

Gisle Haakonsen og Eli Kvingedal

Utslipp til luft fra vedfyring i Norge

Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og fyringsvaner

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, oktober 2001
Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen,
vennligst oppgi Statistisk sentralbyrå som kilde.

ISBN 82-537-4994-5
ISSN 0806-2056

Emnegruppe

01.04.10

Design: Enzo Finger Design
Trykk: Statistisk sentralbyrå/300

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Tall kan ikke offentliggjøres	Not for publication	: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	|
Rettet siden forrige utgave	Revised since the previous issue	r

Sammendrag

Gisle Haakonsen og Eli Kvingedal

Utslipp til luft fra vedfyring i Norge

Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og fyringsvaner

Rapporter 2001/36 • Statistisk sentralbyrå 2001

Utslipp fra vedfyring bidrar til problemer med lokal luftkvalitet i form av bl.a. utslipp av svevestøv. Dette utslippet kommer i første rekke fra tradisjonelle vedovner og åpne peiser. Ved å bytte ut en tradisjonell vedovn med en ny rentbrennende, reduseres utslippet med mer enn 80 prosent. Fra og med 1998 er det påbudt at alle lukkede ildsteder som selges i Norge skal tilfredsstille strenge krav til svevestøvutslipp. Dette vil føre til at samlet utslipp gradvis vil gå nedover etter hvert som gamle ovner skiftes ut, hvis ikke vedforbruket samtidig øker dramatisk. Hvis alle gamle vedovner som er i bruk skiftes ut med nye rentbrennende, vil utslipp av svevestøv fra vedfyring i Oslo bli redusert med mer enn 60 prosent.

Data fra Levekårsundersøkelsen 2000 bekrefter det årlige estimatet av vedforbruket i Norge fra SSBs energiregnskap. Levekårsundersøkelsen gir også informasjon om hva slags type innretning veden er brent i. På landsbasis ble 89 prosent av veden brent i tradisjonelle, lukkede vedovner vinteren 1999/2000. Bare 7 prosent av veden ble brent i nye, rentbrennende vedovner, mens 4 prosent ble brent i åpen peis. Peisfyring er et typisk byfenomen. Tilsvarende tall for Oslo kommune er hhv. 55, 4 og 42 prosent. Nesten halvparten av all ved som ble brent i Oslo ble altså brent i åpen peis, og til tross for kampanjer med tilskudd til utskifting av gamle vedovner ble ikke mer enn 4 prosent av veden brent i nye, rentbrennende vedovner.

Med den beregningsmetoden som inntil nå har vært brukt i SSB/SFTs utslippsmodell, ville ikke en eventuell omfattende utskifting av vedovner blitt fanget opp i utslippstallene. I denne rapporten kombineres opplysninger fra Levekårsundersøkelsen med resultatene fra en litteraturgjennomgang av utslippsfaktorer, slik at nye utslippstall som tar hensyn til reelt forbruk av ved i de ulike teknologiene kan beregnes. Rapporten skisserer en metode for å beregne konsistente tidsserier med utslippstall ved at spørsmålene i Levekårsundersøkelsene gjentas jevnlig og kombineres med teknologispesifikke utslippsfaktorer. En implementering av denne metoden vil føre til at samlet utslipp fra vedfyring i Norge oppjusteres kraftig, fordi den gjennomsnittlige utslippsfaktoren (g partikler/kg ved) øker. Denne oppjusteringen vil bare i begrenset grad skje i byene. En ny og bedret metode for å fordele utslippene på kommuner implementeres nemlig samtidig, og denne vil føre til at økningen i første rekke skjer i spredt bebygde strøk og i mindre tettsteder.

Selv om dette arbeidet bekrefter at vedfyring ofte er den største kilden til utslipp av svevestøv i norske kommuner, kan det ikke konkluderes med at vedfyringen representerer noe helseproblem alle disse stedene. Ett tonn svevestøv sluppet ut fra en pipe mange meter over bakken vil på grunn av fortyningseffekter gi lavere svevestøvkonsentrasjon langs bakken enn ett tonn sluppet ut ved bakkenivå (som eksos eller asfaltstøv). Denne rapporten beskriver kun tall på utslipp og ikke bidrag til konsentrasjonen. En slik vurdering av helseeffekter må derfor gjøres av andre institusjoner, basert på en vurdering av hvilke bidrag disse utslippene har på svevestøvkonsentrasjonene lokalt.

Nye fullstendige utslippsberegninger etter den nye metoden vil bli presentert i januar 2002.

Prosjektstøtte: Statens forurensningstilsyn.

Innhold

1. Oppsummering	9
1.1. Bakgrunn for prosjektet	9
1.2. Prosjektinnhold	9
1.3. Resultater	9
2. Innledning	12
2.1. Vedfyring — et miljøproblem?	12
2.2. Rentbrennende ildsteder	13
2.3. Myndighetenes krav til utslipp	13
2.4. Kort om myndighetenes tiltak	14
3. Definisjoner og datakilder	15
3.1. Definisjoner	15
3.2. Datakilder	16
4. SSB/SFTs utslippsmodell	17
4.1. Kort om beregning av nasjonale og kommunefordelte utslipp	17
4.2. Metode for beregning av vedforbruk og utslipp fra vedfyring	17
5. Slik fyrer vi i Norge	19
5.1. Ildstedsbestand	19
5.2. Vedforbruk	20
5.3. Hva fyrer vi med?	21
5.4. Belastning, trekk og fuktighet	22
5.5. Variasjon i fyringen fra time til time	22
6. Utslippsfaktorer	26
6.1. Hva er bestemmende for utslippsfaktoren?	26
6.2. Gjennomgang av litteratur	26
6.3. Anbefaling av utslippsfaktorer	34
7. Konklusjoner	36
8. Videre arbeid	39
Referanser	40
Vedlegg	
A. Resultater fra Levekårsundersøkelsen 2000	43
B. Spørsmål om vedanskaffelser i Forbruksundersøkelsen	45
C. Vedforbruk i Norge 1990-1998	46
D. PAH-forbindelser omfattet av ulike standarder	47
E. Fordelingsfaktorer for tidsvariasjon i vedforbruket	48
Tidligere utgitt på emneområdet	50
De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter	51

Figurregister

1. Oppsummering

1. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene	11
--	----

5. Slik fyrer vi i Norge

2. Forbruk av ved i husholdningene og antall graddager. 1990 -1998	20
3. Vedforbruk per husstand. Hele landet. m ³ per husstand (løst mål).....	21
4. Fordeling av vedforbruket fra uke til uke. Andeler. Oslo. 1994.	23
5. Temperaturuavhengig fordeling av vedforbruk fra time til time. Oslo	24
6. Fyringspoeng som funksjon av temperaturen.	24
7. Modellens fordeling av vedforbruket i Oslo over to døgn i januar	25
8. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene	25

6. Utslippsfaktorer

9. Partikkelutslipp som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn.....	27
10. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Jøtul etter klasse. 2000. g/kg	28
11. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Dovre etter klasse. 2000. g/kg	28
12. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Nord-Interiør etter klasse. 2000. g/kg.....	29
13. Utslipp av CO som funksjon av belastning på ildsted.	30
14. Utslipp av PAH som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn. mg/kg	33

7. Konklusjoner

15. Partikkelutslipp som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn.....	36
16. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene	38

Tabellregister

1. Oppsummering

1. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000	10
2. Gjennomsnittlige utslippsfaktorer brukt i SSB/SFTs utslippsmodell før og etter dette arbeidet. Norge	10
3. Type ildsted som brukes mest til vedfyring, vektet etter forbruk. Vinteren 1999/2000. Prosent.....	10
4. Vedfyring i boliger. Andel av vedfyringsutslipp for utvalgte komponenter fordelt på den enkelte ildstedstype. Norge og Oslo. 1998. Prosent	10
5. Utslipp av utvalgte komponenter. Vedfyring i boliger. Dagens ildstedsbestand og hvis alle hadde fyrte med rentbrennende ildsted. Norge og Oslo. 1998. Tonn.....	11
6. Hva brennes i ovn/peis. 1999/2000	11

2. Innledning

7. Utslippskrav til lukkede vedfyrte ildsteder. Partikler.....	13
--	----

4. SSB/SFTs utslippsmodell

8. Regionalinndeling av resultatene fra Forbruksundersøkelsen	18
9. Utslippsfaktorer brukt inntil nå i SSB/SFTs utslippsmodell. g/kg	18

5. Slik fyrer vi i Norge

10. Type ildsted benyttet. Vinteren 1999/2000. Prosent veid etter forbruk	19
11. Type ildsted benyttet. 2000. Prosent	19
12. Vedforbruk i Norge vinteren 1999/2000. Regioner. m ³ og prosent	20
13. Gjennomsnittlig vedforbruk etter type ildsted som brukes mest til vedfyring i sentrumsnære områder av Oslo og Lillehammer. Sekker/vedfyringshusholdning. 2000	21
14. Gjennomsnittlig vedforbruk etter type ildsted som brukes mest til vedfyring i Oslo og Norge samlet. Løst mål. Sekker/vedfyringshusholdning. 1999/2000	21
15. Forbruk av ved i husholdninger. Etter treslag. 1980.....	21
16. Hva brennes i ovn/peis. Norge. 1999/2000	21
17. Når i uken det fyres mest. Andeler	23

6. Utslippsfaktorer

18. Utslippsfaktorer for partikler (PM ₁₀). Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg.....	28
19. Utslippsfaktorer for partikler (PM ₁₀). Rentbrennende lukkede ildsteder (unntatt katalysatorovner). g/kg	29
20. Utslippsfaktorer for partikler (PM ₁₀). Åpen peis. g/kg.....	29
21. Utslippsfaktorer for CO. Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg	29
22. Utslippsfaktorer for CO. Rentbrennende lukkede ildsteder (ikke katalysator). g/kg	29
23. Utslippsfaktorer for CO. Peis. g/kg	30
24. Utslippsfaktorer for NO _x . Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg	31
25. Utslippsfaktorer for NO _x . Rentbrennende lukkede ildsteder (ikke katalysator). g/kg	31
26. Utslippsfaktorer for NO _x . Åpen peis. g/kg.....	31
27. Utslippsfaktorer for NMVOC. Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg	31
28. Utslippsfaktorer for NMVOC. Rentbrennende lukkede ildsteder. g/kg	31
29. Utslippsfaktorer NMVOC. Åpen peis. g/kg.....	31
30. Utslippsfaktorer for CH ₄ . Alle teknologier. g/kg	32
31. Utslippsfaktorer for N ₂ O. Alle teknologier. g/kg	32
32. Utslippsfaktorer for SO ₂ . Alle teknologier. g/kg	32
33. Utslippsfaktorer for kadmium. Alle teknologier. g/tonn	32
34. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i et tradisjonelt lukket ildsted. g/tonn	33
35. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i rentbrennende lukket ildsted. mg/tonn og g/tonn	34
36. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. g/tonn	34
37. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra bruk av ved i ovn og peis	34
38. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000	35
39. Utslippsfaktorer. Veid etter forbruk i ulike typer ildsteder. Norge. 1990 og 2000. g/kg. Cd og PAH i g/tonn	35
40. Utslippsfaktorer. Veid etter forbruk i ulike typer ildsteder. Oslo. 2000. g/kg	35

7. Konklusjoner

41. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000.	37
42. Gjennomsnittlige utslippsfaktorer brukt i SSB/SFTs utslippsmodell før og etter dette arbeidet. Norge.	37
43. Type ildsted som brukes mest til vedfyring, vektet etter forbruk. Vinteren 1999/2000. Prosent	37
44. Vedfyring i boliger. Andel av vedfyringsutslipp for utvalgte komponenter fordelt på den enkelte ildstedstype. Norge og Oslo. 1998. Prosent.....	37
45. Utslipp av utvalgte komponenter. Dagens ildstedsbestand og hvis alle hadde fyrte med rentbrennende ildsted. Norge og Oslo. 1998. Tonn.....	38
46. Hva brennes i ovn/peis. 1999/2000	38

Forord

Dette prosjektet er gjennomført på bakgrunn av en erkjennelse om at kunnskapen rundt vedfyring i husholdningene og utslipp fra dette burde være bedre. Utslipp fra vedfyring bidrar i vesentlig grad til de nasjonale utslippene av flere ulike komponenter. Dette prosjektet har bidratt til at disse utslippene nå kan beregnes med mindre usikkerhet. Men beregningene er fortsatt ikke gode nok og må følges opp med nye prosjekter i årene som kommer.

Statistisk sentralbyrå vil rette en takk til alle personer/institusjoner som har bidratt i større eller mindre grad til dette prosjektet:

Abshagen og Remus (Umwelt Bundes Amt, Tyskland)
Asbjørn Østnor (SINTEF Norges branntekniske laboratorium)
Astrid Olsson (Naturvårdsverket, Sverige)
Edvard Karlsvik (SINTEF Energi)
Eilev Gjerald (SFT)
Erland Røsten (SFT)
Marc Deslauriers (Environment Canada)
Marko Ekqvist (Finish Environment Institute)
Morten Henriksen (Nord-Interiør AS)
Nils Peder Viberg (Dovre AS)
Oddvar Espegard (Norsk Ved)
Ola Gjone (Jøtul ASA)
Steinar Larssen (Norsk institutt for luftforskning)
Øyvind Skreiberg (Institutt for Termisk Energi og Vannkraft, NTNU)

I tillegg har også personer internt i SSB bidratt med innspill og kommentarer.

Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn.

1. Oppsummering

1.1. Bakgrunn for prosjektet

Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensnings-tilsyn (SFT) samarbeider om å utarbeide oversikter over utslipp til luft i Norge. Oversiktene blir utarbeidet for en rekke komponenter (f.eks. karbondioksid, svoveldioksid og partikler) og kilder (f.eks. industri, veitrafikk, sjøfart, luftfart, forbrenning i boliger, landbruk). Partikler brukes i denne rapporten synonymt med svevestøv eller PM_{10} - partikler med diameter mindre enn 10 μm . Til utslippstallene er det knyttet ulik grad av usikkerhet, og denne usikkerheten varierer fra kilde til kilde og fra komponent til komponent.

Utslipp fra vedfyring er en viktig kilde til nasjonale utslipp til luft av blant annet svevestøv, tungmetaller og PAH (polisykliske aromatiske hydrokarboner). Utslippene fra vedfyrte ildsteder er imidlertid svært vanskelige å tallfeste da de ofte er avhengig av bl.a. forbrenningsteknologi, belastning (kg ved/time) og trekkforhold. Når man skal beregne utslipp lokalt, må man i tillegg ha kunnskap om hvordan det nasjonale vedforbruket fordeler seg på kommuner og helst også fordeling innen den enkelte kommune. Skal tallene brukes i spredningsmodeller, trenger man i tillegg informasjon om hvordan vedforbruket varierer fra time til time gjennom fyringssesongen. For å kunne modellere dette, trenger man tidsfordelinger for en "normal" uke samt kunnskap om hvordan vedforbruket varierer med temperaturen.

Utslippsfaktorene som inntil nå har vært brukt i SSB/SFTs utslippsmodell, har for det meste vært basert på analyser fra 1980-tallet. Siden den gang har forbrenningsteknologien endret seg ved at det er kommet "rentbrennende" ildsteder og derfor er også utslippene per ildsted redusert. Internasjonale faktorer er ikke nødvendigvis dekkende for Norge siden belastningen (kg ved/time) det testes ved i utlandet ofte er høyere enn i Norge. Karlsvik m. fl. (1993) viste hvordan utslipp av partikler (PM_{10}) varierer med belastning. Partikkelutslippet per kg ved avtar kraftig etter hvert som belastningen på ildstedet øker.

1.2. Prosjektinnhold

Formålet med dette prosjektet er å bedre kvaliteten på nasjonale og kommunale tall for utslipp fra vedfyring. Prosjektet skulle:

- anbefale nye utslippsfaktorer fordelt på tradisjonelle lukkede ildsteder, rentbrennende lukkede ildsteder og åpne ildsteder. På sikt er det ønskelig å beregne tidsserier for utslippsfaktorene som tar hensyn til den gradvise utskiftningen til rentbrennende ildsteder.
- framskaffe informasjon om ildsteder i bruk i Norge (fordelt på ildstedstypene nevnt over).
- gi et bedre estimat over nasjonalt vedforbruk for fyringssesongen 1999/2000, om mulig fordelt på fylke.
- finne andel av husholdningene som brenner andre ting enn ved (papir, kartong, materialer osv.).
- forbedre fordelingen av utslipp fra time til time.

Dette arbeidet må ses som en del av et større arbeid for å bedre kvaliteten på tallene på utslipp fra vedfyring. I denne rapporten publiseres arbeidet med utslippsfaktorer og tids- og temperaturvariasjon. De nye utslippsfaktorene kan tidligst bli inkludert i beregningene som vil bli lagt til grunn for utslippstallene som publiseres i begynnelsen av 2002. Det vil ved denne publiseringen også bli tatt i bruk en ny metode for å fordele utslippene på kommuner.

1.3. Resultater

Utslipp til luft fra vedfyring i Norge er gitt av den enkle sammenhengen vedforbruk (kg ved) multiplisert med utslippsfaktor (g utslipp/kg tørr ved). Vedforbruk (og dermed også utslipp) fordeles i SSB/SFTs utslippsmodell på kommuner i Norge.

I dette arbeidet har vi systematisk gått gjennom og vurdert ulike litteraturkilder for utslippsfaktorer for komponentene vist i Tabell 1. Mens man i SSB/SFTs utslippsmodell tidligere har hatt en felles utslippsfaktor for vedfyring, har vi nå ønsket å skaffe til veie faktorer splittet på tradisjonell lukket vedovn, lukket peis/peisovn og åpen peis. Anbefalingene fra dette arbeidet er vist i Tabell 1. Faktorene for de ulike typer ildsteder er

Tabell 1. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000

	Åpen peis	Vedovn/ lukket peis	Vedovn/ lukket peis	Enhet
		Produsert før 1998 ¹	Produsert 1998 eller senere ²	
PM ₁₀	17,3	40	6,2	g/kg
CO	126	150	50,5	g/kg
SO ₂	0,2	0,2	0,2	g/kg
NO _x	1,3	0,97	0,97	g/kg
N ₂ O	0,032	0,032	0,032	g/kg
CH ₄	5,8	5,8	5,8	g/kg
NMVOG	7,0 ³	6,9	7,0	g/kg
Cd	0,1	0,1	0,1	g/tonn
PAH-total	17,4	52,0	0,0226	g/tonn
PAH-6 (OSPAR)	6,1	8,1	0,045	g/tonn
PAH-4 (LRTAP)	3,0	2,7	0,025	g/tonn

¹ Dette brukes her synonymt med tradisjonelle vedfyrte lukkede ildsteder.

² Dette brukes her synonymt med rentbrennende vedfyrte lukkede ildsteder

³ Faktoren er egentlig for rentbrennende ovn

Tabell 2. Gjennomsnittlige utslippsfaktorer brukt i SSB/SFTs utslippsmodell før og etter dette arbeidet¹. Norge

Komponent	Tidligere brukte faktorer for 2000	Nye faktorer for 2000	Enhet
PM ₁₀	10	36,7	g/kg
CO	100	142	g/kg
SO ₂	0,37	0,20	g/kg
NO _x	0,70	0,98	g/kg
N ₂ O	0,070	0,032	g/kg
CH ₄	5,3	5,8	g/kg
NMVOG	6,9	6,9	g/kg
Cd	0,1	0,1	g/tonn
PAH-total	..	47,0	g/tonn
PAH-6 (OSPAR)	..	7,5	g/tonn
PAH-4 (LRTAP)	..	2,5	g/tonn

¹ Nye faktorer er veid etter forbruk i ulike typer ildsteder.

Kilde for tidligere brukte faktorer: Utslippsregnskapet til SSB/SFT

Tabell 3. Type ildsted som brukes mest til vedfyring, vektet etter forbruk. Vinteren 1999/2000. Prosent

Type ildsted	Oslo	Norge ¹
Åpen peis	42	4
Lukket ildsted, eldre enn 1998	55	89
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	4	7

¹ Inkluderer også Oslo kommune

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

vektet med vedmengde per ildstedstype, og gjennomsnittsfaktorer for vedfyring er beregnet. Tabell 2 viser nye og gamle gjennomsnittsfaktorer. Faktoren for svevestøv er økt fra 10 g/kg til 37 g/kg ved. Dette skyldes at nesten 90 prosent av veden på landsbasis brennes i tradisjonelle, lukkede vedovner (Tabell 2). Disse har et svevestøvutslipp per kg ved forbrent som er mange ganger høyere enn fra moderne rentbrennende ovner.

Tabell 4. Vedfyring i boliger. Andel av vedfyringsutslipp for utvalgte komponenter fordelt på den enkelte ildstedstype. Norge og Oslo. 1998¹. Prosent

Type ildsted	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	PAH-total
<i>Norge</i>				
Åpen peis	2	4	5	1
Lukket ildsted, eldre enn 1998	97	89	88	99
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	1	7	7	0
I alt	100	100	100	100
<i>Oslo</i>				
Åpen peis	25	42	50	21
Lukket ildsted, eldre enn 1998	74	54	48	79
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	1	3	3	0
I alt	100	100	100	100

¹ Tallene er egentlig fra 1999/2000, men brukes av mangel på annen informasjon her også for året 1998. Andel lukkede ildsteder fra 1998 eller nyere blir da selvsagt noe for høyt. Siden andelen uansett er lav vil denne feilen kun i mindre grad påvirke resultatet.

Slørdal og Larssen (2001) har gjort en beregning av luftkvalitet i Oslo basert på en den gamle utslippsfaktoren på 10 g/kg og vedforbruksdata fra SSB. De sammenlignet resultatene med data fra målestasjoner og konkluderte med at måleresultatene stemte relativt godt med beregningene. Dette vil si at hvis faktoren på 10 g/kg som har vært brukt til nå i SSB/SFTs utslippsmodell virkelig skulle være en del høyere, må andre faktorer som inngår i Slørdal og Larssens arbeid ha vært for høye. Et arbeid som gjøres i høst i SSB, tyder på at vedforbruket i byene tidligere er beregnet noe for høyt, i tillegg har man ikke tidligere trukket fra for fuktighet i veden i utslippsberegningene. Dette er faktorer som kan rettferdiggjøre en høyere utslippsfaktor.

Tabell 4 viser foreløpige utslippestimater som er gjort for året 1998. På landsbasis er tradisjonelle lukkede vedovner (eldre enn 1998) totalt dominerende når man ser på samlet utslipp. De sto f.eks. for hele 97 prosent av svevestøvutslippene knyttet til vedfyring. I Oslo brukes åpen peis i en mye større grad til vedfyringen (Tabell 3) og utslipp fra peis er derfor viktigere for totalen og sto her for 25 prosent av svevestøvutslippene fra vedfyring i 1998. Fyring i åpen peis sto for halvparten av NO_x-utslippene fra vedfyring i Oslo samme år. Tabell 4 viser som nevnt foreløpige estimater av utslipp basert på de nye utslippsfaktorene og kommunefordelingene. Materialet er ennå ikke inkludert i SSB/SFTs utslippsmodell, slik at tallene vil avvike fra tall presentert andre steder. Nye offisielle utslippstall basert på konklusjoner fra denne rapporten vil bli presentert i januar 2002, og disse vil kunne avvike noe fra det som er vist i Tabell 4.

