



HELBREDSEFFEKTER OG HELBREDSSOMKOSTNINGER FRA EMISSIONSSEKTORER I DANMARK

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 182

2016



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

HELBREDSEFFEKTER OG HELBREDSOMKOSTNINGER FRA EMISSIONSSEKTORER I DANMARK

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 182

2016

Jørgen Brandt
Steen Solvang Jensen
Mikael Andersen
Marlene Plejdrup
Ole-Kenneth Nielsen

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 182
- Titel: Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark
- Forfatter(e): Jørgen Brandt, Steen Solvang Jensen, Mikael Skou Andersen, Marlene Schmidt Plejdrup, Ole-Kenneth Nielsen
- Institution(er): Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: Februar 2016
Redaktion afsluttet: Februar 2016
- Faglig kommentering: Louise Martinsen
Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen
- Finansiel støtte: DØRS – Økonomisk Råd
- Bedes citeret: Brandt, J., Jensen, S.S., Andersen, M.S., Plejdrup, M.S., Nielsen, O.K. 2016. Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 182
<http://dce2.au.dk/pub/SR182.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Rapporten opsummerer eksterne helbredsomkostninger som luftforurening fra alle danske emissionskilder giver anledning til i hhv. Danmark og Europa. Helbredsomkostningerne opgøres separat for hvert luftforurenende stof for hver emissionssektor i Danmark. Hovedresultaterne af en særskilt analyse af brændeovne opsummeres. I rapporten opsummeres desuden de beregnede enhedspriser for de forskellige emissionssektorer og særskilt for brændeovne med højere geografisk differentiering.
- Emneord: Sundhedseffekt, eksterne omkostninger, luftforurening, brændeovne.
- Layout: Majbritt Ulrich
- Foto forside: Colourbox
- ISBN: 978-87-7156-195-1
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 47
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som
<http://dce2.au.dk/pub/SR182.pdf>

Indhold

Sammenfatning	4
Baggrund og formål	8
1 EVA-systemet	10
1.1 Overordnet beskrivelse af EVA-systemet	10
1.2 Koncentrationsberegninger	12
1.3 Emissionsopgørelse og geografisk fordeling	16
1.4 Meteorologiske data	21
1.5 Befolkningseksponering	21
1.6 Helbredseffekter	25
1.7 Eksponerings-respons funktioner og enhedspriser	25
1.8 Sammenligning af forudsætninger i analyserne	27
1.9 Sammenligning af forudsætninger i analyserne	28
2 Helbredsomkostninger	29
2.1 Helbredsomkostninger for alle danske emissionssektorer	29
2.2 Enhedspriser for alle emissionssektorer	32
2.3 Helbredsomkostninger for danske brændeovne mv.	33
2.4 Enhedspriser for luftforurening fra brændeovne mv. fordelt på regioner og bykategorier	36
3 Referencer	41
4 Bilag 1 Baggrundsdata for enhedspriser for brændeovne	44

Sammenfatning

Baggrund og formål

De Økonomiske Råd (DØRS) har henvendt sig til Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) under Aarhus Universitet for at få beregnet helbredseffekter og tilhørende helbredsomkostninger fra luftforurening. Beregningerne omfatter effekterne fra alle de forskellige emissionssektorer i Danmark, samt en særskilt analyse for brændeovne med det formål at få en større geografisk differentiering på regioner og befolkningstæthed. Helbredsomkostningerne er de velfærdsøkonomiske omkostninger forbundet med dødelighed og sygelighed forårsaget af luftforurening. De betegnes også de eksterne eller indirekte omkostninger.

I tilknytning til rapporten er der endvidere en række regneark og dokumenter, som præsenterer data i endnu højere detaljeringsgrad end opsummeret i rapporten.

