance of use of wood products in Norway-Part 111*, Rapport 98:05, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Haakonsen, G. og E. Kvingedal (2001): *Utslipp til luft fra vedfyring i Norge. Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og fyringsvaner*, Rapport 2001/36, Statistisk sentralbyrå.
- Hansen, E. (2000): *Substance flow analysis for dioxins in Denmark*, Environmental project No 570 2000, Miljøstyrelsen, Miljø- og energiministeriet.
- Jensen, A.A., A. Grove og L. Hoffmann (1995): *Kilder til dioxinforurening og forekomst af dioxin i miljøet*: Arbejdsrapport nr.81/1995. Miljøstyrelsen.
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1997): *Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe (the European Dioxin Inventory)-Final Report*.
- Lloyds (1995): *Marine Exhaust Emission Research Program*. Lloyds Register of Shipping.
- Miljøverndepartementet (2001): *Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*. Stortingsmelding nummer 24.
- Quass, U. og M. Fermann (1997): *Identification of relevant industrial sources of dioxins and furans; quantification of emissions and evaluation of abatement technologies*. (The European Dioxin Inventory). Final Report, June 1997. Report prepared on behalf of the European Commission, DG XI at the North Rhine-

Westfalia State Environment Agency under Contract Number B4-3040/94/884/AO/A3.

OLF (1993): *Miljøprogram Fase 2*. Sammendragsrapport. Oljeindustriens Landsforening.

Parma, Z., J. Vosta, J. Horejs, J.M. Pacyna og D. Thomas (1995): *Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Prague, The Czech Republic.

PIL (2000): *Avfallsbaserte brenselprodukter. Kvalitetssikring og miljøkrav ved energiutnyttelse av brensel fra sortert avfall*. Prosessindustriens Landsforening.

Ruud, O. (2001): Personlig meddelelse, Asfaltteknisk Institutt (ATI)

SFT (1996) : *A balance of use of wood products in Norway*. SFT rapport 96:04.

SFT (2001a): Enheter for dioksiner/doc. Tilsendt fra C. Benestad 13. mars 2001. Statens forurensningstilsyn.

SFT (2001b): Miljøstatus i Norge.
www.mistin.dep.no/tema/Kjemikalier.

SFT (2001): *Harmonized Quantification and Reporting Procedures (HARP-HAZ Prototype)*, Rapport 1789/2000, Oslo: Statens forurensningstilsyn.

SSB (1999): *Byggearealstatistikk*. NOS. C603.

Stabbetorp (2001): Personlig meddelelse, telefonsamtale 18/1-01. Planteforsk, Kapp.

Tiedemanns Tobaksfabrik (2001): Personlig meddelelse.

UNEP (2001): *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan releases*. Draft, Prepared by UNEP Chemicals Geneva, Switzerland.

U.S.EPA (1997): *Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003.

Utslippsfaktorer benyttet i rapporten. $\mu\text{g I-TEQ/tonn}$

Kilde	Faktor
Stasjonær forbrenning	
Kullkraftverk	0,35
Olje- og gassutvinning	
- gass	0,05 ¹
- diesel	4,0
Brønntesting (olje)	10
Industri	
- Kull / koks	1,6
- Ved	1,0
- LPG	0,06
- Fyringsparafin	0,06
- Fyringsolje	0,1
- Tungdestillat	0,1
- Tungolje	0,1
- Spillolje	4,0
Husholdning	
- Kull / koks	10
- Ved	5,9
- LPG	0,06
- Fyringsparafin	0,06
- Fyringsolje	0,2
Husbranner	170
Bilbranner	48 ²
Halmbrenning	17
Kremasjoner	10
Grilling med trekull	10
Sigarettrøyking	1,3
Mobil forbrenning	
Blybensin	2,0
Blyfribensin	0,1
Diesel	0,1
Jetparafin	0,1
Flybensin	2,0
Diesel skipsfart	4,0
Prosess utslipp	
Primær aluminiumsproduksjon	1,6
Ferrolegeringer ³	1,6
Asfaltverk	0,025

¹ Enhet i $\mu\text{g I-TEQ/kSm}^3$.² Enhet i $\mu\text{g I-TEQ/bilbrann}$.³ Brukes kun for de bedrifter som ikke rapporterer.