Tabell 5 viser et estimat av utslippsnivået i Norge og for Oslo kommune i 1998 gitt en ildstedsbestand lik den vi fant i Levekårsundersøkelsen 2000. Estimateret vil bli revidert i forbindelse med beregningene som gjøres i SSB/SFTs utslippsmodell vinteren 2001/2002. I tabellen sammenlignes utslippene i 1998 med to ulike alternativer. En utskifting av alle tradisjonelle ovner

Tabell 5. Utslipp av utvalgte komponenter. Vedfyring i boliger. Dagens ildstedsbestand og hvis alle hadde fyrst med rentbrennende ildsted. Norge og Oslo. 1998'. Tonn

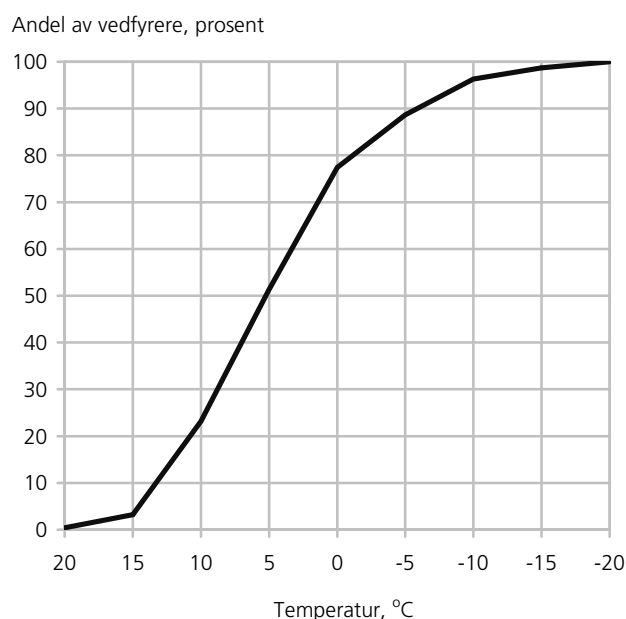
	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	PAH-total
<i>Norge</i>				
-Dagens ildstedsbestand og forbruk	42 658	232	1142	55
-Alternativ A	7 201	232	1127	-
-Alternativ B	7 717	232	1142	0,8
<i>Oslo</i>				
-Dagens ildstedsbestand og forbruk	474	3	18	0,6
-Alternativ A	100	3	16	0
-Alternativ B	174	3	18	0

mens peisfyring ble opprettholdt på dagens nivå, ville ha ført til en dramatisk effekt på utslippene av svevestøv og PAH både i Oslo kommune og i Norge samlet sett (alternativ B). Utslippene i Oslo ville f.eks. gått ned fra 474 til 174 tonn. PAH-utslippene i byen ville sunket fra 0,6 til 0,1 tonn. Hvis man i tillegg erstattet fyring i åpen peis med fyring i rentbrennende ildsteder, ville svevestøvutslippene ytterligere reduseres, til 100 tonn. PAH-utslippene ville ifølge denne beregningen nå være mindre enn 1 kg. SO₂-utslippet påvirkes ikke av type ildsted og er derfor uendret i alle alternativene, mens NO_x-utslippene i vår beregning varierer nesten ubetydelig med ildstedstype.

Figur 1 viser svarene på spørsmålet om hvor kaldt det er før man begynner å fyre. Dette spørsmålet gir ikke noe fullstendig bilde av temperaturavhengigheten til vedfyringen, men representerer en begynnelse. Allerede ved en utetemperatur på +10°C fyrer mer enn 20 prosent av de spurte. Fra +10 til 0°C øker antall vedfyrere proporsjonalt med temperaturnedgangen. Ved 0°C fyrer nesten 80 prosent av vedfyrerne. Ned mot -20°C kommer resten av vedfyrerne også til. Det er imidlertid fortsatt uklart hvordan de som allerede fyrer reagerer når temperaturen synker videre nedover. Hvis folk ved en gitt temperaturnedgang doubler belastningen (dvs. mer ved per time), reduseres svevestøvutslippene per kg ved innfyrt og samlet utslipp endres ikke nødvendigvis vesentlig. Hvis folk derimot holder belastningen konstant og heller doubler fyringstiden, vil samlet utslipp også doubles. Hvilken av disse mekanismene som er dominerende i Norge, bør undersøkes nærmere.

Svar fra Levekårsundersøkelsen 2000 antyder at 51 prosent av alle vedfyrere fyrer med bjerk mens 11 prosent fyrer med furu og 9 prosent med gran (Tabell 6). 55 prosent oppgir at de fyrer med blandingsved/annen ved. Summen blir her over 100 prosent siden den intervjuede har kunnet svare flere alternativer. Ikke overraskende brennes det mer i ildstedet enn bare ved. I Levekårsundersøkelsen 2000 oppgir 12 prosent at de fyrer med planker/materialer, mens 9 prosent fyrer med drikkekartong o.l. Tilsvarende tall for Oslo er henholdsvis 12 prosent og 4 prosent, men her er utvalget som ligger til grunn mindre og usikkerheten i resultatene større.

Figur 1. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene



Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

Tabell 6. Hva brennes i ovn/peis. 1999/2000

Hva brenner du i ovnen/peisen (du kan oppgi flere typer brensel)	Prosent
Ved av bjerk	51
Ved av furu	11
Ved av gran	9
Blandingsved/annen ved	55
Planker/materialer	12
Aviser (utenom opptenning)	8
Drikkekartong, annen papp eller kartong	9
Annet	2

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

2. Innledning

Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensningstilsyn (SFT) samarbeider om å utarbeide utslippsoversikter i Norge. Oversiktene blir utarbeidet for en rekke komponenter (f.eks. karbondioksid, svovel-dioksid og partikler) og kilder (f.eks. industri, vei-trafikk, sjøfart, luftfart, forbrenning i boliger, landbruk). Til utslippstallene er det knyttet ulik grad av usikkerhet, og denne usikkerheten varierer fra kilde til kilde og fra komponent til komponent.

De nasjonale utslippstallene fordeles videre ned på kommunenivå ved hjelp av ulike fordelingsnøkler (se kapittel 4). En særlig usikker utslippskilde på kommunenivå er utslipp knyttet til vedfyring i boliger. Dette er i de fleste kommuner en svært viktig utslippskilde særlig når man ser på bidrag til totalt utslipp av svevestøv. Usikkerheten har ligget både i mengde ved brukt i hver kommune og i utslippsfaktorene (f.eks. g svevestøv/kg ved). Kommunefordelingen tar blant annet ikke hensyn til ulikheter i tilgang på egenhogst/gratis ved mellom land- og bykommuner i samme fylke. Utslippsfaktorene har inntil nå ikke tatt hensyn til den store forskjellen mellom utslipp fra tradisjonelle ovner og nye rentbrennende ovner, eller om veden brennes i ovn eller peis.

I noen utvalgte kommuner fordeles forbruk og utslipp videre på grunnkretser. Utslippene fordeles fra time til time gjennom året, og tallene brukes av bl.a. NILU i luftkvalitetsmodellen AirQUIS (omtalt f.eks. i Slørdal 1998 og Slørdal og Larssen 2001). Dette innfører ytterligere usikkerhet i tallene. Fordelingen på grunnkretser bygger på forutsetninger om bruk av ildsted. Fordelingen for timer inneholder forutsetninger om fyringstidspunkt og temperaturavhengighet.

Formålet med dette arbeidet er å bedre kvaliteten på nasjonale og kommunale tall for utslipp til luft fra vedfyring. Prosjektet skulle:

- anbefale nye utslippsfaktorer fordelt på tradisjonelle lukkede ildsteder, rentbrennende lukkede ildsteder og åpne ildsteder. På sikt er det ønskelig å beregne tidsserier for utslippsfaktorene som tar hensyn til den gradvise utskiftningen til rentbrennende ildsteder.

- framskaffe informasjon om ildsteder i bruk i Norge (fordelt på ildstedstypene nevnt over).
- gi et bedre estimat over nasjonalt vedforbruk for fyringssesongen 1999/2000, om mulig fordelt på fylke.
- finne andel av husholdningene som brenner andre ting enn ved (papir, kartong, materialer osv.).
- forbedre fordelingen av utslipp fra time til time.

Dette arbeidet må ses som en del av et større arbeid for å bedre kvaliteten på tallene på utslipp fra vedfyring. Det må gjennomføres prosjekter for å bedre kommunefordelingen av vedforbruk, kartlegge fyringsmønstre og verifisere de nye utslippstallene mot målinger. I denne rapporten publiseres arbeidet med utslippsfaktorer og tids- og temperaturvariasjon. De nye utslippsfaktorene vil imidlertid ikke bli inkludert i den nasjonale utslippsmodellen før tidligst i beregningene som gjøres vinteren 2001/2002.

2.1. Vedfyring — et miljøproblem?

Vedfyring beskrives i media både som miljøvennlig og miljøfiendtlig. Begge deler kan være riktig avhengig av hva man fokuserer på.

De som sier at vedfyring er miljøvennlig, tenker i første rekke kanskje på at vedfyring er en fornybar ressurs. Noen tenker også kanskje på at man ikke regner med CO₂-utslipp fra forbrenning av biomasse når man snakker om drivhuseffekten. Dette skyldes at et tre binder opp like mye CO₂ under vekst som det slipper ut når det brennes. Den samme CO₂-mengden ville dessuten likevel blitt sluppet ut under treets forråtnelsesprosess hvis det ikke hadde blitt brent. Vedfyring bidrar imidlertid likevel noe til drivhuseffekten. Det slippes ut små mengder metan og lystgass ved forbrenningen. Vedfyringen var i 1999 ansvarlig for henholdsvis 2 og 1 prosent av de samlede norske utslippene av disse gassene. Men vedfyring er altså ikke noen vesentlig bidragsyter til drivhuseffekten. Tvert imot kan vedfyring hjelpe til med å redusere utslippene av drivhusgasser hvis man erstatter oljefyring med forbrenning av biomasse.

Vedfyring er imidlertid et viktig miljøproblem lokalt og en av de største bidragsyterne til lokal luftforurensning (svevestøv). Vedfyring sto i 1999 alene for 61 prosent av de norske svevestøvutslippene beregnet med en utslippsfaktor på 10 g svevestøv/kg ved. I storbyene er andelen noe mindre, rundt 40 prosent. Vedfyring står videre for nær 40 prosent av utslippene av de kreftfremkallende PAH-forbindelsene i Norge. Mesteparten av disse utslippene skyldes fyring i gamle vedovner. Ved å bytte ut den gamle vedovnen med en ny vil utslippene av særlig svevestøv og PAH reduseres drastisk. Siden det meste av veden fortsatt brennes i gamle forurensende vedovner, er imidlertid miljølempene store.

Også når det gjelder utslipp av dioksiner er utslippene fra vedfyring vesentlige. I løpet av året vil SSB/SFT presentere en rapport der dioksinutslippet i Norge dokumenteres kilde for kilde.

2.1.1. Helseeffekter

De største helsemessige problemene som følger av vedfyring kommer kanskje som følge av svevestøvutslippet. I tillegg kommer utslipp av kreftfremkallende PAH, CO, dioksiner osv.

Svevestøv

Veitrafikk og vedfyring er de største kildene til utslipp av svevestøv i Norge. Ved eksponering for svevestøv økes risikoen for hoste, bronkitt og bihulebetennelse (Miljøverndepartementet 1999). Svevestøv kan forverre sykdom hos folk med kroniske luftveislidelser. Svevestøv kan også være bærer av allergener og kreftfremkallende stoffer. I verste fall kan svevestøv føre til framskyndende dødsfall. Rosendahl (2000) beregnet at svevestøv i Oslo framskynder 330 til 600 dødsfall årlig, avhengig av hvilke forutsetninger som legges til grunn. Gjennomsnittlig tapes 7 leveår for hvert dødsfall. Miljøverndepartementet (1999) anslår at svevestøv forårsaker 1200 sykdomstilfeller og over 400 for tidlige dødsfall årlig i Oslo. Hvis man ser på hele Norge, viser beregninger at opp til 2 200 dødsfall kan bli fremskyndet (Rosendahl 2000).

PAH (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner)

PAH er en gruppe med mange ulike kjemiske forbindelser. Noen PAH-komponenter er giftige, arvestoffskadelige og kreftfremkallende (SFT 2000). Hvor skadelige de enkelte komponentene er varierer imidlertid mye. PAH er fettløselige stoffer som kan absorberes i lungene.

Inhalerbart PAH med størst helsemessig betydning er hovedsakelig absorbert til forbrenningspartikler. Den toksikologiske betydningen av ikke-partikulært PAH er usikker. PAH-forbindelser kan også reagere med halogener og nitrogen- og svovelholdige gasser og danne produkter som er mer helseskadelige enn det de er i utgangspunktet (SFT 2000).

NO_x

Nitrogenoksider (NO_x) øker risikoen for luftveislidelser (særlig NO₂). De bidrar også til forsurening og skader på materialer, samt dannelse av bakkenær ozon. Vedfyring er imidlertid ikke blant de viktigste kildene til NO_x.

SO₂

Svoveldioksid (SO₂) øker risikoen for luftveislidelser sammen med andre komponenter. SO₂ forsurer jord og vann og skader materialer. Vedfyring er imidlertid ikke blant de viktigste kildene til SO₂.

2.2. Rentbrennende ildsteder

Det finnes to hovedgrupper med utslipp til luft knyttet til vedfyring i ovn og peis. Det er uforbrente komponenter som f.eks. CO, hydrokarboner (CH₄ og NMVOC) og sot (fraksjon av det totale partikkelutslippet) og oksiderte komponenter som f.eks. NO_x og CO₂ (Nussbaumer 1993). Utslipp av komponenter som skyldes dårlig forbrenning (f.eks. partikler, CO og NMVOC) vil reduseres av ildsteder som utnytter teknologi beregnet for å oppnå størst mulig grad av fullstendig forbrenning. En slik teknologi er katalysatorteknologien som kom på 80-tallet. Katalysatoren består vanligvis av en keramisk cellestruktur som er belagt med et aluminiumtrioksid-belegg og deretter et katalytisk materiale (Karlsvik 2000a). Jøtul startet salget av katalysatorovner i 1987, og disse tok etter hvert over markedet fra de tradisjonelle ovnene (Gjone 2001).

Etter hvert kom utviklingen av teknologi med dobbelt hvelv. I 1993 kom den første ovnen med dobbelt hvelv fra Jøtul på markedet (Gjone 2001). Prinsippet baserer seg på å brenne ut de uforbrente gassene som dannes over vedinnlegget. Dette gjøres ved å tilføre forvarmet sekundærluft som spyles inn i røykgassen gjennom hull i hvelvplaten (Karlsvik 2000a). Denne teknologien er nærmest enerådende på det norske markedet i dag.

2.3. Myndighetenes krav til utslipp

Vedfyring bidrar til utslipp av en rekke helse- og miljøfarlige stoffer som f.eks. svevestøv (partikler), CO, PAH, tungmetaller og metan. Det er i Norge likevel bare satt utslippskrav til partikler, siden utslippene av flere av de andre stoffene automatisk vil reduseres når partikkelutslippene går ned.

Tabell 7. Utslippskrav til lukkede vedfyrte ildsteder. Partikler

	Høyeste tillatte utslipp for en prøving	Største veide middelverdi
Ildsteder med katalysator	10 g/kg	5 g/kg
Ildsteder uten katalysator	20 g/kg	10 g/kg

Kilde: Norsk standardiseringsforbund (1994).

Kravene er spesifisert i Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven (Statens bygningstekniske etat 2000). Tabell 7 viser gjeldende krav som gitt i Norsk Standard NS3059 (Norsk standardiseringsforbund 1994). Det veide middelutslippet målt i henhold til standarden er sannsynligvis representativt i forhold til det utslippet man vil oppnå ved vanlig bruk ute i husholdningene (Østnor 2000).

Kravet til veid partikkelutslipp er satt til 5 og 10 g/kg for ildsteder henholdsvis med og uten katalysator. Katalysatorer svekkes over tid og kan bli ødelagt ved feil bruk. Kravet til katalysatorovner er derfor satt dobbelt så strengt. I kravene skilles det mellom ildsteder som brenner rent ved et minste vedforbruk under 0,8 kg/time (klasse 1) og under 1,25 kg/time (klasse 2) (Norsk standardiseringsforbund 1994).

Ordlyden i forskriften er nå:

"Utslipp av partikler fra slike ildsteder skal ikke overstige verdiene gitt i Norsk Standard. Kravene til høyeste tillatte verdier for utslipp av partikler gjelder ikke ved omplassering av lukkede ildsteder for vedfyring produsert før 01.07.97 eller for slike bevaringsverdige ildsteder produsert før 1940."

Kilde: Statens bygningstekniske etat (2000)

I et brev til Kommunal- og regionaldepartementet skriver Miljøverndepartementet at deres forståelse av omplassering er at "ovner som er tatt ut i forbindelse med f.eks. oppussing eller reparasjon kan settes inn igjen innenfor samme enhet, dvs. samme hus, leilighet eller lignende" (Miljøverndepartementet, 2000). Dette betyr altså at det ikke er lov å flytte et lukket ildsted fra en bolig til en annen. Det er gjort unntak for bevaringsverdige ildsteder produsert før 1940, slik at disse kan omsettes og reinstallerer i annen bolig.

2.4. Kort om myndighetenes tiltak

Etter hvert som utslipp fra eksos i veitrafikken reduseres på grunn av strengere avgasskrav, asfaltslitasjen reduseres pga. økt bruk av piggfrie vinterdekk m.m., vil vedfyringens andel av utslippene av svevestøv bli viktigere. Skal det vurderes tiltak mot vedfyring, vil mulige tiltak kunne være rensing av røykgassene, forsert utskifting av gamle vedovner og informasjonstiltak (St. meld. nr. 8 1999-2000). Oslo kommune har hatt en ordning med pant ved utskifting av gamle vedovner i indre deler av byen. I løpet av to høstkampanjer er mer enn 800 gamle ovner byttet ut med nye rentbrennende (Kjønnerud 2000). Kampanjene hvor tilskuddet var kr 4000 er nå erstattet med et stående tilbud om "vrakpant" på kr 1500. Bergen kommune hadde vinteren 1999/2000 en lignende kampanje. Der ble 500 ovner skiftet denne vinteren (Grindheim 2000).

3. Definisjoner og datakilder

3.1. Definisjoner

Tradisjonelt lukket ildsted	Ildsted som ikke benytter seg av nyere forbrenningsteknologi som f.eks. katalysator eller dobbelt hvelv og derfor ikke tilfredsstillende myndighetenes miljøkrav til nye lukkede ildsteder. I vårt arbeid har vi regnet alle ovner solgt før 1998 som tradisjonelle, også katalysatorovner.
Rentbrennende lukket ildsted	Ildsteder som benytter seg av moderne teknologi som f.eks. katalysator eller dobbelt hvelv for å redusere utslippene. Tilfredsstillende myndighetenes miljøkrav til nye lukkede ildsteder. Kravet er per idag et maksimalt utslipp på 10 g partikler per kg ved. I våre beregninger har vi definert alle lukkede ildsteder solgt i 1998 eller seinere som rentbrennende.
Dobbelt hvelv	Prinsippet baserer seg på å brenne ut de uforbrente gassene som dannes over vedinnlegget. Dette gjøres ved å tilføre forvarmet sekundærluft som spyles inn i røykgassen gjennom hull i hvelvplaten (fra Karlsvik 2000a).
Åpen peis	Ildsted der bålet ikke er skjermet av f.eks. en glassdør.
Lukket peis/peisovn	Mellomting mellom åpen peis og vedovn. Har glassdør som gir mulighet til innsyn til bålet.

Utslippskomponenter omtalt i denne rapporten

PM ₁₀	Partikler med en aerodynamisk diameter på mindre enn 10 µm. Når ikke annet står brukes ordet partikler i denne rapporten synonymt med PM ₁₀ og svevestøv.
PM _{2,5}	Partikler med en aerodynamisk diameter på mindre enn 2,5 µm.
Svevestøv	Partikler med en aerodynamisk diameter på mindre enn 10 µm. Se PM ₁₀ .
NO _x	Nitrogenoksider (NO og NO ₂)
SO ₂	Svoveldioksider
NH ₃	Ammoniakk
CO	Karbonmonoksid
CO ₂	Karbondioksid
CH ₄	Metan
N ₂ O	Lystgass
NMVOC	Flyktige organiske forbindelser unntatt metan.
Cd	Kadmium
Pb	Bly
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PAH-total	Omfatter de 16 PAH-forbindelsene som måles i henhold til Norsk standard 3058
PAH-6	Omfatter de 6 PAH-forbindelsene i OSPAR ¹ -konvensjonen
PAH-4	Omfatter de 4 PAH-forbindelsene i LRTRAP ² -konvensjonen

¹ OSPAR: Oslo-Paris konvensjonen

² LRTRAP: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution

3.2. Datakilder

Forbruksundersøkelsen

Siden 1974 har Statistisk sentralbyrå gjennomført årlige forbruksundersøkelser. Hovedformålet har vært å gi en detaljert oversikt over husholdningers forbruk, som grunnlag for en eventuell ajourføring av vektgrunnlaget til konsumprisindeksen. Før 1974 ble det gjort landsomfattende forbruksundersøkelser i 1958, 1967 og 1973. Bruttoutvalget i undersøkelsen er ca. 2 100 hvert år. I perioden 1996-1998 var svarprosenten 58,3 (Lodberg-Holm og Mørk 2001). Undersøkelsen omfatter både vedanskaffelser til bolig og fritidseiendom.

Levekårsundersøkelsen

Levekårsundersøkelsen skal for det første gjøre det mulig å belyse hovedtrekkene ved levekår i sin helhet og fordelingen av levekårene i befolkningen. For det andre skal levekårsundersøkelsen gjøre det mulig å belyse utviklingen i befolkningens levekår, ikke bare utviklingen i levekårenes nivå, men også i fordelingen av levekår. Det er mulig for eksterne institusjoner å kjøpe seg inn med spørsmål i undersøkelsen. SFT finansierte 8 spørsmål om vedfyring i Levekårsundersøkelsen 2000.

Undersøkelsene er basert på telefon- og besøksintervjuer med et representativt utvalg, vanligvis 5 000 personer fra 16 år og over. Svarprosenten i Levekårsundersøkelsen 2000 var 64,5 (Vågane 2001). Undersøkelsen omfatter bare vedforbruket i boligene.

Folke- og boligtellingen 1990

Hovedmålet med Folke- og boligtellingen 1990 var å gi et bilde av befolkningen og levekårene i det norske samfunnet. Tellingen la bl.a. stor vekt på å skaffe til veie opplysninger om boliger og boforhold og inkluderte bl.a. spørsmål om hva slags oppvarmingskilder boligen hadde. Undersøkelsen var skjembasert og bruttoutvalget var på 968 030 personer. Svarprosenten var på 98,7 (SSB 1992). I november 2001 gjennomføres det en ny folke- og boligtelling. Denne vil være en fulltelling, dvs. at den vil omfatte alle boliger i hele Norge.

Undersøkelsene til Agenda Utredning & Utvikling og Opinion

Vinteren 1999/2000 gjennomførte Opinion en spørreundersøkelse om vedfyring og fyringsvaner i sentrumsområdene av Oslo og Lillehammer (Opinion 2000a og 2000b). Undersøkelsene ble analysert og beskrevet i en egen rapport av en konsulent (Agenda Utredning & Utvikling 2000). Undersøkelsene omfatter nettutvalg på 400 vedfyrere i Oslo og 500 på Lillehammer.

4. SSB/SFTs utslippsmodell

4.1. Kort om beregning av nasjonale og kommunefordelte utslipp

Tall på utslipp til luft i Norge beregnes årlig av SSB i samarbeid med Statens forurensningstilsyn (SFT). SFT er ansvarlig for utslippsfaktorer og for å skaffe utslippsdata fra større industribedrifter, mens SSB er ansvarlig for utvikling av utslippsmodellen, for innsamling av aktivitetsdata og for selve beregningene.