Undersøgelsen

Helbredsomkostningerne beregnes med EVA-systemet (Economic Valuation of Air Pollution), som er udviklet af DCE. EVA er et modelsystem som kan foretage en integreret opgørelse af de helbredsrelaterede eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den regionale atmosfæriske model Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM). EVA systemet findes også i en version, hvor lokale bidrag beregnes med lokalskala modellen Urban Background Model (UBM), som muliggør en høj geografisk opløsning i resultaterne. DEHM er kun anvendt i forbindelse med beregninger af helbredseffekter og helbredsomkostninger for alle emissionssektorerne for emissionsåret 2008, mens kombinationen af DEHM og UBM er anvendt i den særskilte analyse af brændeovne for at få højere geografisk differentiering for emissionsåret 2013.

I de seneste beregnede enhedspriser beregnet for de enkelte sektorer samlet for Danmark, som er lavet for Miljøstyrelsen repræsenterer emissionerne år 2008 og værdisætning af helbredseffekter 2013-priser, mens befolkningsdata er fra år 2000. Det er samme modelopsætning og tilhørende data, som bruges i nærværende beregningerne for de enkelte sektorer, men genregnet således at resultaterne kan præsenteres på en mere detaljeret og mere underopdelt måde. I den særskilte analyse for brændeovne er beregningerne udført for året 2013 (både emissioner og meteorologi). Befolkningsdata er opdateret sådan at den geografiske fordeling er for 2008 og den samlede befolkning er derefter opskaleret til 2013 tal.

Hovedkonklusioner

Den særskilte analyse for brændeovne er udført for året 2013 med det integrerede modelsystem EVA, hvor en kombination af den regionale model DEHM og lokalskalamodellen UBM er benyttet for at opnå langt højere opløsning i forhold til tidligere beregninger.

Emissioner fra træfyring i husholdninger er underopdelt på forskellige technologyper: brændeovne, trækedler og pilleovne/-kedler. Brændeovne udgør den helt dominerende emissionskilde.

Koncentrationen af al luftforurening i Danmark - dvs. både danske og udenlandske emissionskilder - er årsag til omkring 3.500 for tidlige dødsfald med DEHM modellen, mens det er lidt højere med DEHM/UBM med omkring 3.750 for tidlige dødsfald, som har en højere geografisk opløsning over Danmark. Det er forventeligt, at en højere geografisk opløsning vil give lidt flere beregnede helbredseffekter, fordi sammenhængen mellem emissionskilder og befolkning bliver beregnet på en mindre udglattet måde. I beregningerne for Danmark for den totale luftforurening er SOA (sekundære organiske partikler) medtaget ud fra målinger.

Antallet af for tidlige dødsfald i Danmark fra brændeovne mv. beregnes med DEHM til omkring 200 for tidlige dødsfald og omkring 550 for tidlige dødsfald med DEHM/UBM. Alle danske emissionskilder bidrager med omkring 700 for tidlige dødsfald (DEHM) og omkring 1000 med DEHM/UBM i Danmark.

De totale eksterne omkostninger i Europa beregnet med regionalskalamodellen DEHM er ca. 4.800 mia. kr. og de totale eksterne omkostninger i Danmark er ca. 28 mia. kr. fra den totale luftforurening for år 2013.

Danske kilder bidrager til helbredsomkostninger i Danmark og øvrige Europa med omkring 27,3 mia. kr., dvs. med stort set samme omfang som helbredsomkostninger af den totale luftforurening i Danmark (28 mia. kr.). Dermed eksporterer Danmark stort set lige så meget luftforurening, som Danmark selv får ind fra udlandet.

Fra beregninger med DEHM alene finder vi at omkring 19% af de eksterne omkostninger i Danmark skyldes emissioner i Danmark (omkring 5 mia. kr.).

Helbredsomkostningerne for brændeovne mv. er omkring 5 mia. kr. i Europa inkl. Danmark og omkring 1,6 mia. kr. i Danmark. Beregnet med DEHM på regional skala. Medtager man også de lokale effekter beregnet med DEHM/UBM modelsystemet med langt højere opløsning over Danmark, stiger tallene til omkring 7,5 mia. kr. i Europa inkl. Danmark og omkring 4,2 mia. kr. i Danmark.