Tidligere utgitt på emneområdet

Previously issued on the subject

Rapporter (RAPP)

- 2000/1: The Norwegian Emission Inventory.
Documentation of methodology and data for
estimating emissions of greenhouse gases
and long-range transboundary air pollutants
- 2001/17: Utslipp til luft av noen miljøgifter I Norge.
Dokumentasjon av metode og resultater
- 2001/36: Utslipp til luft fra vedfyring i Norge.
Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og
fyringsvaner

Statistiske analyser (SA)

- 46: Naturressurser og miljø 2001
- 47: Natural Resources and the Environment 2001.
Norway

De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter*Recent publications in the series Reports*

- 2001/28 L. Svennebye: Grensehandelen med Sverige og Danmark. Sammenlikning av priser på grensen og i Oslo 2001. 2001. 47s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4977-5
- 2001/29 K.J. Einarsen: Utredning av alternative rapporteringsløsninger for kirkelig tjenestestatistikk. Sluttrapport fra utredningsgruppen for kirkelig tjenestestatistikk. 2001. 50s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4982-1
- 2001/30 T.P. Bø: Utenlandske leger og sykepleiere i Norge. 2001. 27s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4984-8
- 2001/31 F.R. Aune: Regional og nasjonal utvikling i elektrisitetsforbruket for 2010. 2001. 36s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4986-4
- 2001/32 T.O. Thoresen: Skatt på overføringer mellom generasjoner. 2001. 39s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4987-2
- 2001/33 T. Pedersen: Tilpasning på arbeidsmarkedet for personer som går ut av status som yrkeshemmet i SOFA-søkerregisteret - 1999 og 2000. 2001. 37s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537- 4989-9
- 2001/34 T. Pedersen: Tilpasning på arbeidsmarkedet for deltakere på ordinære arbeidsmarkedstiltak i årene 1999-2000. 2001. 18s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4990-2
- 2001/35 A. Langørgen, R. Aaberge og R. Åserud: Gruppering av kommuner etter folke-mengde og økonomiske rammebetingelser 1998. 2001. 53s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4992-9
- 2001/36 G. Haakonsen og E. Kvingedal: Utslipp til luft fra vedfyring i Norge. Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og fyringsvaner. 2001. 51s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4994-5
- 2001/37 K. Rypdal og L-C. Zhang: Uncertainties in Emissions of Long-Range Air Pollutants. 2001. 49s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5000-5
- 2001/38 B. Kupis Frøyen og Ø. Skullerud: Avfallsregnskap for Norge. Metoder og resultater for tekstilavfall. 2001. 41s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5005-6
- 2001/39 G.I. Gundersen og O. Rognstad: Lagring og bruk av husdyrgjødsel. 2001. 47s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5007-2
- 2001/40 I. Hauge Byberg, A. Hurlen Foss og T. Noack: Gjete kongens harer- rapport fra arbeidet med å få samboerne mer innpasset i statistikken. 2001. 60s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5008-0
- 2001/41 E. Engelién og P. Schøning: Friluftsliv og tilgjengelighet- metode for beregning av nøkkeltall. 2001. 23s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5012-9
- 2001/42 G.M. Pilskog, L. Solheim og K. Ødegård: Bruk av informasjons- og kommunikasjons-teknologi i næringslivet 2000. 2001. 56s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5013-7
- 2001/43 T. Smith og S.E. Stave: Ressursinnsats, utslipp og rensing i den kommunale avløps-sektoren. 2001. 64s. ISBN 82-537-5014-5
- 2002/1 E. Rønning og S. T. Vikan: Lærernes arbeidsmiljø i 1990- årene. 2002. 60s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5016-1
- 2002/2 V.V. Holst Bloch: Arealstatistikk for tettsteds-nære områder 1999-2000. 2002. 37s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-5375021-8
- 2002/3 J. Lyngstad og A. Støttrup Andersen: Utvikling i boforhold 1987-1997. Rapport til Boligutvalget. 2002. 40s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5031-5
- 2002/4 E. Røed Larsen: Boligutgiftene i Norge på 1990-tallet. Systematiske observasjoner av livsfase, geografi og husholdningstype. 2002. 25s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5024-2
- 2002/5 L. Østby: Demografi, flytting og boligbehov på 1990-tallet. 2002. 48s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5029-3
- 2002/6 L.S. Stambøl: Qualification, mobility and performance in a sample of Norwegian regional labour markets. 2002. 46s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5033-1