Utslippsmodellen baserer seg på den generelle ligningen

Ligning 1:
$$\text{Utslipp} = \sum \text{Aktivitetsdata} \times \text{Utslippsfaktor}$$

Aktivitetsdata kan være f.eks. energivareforbruk i en gitt sektor fra SSBs energiregnskap. Dette forbruks-tallet multipliseres med en utslippsfaktor for den aktuelle komponent og sektor og man får utslippet som produkt. Flugsrud mfl. (2000) dokumenterer beregningsmetodene i detalj. Her gis oversikter over utslippsfaktorene som brukes samt beskrivelse av aktivitetsdata.

Det utarbeides årlig utslippsoversikter for CO₂, N₂O, CH₄, NO_x, SO₂, partikler (PM₁₀), CO, NMVOC, NH₃, kadmium, bly, kvikksølv og PAH. I 2001 gjennomføres det et prosjekt som skal innarbeide dioksin i de nasjonale utslippsoversiktene. Vedfyring antas å være en viktig kilde til dioksinutslipp. De nasjonale tallene for de 9 førstnevnte komponentene fordeles videre på kommuner ved hjelp av ulike metoder. I noen utvalgte større kommuner fordeles utslippene også videre på grunnkrets nivå. I kapittel 4.2.1 beskrives hvordan vedforbruket/utslipp til luft i Norge beregnes og fordeles på kommune og grunnkrets.

4.2. Metode for beregning av vedforbruk og utslipp fra vedfyring

Ligning 1 (over) viser prinsippet for hvordan utslipp fra den enkelte kilde beregnes. Når man skal beregne utslipp fra vedfyring i husholdningene, vil forbruk av ved være mest nærliggende å bruke som aktivitetsdata (tonn ved). Utslipp av en komponent beregnes så etter

ligning 1 ved å multiplisere med en utslippsfaktor (f.eks. kg CO/tonn ved).

4.2.1. Beregning av vedforbruk

Nasjonale tall

Vedforbruket i Norge beregnes ut fra resultater fra SSBs Forbruksundersøkelse. I denne spørres et brutto-utvalg på 2100 husholdninger om sine anskaffelser av ved siste 12 måneder. Undersøkelsen går kontinuerlig, dvs. at resultater fra 1998 for noen intervjuobjekter inneholder vedkjøp for hele 1997 (spørsmål stilt omkring 1/1 1998), for noen inneholder tallet virkelig 1998-innkjøp (spørsmål stilt omkring 31/12 1998) mens det for de fleste vil være en kombinasjon av 1997- og 1998-innkjøp. For å ta hensyn til dette brukes gjennomsnittet av Forbruksundersøkelsen 1998 og 1999 som 98-tall.

SSB vurderer tallene på nasjonalt nivå som relativt pålitelige, men de er likevel mer usikre enn andre aktivitetsdata. En usikkerhet ved tallene er at det spørres om anskaffelser av ved, ikke forbruk. Det antas at dette har liten innvirkning på de nasjonale tallene, ettersom store anskaffelser for flere år hos enkelte av intervjuobjektene vil jevne seg ut med andre som bruker av oppspart lager. En annen usikkerhet ved tallene er taste-/skrivefeil gjort av intervjueren. Mot slutten av 90-tallet startet man med automatiske kontroller på den bærbare PCen til intervjueren, slik at det ved anskaffelser større enn 300 sekker ble stilt et kontrollspørsmål før tallet ble tastet inn.

Tall fra SSBs Levekårsundersøkelse i 2000, som dette året inkluderte spørsmål om vedfyring, stemmer godt med Forbruksundersøkelsen. I henhold til LKU2000 var forbruket av ved i Norge 21,5 PJ vinteren 1999/2000. I 1998 var tilsvarende tall fra FBU 23,8 PJ. Tallet fra LKU er noe lavere enn tallet fra FBU, men likevel i samme området.

Tall for fylker og kommuner

I løpet av år 2001 vil det bli utviklet en helt ny metode for å beregne vedforbruk på kommunenivå i Norge. Metoden vil utnytte data fra Levekårsundersøkelsen

2000. Utslippstall beregnet etter denne metoden vil bli publisert første gang i begynnelsen av 2002.

Nedenfor beskrives kommunefordelingen slik den har vært inntil nå. Utvalgsplanen i Forbruksundersøkelsen er ikke konstruert for å gi fylkes- eller kommunetall, men tall for regioner³ (Tabell 8). Oppsplittingen av regiontallene på fylker baserer seg på SSBs Energibruksundersøkelse (nå delvis tatt inn i Levekårsundersøkelsen), mens den videre fordelingen på kommuner er gjort ut fra data fra Folke- og bolig tellingen 1990 (SSB 1992) hvor det spørres om tilgjengelige oppvarmingskilder (bl.a. ovn for fast brensel). Det er i denne fordelingen antatt at alle kommuner innen hvert fylke forbrenner det samme antall sekker ved per husholdning med mulighet for vedfyring. Dette er en stor forenkling og stemmer selvsagt ikke over alt. En vesentlig feilkilde er at husholdningene ute i distriktene har lettere tilgang på ved, noe som gir høyere forbruk.

Tabell 8. Regionalinndeling av resultatene fra Forbruksundersøkelsen

Oslo
Akershus
Østfold/Vestfold
Hedmark/Oppland
Buskerud/Telemark
Aust-Agder/Vest-Agder/Rogaland
Hordaland/Sogn og Fjordane
Møre og Romsdal
Sør-Trøndelag /Nord-Trøndelag
Nordland
Troms/Finmark

I Oslo kommune er fordelingen mellom by- og landhusholdninger ikke noe tema, siden kommunen er skilt ut som egen region i undersøkelsen. I viktige kommuner som Bergen, Trondheim og Drammen er skjevheter definitivt til stede. I Haakonsen mfl. (1998b) ble det vist en forenklet metode for å rette opp skjevhetene. Metoden er imidlertid usikker og det tas ikke hensyn til endringer i forholdet mellom by og land over tid. Det hadde derfor vært ønskelig med en mer omfattende kartlegging av vedforbruket i de største byene, gjort på en slik måte at svarene kunne brukes til å kalibrere SSBs tall i disse områdene av landet.

Tall for grunnkretser i noen kommuner

SSB har i enkelte utvalgte kommuner også beregnet tall for utslipp til luft på grunnkretsnivå (metode: se Flugsrud mfl. (1996); resultater: se Haakonsen (2000)). Kommunetallene fordeles på grunnkretser ved hjelp av opplysninger på grunnkretsnivå om tilgjengelige vedovner fra FoB80 og FoB90.

Resultatene fra disse lokale beregningene brukes av bl.a. NILU i luftkvalitetsmodellen AirQUIS (f.eks. Slørdal og Larssen 2001).

4.2.2. Beregning av utslipp til luft

Utslipet beregnes som nevnt ved å multiplisere vedforbruket med en utslippsfaktor (ligning 1). Tabell 9 viser gjeldende utslippsfaktorer brukt i SSB/SFTs utslippsmodell ved siste modellberegning vinteren 2000/2001 (SSB/SFT 2000). Som det framgår av kildehenvisningene i tabellen er faktorene til dels av eldre dato. I tillegg skiller de ikke mellom vedovn og peis og heller ikke mellom tradisjonelle og rent-brennende ildsteder. Senere i denne rapporten vil det bli presentert en litteraturgjennomgang av alternative utslippsfaktorer.

Tabell 9. Utslippsfaktorer brukt inntil nå i SSB/SFTs utslippsmodell. g/kg¹

Utslippskomponent	g/kg ¹	Kilde
PM ₁₀	10	Rosland (1987)/Rådet for natur og miljøfag (1986)
CO	100	Rosland (1987)/Rådet for natur og miljøfag (1986)
SO ₂	0,37	Rosland (1987)/Rådet for natur og miljøfag (1986)
NO _x	0,7	Rosland (1987)/Rådet for natur og miljøfag (1986)
CH ₄	5,3	IPCC (1997), Tier 1
NMVOG	6,9	Beregnet av SFT basert på Braathen m.fl. (1991)
N ₂ O	0,07	IPCC (1997), Tier 1
Kadmium ¹	0,1	Pacyna (1994)

¹ Kadmium (Cd) er gitt i g/tonn.
Kilde: Flugsrud m.fl. (2000)

³ Oslo, Akershus, Møre og Romsdal og Nordland er skilt ut som egne regioner.

5. Slik fyrer vi i Norge

5.1. Ildstedsbestand

I Levekårsundersøkelsen 2000 (LKU2000) svarte 3500 personer på om de har vedovn eller peis i boligen sin. Av disse hadde hele 69 prosent ett eller flere slike ildsteder. Tar man hensyn til at noen av disse senere i undersøkelsen svarte at de ikke brukte ildstedet sist vinter (1999/2000) og blåser opp tallene til å gjelde hele landet, ender vi opp med at det i 57 prosent av boligene i Norge ble fyrte med ved denne vinteren. Det er imidlertid store geografiske forskjeller. I Oslo ble det fyrte med ved i 27 prosent av boligene. Bøeng og Nesbakken (1999) oppgir at 73 prosent av boligene i Norge i perioden 1993-1995 hadde vedovn eller peis. Vi vet imidlertid ikke hvor mange av disse ildstedene som faktisk var i bruk.

Tall fra Levekårsundersøkelsen 2000 viser at 34 prosent av husstandene som fyrer med ved i Norge har ved som hovedoppvarmingskilde. I Oslo er tallet imidlertid bare 5 prosent. Opinions undersøkelser i Oslo sentrum og Lillehammer ga henholdsvis 1 og 13 prosent med ved som hovedoppvarmingskilde i de to byene (Agenda Utredning & Utvikling 2000). I Energiundersøkelsen til SSB oppga 18 prosent av alle husholdninger ved som hovedoppvarmingskilde (Bøeng og Nesbakken 1999). Det er altså noe sprik i tallene for både Oslo og Norge. Mye av dette kan skyldes at spørsmålene er stilt forskjellig. I LKU2000 har intervjuobjektet kunnet oppgi flere alternativer. Dette har ført til at hvert av de tre svaralternativene (hovedoppvarming, kos/hygge og tilleggsoppvarming) har fått en for stor prosent. Disse tallene vil i så fall representere en øvre grense.

I Folke- og bolig tellingen 1990 (FoB90) oppga 41 prosent at de hadde ovn for fast brensel (SSB 1992). Tallet omfatter imidlertid bare de som har ovn for fast brensel som eneste oppvarmingskilde eller ovn for fast brensel i kombinasjon med ovn for flytende brensel eller elektrisitet. Boliger som har andre kombinasjoner av oppvarmingskilder faller inn under kategorien *Andre kombinasjoner* i undersøkelsen og omfatter 11 prosent av boligene. I FoB90 ble det kun spurt om ovn for fast brensel. Peis omfattes derfor ikke av tallene. I november 2001 vil alle boliger i Norge være med i en ny Folke- og bolig telling (FoB2001). Etter planen skal alle husstander krysse av på et skjema for hva slags ild-

steder boligen deres har, og nå er også åpen peis spesifisert. Denne undersøkelsen er alle husstander i Norge forpliktet til å svare på, slik at svarprosenten ventes å bli opp mot 100.

Tabell 10 viser noen resultater fra LKU2000. På landsbasis brennes omtrent 90 prosent av all ved i gamle tradisjonelle lukkede ildsteder. Bare 7 prosent brennes i nyere rentbrennende ildsteder, mens 4 prosent brennes i åpen peis. I Oslo brennes bare 4 prosent av veden i nye, rentbrennende ildsteder. Fyringsvanene i Oslo skiller seg kraftig fra landet sett under ett ved at mer enn 40 prosent av veden som brennes, brennes i åpen peis. Dette stemmer godt med at 80 prosent oppga at de fyrer for kos og hygge. I Opinions undersøkelse oppga halvparten av vedfyrerne i Oslo sentrum at de fyrer for kosens skyld (Agenda Utredning & Utvikling 2000). Disse er ansvarlige for 30 prosent av forbruket. På Lillehammer fyrer 24 prosent av de som bruker ved for kosens skyld og bruker 15 prosent av veden. Tabell 11 viser hva slags ildsted vedfyrerne i undersøkelsen brukte mest.

Tabell 10. Type ildsted benyttet¹. Vinteren 1999/2000. Prosent ved etter forbruk

Type ildsted	Vedfyrere	
	Norge, samlet	Oslo
Åpen peis	4	42
Lukket ildsted, eldre enn 1998	89	55
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	7	4
Antall spurte	2 177	119

¹ Vedforbruk per husstand er kombinert med spørsmål om hvilken type ildsted som benyttes mest.

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

Tabell 11. Type ildsted benyttet¹. 2000. Prosent

Type ildsted	Vedfyrere	
	Oslo sentrum	Lillehammer
Åpen peis (uten innsats)	32	11
Lukket peis (med innsats)	24	27
Vedovn (inkl. kamin, kakkelovn, søyleovn etc.)	43	62
Ikke sikker	1	0
Antall spurte	400	284

¹ Vedforbruk per husstand er kombinert med spørsmål om hvilken type ildsted som benyttes mest.

Kilde: Opinion (2000a og 2000b)

Åpen peis er en type ildsted som man tidligere har antatt sto for en liten del av det samlede vedforbruket. Et vanlig tiltak i forurensede områder er bytte av gammelt ildsted med rentbrennende vedovn. Dette vil selvsagt være lite aktuelt med åpne peiser, siden en større ombygning ofte må til for å bytte fra åpen peis til lukket vedovn. Vedfyring i åpen peis gir vesentlig høyere partikkelutslipp (i g partikler/kg ved) enn vedfyring i rentbrennende ildsted (kapittel 6.2.1). De totale utslippene fra peisfyring er imidlertid vesentlig mindre enn utslipp fra tradisjonelle vedovner.

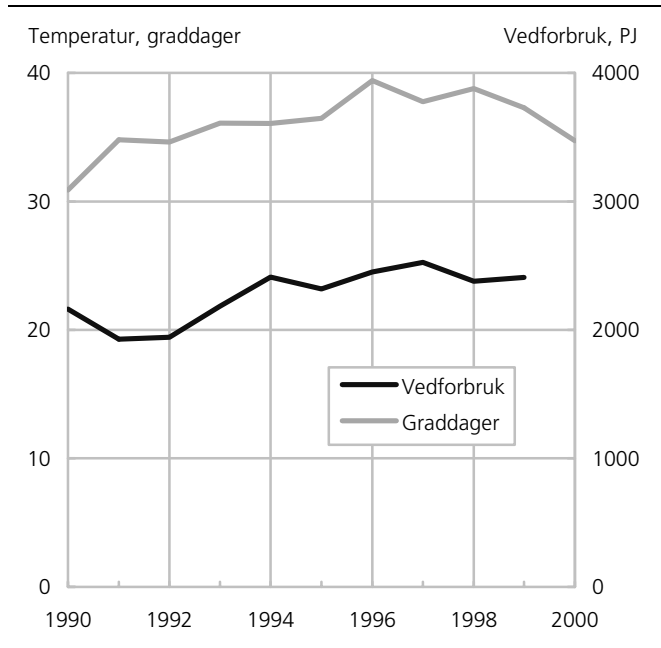
I virkeligheten vil også noen ovner fra årene før 1998 være rentbrennende. Det ble blant annet solgt mange katalysatorovner i denne perioden, men siden katalysatorene svekkes over tid, vil vi i denne rapporten behandle disse ovnene som tradisjonelle ildsteder. Når det gjelder øvrig aldersfordeling av ildstedene, viste LKU2000 at 18 prosent av ovnene i Oslo er fra før 1940. Tilsvarende tall for Lillehammer er 8 prosent (Opinion, 2000b). For landet som helhet har mindre enn 4 prosent slike gamle ovner (LKU2000). Denne forskjellen kan skyldes at betydelige deler av bygningsmassen i Oslo sentrum består av mer enn 100 år gamle bygårder. Mange av disse har sannsynligvis originalt ildsted intakt.

5.2. Vedforbruk

For å skaffe data til SSBs konsumprisindeks, gjennomfører SSB årlig Forbruksundersøkelsen. Her blir bl.a. totale vedanskaffelser kartlagt (se kapittel 4.2). I utslippsberegningene har man måttet sette likhetstegn mellom anskaffelser og forbruk. Dette innfører selvsagt noe usikkerhet i tallene, men denne antas å være liten på nasjonalt nivå. Figur 2 viser vedforbruket⁴ i Norge i perioden 1990 - 1999. Forbruket har i perioden økt med 11 prosent. Det er ikke sikkert at hele denne økningen er reell. Noe kan skyldes at man i 1993 begynte å skille mellom hvor mye ved som var kjøpt og hvor mye som var anskaffet på andre måter. Økningen kan også delvis forklares med at vintrene i perioden 1992-1996 ble kaldere og kaldere. Strøm- og oljepris vil også ha betydning. Tallene fra Forbruksundersøkelsen inkluderer vedanskaffelser både i bolig og fritidseiendom og er dermed ikke helt sammenliknbare med tall fra Levekårsundersøkelsen som bare omfatter boligene.

Tallene fra Levekårsundersøkelsen har en mindre utvalgsusikkerhet knyttet til seg siden utvalget er mer enn dobbelt så stort som det som brukes i Forbruksundersøkelsen. En svakhet med Levekårsundersøkelsen er at denne ble gjennomført i perioden september 2000 til januar 2001. Dette fører til en stor avstand tilbake til forrige fyringssesong, noe som kan føre til at noen respondenter husker feil og derfor oppgir feil vedforbruk.

Figur 2. Forbruk av ved i husholdningene og antall graddager. 1990 -1998



Kilde: SSBs Forbruksundersøkelse.

Tabell 12. Vedforbruk i Norge vinteren 1999/2000. Regioner. m³ og prosent

Fylke	Vedforbruk m ³	Åpen peis Prosent	Lukket ildsted, <1998 Prosent	Lukket ildsted, >=1998 Prosent
Hele landet	3 842 869	4	89	7
Akershus og Oslo	354 026	18	77	5
Hedmark og Oppland	641 135	2	93	5
Østlandet ellers	939 559	4	87	9
Agder og Rogaland	449 989	7	85	8
Vestlandet	624 031	2	92	6
Trøndelag	483 734	2	92	7
Nord-Norge	350 394	1	91	8

Spørsmålet om vedforbruk er tidligere ikke blitt stilt i Levekårsundersøkelsene og man kan derfor ikke få tidsserier fra denne kilden.

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

I henhold til Levekårsundersøkelsen var forbruket av ved i Norge 21,5 PJ vinteren 1999/2000. For 1998 var tilsvarende tall basert på Forbruksundersøkelsen 23,8 PJ⁵. Tallene er altså sammenliknbare, men tallet fra Levekårsundersøkelsen er noe lavere enn tallet fra FBU.

Levekårsundersøkelsen 2000 gir grunnlag for å beregne også tall på vedforbruk i boliger i Norge totalt og for regioner (Tabell 12).

Fra Opinions undersøkelser har man også kunnet kjøpe ut gjennomsnittlig vedforbruk fordelt på type ildsted (Tabell 13). Vedforbruket per husholdning som fyrer med ved var vesentlig høyere i sentrumsnære områder av Lillehammer enn tilsvarende områder av Oslo. I hver vedovn på Lillehammer brennes det f.eks. nesten tre ganger så mye ved som i hver vedovn i Oslo.

⁴ Som nevnt gjelder egentlig undersøkelsen anskaffet ved og ikke forbruk.

⁵ Beregnet i SSBs energiregnskap

Tabell 13. Gjennomsnittlig vedforbruk etter type ildsted som brukes mest til vedfyring i sentrumsnære områder av Oslo og Lillehammer. Sekker¹/vedfyrings-husholdning. 2000

Type ildsted	Oslo Sekker ¹ /hus- holdning	Lillehammer Sekker ¹ /hus- holdning
Åpen peis (uten innsats)	8,5	24,3
Lukket peis (med innsats)	10,5	26,4
Vedovn (inkl. kamin, kakkelovn, søyleovn etc.)	10,9	30,0

¹ Omregnet til 60 liters sekker.

Kilde: Vinsand (2000).

Tabell 14. Gjennomsnittlig vedforbruk etter type ildsted som brukes mest til vedfyring i Oslo og Norge samlet. Løst mål. Sekker¹/vedfyringshusholdning. 1999/2000

Type ildsted	Oslo Sekker ¹ /hus- holdning	Norge Sekker ¹ /hus- holdning
Åpen peis	12,5	19,0
Lukket peis	14,7	42,2
Vedovn	10,6	65,7
Gjennomsnitt (vedfyrerne)	12,4	53,3
Gjennomsnitt (hele befolkningen)	3,3	30,5

¹ Omregnet til 60 liters sekker.

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

Hansen mfl. (1998) gjorde feltnmålinger av fuktighet i ved brukt i noen boliger på Elverum. De kom fram til at den gjennomsnittlige fuktigheten i veden var omtrent 18 prosent. I tallene for vedforbruk vist i figur 2 er fuktigheten inkludert. Denne må trekkes fra før utslippene beregnes⁶.

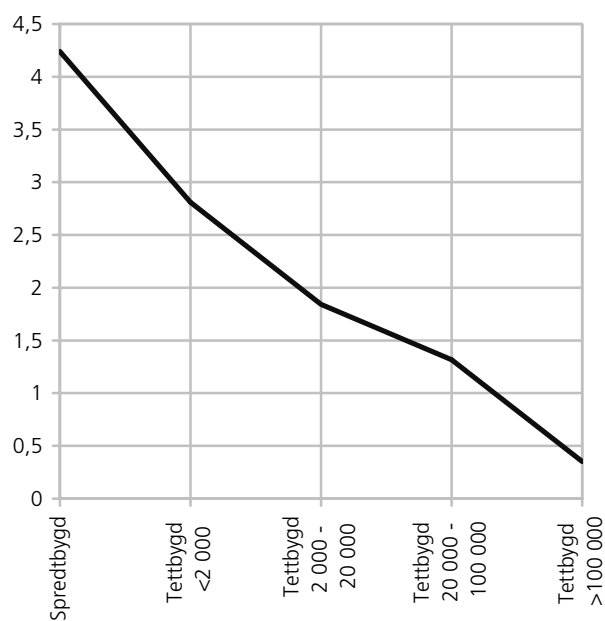
Ikke overraskende varierer vedforbruket sterkt avhengig av hvor i landet boligen ligger. Dette kan skyldes forhold som klima/temperatur og forskjeller i tilgjengelighet på gratis ved. Figur 3 viser sammenhengen mellom tettstedsstørrelse og vedforbruk i boligen. På landsbasis er forbruket i en bolig i spredt bebyggelse mer enn 10 ganger forbruket i storbyer.

5.3. Hva fyrer vi med?

Tabell 15 viser vedforbruket i 1980 splittet på løvtrær, gran og furu. Løvtrærne sto for omtrent 80 prosent av forbruket. Tall fra Levekårsundersøkelsen 2000 viser at 51 prosent av alle vedfyrere fyrer med bjørk. 11 prosent fyrer med furu og 9 prosent med gran. 55 prosent oppgir at de fyrer med blandingsved/annen ved. Summen blir her over 100 prosent siden den intervjuede har kunnet svare flere alternativer. Man fyrer jo gjerne med flere ulike typer ved i løpet av en hel vinter. Ikke overraskende brennes det mer i ildstedet enn bare ved. I LKU2000 oppgir 12 prosent at de fyrer med planker/materialer. 9 prosent fyrer med drikkekartong o.l. 8 prosent fyrer med aviser, også etter at opptenningsfasen er over.