Danske brændeovne mv. bidrager med 30% af de eksterne omkostninger fra alle danske kilder i Danmark når man beregner bidraget med regionalskala modellen DEHM, mens dette tal stiger til over 50% af de eksterne omkostninger fra når de lokale effekter medregnes i DEHM/UBM modelsystemet. Der er dog væsentlig usikkerhed på dette tal, da andre kilder indenfor Danmark (fx trafik) ikke er beregnet med samme høje opløsning og effekten af sekundære organiske aerosoler (SOA) ikke er medtaget ved beregning af bidraget.

Omkring 6% af de totale eksterne helbredsomkostninger ved den totale luftforurening i Danmark skyldes danske brændeovne mv. når man beregner bidraget med regionalskala modellen DEHM, mens dette tal stiger til omkring 14% af de eksterne omkostninger fra når de lokale effekter medregnes i DEHM/UBM modelsystemet.

De totale eksterne helbredsomkostninger i Danmark fra total luftforurening beregnet med DEHM/UBM - dvs. med en højere geografisk opløsning i Danmark på 1x1 km² - er omkring 5% større pga. højere opløsning i DEHM/UBM versus DEHM, idet DEHM/UBM giver 29,3 mia. kr. og DEHM alene giver 28,0 mia. kr.

Tidligere beregninger med DEHM for 2007 har estimeret de totale eksterne helbredsomkostninger til 28,5 mia. kr. (Ellermann et al., 2014) som følge af luftforurening. Ovenstående beregninger med DEHM/UBM når til næsten samme resultat på 29,3 mia. kr. for 2013. Det er lidt af en tilfældighed, at der opnås samme niveau, men forklaringen er en kombination af en række forhold, som både har reduceret og øget de totale eksterne helbredsomkostninger fra 2007 til 2013. Emissionerne er faldet fra 2007 til 2013, hvilket alt andet lige, giver lavere helbredsomkostninger. Men en række forhold har bidraget til øget helbredsomkostninger, hvilket er inddragelse af SOA (via målinger), som giver højere partikelkoncentrationer, befolkningsstigning fra 2007 til 2013, samt det forhold at UBM giver højere helbredsomkostninger pga. højere opløsning.

Enhedspriser for brændeovne mv. afhængig af befolkningstæthed

Enhedspriser er beregnet for brændeovne mv. med høj geografisk differentiering med opdeling på de 5 danske regioner (dog Bornholm særskilt) samt i 4 kategorier af befolkningstæthed <100 indb., 100-1500 indb., 1500-3000 indb. og over 3000 indb.

Som forventet stiger enhedsprisen med stigende befolkningstæthed for PM_{2.5} og CO, og denne effekt er størst i Hovedstadsregionen, hvor befolkningstætheden er større end i resten af landet. Det lokale bidrag er højest for PM_{2.5} i forhold til det regionale bidrag. Den lokale effekt betyder mest for primært udledte stoffer og i dette tilfælde især partikler. Denne effekt er knap så udtalt i de øvrige sektorer, hvor bidraget fra PM_{2.5} er mindre end i SNAP2. Medtagelsen af lokale effekter har derfor størst betydning i SNAP2 og den regionale model er mere retvisende for de øvrige sektorer. Der vil dog sandsynligvis også være en vis lokal effekt fra trafiksektoren, men denne sektor er ikke specifikt beregnet i nærværende rapport.

Enhedspriser for CO er meget lave og de samlede helbredsomkostninger knyttet til CO er også lave.

For NO_x er enhedspriserne for det lokale bidrag negative, fordi NO_x (dvs. NO delen) forbruger ozon i omdannelse til NO₂. Da ozon dermed bliver reduceret bliver helbredseffekterne også reduceret og dermed helbredsomkostningerne. Effekten er størst i Hovedstadsregionen og større jo højere befolkningstætheden er.

Enhedsprisen for SO₂ er ens i hele landet, da der kun er indregnet et regionalt bidrag.

Medtages det lokale bidrag i beregningerne af enhedspriser finder vi at de gennemsnitlige enhedspriser for SNAP2 (brændeovne mv.) er som følger: for CO 0,01 kr. pr. kg, for NO_x (kvælstofoxider) 98 kr. pr. kg, og for primære partikler (PPM_{2.5}) 476 kr. pr. kg emission. Disse enhedspriser afspejler helbredsomkostningerne i hele Europa inkl. Danmark som følge af danske udledninger fra SNAP2. Medtages kun helbredsomkostningerne indenfor

Danmark fås de gennemsnitlige enhedspriser for SNAP2 som følger: for CO 0,005 kr. pr. kg, for NO_x (kvælstofoxider) 2 kr. pr. kg, og for primære partikler (PPM_{2,5}) 293 kr. pr. kg emission. Der er således stor forskel på hvor stor en del af de helbredsmæssige omkostninger der ligger indenfor Danmark fra danske kilder afhængigt af om det er primært udledte partikler og CO eller sekundært dannede stoffer som ozon og nitratpartikler fra emissioner af NO_x.

Baggrund og formål

Baggrund

De Økonomiske Råd (DØRS) har henvendt sig til Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) under Aarhus Universitet for at få beregnet helbredseffekter og tilhørende helbredsomkostninger fra luftforurening. For det første omfatter det effekterne fra alle de forskellige emissionssektorer i Danmark, og for det andet en særskilt analyse for brændeovne med det formål at få en større geografisk differentiering på regioner og befolkningstæthed. Helbredsomkostningerne er de velfærdsøkonomiske omkostninger for dødelighed og sygelighed af luftforureningen, og betegnes også de eksterne eller indirekte omkostninger.

For alle emissionssektorerne gennemføres opgørelsen af helbredseffekter og helbredsomkostninger separat for hhv. Danmark og Europa for hvert luftforurenende stof for hver emissionssektor i Danmark. Det er således muligt at se, hvad danske emissionskilder bidrager til af helbredsomkostninger i Danmark, og hvad danske emissionskilder bidrager til i Europa (inkl. Danmark).

For den særskilte analyse af brændeovne opgøres helbredseffekter og tilhørende helbredsomkostninger fra luftforurening med højere geografisk differentiering end for de andre emissionssektorer. Der opereres med opdeling på de 5 regioner (dog Bornholm særskilt) samt i 4 kategorier af befolkningstæthed (0-100, 100-1500, 1500-3000, over 3000 indb. pr. km²). De opgjorte helbredseffekter og -omkostninger vil kunne bruges til at beregne effekter af tiltag som f.eks. udskiftning af ældre brændeovne med moderne brændeovne (ud fra gængse emissionsantagelser for forskellige typer ovne mv.).

Endvidere beregnes såkaldte enhedspriser, som er helbredsomkostninger pr. emissionsenhed for hvert luftforurenende stof og hver emissionssektor, dvs. helbredsomkostninger pr. kg emission (kr./kg emission). Dette gøres både for alle emissionssektorerne og særskilt for brændeovne med højere geografisk differentiering end for alle emissionssektorerne.

Helbredsomkostningerne beregnes med EVA-systemet (Economic Valuation of Air Pollution), som er udviklet af DCE. I de seneste enhedspriser beregnet for de enkelte sektorer samlet for Danmark, som er lavet for Miljøstyrelsen repræsenterer emissionerne år 2008 og værdisætningen af helbredseffekter er foretaget i 2013-priser, mens befolkningsdata er fra år 2000 (Brandt et al., 2011; Andersen & Brandt, 2014). Det er samme modelopsætning og tilhørende data, som bruges i nærværende beregningerne for de enkelte sektorer, men tallene genregnes således at resultaterne kan præsenteres på en mere detaljeret og mere underopdelt måde, hvilket muliggør at DØRS kan arbejde videre med tallene i følsomhedsanalyser mv. I den særskilte analyse for brændeovne er befolkningsdata opdateret, sådan at den geografiske fordeling er for 2008. Den samlede befolkning opskaleres derefter til 2013 tal.

Formål og indhold

Formålet med rapporten er at opsummere hovedresultaterne i form af de eksterne helbredsomkostninger som luftforurening fra alle danske emissionskilder giver anledning til i hhv. Danmark og Europa. Helbredsomkostningerne opgøres separat for hvert luftforurenende stof for hver emissionssektor i Danmark. Endvidere opsummeres hovedresultaterne af den særskilte analyse af brændeovne.