⁶ Vedforbruk [tørr vekt] = Vedforbruk [våt vekt] * (100-fukt %)/100

Figur 3. Vedforbruk per husstand. Hele landet. m³ per husstand (løst mål)



Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

Tabell 15. Forbruk av ved i husholdninger. Etter treslag. 1980

	Prosent
Løvtrær	80
Gran	15
Furu	5

Kilde: Kristoffersen og Næsset (1985).

Tabell 16. Hva brennes i ovn/peis. Norge. 1999/2000

Hva brenner du i ovnen/peisen (du kan oppgi flere typer brensel)	Prosent
Ved av bjerk	51
Ved av furu	11
Ved av gran	9
Blandingsved/annen ved	55
Planker/materialer	12
Aviser (utenom opptenning)	8
Drikkekartong, annen papp eller kartong	9
Annet: spesifiser	2

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

Opinions undersøkelser i Oslo sentrum oppga 27 prosent av de spurte at de ofte eller av og til fyrer med andre ting enn ved, som f.eks. aviser, blader og melkekartonger. For Lillehammer var tilsvarende tall 21 prosent. I tallene over vedforbruk og utslipp til luft fra SSB/SFT framkommer bare det som kan knyttes til bruk av ved. Tallene for utslipp til luft fra ovner og peiser kan derfor representere en nedre grense, siden de ikke omfatter alt som brennes. Vi har ikke gjort noe forsøk på å kvantifisere brenning av annet enn ved. Hvis vi forsøker å anslå mengdene med annet enn ved som hver bolig brenner, vil vi kunne estimere utslipp til luft også fra dette.

5.4. Belastning, trekk og fuktighet

Som det blir nærmere beskrevet i kapittel 6, varierer utslippet av flere komponenter etter fyringsbelastning (vedforbruk i kg ved/time). For utslipp av partikler og CO øker utslippene når vedforbruket er lavt. I Norge er vedforbruket per time vesentlig mindre enn i mange andre land og ligger gjennomsnittlig helt nede i 1,0-1,25 kg/time (anslag av Karlsvik (2000b)). Dette anslaget er usikkert og det bør vurderes om dette skal undersøkes nærmere. Anslaget er helt avgjørende for valg av utslippsfaktor, og det vil føre til helt gale resultater i utslippsberegningene, særlig for svevestøv, hvis det er feil.

En undersøkelse gjennomført på Harestua utenfor Oslo på begynnelsen av 80-tallet viste at de fleste som fyrte om natten, fyrte med liten eller ingen trekk (Isachsen og Veiberg 1984). Liten trekk gir lavt vedforbruk per time og dermed høye utslipp av en del stoffer. Figur 9 i kapittel 6.2.1 viser hvordan partikkelutslippene varierer med vedforbruket. Ingen av de tradisjonelle ildstedene i figuren brenner rent ved lavt vedforbruk.

I Levekårsundersøkelsen 2000 ble de som fyrte i vedovn eller lukket peis/peisovn også spurt om trekk under fyring. Dette er imidlertid noe det kan være vanskelig å svare på, så resultatene må betraktes som veiledende. Undersøkelsen tyder på at 6 prosent av vedforbruket i disse typer ildsteder brennes med trekkventilen lukket, 72 prosent med ventilen delvis åpen og 22 prosent fullt åpen. Hos dem som oppgir ved som hovedoppvarming brennes også 6 prosent av vedforbruket med ventilen lukket. 73 prosent av vedforbruket går her i ovner med trekkventilen delvis åpen.

SINTEF har gjennomført en undersøkelse av fyringsmønster for vedfyrte ildsteder (Hansen mfl. 1998). Undersøkelsen baserer seg på et spørreskjema som ble besvart av 73 personer i 5 kommuner i Norge og feltmåling i 10 boliger i Elverum for å korrigere spørreundersøkelsen. Selv om utvalget i undersøkelsen er lite og den ikke dekker hele landet, gir den nyttig informasjon om fyringsmønster. 17 prosent av ildstedene var i døgkontinuerlig drift, og gjennomsnittsildstedet var i bruk nesten 10 timer daglig. 37 prosent av ildstedene hadde liten eller ingen åpning på trekkventilen etter siste ilegg for kvelden.

Hansen mfl. (1998) foretok også målinger av fuktinnhold i ved i 15 husholdninger. Målingene viste et gjennomsnittlig fuktinnhold på 18 prosent. 8 av målingene ligger innenfor kravene til testbrensel som gjelder når utslippsegenskaper til vedovner skal testes (krav: fuktinnhold 16-20 prosent).

5.5. Variasjon i fyringen fra time til time

Antall ildsteder som er i bruk og intensiteten på vedfyringen vil variere med sesong, ukedag, tid på døgnet og utetemperatur. I dagens modell er det gjort antakelser om hvordan vedfyringen fordeler seg fra time til time over hele året og hvordan temperaturen innvirker på vedforbruket. Vi skal her se nærmere på dette.

5.5.1. Oppbygning av dagens modell⁷

Modellen fordeler vedforbruket i de enkelte grunnkretser ved ulike fordelingsfunksjoner. I den temperaturuavhengige fordelingen blir forbruket først delt på uker, deretter på ukedager og til slutt på hver enkelt time i døgnet. Denne fordelingen fra time til time blir deretter 'korrigert' for temperatur. En har da en temperaturavhengig fordeling der fyringsintensiteten øker ved lavere temperaturer.

Den samlede fyringsfaktoren (F_{tot}) for en bestemt time er gitt ved:

$$\text{Ligning 2: } F_{total} = (F_{TU} + F_{TA})/2$$

der F_{TU} er den temperaturuavhengige⁸ og F_{TA} den temperaturavhengige fyringsfaktoren⁹. En kan dermed si at en antar at halvparten av vedforbruket over et år fordeles ut fra temperaturen, mens den andre halvparten kun avhenger av tid på døgnet, ukedag og tid på året.

5.5.2. Variasjon gjennom året

I modellen er det definert en fyringssesong der det antas at fyringen er konstant. Sesongvariasjon i fyringsmønsteret utover dette blir ivarettatt av den temperaturavhengige korreksjonen. Figur 4 viser den definerte fyringssesongen og hvordan fordelingen av vedforbruket varierer fra uke til uke i Oslo i 1994 etter at det er korrigert for temperatur.

I Opinions spørreundersøkelse (Opinion 2000a og b) ble det spurt om i hvilke måneder folk vanligvis fyrer med ved. Basert på resultatet av dette spørsmålet har vi laget en tilnærmet fordeling fra uke til uke. Denne fordelingen er også vist i Figur 4.

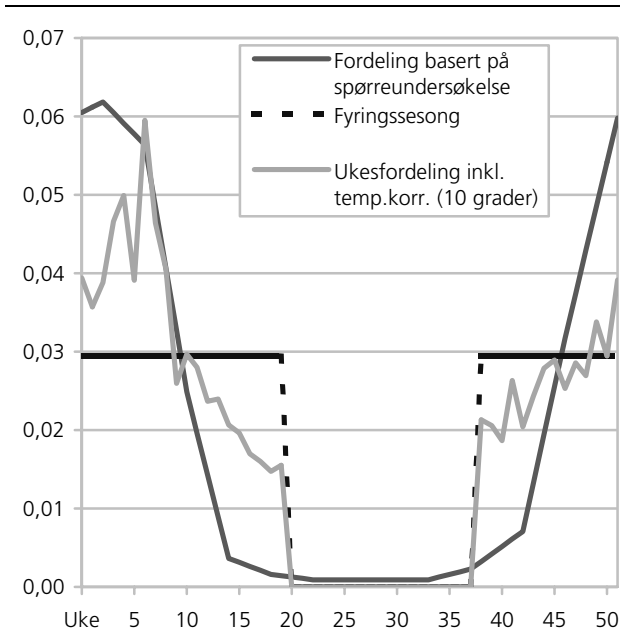
Fordelingen basert på spørreundersøkelsen (Figur 4) tyder på at fyringssesongen er kortere enn det som er antatt i modellen. Spørsmålet i undersøkelsen gir svar på typisk mønster mhp. hvor mange som benytter ildstedene de enkelte månedene, men ikke intensiteten i fyringen. Vi vil derfor tro at den reelle fordelingen av vedforbruket er enda mer sentrert rundt de kalde månedene enn det som kommer fram her.

⁷ Vi tar her utgangspunkt i modellen slik den tidligere er blitt utarbeidet fra vår side. Temperaturkorrigeringen som er blitt utført ved NILU er imidlertid ikke i henhold til denne modellen.

⁸ "Temperaturuavhengig" gjelder vintersesongen.

⁹ Summen av fyringsfaktorene over alle timene i et år er lik 1.

Figur 4. Fordeling av vedforbruket fra uke til uke. Andeler. Oslo, 1994



Kilde: SSB og Opinion (2000a og b).

Vi foreslår derfor å benytte fordelingen basert på spørreundersøkelsen som en såkalt temperaturavhengig fordeling fra uke til uke. Denne sesongvariasjonen er selv sagt i stor grad forårsaket av temperaturen, men foreslås å ligge fast i modellen, dvs. ikke justeres etter den reelle temperaturen den gitte uken.

Selv om fyringssesongen for Lillehammer er noe lenger enn for Oslo (Agenda Utredning & Utvikling 2000), er den likevel kortere enn den antatte fyringssesongen i modellen (34 uker, Figur 4). Vedleggstabell E1 gir fordelingsfaktorene for de to kommunene.

5.5.3. Variasjon over ukedagene

I dagens modell antas det at fyringen er jevnt fordelt over alle ukedagene. Det er imidlertid sannsynlig at vedforbruket på helgedagene avviker noe fra hverdagene. Tabell 17 viser resultatet fra Opinions spørreundersøkelser i Oslo (Opinion 2000a) og Lillehammer (Opinion 2000b).

Hvis vi antar at de som fyrer mest i helgene bruker dobbelt så mye ved på en helgedag som på en hverdag, mens det forholder seg omvendt for dem som fyrer mest på hverdagene, kan vi beregne hvordan vedforbruket fordeler seg på henholdsvis hverdager og helgedager. For Oslo finner vi da at forbruket på en helgedag er 18,6 prosent av ukesforbruket, mens det på hverdager forbrukes 12,5 prosent. Tilsvarende beregning for Lillehammer gir en fordeling på 17,7 og 12,9 prosent. I denne beregningen har vi antatt at vedforbruket til de ulike vedfyrerne er den samme. I virkeligheten er trolig forbruket til en som fyrer alle dager høyere enn en som fyrer mer i helgene, men dette blir for usikkert å ta hensyn til.

Tabell 17. Når i uken det fyres mest. Andeler

	Oslo	Lillehammer
I helgene	0,55	0,44
På hverdager	0,03	0,03
Liten forskjell	0,38	0,50
Ikke sikker	0,05	0,03

Kilde: Opinion (2000a og b).

Vi foreslår å innføre en fordeling som differensierer forbruket på hverdager og ukedager på bakgrunn av resultatene over. Basert på resultatet over kan vi benytte ulik fordeling for Oslo og Lillehammer (se vedlegg E2).

5.5.4. Variasjon over døgnet

I dagens modell er det lagt inn variasjonen i vedforbruket fra time til time over et døgn og med ulik fordeling av fyringen for hverdager og helgedager (Figur 5). Det antas at det på hverdagene vil være en mindre topp i vedforbruket tidlig på morgenen, mens hovedforbruket skjer om kvelden. I helgene antas det at folk står senere opp og til noe forskjellig tidspunkt, slik at fyringen tar seg jevnt opp utover dagen og med hoveddelen av forbruket på ettermiddag og kveld.

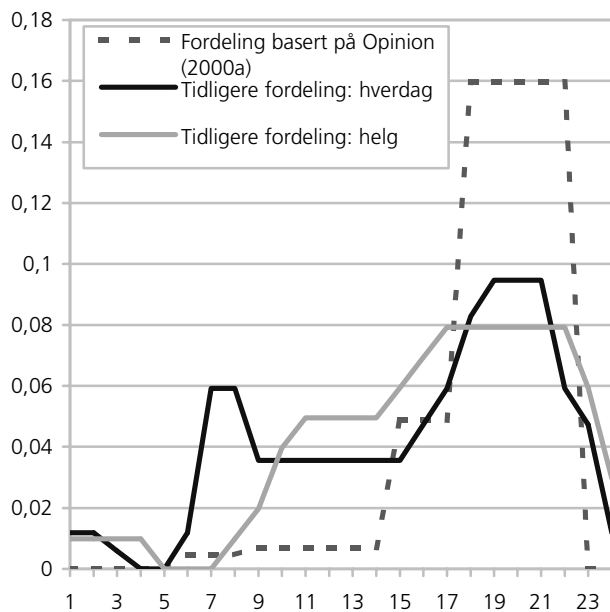
I Opinions spørreundersøkelser (Opinion 2000a og b) ble det spurt om når på døgnet folk vanligvis fyrer mest med ved. Fordelingen i Oslo basert på dette resultatet er også vist i figur 5. Vi mener imidlertid at denne fordelingen i liten grad reflekterer det reelle fyringsmønsteret, fordi det på spørsmålet bare var mulig å velge ett av svaralternativene (døgnet var delt i 5 perioder). Det virker ikke usannsynlig at de som fyrer opp om morgenen, likevel fyrer mer om kvelden. I tillegg dekker svaralternativet "om kvelden" 5 timer, mens "om morgenen" bare dekker 3 timer. Dette gjør at fordelingen i utgangspunktet blir skjev. Vi antar også at en del av de som benytter vedovn til oppvarming legger inn på litt ekstra for oppvarming om natten. Forbrenning som skjer om natten kommer heller ikke fram ved denne undersøkelsen.

I Lillehammer er det en større andel som fyrer mest om morgenen og på dagen, enn det som er tilfelle i Oslo (Opinion 2000a og b). Dette tyder på at det kan være grunn til å differensiere døgnvariasjonen mellom ulike kommuner. På bakgrunn av tilgjengelige data er det imidlertid vanskelig å kvantifisere disse forskjellene.

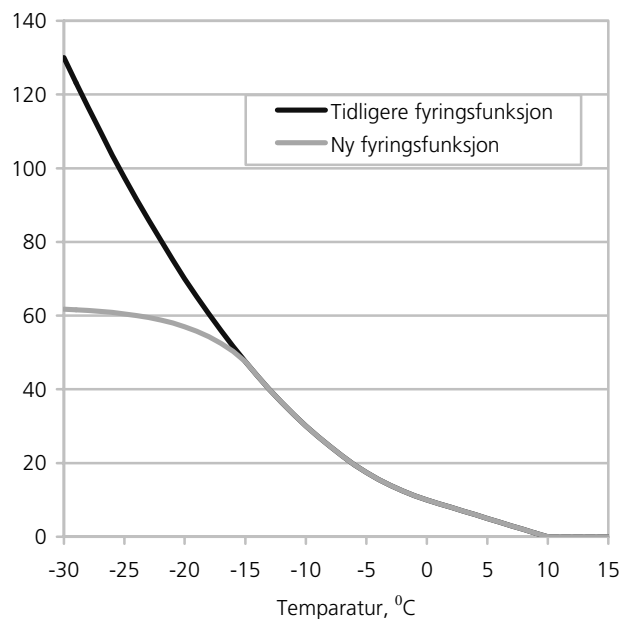
Vi velger derfor i store trekk å beholde den nåværende fordelingen inntil en eventuell videreutvikling av modellen (se kapittel 5.5.6). Etter å ha diskutert¹⁰ hvordan vedfyringen kan tenkes å forløpe på ukedager, foreslår vi imidlertid å redusere fyringstoppen om morgenen noe. De samme fordelingsfaktorene benyttes for Lillehammer og Oslo (se vedlegg E3).

¹⁰ Møte 20.09.2000 mellom fagpersoner i SFT, NILU og SSB.

Figur 5. Temperaturuavhengig fordeling av vedforbruk fra time til time. Andeler. Oslo



Figur 6. Fyringspoeng¹ som funksjon av temperaturen



¹ Den temperaturavhengige fyringsandelen for en dag er da gitt ved å ta antall fyringspoeng for dagen (fra figuren eller formelen) og dividere med antall fyringspoeng for hele året.

5.5.5. Fyringens temperaturavhengighet

Det er rimelig å anta at både antall som fyrer og intensiteten og varigheten av fyringen er temperaturavhengig. Figur 6 viser funksjonen for den temperaturavhengige fyringen som ligger i dagens modell. Utetemperaturen hvor fyringen starter (her 10 grader) kan justeres. Det antas at fyringen øker lineært ved avtagende temperaturer ned til 0°C. Ved lavere temperaturer antas det at vi får en kombinasjon av at flere fyrer og at intensiteten i fyringen øker. Fyringen antas derfor å øke med T² ved lavere temperaturer.

Det bør i tillegg legges en utflating på fyringskurven, slik at fyringen når en metning ved lave temperaturer. Figur 6 viser et forslag til gradvis utflating av fyringsfaktoren. Den temperaturavhengige fyringen (F_{TA}) er her gitt ved:

$$F_{TA,T} = \begin{cases} T_k - T & / F_{TA, tot} & \text{for } 0^\circ\text{C} < T < T_k \\ ((T_k - T) + 0.1 \cdot T^2) & / F_{TA, tot} & \text{for } T_m < T < 0^\circ\text{C} \\ F_{TA, T_m} + k \cdot (1 - e^{-a(T-T_m)}) & / F_{TA, tot} & \text{for } T < T_m \end{cases}$$

hvor T_k er temperaturen der det begynner å fylres, T_m er temperaturen ved utflating av fyringskurven og F_{TA,tot} er summen av F_{TA,T} over alle T. I Figur 6 er T_m satt til -15°C.

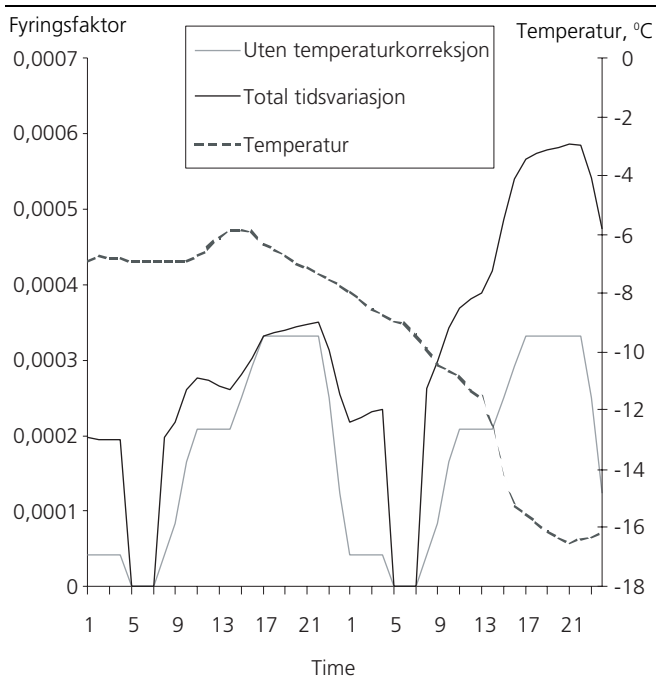
I spørreundersøkelsene til Opinion svarer 69 prosent av vedfyrerne i Oslo at de fyrer vesentlig mer i kuldeperioder (Opinion 2000a), mens tilsvarende tall for Lillehammer var 81 prosent (Opinion 2000b). Vi mangler imidlertid fortsatt informasjon om hvordan fyringsmønsteret, uttrykt ved andel som fyrer, fyringsintensiteten og varigheten av fyringen, avhenger av utetemperaturen. Vi foreslår derfor å beholde den tidligere temperaturfunksjonen, men inkludert en utflating gitt av ligningen over. Det bør settes i gang mer arbeid for å få mer kunnskap om hva som skjer med vedfyringen når utetemperaturen går ned.

Figur 7 viser et eksempel på hvordan temperaturen vil virke inn på den modellerte døgnvariasjonen i fyringen. Det er her benyttet den nye fyringsfunksjonen gitt i figur 6. Hvis en ser på fyringsmønsteret over det første døgnet, er det tydelig at temperaturen har større innvirkning på den samlede fordelingen når det antas at det fyres lite (dvs. tidlig om morgenen og om natten). Dette er fordi den samlede fordeling (F_{tot}) er beregnet som et gjennomsnitt av den temperaturavhengige og temperaturuavhengige fordelingen. Når temperaturen blir under -10 °C, slik som i det andre døgnet i figur 7, blir fyringsmønsteret i stor grad bestemt av temperaturen.

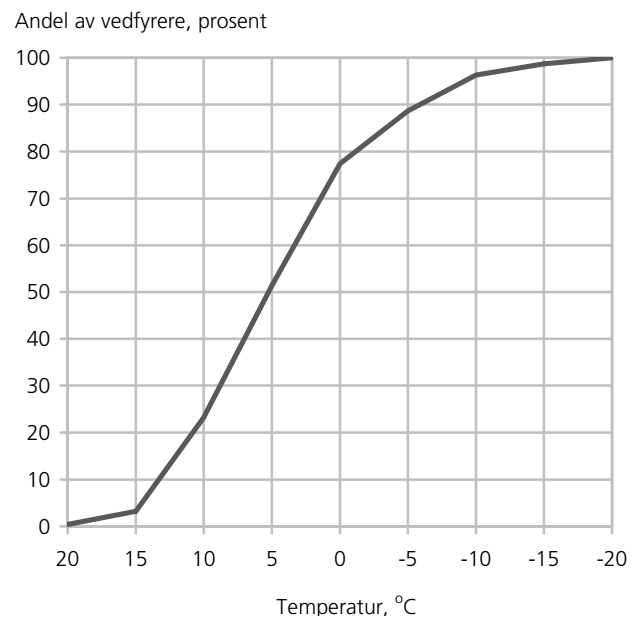
5.5.6. Forbedring av modellen

Det er mulig å differensiere fordelingen av vedforbruket ved å dele det opp i 'kosefyring' og 'fyring for oppvarming'. De som fyrer for hygge har trolig et annet fyringsmønster enn de som fyrer for oppvarmingen. Vi kan f.eks. anta at de som kosefyrer i stor grad fyrer i helgene og på kveldstid, mens en del av de som fyrer for oppvarming også fyrer om morgenen og formiddagen og utover natten. Vi vil også tro at fyring for hygge ikke er like avhengig av utetemperaturen som fyring for oppvarming.

Figur 7. Modellenes fordeling av vedforbruket i Oslo over to døgn i januar



Figur 8. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene



Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000

En av fordelene med en slik oppdeling er at vi bedre vil fange opp forskjeller i fyringsmønster mellom de ulike kommunene. I Oslo er det flere som fyrer for hygge enn for oppvarming (Opinion 2000a), mens tilfellet er omvendt i Lillehammer (Opinion 2000b). Dette vil gjøre at tidsvariasjonen i vedforbruket blir ulik i de to kommunene.

En differensiering i kosefyrere og oppvarmingsfyrere kan basere seg på type ildsted. Peis antas da å brukes til kosefyring, mens vedovner i stor grad blir brukt til oppvarming. Basert på levekårsundersøkelsen og resultatene til Opinion (2000a og b), kan vi få data på hva slags type ildsted som brukes mest.

Vi har fått tilgang til rådataene fra undersøkelsene i Oslo (Opinion 2000a) og Lillehammer (Opinion 2000b). Ved å analysere disse kan vi få verifisert en del av antakelsene om forskjellene i fyringsmønster. En nærmere analyse kan også avdekke forskjeller i vedforbruket til dem som fyrer i peis (kosefyrere) og dem som fyrer i ovn (for oppvarming). Dette er viktig for å anslå hvordan vedforbruket fordeler seg på de to gruppene.

Til slutt er det viktig å presisere at vi her har fokusert på variasjon i vedforbruket. Ved fordeling av utslippet fra time til time antas det i dagens modell at utslippet er proporsjonalt med vedforbruket. Siden utslippsfaktorene egentlig avhenger av fyringsintensiteten kan dette gi et misvisende resultat. Det kan være muligheter for også å inkludere temperaturavhengigheten i utslippsfaktorene til en samlet temperaturkorrigering i *utslipp*. Det må imidlertid bl.a. bli gjort et større arbeid for å kartlegge hvordan fyringsbelastningen varierer med temperaturen før man kan gå videre med dette.

5.5.7. Temperaturavhengighet ifølge LKU2000

I LKU2000 ble det spurt om "hvor kaldt det må være ute før du fyrer med ved". Figur 8 viser resultatene fra dette spørsmålet. I noen få boliger oppgis det at det fyres allerede ved +20 °C. Andelen øker mer og mer ned mot +10 °C. Fra +10 °C og ned mot 0°C er økningen omtrent lineær. Ned mot -20 °C når vi et metningspunkt der alle potensielle vedfyrere har startet fyringen.

Figuren sier imidlertid ikke noe om hvor mye den enkelte fyrer og hvordan fyringsmønsteret varierer med temperaturen. Vi vet f.eks. ikke om den enkelte vedfyrer dobler belastningen (kg ved/time) på ovnen når det bli kaldere eller om han dobler fyringstiden. Dette bør undersøkes nærmere.

6. Utslippsfaktorer

6.1. Hva er bestemmende for utslippsfaktoren?

Som nevnt tidligere oppstår enkelte av utslippskomponentene ved dårlig forbrenning mens andre har sin opprinnelse i selve oksidasjonen.

- Utslipp av partikler er i tillegg til å være avhengig av forbrenningsteknologi også svært avhengig av belastning i kg ved/time (Hansen 1991). For denne utslippskomponenten vil altså relevant utslippsfaktor i Norge kunne variere fra andre land pga. et særnorsk fyringsmønster med lav belastning (se kapittel 5.4).
- Utslipp av CO vil variere sterkt med teknologi og belastning.
- NO_x-utslippene vil være svært avhengig av nitrogeninnholdet i brenselet (Skreiberg 2000a). Ved forsøk er det vist at hvis man forbrenner veden i argon og oksygen i stedet for luft vil ikke dette redusere NO_x-utslippene vesentlig (Karlsvik mfl. 1993b). Forbrenningsteknologi påvirker også NO_x-utslippene.
- SO₂-utslippene vil være avhengig av andelen svovel som bindes i asken, som kan være en betydelig del (Skreiberg 2000a).
- Utslipp av kadmium er både avhengig av kadmiuminnholdet i brenselet og teknologien. Rentbrennende ildsteder vil redusere utslippene, men det er usikkert hvor mye (Pacyna 2001).
- Lystgassutslippene er uavhengige av teknologi (Skreiberg 2000c).
- NMVOC-utslippene varierer både med belastning og teknologi (Braathen mfl. 1991).
- PAH-utslippet er avhengig av forbrenningsteknologi.

6.2. Gjennomgang av litteratur

Tabell 9 (kapittel 4.2.2) viser utslippsfaktorer brukt i den nasjonale utslippsmodellen under beregningene vinteren 1999/2000. Som nevnt er mange av disse faktorene til dels gamle og er ikke nødvendigvis alltid representative for norsk fyring, de tar ikke hensyn til at ulike ildstedsteknologi ofte gir ulikt utslipp, samt norsk fyringsmønster.

I dette prosjektet er det gjort et arbeid for å prøve å skaffe til veie nyere og bedre utslippsfaktorer, og nedenfor følger en kort litteraturgjennomgang. I Norge finnes det best data for partikler, siden dette er den eneste komponenten det stilles utslippskrav til (se kapittel 2.3). Internasjonalt er det også gjort få undersøkelser som går på andre utslippskomponenter.

Der hvor det finnes norske analyseresultater, er disse for det meste prioritert i anbefalingene. Dette skyldes bl.a. at disse testene i større grad enn utenlandske tester reflekterer norsk fyringsmønster. Dette er spesielt viktig for utslipp av partikler/svevestøv siden dette utslippet varierer sterkt med vedforbruk per time. Der hvor norske målinger eller litteraturgjennomgang ikke kan legges til grunn, anbefales det for det meste å benytte faktorene som finnes i U.S. EPAs bok *Compilation of air pollutant emission factors* (1995).

Antagelsen som gjøres om belastning er helt avgjørende ved valg av utslippsfaktor særlig for svevestøv/partikler og CO. Det er i denne rapporten antatt at det i Norge fyres ved en vesentlig lavere belastning enn i andre land.

6.2.1. Partikler (PM₁₀)

I dette arbeidet setter vi likhetstegn mellom uttrykkene svevestøv, partikler og PM₁₀, dvs. partikler med en diameter mindre enn 10 µm. PM₁₀ deles videre inn i en grovfraksjon (PM_{2,5-10}; partikler med en diameter mellom 2,5 og 10 µm) og en finfraksjon (PM_{2,5}; partikler med en diameter mindre enn 2,5 µm). Svevestøv-andelen av utslipp knyttet til asfaltslitasje (veistøv) vil for det meste ligge i PM_{2,5-10}-området (grovfraksjonen). Utslipp fra vedfyring og forbrenning i biler vil derimot for det meste gi utslipp i finfraksjonen. Purvis mfl. (2000) oppgir at *minst* 91 prosent av partiklene fra vedfyring er PM₁₀ og mesteparten av dette er igjen PM_{2,5}. I vår gjennomgang vil vi derfor som U.S.EPA (1995) anta at alle disse partiklene kommer innenfor PM₁₀. PM₁₀ i røyk fra vedovner består for en stor del av en blanding av kondenserte organiske forbindelser (Purvis m.fl. 2000). Cooper (1980) oppgir at 58 prosent av partiklene er slike kondensater i røyk fra vedovner, mens det i røyk fra peiser er 74 prosent

kondensater. Karlsvik m.fl (1993a) skriver at utslippsnivåene for tjære var nesten de samme som for partikler i deres tester.

I gjennomgangen nedenfor er utslippsfaktorene for partikler delt inn etter om faktoren gjelder tradisjonelle ildsteder, rentbrennende ildsteder eller åpne peiser. Under rentbrennende ildsteder omtales hovedsakelig nye rentbrennende systemer slik som dobbelt hvelv, men også noen få ovner med katalysator.

Tradisjonelle lukkede ildsteder

I SSB/SFTs utslippsmodell har det inntil nå blitt brukt en faktor på 10 g/kg for partikkelutslipp fra all vedfyring. Faktoren har som nevnt tidligere blitt brukt uavhengig av om veden ble forbrent i peis eller tradisjonell eller rentbrennende ovn. Faktoren er plukket ut av Rosland (1987) fra en litteraturgjennomgang gjort av Rådet for natur- og miljøfag ved Universitetet i Oslo (1986). NILU brukte samme faktor allerede ca. 1980 (Gram 2001). De baserte seg visstnok på arbeider av Cooper (1980) og U.S. EPA.

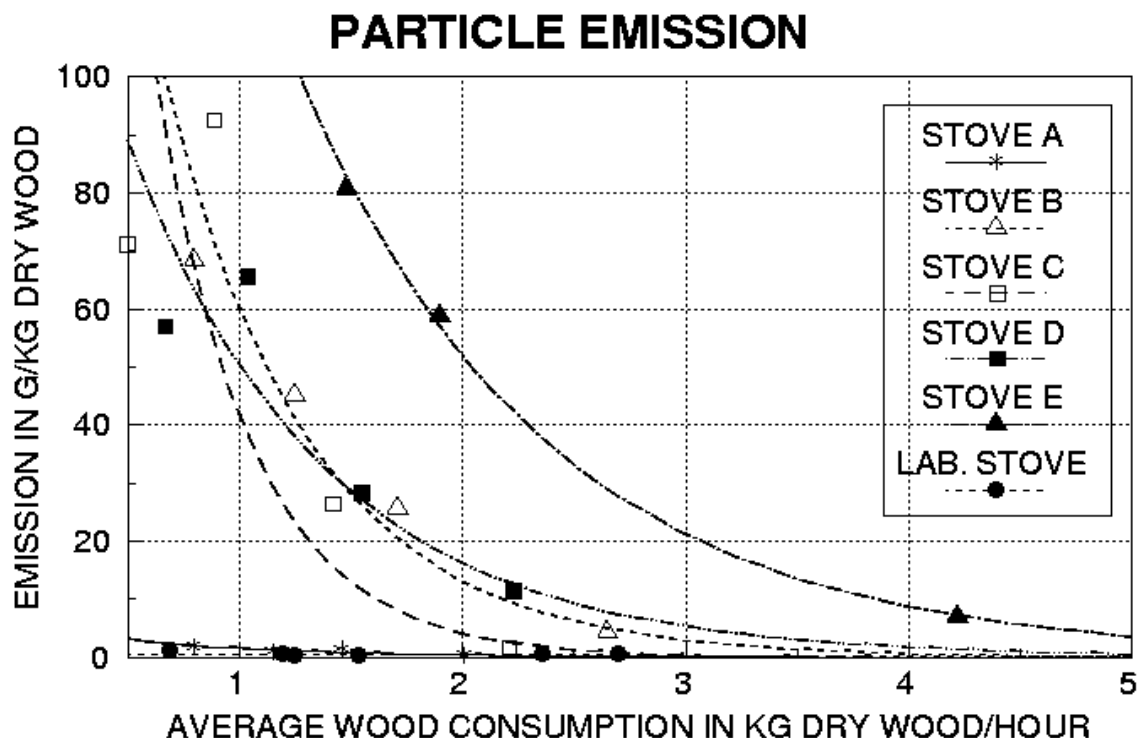
Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000) oppgir en faktor på 13,6 g/kg for lufttette, tradisjonelle vedovner i sin litteraturgjennomgang. I U.S. EPAs store oversikt over utslippsfaktorer oppgis faktoren 15,3

g/kg (U.S. EPA 1995), mens det i en nyere rapport oppgis 18,5 (U.S. EPA 1998). Det er ikke oppgitt informasjon om ved hvilken belastning (kg/time) disse faktorene gjelder.

Figur 9 viser resultater av tester gjort ved SINTEF av ulike ildsteder. Partikkelutslippet varierer sterkt med belastning (kg ved/time) i tillegg til forbrenningsteknologi. Ildsted A er en katalytisk ovn, ildsted B-D er tradisjonelle ovner, ildsted E er en peis, mens det siste ildstedet er en laboratorieovn (rentbrennende). Figuren viser at laboratorieovnen og katalysatorovnen har mye lavere utslipp enn de andre ildstedene og er de eneste som ville tilfredstilt dagens krav til partikkelutslipp. Man kan også se at utslippene fra peisen er mye større enn utslippene fra de tradisjonelle ovnene.

Karlsvik (2000b) anslår at typisk belastning i et norsk ildsted i dag ligger i området 1,0 - 1,25 kg ved/time. Med en slik belastning vil utslippene fra de fleste av de tradisjonelle ovnene i figuren ligge rundt 40 g/kg. Skreiberg (2000b) bekrefter at 40 g/kg er en fornuftig middelværdi for tradisjonelle ildsteder, men påpeker at det kan være individuelle avvik på ±20 g/kg. Hvis man hadde basert seg på et litt mer konservativt anslag for belastning på 1,5 kg ved/time, ville man havne på en faktor på ca. 25 g/kg basert på Karlsvik mfl. (1993a).

Figur 9. Partikkelutslipp som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn



Kilde: Karlsvik m.fl. (1993a).

Tabell 18. Utslippsfaktorer for partikler (PM₁₀). Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
10	Rosland (1987), Rådet for natur- og miljøfag (1986), Larssen (1991)
15,3	U.S. EPA (1995)
18,5	U.S. EPA (1998)
13,6 ¹	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
40	Anslag gjort på bakgrunn av Karlsvik (1993a og 2000b)
8,5	Cooper (1980)
10	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
40	Anbefalt i dette arbeidet

¹ Gjelder lufttett, tradisjonell ovn.

Tabell 18 viser en sammenfatning av utslippsfaktorene beskrevet i teksten over. Siden fyring her i landet som nevnt ofte skjer med en lavere belastning i kg ved/time enn i mange andre land, er det mest nærliggende å basere seg på SINTEFs grundige arbeid. *SSB anbefaler derfor at en utslippsfaktor på 40 g/kg benyttes for tradisjonelle lukkede ildsteder.* Faktoren er imidlertid usikker og svært avhengig av forutsetning om "typisk norsk belastning" beskrevet tidligere.

Rentbrennende lukkede ildsteder

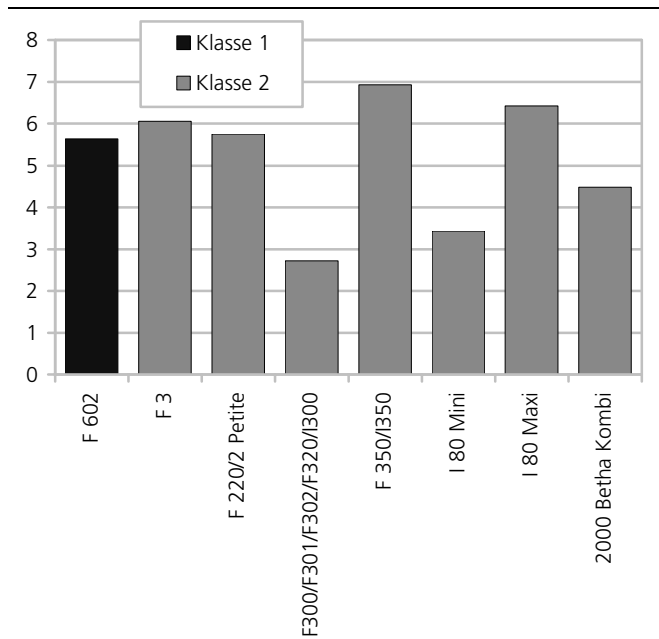
Teknikken med nye rentbrennende ildsteder er beskrevet tidligere i rapporten (se kapittel 2.2). For slike ildsteder oppgir U.S. EPA utslippsfaktorer på 9,8 og 6,0 g/kg for ikke-katalytiske ovner (U.S. EPA 1995 og 1998). For katalysatorovner er tilsvarende faktorer 10,2 og 6,2 g/kg.

Ildsteder som skal selges på det norske markedet må testes i henhold til kravene for partikkelutslipp (se kapittel 2.3). SINTEF Bygg og miljøteknikk, Norges branntekniske laboratorium (NBL) gjennomfører disse testene for produsenter og importører. NBL har i løpet av de siste 3 årene testet nær 50 ildsteder med hensyn til forskriftens krav til partikkelutslipp (SINTEF 2000). Testresultatene er graderte, slik at NBL ikke kan oppgi dem. SSB har imidlertid fått tilgang til resultatene for alle testede ildsteder for tre av produsentene på det norske markedet, Jøtul, Dovre og Nord-Interiør (tidligere Scandia Varme). Figurene 10, 11 og 12 viser resultatene fra testene med utslippsfaktorer vektet i henhold til standarden. Det er i figurene skilt mellom ildsteder som tilfredsstillt kravene til klasse 1 og klasse 2 når det gjelder minste brenselforbruk (se kapittel 2.3).

Figur 10 viser utslippsfaktorer for partikler for Jøtuls lukkede ildsteder. Figuren har bare med ildsteder som er i salg per juni 2000. I figuren kan man se at utslippene per kg ved varierer mellom 2,7 og 6,9 g/kg med et gjennomsnitt på 5,2 g/kg.

Figur 11 viser utslipp fra ildsteder som Dovre a.s. produserer (Viberg 2000). For Dovres ildsteder varierer utslippene mellom 3,58 og 8,76 g/kg.

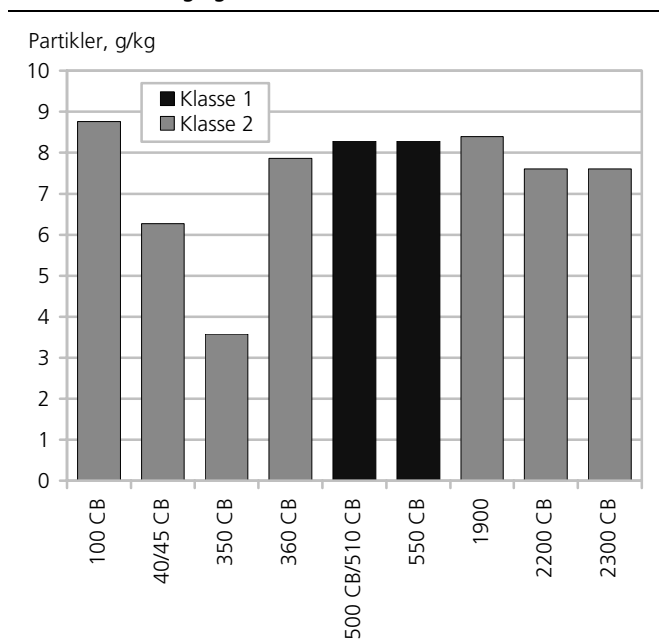
Figur 10. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Jøtul etter klasse¹. 2000. g/kg



¹ Ildsteder i klasse 1 brenner rent ved et lavere vedforbruk enn de i klasse 2. Se kapittel 2.3

Kilde: Gjone (2000) og Jøtul (2000)

Figur 11. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Dovre etter klasse¹. 2000. g/kg

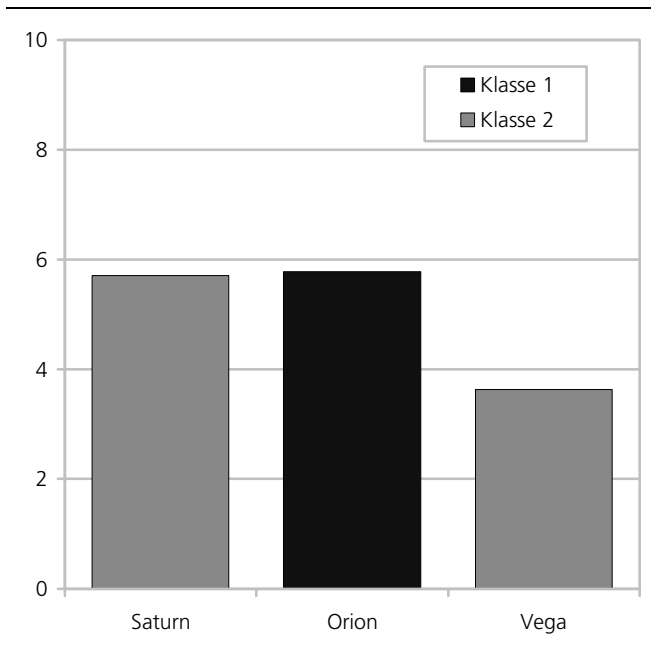


¹ Ildsteder i klasse 1 brenner rent ved et lavere vedforbruk enn de i klasse 2. Se kapittel 2.3

Kilde: Viberg (2000).

Figur 12 viser resultatene for ildsteder fra Nord-Interiør (tidligere Scandia Varme). Utslippene var mellom 3,63 og 5,78 g/kg.

Figur 12. Utslipp av partikler fra ildsteder fra Nord-Interiør etter klasse¹. 2000. g/kg



¹ Ildsteder i klasse 1 brenner rent ved et lavere vedforbruk enn de i klasse 2. Se kapittel 2.3)

Kilde: Henriksen (2000).

Tabell 19. Utslippsfaktorer for partikler (PM₁₀). Rentbrennende lukkede ildsteder (unntatt katalysatorovner). g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
9,8	U.S. EPA (1995)
6,0	U.S. EPA (1998)
6,2	Beregnet av SSB fra Gjone (2000), Viberg (2000) og Henriksen (2000)
6,2	Anbefalt i dette arbeidet

Gjennomsnittet av alle testresultatene gir en utslippsfaktor på 6,2 g/kg. Dette er selvsagt en forenkling siden enkelte ovner og produsenter selger bedre enn andre. Likevel vil denne feilkilden være liten så lenge andelen rentbrennende ildsteder ikke blir for stor.

Tabell 19 viser en oversikt over utslippsfaktorene for rentbrennende ovner (unntatt katalysatorovner) presentert over. Også her anbefales faktoren som er utledet av tester ved SINTEF, siden denne gjelder ovner som selges på det norske markedet testet med norsk fyringsmønster.

Åpen peis

Tabell 20 viser en oversikt over utslippsfaktorer for peis. NBL har ikke gjort noen tester på åpne peiser siden det ikke er forskrifter knyttet til disse. Det er usikkert om alle faktorene i tabellen gjelder åpen peis (eller eventuelt lukket). Gjennomgående for disse tre kildene er at faktoren som angis for peis er høyere enn faktoren for tradisjonelle vedovner oppgitt i samme kilde.

Tabell 20. Utslippsfaktorer for partikler (PM₁₀). Åpen peis. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
17,3	U.S. EPA (1995)
18,5	U.S. EPA (1998)
9,1	Cooper (1980) (antakelig lukket peis)
17,3	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 21. Utslippsfaktorer for CO. Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
100	Rosland (1987)
115,4	U.S. EPA (1995)
80,4	Skreiberg mfl. (1996)
150	Etter Karlsvik mfl. (1993)
160	Cooper (1980)
100	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
150	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 22. Utslippsfaktorer for CO. Rentbrennende lukkede ildsteder (ikke katalysator). g/kg

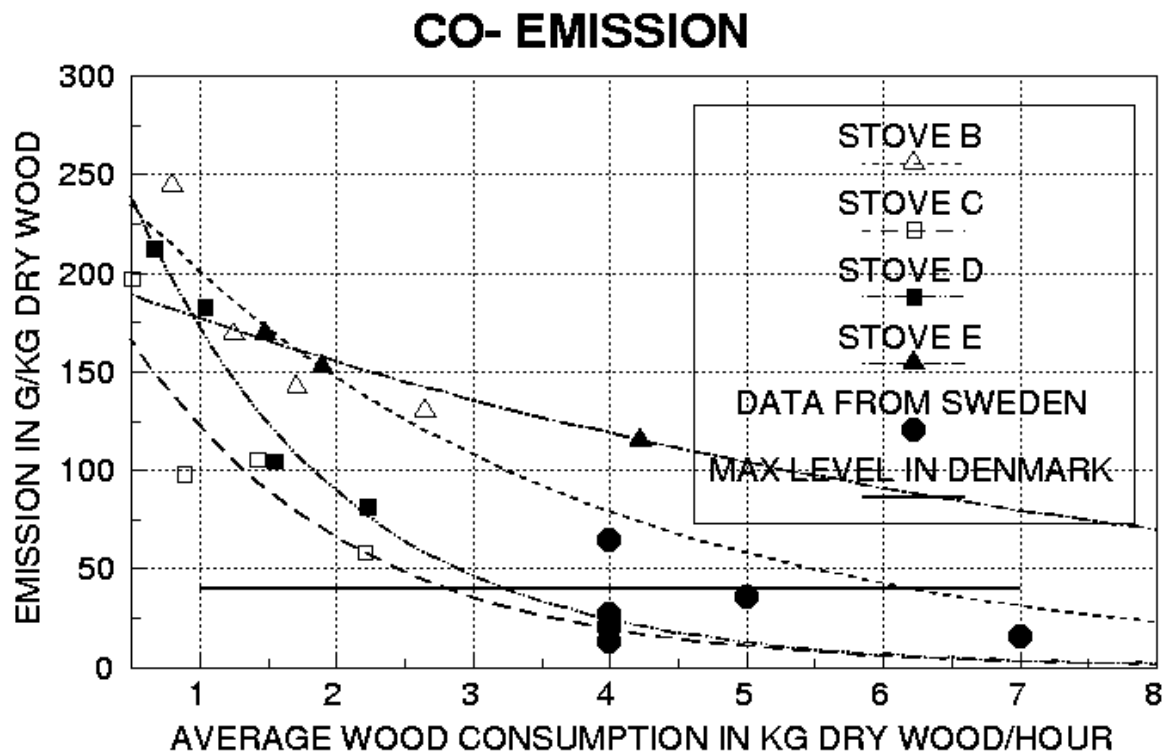
Utslippsfaktor	Kilde
70,4	U.S. EPA (1995)
89,0	Purvis mfl. (2000)
50,5	Skreiberg mfl. (1996)
50,5	Anbefalt i dette arbeidet

Cooper (1980) oppga en faktor på 9,1 g/kg, men denne gjelder sannsynligvis egentlig for lukkede peiser. U.S. EPA (1995) oppgir en faktor på 17,3 g/kg, mens U.S. EPA (1998) oppgir en faktor på 18,5 g/kg. SSB velger å anbefale faktoren på 17,3 g/kg fra EPA brukt for utslipp fra åpen peis. Denne faktoren velges siden den er hentet fra U.S. EPAs utslippsfaktormanual Compilation of air pollutant emission factors (AP-42).