I rapporten opsummeres desuden de beregnede enhedspriser for de forskellige emissionssektorer og særskilt for brændeovne med højere geografisk differentiering.

Endvidere er der en kort dokumentation af beregningerne i form af en kort beskrivelse af metode og antagelser, samt sammenligning med tidligere beregninger.

I tilknytning til rapporten er der endvidere tre regneark og et Word dokument, som præsenterer data i endnu højere detaljeringsgrad end opsummeret i rapporten. Disse dokumenter indeholder beregninger af antallet af tilfælde af dødelighed og sygelighed (16 parametre) for hver emissionssektor opdelt på Danmark og Europa (inkl. Danmark) samt beregninger af antal helbredstilfælde og eksterne omkostninger relateret til hvert luftforurenende stof for hver emissionssektor ligeledes opdelt på Danmark og Europa (inkl. Danmark).

Alle beregningsresultater fra den særskilte brændeovnsanalyse er endvidere leveret til DØRS i form af et regneark, som også indeholder mere detaljerede informationer om fx helbredseffekter opdelt på region og befolkningstæthed end afrapporteret i rapporten.

1 EVA-systemet

Dette kapitel beskriver kort EVA-systemet, og de metoder og data, det hviler på. EVA er en forkortelse for Economic Valuation of Air pollution.

1.1 Overordnet beskrivelse af EVA-systemet

EVA er et modelsystem som kan foretage en integreret opgørelse af de helbredsrelaterede eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den regionale atmosfæriske model Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM). EVA systemet findes også i en version, hvor lokale bidrag beregnes med lokalskala modellen Urban Background Model (UBM), som muliggør en høj geografisk opløsning i resultaterne. Beregningerne af helbredseffekter og helbredsomkostninger for alle emissionssektorerne er udelukkende baseret på DEHM, mens kombinationen af DEHM og UBM er anvendt i den særskilte analyse af brændeovne for at få højere geografisk differentiering. Det har ikke været muligt inden for projektet økonomiske rammer at gennemføre beregningerne for alle emissionssektorer med samme høje geografiske differentiering som for den særskilte analyse af brændeovne.

I forhold til DEHM modellen, anvendes der i nærværende projekt for de enkelte sektorer samme modelopsætning og tilhørende data, som er anvendt i forbindelse med beregninger gennemført for Miljøstyrelsen i 2014 (Andersen & Brandt, 2014). Resultaterne er imidlertid genregnet med det formål at kunne udtrække resultaterne på en mere detaljeret og mere underopdelt måde. Beregningerne for den særskilte analyse af brændeovne er endvidere lavet ved at bruge det koblede DEHM-UBM modelsystem og befolkningsdata er opdateret til år 2013.

EVA-systemet er baseret på *impact pathway*-metoden, som principielt set består af fire led (jf. Rabl and Peuportier, 1995):

- atmosfærisk modellering af årsmiddelværdier for koncentrationsbidragene fra emissioner
- opgørelse af befolkningseksposering ud fra GIS-data over befolkningens placering; dette baseret på CPR-data med tilhørende aldersfordeling
- opgørelse af sundhedseffekter; dette baseret på eksponerings-respons-sammenhænge for eksponering og tilhørende statistiske forventninger til frekvensen for morbiditet (sygelighed) og mortalitet (dødelighed)
- monetær værdisætning, dette baseret på enhedsværdier for de enkelte sundhedseffektlutpunkter (eksempelvis pr. mistet leveår, pr. sygedag osv.)

Ved operationaliseringen af eksponerings-respons-relationerne er fulgt fremgangsmåden anvendt i forbindelse med den af EU-Kommissionen, publicerede impact assessment for Temastrategien for Luft under den såkaldte Clean Air For Europe (CAFÉ) proces (se Bach et. al., 2006). Den sundhedsfaglige dokumentation bygger på verdenssundhedsorganisationen WHO som reference.