6.2.2. Karbonmonoksid (CO)

Karlsvik mfl. (1993b) skriver at utslipp av CO og uforbrente hydrokarboner er sterkt avhengig av teknologi og lufttilgang i ildstedet. Figur 13 viser at på samme måte som for partikkelutslipp er også utslipp av CO avhengig av belastningen på ovnen. Ved "norsk fyringsmønster" (1,0-1,25 kg ved/time) blir utslippene større enn ved høyere belastning. Fra figuren kan man se at for et tradisjonelt ildsted vil utslippene ved en belastning på 1,0 - 1,25 kg/time ligge i området mellom 100 og 200 g CO/kg ved. En utslippsfaktor på rundt 150 g/kg vil derfor kunne utledes av denne figuren. Skreiberg mfl. (1996) fant imidlertid en noe lavere utslippsfaktor: 80,4 g/kg. Også for CO fant Karlsvik m.fl. (1993a) at utslippene var høyere fra peis enn for tradisjonelle ovner. SSB anbefaler at en utslippsfaktor på 150 g/kg brukes for CO fra tradisjonelle lukkede ildsteder. Inntil i dag har en faktor på 100 g/kg blitt brukt uavhengig av type ildsted. Tabell 21 viser en oversikt over utslippsfaktorer for CO fra tradisjonelle lukkede ildsteder.

Figur 13. Utslipp av CO som funksjon av belastning på ildsted



Kilde: Karlsvik m.fl. (1993a).

Tabell 23. Utslippsfaktorer for CO. Peis. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
126,3	U.S. EPA (1995)
22	Cooper (1980)
77,7	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
126,3	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 22 viser utslippsfaktorer for CO-utslipp fra rentbrennende lukkede ildsteder. Faktorene varierer fra 50,5 for den norske referansen (Skreiberg mfl. 1996) til 89,0 i en utenlandsk studie (Purvis mfl. 2000). SSB vurderer faktoren på 50,5 til å være den beste etter norske forhold og anbefaler denne brukt for rentbrennende ildsteder.

Tabell 23 viser utslippsfaktorer for CO-utslipp fra peis. Det er usikkert om faktorene i tabellen gjelder åpen eller lukket peis. Det er et stort sprang i faktorene, fra 22 til 126,3 g/kg. Som nevnt tidligere i kapittel 6.2 anser vi ofte U.S. EPA (1995) som den mest pålitelige kilden der vi ikke har norske faktorer. SSB velger derfor å anbefale faktoren til EPA på 126,3 g/kg.

6.2.3. Nitrogenoksider (NO_x)

Utslipp av NO_x er avhengig av N-innholdet i brenselet. Forsøk har vist at hvis man brenner veden i blanding av argon og oksygen i stedet for luft, reduseres ikke NO_x-utslippene (Nussbaumer 1993). Skreiberg mfl.

(1996) har gjort målinger av blant annet NO_x og CO. Målingene viser at et nytt rentbrennende system (stegvis lufttilførsel) reduserer CO-utslippene, men har noe høyere gjennomsnittlige NO_x-utslipp enn både et katalytisk og et tradisjonelt ildsted.

Tabell 24-26 viser utslippsfaktorer for NO_x. Skreiberg (2000c) har i forbindelse med denne rapporten beregnet utslippsfaktorer knyttet til forbrenning av bjørk, gran og furu. Hvis man antar en fordeling mellom disse treslagene på hhv. 80, 10 og 10 prosent, skulle det resultere i en utslippsfaktor på 0,97 g/kg for både tradisjonelle og rentbrennende ildsteder (uten katalysator). Beregningene forutsetter videre:

- Nitrogeninnholdet i bjørk er 0.11 vektprosent på tørr basis.
- Nitrogeninnholdet i gran og furu er 0.07 vektprosent på tørr basis.
- NO_x dannes kun fra nitrogen i brenselet.
- Forbrenningstemperaturen påvirker NO_x-utslippet kun gjennom fordelingen mellom NO_x og NH₃.
- Lavere luftoverskuddstall i nye typer ildsteder kompenserer for økende NO_x-utslipp på grunn av høyere forbrenningstemperatur.
- Stegvis lufttilførsel i dagens ildsteder er ikke optimalisert for NO_x-reduksjon, dvs. stegvis lufttilførsel har ingen effekt på NO_x-utslippet.

Tabell 24. Utslippsfaktorer for NO_x. Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
0,7	Rosland (1987)
1,4	U.S. EPA (1995)
0,72	Skreiberg mfl. (1996)
0,5	Cooper (1980)
0,97	Skreiberg (2000c)
0,7	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
0,97	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 25. Utslippsfaktorer for NO_x. Rentbrennende lukkede ildsteder (ikke katalysator). g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
..	U.S. EPA (1995)
1,07	Skreiberg mfl. (1996)
0,97	Skreiberg (2000c)
0,97	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 26. Utslippsfaktorer for NO_x. Åpen peis. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
1,3	U.S. EPA (1995)
1,8	Cooper (1980)
1,4	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
1,3	Anbefalt i dette arbeidet

6.2.4. Flyktige organiske forbindelser unntatt metan (NMVOC)

I SSB/SFTs utslippsmodell brukes i dag en faktor på 6,9 g NMVOC/kg ved. Denne faktoren er beregnet av SFT basert på Braathen mfl. (1991).

Utslipp av hydrokarboner øker med belastningen på ovnen (Karlsvik 1995 og Braathen mfl. 1991). Dette medfører at i motsetning til hva som er tilfelle for partikler og CO vil det norske fyringsmønsteret (lav belastning) gi lavere utslippsfaktorer i Norge enn i andre land.

Tabell 27 viser tre alternative utslippsfaktorer for utslipp av NMVOC fra tradisjonelle lukkede ildsteder. En årsak til at den norske kilden har en lavere faktor enn de amerikanske kan være at de amerikanske sannsynligvis er testet ved høyere belastning enn det som er gjort i den norske referansen. Som nevnt øker utslippet med belastningen.

SSB anbefaler å bruke en faktor på 7,0 g/kg.

Det har vært vanskelig å finne utslippsfaktorer for NMVOC fra rentbrennende lukkede ildsteder og åpne peiser. U.S. EPA (1995) oppgir f.eks. ikke noen faktor for nye rentbrennende systemer. Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000) oppgir en utslippsfaktor på 7,0 g/kg for slike ovner (Tabell 28). Denne anbefaler SSB brukt også i Norge. Den samme referansen

Tabell 27. Utslippsfaktorer for NMVOC. Tradisjonelle lukkede ildsteder. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
6,2	Braathen mfl. (1991), lav belastning (0,89 kg ved/time)
21,3	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
21,9	U.S. EPA (1995)
6,9	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
7,0	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000) (rentbrennende ildsted)
7,0	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 28. Utslippsfaktorer for NMVOC. Rentbrennende lukkede ildsteder. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
7,0	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
7,0	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 29. Utslippsfaktorer for NMVOC. Åpen peis. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
77,7	Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000)
7,0	Anbefalt i dette arbeidet

oppgir også en faktor for åpen peis på 77,7 g/kg (Tabell 29). SSB har ikke funnet andre referanser å sammenligne denne med. Siden denne faktoren er mer enn 10 ganger så stor som faktorene for ovner finner ikke SSB det forsvarlig å uten videre anbefale denne brukt. SSB anbefaler at man i stedet bruker faktoren anbefalt for rentbrennende lukkede ildsteder.

6.2.5. Metan (CH₄)

I SSB/SFTs utslippsmodell brukes i dag en faktor på 5,3 g CH₄/kg ved. Denne faktoren er hentet fra Karlsvik (1995) og er et gjennomsnitt av tre tester på hydrokarboninnhold i røykgasser. Faktoren er dermed egentlig ikke en faktor for metan.

IPCC anbefaler i sin Tier 1-metode å bruke en utslippsfaktor på 5,04 g/kg. U.S. EPA anbefaler en lavere faktor på 2,4 g/kg. Hvis man ser bort fra U.S. EPAs faktor er alle faktorene relativt jevne, mellom 4,2 og 5,8. SSB anbefaler at Braathens faktor på 5,8 benyttes for alle typer ildsteder. (Tabell 30.)

6.2.6. Lystgass (N₂O)

IPCC anbefaler i sin Tier 1-metode å bruke en utslippsfaktor på 0,07 g/kg for utslipp av lystgass fra vedfyring. Skreiberg (2000c) har i sitt notat, skrevet i forbindelse med denne rapporten, beregnet en noe lavere utslippsfaktor. Han legger til grunn en faktor på 0,035 g/kg for fyring med bjørk, mens gran/furu gir et utslipp på 0,022 g/kg. Vektet etter en antagelse om at 80 prosent av veden som forbrennes er bjørk skulle det gi en samlet utslippsfaktor på ca. 0,032 g/kg. (Tabell 31.)

Tabell 30. Utslippsfaktorer for CH₄. Alle teknologier. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
5,04	IPCC (1997), Tier 1
5,8	Braathen mfl.(1991), gjennomsnitt
2,4	U.S. EPA (1995); tradisjonelt ildsted
4,2	Olsson (2000)
5,3	Karlsvik (1995), C _x H _y
5,3	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
5,8	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 31. Utslippsfaktorer for N₂O. Alle teknologier. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
0,07	IPCC (1997), Tier 1
0,032	Skreiberg (2000c)
0,07	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
0,032	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 32. Utslippsfaktorer for SO₂. Alle teknologier. g/kg

Utslippsfaktor	Kilde
0,37	Rosland (1987)
0,2	U.S. EPA (1995)
0,37	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
0,2	Anbefalt i dette arbeidet

Tabell 33. Utslippsfaktorer for kadmium. Alle teknologier. g/tonn

Utslippsfaktor	Kilde
0,1	Pacyna (1994)
0,011	U.S. EPA (1995)
0,1	SSB/SFTs utslippsmodell (januar 2001)
0,1	Anbefalt i dette arbeidet

6.2.7. Svoveldioksid (SO₂)

SO₂-utslippene vil, som nevnt tidligere, være avhengig av andelen svovel som bindes i asken, noe som kan være en betydelig del (Skreiberg 2000a). Det er ikke funnet nyere norske eller internasjonale resultater for målinger av SO₂ fra vedfyring. Faktoren som er blitt brukt til nå, 0,37 g/kg, er anbefalt av Rosland (1987) på bakgrunn av Rådet for natur- og miljøfag (1986). U.S.EPA (1995) anbefaler en utslippsfaktor på 0,2 g/kg. Dette er heller ingen "ny" faktor, da den skal være hentet fra et arbeid som DeAngelis publiserte i 1979. Rådet for natur- og miljøfag beskriver i sin rapport også faktoren til DeAngelis og innrømmer at det er mulig at de overestimerer SO₂-utslippet ved å bruke faktoren på 0,37 g/kg. SSB anbefaler å ta i bruk U.S. EPAs faktor (Tabell 32). Hvis det gjøres, vil vedfyringens andel av de norske SO₂-utslippene reduseres fra ca. 2 til 1 prosent.

6.2.8. Kadmium (Cd)

Utslipp av kadmium er både avhengig av kadmiuminnholdet i brenselet og teknologien. Rentbrennende ildsteder vil redusere utslippene, men det er usikkert hvor mye (Pacyna 2001). Utslippene er uavhengige av teknologi. Faktoren til Pacyna (1994) er nesten 10 ganger så stor som U.S. EPA-faktoren (U.S. EPA 1995). Likevel anbefaler SSB Pacynas faktor fordi den skal basere seg på norske forhold. (Tabell 33.)

6.2.9. PAH

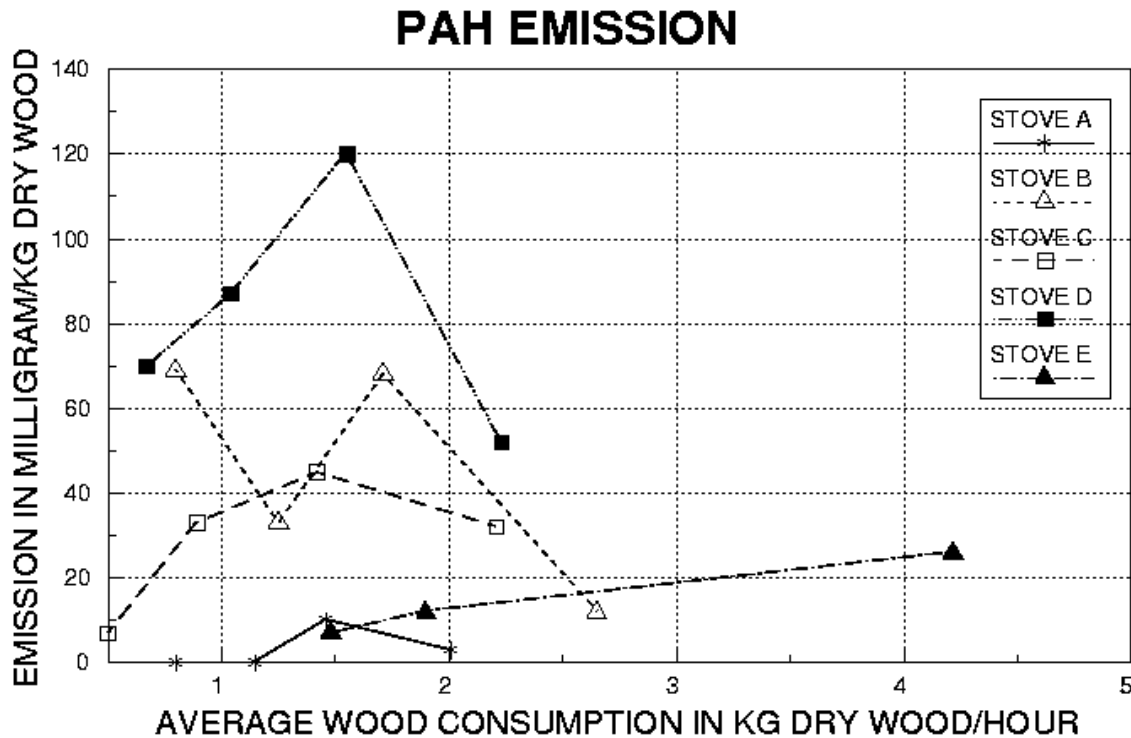
I Norge er det meste av vedforbruket i husholdningene knyttet til ovn eller peis. En liten del av forbruket skjer i vedfyrte kjeler. I SSB/SFTs utslippsmodell antar vi at alt vedforbruk skjer i ovn og peis. PAH-utslippene sterkt avhengig av type forbrenningsteknologi. PAH-utslippene er imidlertid ikke like avhengig av brenselsbelastning (kg ved/time) som partikkelutslippene er (Hansen 1991).

Tradisjonelle lukkede ildsteder

SINTEF (daværende Senter for industriforskning - SI) utviklet rundt 1990 en norsk metode for å måle PAH (Hansen 1991). De gjennomførte tester av flere ildsteder (se Figur 14). Ildsted A er en katalytisk ovn, ildsted B-D er tradisjonelle ovner, ildsted E er en peis. Dette arbeidet var det første arbeidet som har blitt gjort der den enkelte ovn er testet ved ulike belastninger. Testene er utført for de 15 PAHer som er listet i Norsk Standard 3058-3 (se vedlegg D). Resultatene viser at utslippet for de tradisjonelle vedovnene lå i området 7-120 g/tonn med et gjennomsnitt på 52 g/tonn. Katalysatorovnen har lavere utslipp, men denne ser vi bort fra siden katalysatorer svekkes over tid. Vi har ingen PAH-profil knyttet til disse utslippstestene. I testrapporten står det at det ikke ble funnet spor av benzo(a)pyren i prøvene fra ovnene A (katalysatorovnen) og B. Usikkerheten i analysene anslås til ± 10-20 prosent. Bruker man U.S. EPAs profil får man utslippsfaktorer som vist i Tabell 34.

SINTEFs tester ga mindre PAH-utslipp enn de testene som U.S. EPA (1995 og 1998) baserer seg på i sin gjennomgang av utslippsfaktorer. Hvis man plukker ut de samme PAHene som er inkludert i NS3058-3, får man et utslipp på 115 g/tonn for et tradisjonelt ildsted basert på denne referansen. Vi anbefaler å bruke SINTEFs faktorer siden de er basert på grundige analyser gjort ved norske forhold.

Figur 14. Utslipp av PAH som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn. mg/kg



Kilde: Karlsvik (1998).

Tabell 34. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i et tradisjonelt lukket ildsted³. g/tonn

Navn	Tradisjonelt lukket ildsted ¹	Tradisjonelt lukket ildsted ^{1,2}	Uspesifisert
	U.S. EPA (1995 og 1998)	Hansen (1991)	EEA (2000) og U.S. EPA (1995 og 1998)
Benzo(a)pyren	2,0	..	2,0
Benzo(b)fluoranten	3,0	..	2,4
Benzo(k)fluoranten	1,0	..	0,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0	..	0,2
Fluoranten	10,0	..	..
Benzo(ghi)perylen	2,0	..	..
Fenantren	39,0	..	..
Antracen	7,0	..	..
Pyren	12,0	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benzo(a)antracen	10,0	..	..
Krysen/trifenylen	6,0	..	..
Benzo(e)pyren	6,0	..	..
Dibenzo(ah)antracen	0,0	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	5,0	..	..
Fluoren	12,0	..	..
Acenaftylen	..	..	..
Naftalen	..	..	..
PAH-total (Norsk standard 3058)	115,0	52,0	..
PAH-6 (OSPAR)	18,0	8,1	..
PAH-4 (LRTAP)	6,0	2,7	5,4

¹ Vedtype: Uspesifisert.

² Gjennomsnitt av prøver ved ulike belastninger på 3 ulike ovner testet etter NS3058. PAH-4 og PAH-6 beregnet ut fra U.S. EPAs profil i denne tabellen.

³ Brukes her synonymt med vedovner produsert før 1998.

⁴ Beregnet ut fra benzo(a)pyren-faktoren til U.S. EPA (i denne tabellen) og indeks for PAH-4 i EEA (2000).

Rentbrennende lukkede ildsteder

Tabell 35 viser at ifølge U.S. EPA ligger utslippsfaktoren for total PAH for rentbrennende ildsteder i samme område som faktoren for tradisjonelle ildsteder som vi beskrev ovenfor. SINTEF (1995) fikk derimot mer enn 1000 ganger lavere resultater i tester fra rentbrennende ildsteder enn i tidligere tester på tradisjonelle ildsteder (Hansen, 1991). Tabell 35 viser et gjennomsnitt av spesieringsdata for de 8 SINTEF-testene. De gir en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 22,6 µg/kg (mg/tonn). Hva kan årsakene til forskjellen mellom SINTEFs resultater fra 1991 og 1995 være? Begge analysene skal være utført etter Norsk standard 3058-3, så resultatene skal være sammenlignbare. De samme PAH-forbindelsene er kvantifisert, og dette er gjort for både PAH i gassform og på partikkeloverflater for begge testene. Forskjellen er antagelig at de nyeste testene er utført på rentbrennende ovner, mens testene fra 1991 er gjort på tradisjonelle ildsteder. I en e-post skriver Christel Benestad, som utførte testene fra 1991, at variasjon med en faktor 1000 mellom "gode" og "dårlige" ovner ikke er usannsynlig. Vi velger å stole mer på SINTEFs resultater for norske forhold enn de fra U.S. EPA, som viste liten forskjell mellom rentbrennende og tradisjonelle ovner.

Tabell 35. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i rentbrennende lukket ildsted¹. mg/tonn og g/tonn

Navn	SINTEF (1995)	U.S. EPA (1995 og 1998)
	mg/tonn	g/tonn
Benzo(a)pyren	0,8	3,0
Benzo(b)fluoranten	1,7	2,0
Benzo(k)fluoranten	-	1,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-	10,0
Fluoranten	2,0	4,0
Benzo(ghi)perylen	-	10,0
Fenantren	7,3	59,0
Antracene	1,4	4,0
Pyren	2,4	4,0
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracene	1,6	1,0
Krysen/trifenylen	1,3	5,0
Benzo(e)pyren	0,5	1,0
Dibenzo(ah)antracene	-	2,0
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	1,3	5,0
Fluoren	2,4	7,0
Acenaftylen	..	..
Naftalen	..	..
PAH-total (Norsk standard 3058)	22,6	118,0
PAH-6 (OSPAR)	4,5	30,0
PAH-4 (LRTAP)	2,5	16,0

¹ Brukes her synonymt med ildsteder fra 1998 eller nyere.
Kilde: SINTEF (1995).

Åpne peiser

Tabell 36 inneholder utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. Resultatene fra testene til U.S. EPA for NS-PAHene¹¹ gir utslippsfaktorer på 17,4 g/tonn for furuved og 23,8 g/tonn der vedtypen ikke er spesifisert for. Furuved (samt gran og osp) brukes i noen grad i Norge, selv om bjerkeved er mest brukt. Parmas undersøkelser har en tilsvarende utslippsfaktor på 159 g/tonn (Parma mfl. 1995). Dette skyldes at det var svært mye fenantren i prøvene. PAH-4 og PAH-6 ligger også noe høyere hos Parma. Tabellen inneholder også data for åpen forbrenning gjengitt i SFT (2000). Disse verdiene er i samme størrelsesorden som U.S. EPAs verdier. U.S. EPA har komplette data, og vi velger å bruke denne kilden.

Anbefaling og bruk av utslippsfaktorene

Tabell 37 viser en oppsummering av faktorene vi anbefaler brukt for norske forhold for de ulike PAH-komponentene. Som nevnt tidligere er analysegrunnlaget som disse faktorene bygger på imidlertid tynt, og det bør derfor gjøres flere analyser for å verifisere faktorene. Dette er særlig viktig for de nye rentbrennende ildstedene. Utskifting av gamle tradisjonelle vedovner vil føre til at denne faktoren blir stadig viktigere i årene som kommer. En eventuell feil i denne vil derfor i stadig større grad bidra til at totalutslippet i Norge beregnes feil.

Tabell 36. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. g/tonn

Navn	Åpen forbrenning ¹	Peis ²	Peis ¹	Peis
	SFT (2000)	U.S. EPA (1995 og 1998)	U.S. EPA (1995 og 1998)	Parma m.fl. (1995)
Benzo(a)pyren	1,5	1,4	0,7	2,0
Benzo(b)fluoranten	..	1,6	1,9	4,5
Benzo(k)fluoranten	0,5	0,0	0,0	0,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	..	..	..
Fluoranten	9	1,6	1,6	16,7
Benzo(ghi)perylen	1	1,5	1,4	..
Fenantren	16,5	0,0	0,0	93,6
Antracene	3,5	6,9	8,8	17,7
Pyren	..	1,6	1,6	17,3
Benzo(a)fluoren	..	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..	..
Benzo(a)antracene	1,5	1,4	1,9	2,8
Krysen/trifenylen	2	0,0	..	3,4
Benzo(e)pyren	..	1,4	..	..
Dibenzo(ah)antracene	..	..	..	1,0
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..	..
Acenaften	..	..	1,2	..
Fluoren	..	..	4,7	..
Acenaftylen	..	..	..	..
Naftalen	6	..	..	3,8
PAH-total (Norsk standard 3058)	36,5	17,4	23,8	159,0
PAH-6 (OSPAR)	13	6,1	5,6	23,2
PAH-4 (LRTAP)	3	3	2,6	6,5

¹ Vedtype: Uspesifisert.

² Vedtype: Furu.

Tabell 37. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra bruk av ved i ovn og peis

	Tradisjonelt lukket ildsted (produsert før 1998)	Rentbrennende lukket ildsted (produsert 1998-2000)	Åpen peis (uavhengig av alder)
	g/tonn	g/tonn	g/tonn
PAH-total (Norsk standard 3058)	52,0	0,0226	17,4
PAH-6 (OSPAR)	8,1	0,045	6,1
PAH-4 (LRTAP)	2,7	0,025	3

Kilder: Hansen (1991), SINTEF (1995) og U.S. EPA (1995).

Vedforbruket i husholdningene var 1417 ktonn i 1998. Hvis man bruker den vektete faktoren i Tabell 39 på 47.0 g/tonn gir dette et PAH-utslipp (PAH-total) på 67 tonn i henhold til NS3058-3.

6.3. Anbefaling av utslippsfaktorer

Tabell 38 viser en oppsummering av utslippsfaktorene som SSB anbefaler brukt i den nasjonale utslippsmodellen og i beregninger av lokal luftforurensning. Tabellen er inndelt etter om ildstedet er åpent eller lukket, samt om et lukket ildsted er produsert før eller etter 1998. Ildsteder produsert i 1998 eller senere antas å være rentbrennende, dvs. de tilfredsstillt forskriftens krav til partikkelutslipp.

¹¹ Listet i vedlegg D.

Tabell 38. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000

	Åpen peis	Vedovn/lukket peis		Enhet
		Produsert før 1998 ¹	Produsert 1998 eller senere ²	
PM ₁₀	17,3	40	6,2	g/kg
CO	126,3	150	50,5	g/kg
SO ₂	0,2	0,2	0,2	g/kg
NO _x	1,3	0,97	0,97	g/kg
N ₂ O	0,032	0,032	0,032	g/kg
CH ₄	5,8	5,8	5,8	g/kg
NMVOC	7,0 ³	6,9	7,0	g/kg
Cd	0,1	0,1	0,1	g/tonn
PAH-total	17,4	52,0	0,0226	g/tonn
PAH-6 (OSPAR)	6,1	8,1	0,045	g/tonn
PAH-4 (LRTAP)	3	2,7	0,025	g/tonn

¹ Dette brukes her synonymt med tradisjonelle vedfyrte lukkede ildsteder.

² Dette brukes her synonymt med rentbrennende vedfyrte lukkede ildsteder.

³ Faktoren er egentlig for rentbrennende oven.

Tabell 39. Utslippsfaktorer. Veid etter forbruk i ulike typer ildsteder. Norge. 1990 og 2000. g/kg. Cd og PAH i g/tonn

Komponent	Utslippsfaktor	
	1990	2000
PM ₁₀	39,0	36,7
CO	149,0	142,1
SO ₂	0,2	0,2
NO _x	0,98	0,98
N ₂ O	0,032	0,032
CH ₄	5,8	5,8
NMVOC	6,9	6,9
Cd	0,1	0,1
PAH-total	50,5	47,0
PAH-6 (OSPAR)	8,0	7,5
PAH-4 (LRTAP)	2,7	2,5

Tabell 40. Utslippsfaktorer. Veid etter forbruk i ulike typer ildsteder. Oslo. 2000. g/kg

Komponent	Utslippsfaktor, g/kg
PM ₁₀	29,3
SO ₂	0,2
NO _x	1,108

I Levekårsundersøkelsen 2000 ble som nevnt tidligere 5000 husholdninger spurt om alder og type på et evt. ildsted. I Tabell 39 er det tatt hensyn til denne fordelingen slik at det kan presenteres gjennomsnittlige utslippsfaktorer for 1990 og 2000. Det er her antatt at det var samme andel men åpne peiser i 1990 som i 2000 samt at alle lukkede ildsteder produsert før 1998 har utslippskarakteristika som oppgitt for tradisjonelle ildsteder i Tabell 39. Tabell 40 viser tilsvarende vektete faktorer for noen komponenter for Oslo kommune. PM₁₀-faktoren er noe lavere i Oslo enn i resten av landet for 2000 pga. at en større andel av veden her brennes i åpen peis.

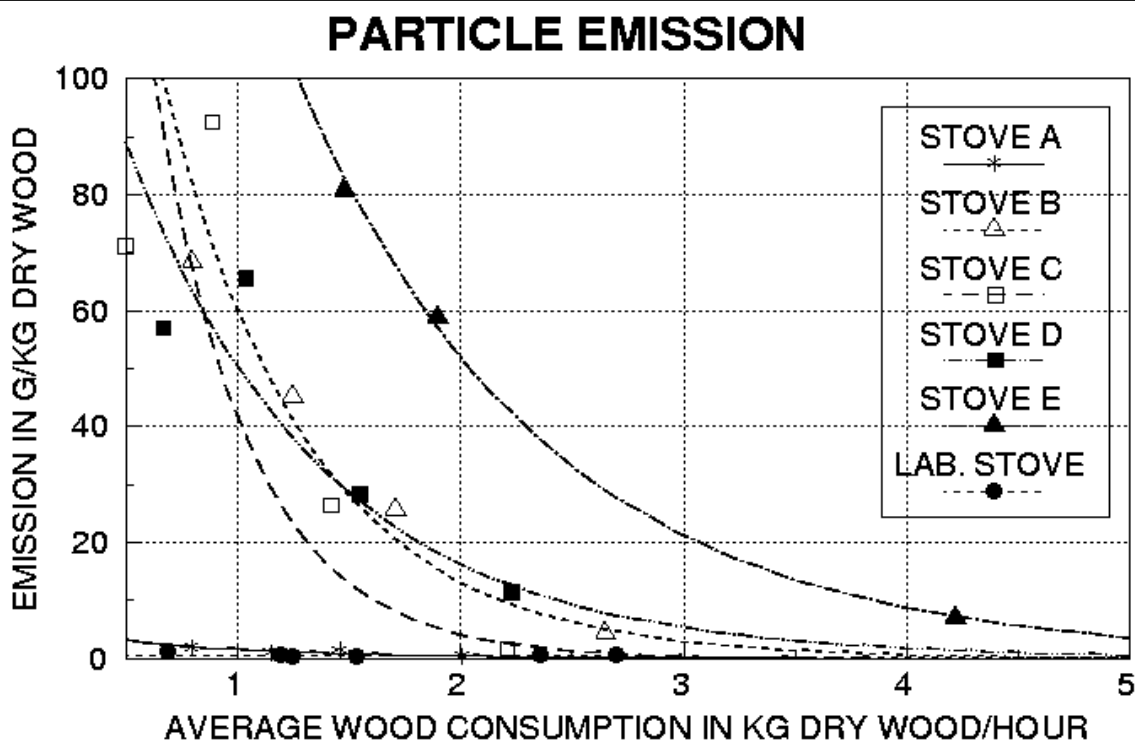
7. Konklusjoner

Utslipp fra vedfyring er en viktig kilde til utslipp til luft av blant annet svevestøv, tungmetaller og PAH.

Utslippene fra vedfyrte ildsteder er imidlertid svært vanskelige å tallfeste da de ofte er avhengig av bl.a. forbrenningsteknologi, belastning (kg ved/time) og trekkforhold. Når man skal se på utslipp lokalt, må man i tillegg ha kunnskap om hvordan det nasjonale vedforbruket fordeler seg på kommuner og helst også innen den enkelte kommune. Skal tallene brukes i spredningsmodeller, trenger man i tillegg informasjon om hvordan vedforbruket varierer fra time til time gjennom fyringssesongen. For å kunne modellere dette trenger man tidsfordelinger for en "normal" uke samt kunnskap om hvordan vedforbruket varierer med temperaturen.

Utslippsfaktorene som inntil nå har vært brukt i SSB/SFTs utslippsmodell, har for det meste vært basert på analyser fra 1980-tallet. Siden den gang har forbrenningsteknologien endret seg og derfor også utslippene per ildsted¹². Internasjonale faktorer er ikke nødvendigvis dekkende for Norge på grunn av at belastningen (kg ved/time) her er antatt å være typisk i området mellom 1,0 og 1,25 kg ved/time, noe som er en del mindre enn testbetingelsene som brukes f.eks. i USA. Figur 15 viser hvordan utslipp av partikler (PM₁₀) varierer med belastning. Partikkelutslippet per kg ved avtar kraftig etter hvert som belastningen på ildstedet øker.

Figur 15. Partikkelutslipp som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn



Kilde: Karlsvik m.fl. (1993a).

¹² Effekten av utskiftingen av ildsteder er foreløpig ikke så stor på totalutslippene, men effekten vil øke etter hvert som utskiftingen fortsetter.

Tabell 41. Anbefalte utslippsfaktorer for peis og vedovn. 2000

	Åpen peis	Vedovn/lukket peis		Enhet
		Produsert før 1998 ¹	Produsert 1998 eller senere ²	
PM ₁₀	17,3	40	6,2	g/kg
CO	126	150	50,5	g/kg
SO ₂	0,2	0,2	0,2	g/kg
NO _x	1,3	0,97	0,97	g/kg
N ₂ O	0,032	0,032	0,032	g/kg
CH ₄	5,8	5,8	5,8	g/kg
NMVOG	7,0 ³	6,9	7,0	g/kg
Cd	0,1	0,1	0,1	g/tonn
PAH-total	17,4	52,0	0,0226	g/tonn
PAH-6 (OSPAR)	6,1	8,1	0,045	g/tonn
PAH-4 (LRTAP)	3,0	2,7	0,025	g/tonn

¹ Dette brukes her synonymt med tradisjonelle vedfyrte lukkede ildsteder.

² Dette brukes her synonymt med rentbrennende vedfyrte lukkede ildsteder.

³ Faktoren er egentlig for rentbrennende ovn.

Tabell 42. Gjennomsnittlige utslippsfaktorer brukt i SSB/SFTs utslippsmodell før og etter dette arbeidet¹. Norge

Komponent	Tidligere brukte faktorer for 2000	Nye faktorer for 2000	Enhet
PM ₁₀	10	36,7	g/kg
CO	100	142,1	g/kg
SO ₂	0,37	0,20	g/kg
NO _x	0,70	0,98	g/kg
N ₂ O	0,070	0,032	g/kg
CH ₄	5,3	5,8	g/kg
NMVOG	6,9	6,9	g/kg
Cd	0,1	0,1	g/tonn
PAH-total	..	47,0	g/tonn
PAH-6 (OSPAR)	..	7,5	g/tonn
PAH-4 (LRTAP)	..	2,5	g/tonn

Kilde for tidligere brukte faktorer: Utslippsregnskapet til SSB/SFT

¹ Nye faktorer er veid etter forbruk i ulike typer ildsteder.

I dette arbeidet har vi systematisk gått gjennom og vurdert ulike litteraturkilder for utslippsfaktorer for komponentene vist i Tabell 41. Mens man i SSB/SFTs utslippsmodell tidligere har hatt en felles faktor for vedfyring, har vi nå ønsket å skaffe til veie faktorer splittet på tradisjonell lukket vedovn, lukket peis/peis-ovn og åpen peis. Anbefalingene fra dette arbeidet er vist i Tabell 41. Faktorene for de ulike typer ildsteder er vektet med vedmengde per ildstedstype og gjennomsnittsfaktorer for vedfyring er beregnet. Tabell 42 viser nye og gamle gjennomsnittsfaktorer. Faktoren for svevestøv er økt fra 10 g/kg til 37 g/kg ved. Dette skyldes at nesten 90 prosent av veden på landsbasis brennes i tradisjonelle, lukkede vedovner (Tabell 43). Disse har et svevestøvutslipp per kg ved forbrent som er mange ganger høyere enn fra moderne rentbrennende ovner.

Slørdal og Larssen (2001) har gjort en beregning av luftkvalitet i Oslo basert på en den gamle utslippsfaktoren på 10 g/kg og vedforbruksdata fra SSB. De sammenlignet resultatene med data fra målestasjoner og konkluderte med at måleresultatene stemte relativt godt med beregningene. Dette vil si at hvis faktoren på 10 g/kg som har vært brukt til nå i SSB/SFTs utslipp

Tabell 43. Type ildsted som brukes mest til vedfyring, vektet etter forbruk. Vinteren 1999/2000. Prosent

Type ildsted	Oslo	Norge ¹
Åpen peis	42	4
Lukket ildsted, eldre enn 1998	55	89
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	4	7

Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

¹ Tallene for Norge inkluderer også tall for Oslo kommune.

Tabell 44. Vedfyring i boliger. Andel av vedfyringsutslipp for utvalgte komponenter fordelt på den enkelte ildstedstype. Norge og Oslo. 1998¹. Prosent

Type ildsted	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	PAH-total
<i>Norge</i>				
Åpen peis	2	4	5	1
Lukket ildsted, eldre enn 1998	97	89	88	99
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	1	7	7	0
I alt	100	100	100	100
<i>Oslo</i>				
Åpen peis	25	42	50	21
Lukket ildsted, eldre enn 1998	74	54	48	79
Lukket ildsted, 1998 eller nyere	1	3	3	0
I alt	100	100	100	100

¹ Tallene er egentlig fra 1999/2000, men brukes av mangel på annen informasjon her også for året 1998. Andel lukkede ildsteder fra 1998 eller nyere blir da selvsagt noe for høyt. Siden andelen uansett er lav vil denne feilen kun i mindre grad påvirke resultatet.

modell virkelig skulle være en del høyere, må andre faktorer som inngår i Slørdal og Larssens arbeid ha vært for høye. Et arbeid som gjøres i høst i SSB tyder på at vedforbruket i byene tidligere er beregnet noe for høyt, i tillegg har man ikke tidligere trukket fra for fuktighet i veden i utslippsberegningene. Dette er faktorer som kan rettferdiggjøre en høyere utslippsfaktor.

Det er viktig å merke seg at det fortsatt er store usikkerheter knyttet til utslipp til luft fra vedfyring. Særlig viktig er betydningen av antagelsen om belastning på ildstedene og usikkerheten i denne antagelsen. Hvis belastningen økes fra det området som Karlsvik anbefaler (1,0-1,25 kg ved/time) til 1,5 kg ved/time, synker utslippsfaktoren for svevestøv fra 40 til 25 g/kg, mens faktoren blir drøye 12 g/kg ved en belastning på 2 kg ved/time. 2 kg ved/time virker imidlertid veldig lavt. Siden 89 prosent av veden i Norge brennes i tradisjonelle vedovner, blir antagelsen om belastning helt avgjørende for beregnet svevestøvutslipp.

Tabell 44 viser foreløpige utslippsestimater som er gjort for året 1998. På landsbasis er tradisjonelle lukkede vedovner (eldre enn 1998) totalt dominerende når man ser på samlet utslipp. De sto f.eks. for hele 97 prosent av svevestøvutslippene knyttet til vedfyring. I Oslo brukes åpen peis i en mye større grad til vedfyringen (Tabell 43) og utslipp fra peis er derfor viktigere for totalen og sto her for 25 prosent av svevestøvutslippene fra vedfyring i 1998. Fyring i åpen peis

Tabell 45. Utslipp av utvalgte komponenter. Dagens ildstedsbestand og hvis alle hadde fyrst med rentbrennende ildsted. Norge og Oslo. 1998¹. Tonn

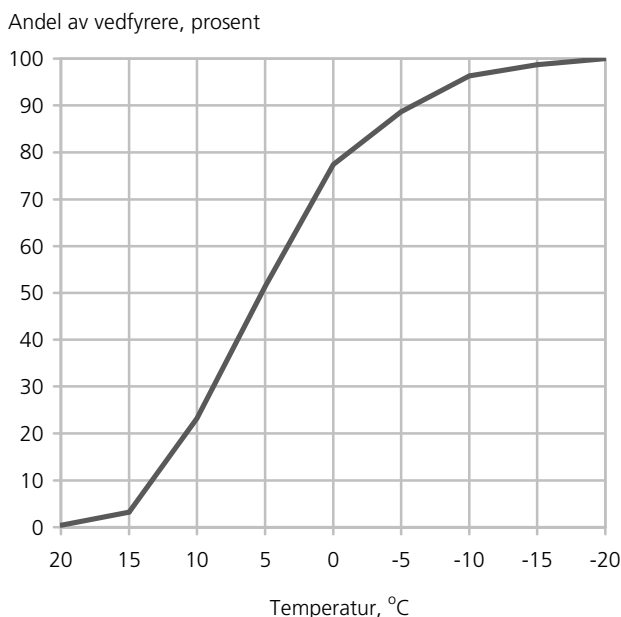
	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	PAH-total
Norge				
-Dagens ildstedsbestand og forbruk	42658	232	1142	55
-Alternativ A	7201	232	1127	-
-Alternativ B	7717	232	1142	0,8
Oslo				
-Dagens ildstedsbestand og forbruk	474	3	18	0,6
-Alternativ A	100	3	16	0
-Alternativ B	174	3	18	0

Dagens ildstedsbestand og forbruk: 4% av forbruket i åpen peis, 89% i tradisjonell vedovn og 7% i rentbrennende vedovn.

Alternativ A: Alt vedforbruk skjer i rentbrennende ildsteder (100% av forbruket skjer i rentbrennende ildsteder).

Alternativ B: Forbruket i åpen peis holdes konstant. Alt annet forbruk skjer i rentbrennende ildsteder (Norge: 4% av forbruket i åpne peiser og 96 % i rentbrennende. Oslo: 42% av forbruket i åpne peiser (som i dag); 58 % i rentbrennende).

Figur 16. Hvor kaldt er det når folk begynner å fyre? Andel av boligene



Kilde: Levekårsundersøkelsen 2000.

sto for halvparten av NO_x-utslippene fra vedfyring i Oslo samme år. Tabell 44 viser som nevnt foreløpige estimater av utslipp basert på de nye utslippsfaktorene og kommunefordelingene. Materialet er ennå ikke inkludert i SSB/SFTs utslippsmodell, slik at tallene vil avvike fra tall presentert andre steder. Nye offisielle utslippstall basert på konklusjoner fra denne rapporten vil bli presentert i januar 2002, og disse vil kunne avvike noe fra det som er vist i Tabell 44.

Tabell 45 viser en beregning av utslippsnivået i Norge og for Oslo kommune i 1998 gitt en ildstedsbestand lik den vi fant i LKU2000. Estimater vil bli revidert i forbindelse med beregningene som gjøres i SSB/SFTs

Tabell 46. Hva brennes i ovn/peis. 1999/2000

Hva brenner du i ovnen/peisen (du kan oppgi flere typer brensel)	Prosent
Ved av bjerk	51
Ved av furu	11
Ved av gran	9
Blandingsved/annen ved	55
Planker/materialer	12
Aviser (utenom opptenning)	8
Drikkekartong, annen papp eller kartong	9
Annet	2

Kilde: SSBs Levekårsundersøkelse 2000.

utslippsmodell vinteren 2001/2002. I tabellen sammenlignes utslippene i 1998 med to ulike alternativer. En utskifting av alle tradisjonelle ovner mens peisfyring ble opprettholdt på dagens nivå, ville ha ført til en dramatisk effekt på utslippene av svevestøv både i Oslo kommune og i Norge samlet sett (alternativ B). Utslippene i Oslo ville f.eks. gått ned fra 474 til 174 tonn. PAH-utslippene i byen ville sunket fra 0,6 til 0,1 tonn. Hvis man i tillegg erstattet fyring i åpen peis med fyring i rentbrennende ildsteder, ville svevestøvutslippene ytterligere reduseres, til 100 tonn. PAH-utslippene ville ifølge denne beregningen nå være neglisjerbare (mindre enn 1 kg). SO₂-utslippet påvirkes ikke av type ildsted og er derfor uendret i alle alternativene, mens NO_x-utslippene i vår beregning varierer nesten ubetydelig med ildstedstype.

Figur 16 viser svarene på spørsmålet i Levekårsundersøkelsen 2000 om hvor kaldt det er før man begynner å fyre. Dette spørsmålet gir ikke noe fullstendig bilde av temperaturavhengigheten til vedfyringen, men representerer en begynnelse. Allerede ved +10°C fyrer mer enn 20 prosent av de spurte. Fra +10 til 0°C øker antall vedfyrere proporsjonalt med temperaturnedgangen. Ved 0°C fyrer nesten 80 prosent av vedfyrerne. Ned mot -20°C kommer resten av vedfyrerne også til. Det er imidlertid fortsatt uklart hvordan de som allerede fyrer reagerer når utetemperaturen synker videre nedover. Hvis folk svarer på en gitt temperaturnedgang med å doble belastningen (dvs. mer ved per time), reduseres svevestøvutslippene per kg ved innfyrt og samlet utslipp endres ikke nødvendigvis vesentlig. Hvis folk derimot holder belastningen konstant og heller doubler fyringstiden, vil samlet utslipp også doubles. Hvilken av disse mekanismene som er dominerende i Norge bør undersøkes nærmere.

LKU2000 antyder at 51 prosent av alle vedfyrere fyrer med bjerk mens 11 prosent fyrer med furu og 9 prosent med gran (0). 55 prosent oppgir at de fyrer med blandingsved/annen ved. Summen blir her over 100 prosent siden den intervjuede har kunnet svare flere alternativer. Ikke overraskende brennes det mer i ildstedet enn bare ved. I LKU2000 oppgir 12 prosent at de fyrer med planker/materialer, mens 9 prosent fyrer med drikkekartong o.l.

8. Videre arbeid

Antagelsen om at nordmenn fyrer med en annen og vesentlig lavere belastning enn folk i andre land bør verifiseres. Denne antagelsen er helt avgjørende for valg av utslippsfaktor for svevestøv. En grov feil i denne antagelsen vil ha stor betydning for det totale beregnede utslippet i Norge. Hvis en vanlig belastning var 1,5 kg ved/time og ikke 1,0-1,25 som det er lagt til grunn i dette arbeidet, ville PM₁₀-faktoren basert på Karlsvik mfl. (1993a) blitt ca. 25 g/kg og ikke 40. Antagelsen bør derfor verifiseres ved nærmere studier, f.eks. ved studier hjemme hos utvalgte vedfyrere.

For en del utslippskomponenter bør det vurderes om det bør gjennomføres flere analyser for å kartlegge utslippsfaktorene bedre. Dette gjelder f.eks. PAH for rentbrennende ildsteder. For åpen peis har det generelt vært vanskelig å skaffe informasjon om utslippsfaktorer.