I en række faglige rapporter fra DMU og DCE, er dokumentationsgrundlaget og eksempler på anvendelser blevet sammenfattet på dansk (Andersen et. al., 2004; Bach et. al., 2006; Andersen, 2010; Jensen et al., 2010; Brandt et.al., 2013c) , ligesom det har været genstand for granskning i en tværministeriel arbejdsgruppe i 2006 ledet af det daværende Transport- og Energiministerium.

Under forskningscentret Centre for Energy, Environment and Health (CEEH; <http://www.ceeh.dk>) - som var støttet med en fem-årig bevilling fra

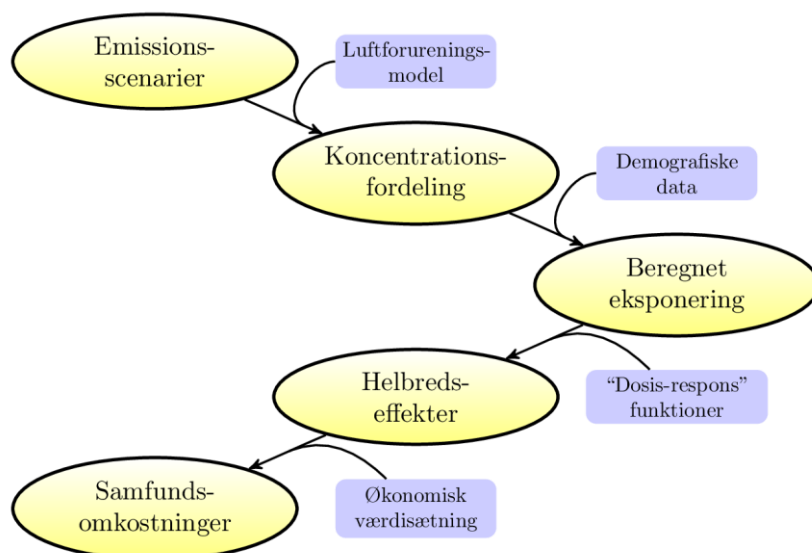
Det Strategiske Forskningsråd - blev gennemført opdaterede modelberegninger med udgangspunkt i emissionerne for 2008 som det seneste år (Brandt et al., 2011). Der henvises til de publicerede resultater i det internationale tidsskrift *Atmospheric Chemistry and Physics* for dokumentation vedrørende modelberegningerne (Brandt et. al., 2013a; 2013b).

I forbindelse med udarbejdelsen af nærværende rapport er helbredsomkostningerne opgjort i 2013 priser baseret på Andersen & Brandt (2014). Beregningerne er udført i henhold til Finansministeriets (2013) reviderede diskonteringsrente, der for de første 35 år udgør 4 pct., hvorefter den nedsættes, først til 3 pct. og ved det 70. år til 2,5 pct. Morbiditetsomkostningerne er diskonteret med antagelse om 10 års latens. Desuden er en nettoafgiftsfaktor på 1,325 indarbejdet i opgørelsen (jf. Møller et. al., 2010). Alle omkostninger i rapporten er opgjort i form af samfundsøkonomiske omkostninger udtrykt som årlige omkostninger.

Impact-pathway metoden

Det integrerede modelsystem, EVA (Economic Valuation of Air pollution (Brandt et al., 2011a,b; 2013a,b; Geels et al., 2013) er baseret på den såkaldte "impact-pathway" metode, og har til formål at kunne opgøre helbredsrelaterede eksterne omkostninger fra luftforureningen og estimere, hvordan omkostningerne er fordelt på de forskellige typer af luftforurening og emissionssektorer.

Det grundlæggende princip bag EVA-systemet er at bruge de bedst mulige videnskabelige metoder i alle leddene af "impact-pathway" kæden (se figur 3.1) baseret på den bedst tilgængelige viden.