Vi mangler kunnskap om hvordan vedforbruket i Norge avhenger av temperaturen, noe som er svært viktig for at AirQUIS-beregningene til NILU skal stemme. Det er f.eks. svært usikkert hvordan folk reagerer når temperaturen synker fra -10 til -20 °C. At flere husstander nå vil fyre er en sak. En annen sak er hvordan de som allerede fyrer vil reagere. Hvis de kompenserer ved å doble tiden som de fyrer vil svevestøvutslippene også dobles. Hvis de derimot dobler belastningen på ovnen sin og fyrer over like lang tid, vil utslippene endres lite. Det bør også undersøkes nærmere hvordan vedforbruket varierer fra dag til dag i en normaluke og fra time til time på en normal dag (gjerne skille mellom fridag og arbeidsdag). Dette ble forsøkt gjort i Agendas undersøkelse, men spørsmålene var for dårlig formulert til at resultatet er godt nok. Det bør derfor gjennomføres en ny undersøkelse hvor spørsmålene stilles på en måte som er hensiktsmessig for å lage en tidsfordeling av vedforbruket.

SFT finansierer et arbeid for å forbedre kommunefordelingen av vedforbruk og utslipp til luft. Arbeidet fullføres innen oktober 2001. Prosjektet vil utnytte datamaterialet fra Levekårsundersøkelsen 2000 og gruppere svarene for kommuner som likner hverandre. Den gruppeinndelingen som virker mest lovende, er en

tett-/spredtbygdtilnærming. Vedforbruk i mengde per husholdning er sterkt avhengig av bostedsstrøk. Tett-/spredt-tilnærmingen brukes for å fordele tall for vedforbruk på fylkesnivå videre på kommunene innen fylket. I dette prosjektet vil det også inngå en tilordning av utslippsfaktorer på kommunenivå, også denne med tett-/spredt-tilnærming.

Kommunefordelingene vil kunne bli ytterligere bedret etter at Folke- og bolig tellingen 2001 blir gjennomført 3. november 2001. I denne undersøkelsen vil alle husstander i Norge bli bedt om å gi opplysninger bl.a. om de har ovn eller peis (ikke direkte om de bruker den). En slik undersøkelse vil bli enda mer interessant hvis det gjennomføres en annen undersøkelse samme år der fyringsvaner og faktisk bruk av ildstedet kartlegges. Det er spesielt ønskelig å få verifisert hypotesen om det norske fyringsmønsteret, dvs. at det fyres med svært lav belastning (kg ved/time), siden dette er svært avgjørende ved valg av utslippsfaktor for bl.a. svevestøv/partikler (se kapittel 6.2.1). De første foreløpige resultatene fra FoB2001 vil tidligst komme sommeren 2002.

Man bør kvantifisere mengden av andre ting enn ved som brennes i ildsteder i Norge. En betydelig andel av vedfyrerne brenner planker, melkekartonger o.l., men utslippet fra dette beregnes ikke med dagens beregningsmetoder.

Når utslippene er beregnet ved hjelp av de nye utslippsfaktorene og kommunefordelingene, bør dette verifiseres ved hjelp av målinger gjennomført av f.eks. NILU.

Referanser

Agenda Utredning & Utvikling (2000): *Tiltak for reduserte utslipp fra vedfyring. Brukskartlegging, identifisering av tiltak og konsekvensvurdering*, Sandvika: Agenda Utredning & Utvikling AS.

Braathen, O.A., N. Schmidbauer og O. Hermansen (1991): *Utslipp av metan og hydrokarboner fra vedfyring*, OR 28/91, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.

Bøeng, A.C. og R. Nesbakken (1999): *Energibruk til stasjonære og mobile formål per husholdning 1993, 1994 og 1995. Gjennomsnittstall basert på forbruksundersøkelsen*, Rapport 99/22, Statistisk sentralbyrå.

Canadian Council of the Ministers of the Environment, Emissions and Projections Task Group (2000): *1995 Criteria Air Contaminants Emissions Inventory Guidebook*.

Cooper, J.A. (1980): Environmental impact of residential wood combustion emissions and its implications, *Journal of the Air Pollution Control Association* **30**, 8, 855-861.

EEA (2000): *Atmospheric Emission Inventory Guidebook, second edition. A joint EMEP/CORINAIR Production*. European Environmental Agency.

Flugsrud, K., O.K. Hunnes og E. Lassen (1996): Metode for beregning av energivareforbruk og utslipp på grunnkretser. Beregninger for 1992 og 1993 for kommunene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim, Notater 96/56, Statistisk sentralbyrå.

Flugsrud, K., E. Gjerald, G. Haakonsen, S. Holtskog, H. Høie, K. Rypdal, B. Tornsjø og F. Weidemann (2000): *The Norwegian emission inventory. Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*, Rapport 1/2000, Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.

Gjone, O.E. (2000): Personlig meddelelse (epost 19.06.2000), Jøtul ASA.

Gjone, O.E. (2001): Personlig meddelelse (telefonsamtale 13.06.2001), Jøtul ASA.

Gram, F. (2001): Personlig meddelelse (telefonsamtale 07.09.2000), Norsk institutt for luftforskning.

Grindheim, T. (2000): Personlig meddelelse (telefonsamtale 21.01.2000), Bergen brannvesen, Brannforebyggende avdeling.

Hansen, F. H. (1991): *Godkjenningsbetingelser for fastbrenselfyrte ildsteder*, STF25 F91010, Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.

Hansen, F.H., T. Hjelmeland og A. Østnor (1998): *Fyringsmønster for vedfyrte ildsteder*, STF22 A98830, Trondheim: SINTEF Bygg- og miljøteknikk, Norges branntekniske laboratorium.

Henriksen, M. (2000): Personlig meddelelse (faks datert 27.06.2000), Nord-Interiør as.

Haakonsen, G. (2000): *Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991-1997. Fordeling på utslippkilder og bydeler*, Rapport 2000/23, Statistisk sentralbyrå.

Haakonsen, G., K. Rypdal og B. Tornsjø (1998a): Utslippsfaktorer for lokale utslipp - PAH, partikler og NMVOC, Notater 98/29, Statistisk sentralbyrå.

Haakonsen, G., S. Holtskog og B. Tornsjø (1998b): Energibruk og utslipp til luft i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim 1995, Notater 98/52, Statistisk sentralbyrå.

IPCC (1997): *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 1, 2, and 3. Intergovernmental Panel on Climate Change, London.

Isachsen, O. og R. Veiberg (1984): *Ved som energikilde i husholdninger på Harestua, fyringssesongen 1982/83*, Skrifter nr. 9/1984, Oslo: Universitetet i Oslo, Rådet for natur- og miljøfag.

- Jøtul (2000): Rentbrennende ildsteder, økonomi og sammenligning, <http://www.jotul.no/miljo/cleanfireplace.asp>, mai 2000.
- Karlsvik, E. (1995): *Round robin test of a wood stove-emissions*, STF12 A95012, Trondheim: SINTEF Thermal Energy and Fluid Machinery.
- Karlsvik, E. (1998): *Research and development of fireplaces and stoves*. Presentasjon på Workshop on small-scale wood burning, Stockholm, Sverige, 31.03.1998, SINTEF Energiforskning.
- Karlsvik, E. (2000a): *Vedfyring - nye forbrenningsprinsipp*, <http://www.efi.sintef.no/publ/xergi/98/4/art-7.htm>, mai 2000, SINTEF Energiforskning.
- Karlsvik, E. (2000b): Personlig meddelelse (telefonsamtale 15.06.2000), SINTEF Energiforskning.
- Karlsvik, E., J.E. Hustad og O.K. Sønju (1993a): "Emissions from wood stoves and fireplaces" i A. V. Bridgewater (red.): *Advances in thermochemical biomass conversion, Volume 1*, Blackie Academic & Professional.
- Karlsvik, E., J.E. Hustad, Ø. Skreiberg og O.K. Sønju (1993b): *Greenhouse Gas Emissions from Woodstoves*, STF15 S93060, Trondheim: SINTEF varmeteknikk.
- Kjønnerud, S.I. (2000): Personlig meddelelse (telefonsamtale 19.01.2000), kampanjeleder Svein-Ivar Kjønnerud ved Oslo kommunes ENØK-senter.
- Kristoffersen, I. og E. Næsset (1985): *Ressursregnskap for skog 1970-1981*, Rapporter 85/30, Statistisk sentralbyrå.
- Larssen, S. (1991): *Partikler i tettstedsluft i Norden. Utslipp - forekomst - helsevirkninger, med hovedvekt på bilekspartikler*, OR 11/91, Lillestrøm: Norsk institutt for luftforskning.
- Lodberg-Holm, A. og E. Mørk (2001): Forbruksundersøkelsen 1996-1998, Notater 2001/22, Statistisk sentralbyrå.
- Miljøverndepartementet (1999): Tiltak og virkemidler for å nå ulike nivå for luftkvalitet, <http://odin.dep.no/md/publ/1999/forurensing.html>, juni 2000.
- Miljøverndepartementet (2000): Vedr. endringer i forskrift til plan- og bygningsloven, brev til KRD fra MD datert 25.04.00.
- Norsk Standardiseringsforbund (1994): *Lukkede vedfyrte ildsteder. Røykutslipp - Krav*, NS 3059.
- Nussbaumer, T. (1993): "Wood combustion", i *Advances in Thermochemical Biomass Conversion, Volume 1*, Blackie Academic & Professional.
- Olsson, A. (2000): Personlig meddelelse. (epost datert 22. juni 2000), Stockholm: Naturvårdsverket.
- Opinion (2000a): Luftkvalitet og oppvarmingskilder - en undersøkelse blant sentrumshusstander i Oslo, Oslo: Opinion.
- Opinion (2000b): Luftkvalitet og oppvarmingskilder - en undersøkelse blant sentrumshusstander på Lillehammer, Oslo: Opinion.
- Pacyna, J.M. (1994): Brev til SFT, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.
- Pacyna, J.M. (2001): Personlig meddelelse (telefonsamtale 26.06.2001), Norsk institutt for luftforskning.
- 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.
- Purvis, C.R., R.O. McCrillis og P.H. Karhier (2000): *Fine Particulate Matter (PM) and Organic Speciation of Fireplace Emissions*, Environmental Science & Technology **34**, 9, 1653-1658.
- Rosendahl, K.E. (2000): *Helseeffekter og kostnader av luftforurensning i Norge*, SFT-rapport 1718/2000, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Rosland, A. (1987): *Utslippskoeffisienter. Oversikt over koeffisienter for utslipp til luft og metoder for å beregne disse*. Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Rådet for natur og miljøfag (1986): *Utslipp til luft fra bruk av biomasse til energiformål* (Forfattere: Jan Fuglestvedt og Hermod Haug), Oslo: Universitetet i Oslo.
- SFT (2000): *Guidance document on Quantification and Reporting on discharges/emissions/losses of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), HARP-HAZ Prototype*, september 2000, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- SINTEF (1995): *Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, ved vedovnsforbrenning*. Brev til SFT (kontrakt 94522).

SINTEF (2000): Vedfyrte ildsteder, <http://www.sintef.no/units/civil/nbl/pdok/ildsteder.html>, mai 2000.

Skreiberg, Ø. (2000a): Personlig meddelelse (epost datert 16.06.2000), Institutt for Termisk Energi og Vannkraft, Fakultet for Maskinteknikk, NTNU.

Skreiberg, Ø. (2000b): Personlig meddelelse (epost datert 26.06.2000), Institutt for Termisk Energi og Vannkraft, Fakultet for Maskinteknikk, NTNU.

Skreiberg, Ø. (2000c): Personlig meddelelse (vedlegg til epost datert 23.08.2000), Institutt for Termisk Energi og Vannkraft, Fakultet for Maskinteknikk, NTNU.

Skreiberg, Ø., J.E. Hustad og E. Karlsvik (1996): *Empirical NO_x-modelling and Experimental Results from Wood Stove Combustion*, STF84 S96404, Trondheim: SINTEF Energy

Slørdal, L.H. (1998): *Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregninger av NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} for vinteren 1995-1996*, OR 38/98, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.

Slørdal, L. H. og S. Larssen (2001): *Vedfyring og svevestøv. Beregninger i Oslo vinteren 1998/1999*, OR 37/2001, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.

Statens bygningstekniske etat (2000): *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk*, Fastsatt 22. januar 1997 nr. 33, ajourført med endringer, senest ved forskrift 13. desember 1999, <http://www.be.no/beweb/regler/forskrift/tekn97/000tekninnh.html>, mai 2000.

Statistisk sentralbyrå (1992): *Folke- og bolig tellingen 1990, Hele landet*.

US-Department of Energy (2000): *Catalytic Combusters in Wood-Burning Appliances*, <http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/bb5.html>, mai 2000.

U.S. EPA (1995): *Compilation of air pollutant emission factors. Fifth edition*, AP-42.

U.S. EPA (1998): *Residential Wood Combustion Technology Review: Volume 2. Appendices*, EPA-600/R-98-174b, <http://www.omni-test.com/Publications/rwctrab.pdf>, juni 2000.

St. meld. nr. 8 (1999-2000): *Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*, Miljøvern-departementet.

Viberg, N.P. (2000): Personlig meddelelse, faks datert 05.06.2000, Dovre a.s.

Vinsand, G. (2000): Personlig meddelelse, epost datert 30. mai 2000, Sandvika: Agenda Utredning & Utvikling.

Vågane, L. (2001): *Samordnet levekårsundersøkelse 2000 - tverrsnittundersøkelsen. Dokumentasjonsrapport*, Notater 2001/34, Statistisk sentralbyrå.

Østnor, A. (2000): Personlig meddelelse, telefonsamtale 29. mai 2000, Trondheim: SINTEF Bygg og miljøteknikk, Norges branntekniske laboratorium

Resultater fra Levekårsundersøkelsen 2000

Til alle:

1. Har du vedovn eller peis i boligen din?

Svar:	Prosent
Ja	69
Nei	31

Hvis ja

2. Hvor stort vedforbruk hadde boligen sist vinter? Du kan oppgi svaret i sekker, i favner eller i størrelse på vedstabel.

Type ildsted	Oslo sekker ¹ / husholdning	Norge sekker ¹ / husholdning
Gjennomsnitt (vedfyrerne)	12,4	53,3
Gjennomsnitt (hele befolkningen)	3,3	30,5

¹ Omregnet til 60 liters sekker (løst mål)

Hvis forbruk > 0

3. Når du fyrte sist vinter, fyrte du mest i åpen peis, i lukket peis/peisovn, i vedovn eller på annen måte?

Svar:	Prosent
I åpen peis	12
I lukket peis/peisovn	28
I vedovn	58
På annen måte	1
Vet ikke	0

Spm. 4 går til dem som svarer lukket peis/peisovn eller vedovn på spm 3

4. Fyrer du vanligvis med trekkventilen fullt åpen, delvis åpen eller lukket?

Svar:	Prosent
Fullt åpen	21
Delvis åpen	70
Lukket	8
Vet ikke	1

5. Hva brenner du i ovnen/peisen? DU KAN OPPGI FLERE TYPER BRENSEL HER

Svar:	Prosent
Ved av bjerk	51
Ved av furu	11
Ved av gran	9
Blandingsved/annen ved	55
Planker/materialer	12
Aviser (utenom opptenning)	8
Drikkekartong, annen papp eller kartong	9
Annet: spesifiser	2

Spm. 6 går til dem som svarte lukket peis/peisovn eller vedovn på spm. 3

6. Hvor gammel er ovnen i boligen som brukes mest til vedfyring?

Svar:	Prosent
Eldre ovn fra før krigen (før 1940)	2,1
Ovn fra perioden 1940-1989	26,4
Ovn fra perioden 1990-1997	15,5
Nyere ovn fra 1998 eller senere	4,6
Vet ikke	0,7

7. Hva er hovedformålet med vedfyringen for deg og boligen din? Du kan oppgi flere formål.

Svar:	Prosent
a) Tilleggsoppvarming på spesielt kalde dager	55
b) Hovedoppvarming av boligen	34
c) Kos og hygge	34

Hvis man svarer 7a og/eller 7b kommer følgende tilleggsspørsmål

8. Hvor kaldt må det være ute før du fyrer med ved?

Svar:	Prosent	Prosent kumulativ
Inntil -20C°	1	100
-15 C°	3	99
-10 C°	8	96
-5 C°	13	88
0 C°	24	75
5 C°	26	51
10 C°	21	25
15 C°	3	4
20 C°	1	1

Spørsmål om vedanskaffelser i Forbruksundersøkelsen

Har du/dere kjøpt, fått eller hugget ved selv de siste 12 månedene?

1. Ja, kjøpt ? VedUtb
2. Ja, fått eller hugget selv ? VedEnhet
3. Ja, både kjøpt og fått/hugget selv ? VedUtb
4. Nei ? Spm40a

VedUtb

Hvor store utbetalinger har du/dere hatt de siste 12 månedene til ved?

VedEnhet

Vi vil gjerne vite mengde ved som er kjøpt? Er det greiest for deg å oppgi dette i favner eller sekker?

1. favner ? Antall
2. sekker ? Sekk

Sekk

Er det 100 liters, 80 liters eller 60 liters sekker?

1. 100 liters
2. 80 liters
3. 60 liters

Antall

Hvor mange [Enhet] ved er kjøpt de siste 12 månedene?

1 FAVN = 2M x 2M x 60CM = 2,4 KUBIKKMETER

Vedforbruk i Norge 1990-1998**Vedforbruk i Norge (fuktighet inkludert). 1990-1998. 1000 tonn**

År	Vedforbruk
1990	1 287
1991	1 148
1992	1 156
1993	1 301
1994	1 436
1995	1 381
1996	1 460
1997	1 504
1998	1 417

Kilde: Data fra Forbruksundersøkelsen bearbeidet i SSBs Energiregnskap

Vedlegg D

PAH-forbindelser omfattet av ulike standarder

To ulike norske standarder (NS), U.S.EPA, LRTAP (PAH-4) og Borneff-6 (PAH-6)

Navn	NS9815 (Aluminium)	NS3058-3 (ved)	U.S.EPA PAH-16	LRTAP	Borneff-6
Benzo(a)pyren	x	x	x	x	x
Benzo(b)fluoranten	x	x	x	x	x
Benzo(k)fluoranten	x	x	x	x	x
Indeno(1,2,3-cd)pyren	x	x	x	x	x
Fluoranten	x	x	x		x
Benzo(ghi)perylene	x	x	x		x
Fenantren	x	x	x		
Antracen	x	x	x		
Pyren	x	x	x		
Benzo(a)fluoren	x				
Benzo(b)fluoren	x				
Benzo(a)antracen	x	x	x		
Krysen/trifenylen	x	x ¹	x		
Benzo(e)pyren	x	x			
Dibenzo(ah)antracen	x	x	x		
Dibenzo(ae)pyren	x				
Dibenzo(ah)pyren	x				
Dibenzo(ai)pyren	x				
Acenaften		x	x		
Acenaftylen			x		
Fluoren		x	x		
Naftalen			x		

¹ NS3058-3 omfatter bare krysen. NS9815 omfatter også krysen/trifenylen

Fordelingsfaktorer for tidsvariasjon i vedforbruket

Tabell E1. Faktorer for fordeling på uker

Uke	Oslo	Lillehammer
2	0,06	0,05
3	0,06	0,05
4	0,06	0,05
5	0,06	0,05
6	0,06	0,05
7	0,06	0,05
8	0,05	0,04
9	0,04	0,04
10	0,03	0,03
11	0,02	0,03
12	0,02	0,02
13	0,01	0,02
14	0,009	0,01
15	0,004	0,009
16	0,003	0,007
17	0,003	0,005
18	0,002	0,003
19	0,002	0,001
20	0,001	0,001
21	0,001	0,001
22	0,001	0,0009
23	0,001	0,0008
24	0,001	0,0008
25	0,001	0,0008
26	0,001	0,0008
27	0,001	0,0008
28	0,001	0,0008
29	0,001	0,0009
30	0,001	0,001
31	0,001	0,001
32	0,001	0,001
33	0,001	0,001
34	0,001	0,001
35	0,001	0,002
36	0,002	0,003
37	0,002	0,003
38	0,002	0,004
39	0,003	0,006
40	0,004	0,008
41	0,005	0,010
42	0,006	0,012
43	0,007	0,014
44	0,01	0,02
45	0,02	0,03
46	0,03	0,03
47	0,03	0,04
48	0,04	0,04
49	0,04	0,04
50	0,05	0,05
51	0,05	0,05
52	0,06	0,05

Tabell E2. Faktorer for fordeling på ukedager

Ukedag	Oslo	Lillehammer
2	0,125	0,129
3	0,125	0,129
4	0,125	0,129
5	0,125	0,129
6	0,186	0,177
7	0,186	0,177

Tabell E3. Faktorer for fordeling på timer

Time	Oslo og Lillehammer	
	Hverdager	Helgedager
2	0,01	0,01
3	0,006	0,01
4	0	0,01
5	0	0
6	0,01	0
7	0,03	0
8	0,03	0,01
9	0,04	0,02
10	0,04	0,04
11	0,04	0,05
12	0,04	0,05
13	0,04	0,05
14	0,04	0,05
15	0,04	0,06
16	0,05	0,07
17	0,06	0,08
18	0,09	0,08
19	0,10	0,08
20	0,10	0,08
21	0,10	0,08
22	0,06	0,08
23	0,05	0,06
24	0,01	0,03

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
- 2000/23: Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991-1997. Fordeling på utslippskilder og bydeler
- 2001/17: Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge. Dokumentasjon av metode og resultater

Statistiske analyser (SA)

- 46: Naturressurser og miljø 2001

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

- 2001/14 T. Martinsen: Energibruk i norsk industri. 2001. 78s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4929-5
- 2001/15 E. Kvingedal: Indikatorer for energibruk og utslipp til luft i industri- og energisektorene. 2001. 38s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4930-9
- 2001/16 S. Holtskog: Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge 1994 og 1998. 2001. 49s. 150 kr. inkl. mva. ISBN 82-537-4953-8
- 2001/17 A. Finstad, G. Haakonsen, E. Kvingedal og K. Rypdal: Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge. Dokumentasjon av metode og resultater. 2001. 64s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4954-6
- 2001/18 T. Fæhn, J.A. Jørgensen, B. Strøm, T. Åvitsland og W. Drzwi: Effektive satser for næringsstøtte 1998. Beregninger som inkluderer skatteutgifter. 2001. 69s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4955-4
- 2001/19 A. Snellingen Bye og S. Erik Stave: Resultatkontroll jordbruk 2001. Jordbruk og miljø. 2001. 82s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4962
- 2001/20 N. Bruksås, K. Myran og L.H. Svenneby: Prisenivå på matvarer i de nordiske land, Tyskland og EU 1994-2000. 2001. 29s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4958-9
- 2001/21 Ø. Døhl og J. Larsson: Faste versus stokastiske heterogenitetskoeffisienter i ubalansert datasett ved analyse av teknologiforskjeller mellom bedrifter. 2001. 26s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-53-4961-9
- 2001/22 L. Østby: Flyktningers sekundær-flyttinger under 1990-tallet. Undertittel. 2001. 41s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4962-7
- 2001/23 B. Halvorsen, B.M. Larsen og R. Nesbakken: Fordelingseffekter av elektrisitetsavgift belyst ved ulike fordelingsbegreper. 2001. 33s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4963-5
- 2001/24 T. Løwe: Boligkonsum og husholdningsstruktur. Livsfase- og generasjonsendringer i perioden 1973-1997. 2001. 73s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4964-3
- 2001/25 T. Fæhn, J.A. Jørgensen, B. Støm og W. Drzwi: Reduserte aggregeringssjvheteter i beregninger av effektive satser for næringsstøtte 1998. 2001. 52s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4968-6
- 2001/26 T.I. Tysse: Effects of Enerprise Characteristics on Early Retirement. 2001. 36s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4970-8
- 2001/27 A. Langørgeren: Inntektssystemet for kommunene: Måling av utgiftsbehov og fordelingsvirkninger. 2001. 34s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4971-6
- 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