Figur 1.1. Et skematisk diagram over "impact-pathway" metoden. En emission fra en forurenende kilde et bestemt sted resulterer (via atmosfærisk transport og kemiske omdannelser) i en fordeling af koncentrationen i luften, som sammen med detaljerede befolkningsdata kan bruges til at beregne eksponeringen af befolkningen. Effekter på menneskers helbred findes ved brug af eksponering-respons funktioner og til sidst værdisættes de individuelle effekter for at finde de totale eksterne omkostninger.

"Impact-pathway" kæden dækker alle leddene fra udslip af kemiske stoffer fra specifikke kilder, over spredning og kemisk omdannelse i atmosfæren, eksponering af befolkningen, beregning af helbredseffekter, til den økonomiske værdisætning af disse helbredseffekter. De helbredseffekter, der opstår som følge af emissioner kaldes også for indirekte omkostninger, og svarer til de eksterne omkostninger. Indirekte omkostninger adskiller sig fra direkte omkostninger ved ikke at være direkte forbundet med produktionen af et gode. Kraftvarme produktion er eksempelvis forbundet med direkte omkostninger i forbindelse med anlæg og indkøb af brændsel, men derudover giver produktionen også anledning til indirekte helbredsomkostninger. De indirekte helbredsomkostninger er knyttet til f.eks. sygdom, for tidlige dødsfald eller sygedage med deraf tabt arbejdsfortjeneste eller omkostninger for samfundet i form af tabt omsætning eller øgede sygehusomkostninger.

1.2 Koncentrationsberegninger

Regionale koncentrationer

Den regionale luftforurening beregnes med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) (Christensen et al., 1997; Brandt et al., 2012).

Den regionale baggrundskoncentration repræsenterer de koncentrationer, der findes i landområder, dvs. i områder, som ikke er direkte påvirket af enkelte emissionskilder som fx trafikemission fra en vej. Baggrundskoncentrationen repræsenterer derfor et større område. I byområder udgøres baggrundsforureningen af den regionale baggrund samt et bidrag fra byen selv, som også er inkluderet i DEHM men med lavere geografisk opløsning (16,67 km x 16,67 km).

Modellen inkluderer emissioner af en række primære stoffer, fx kvælstofoxider (NO_x), svovldioxid (SO_2), ammoniak (NH_3), kulmonoxid (CO), metan (CH_4) og andre flygtige organiske forbindelser (VOC'er) samt primære partikler (bl.a. $\text{PM}_{2.5}$).

DEHM modellen beregner koncentrationen af 9 partikelkomponenter og 58 gasser, herunder NO_x , NO_2 , O_3 , CO , SO_2 , NH_3 , VOC, mv. Den totale $\text{PM}_{2.5}$ og PM_{10} i DEHM modellen består af summen af de følgende stoffer: primært emitteret mineralsk støv, sod (eller BC - black carbon), - både som "fresh" (friske) og "aged" (ældede), organisk kulstof (OC), og de sekundære uorganiske partikler i form af sulfat-, nitrat- og ammoniumforbindelser (H_2SO_4 , NO_3^- , NH_4NO_3 , NH_4HSO_4 og $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). DEHM inkluderer kemisk omdannelse af 67 stoffer i atmosfæren.

DEHM modellen er ved at blive videreudviklet til også at inkludere sekundære organiske partikler (SOA), men de er ikke inkluderet i de modelberegninger, der er benyttet i denne rapport. Det vil have en effekt for beregning af helbredseffekter fx i forbindelse med emissioner fra brændeovne, således at omkostningerne ved udledning fra brændeovne bliver endnu højere, såfremt SOA kunne inkluderes i modelberegningerne, men det kræver videreudvikling af vidensgrundlaget.

I beregningerne for de totale helbredseffekter og relaterede eksterne omkostninger fra den totale luftforurening i indeværende rapport er SOA derfor inkluderet ud fra målinger for at kunne opgøre de totale helbredseffekter fra al luftforurening fra alle kilder. SOA er imidlertid ikke medtaget i beregningerne for de enkelte emissionssektorer eller for de specifikke beregninger for helbredseffekter og enhedspriser for brændeovne, da emissionerne af flygtige organiske forbindelser (VOC) og de atmosfærekemiske processer, der leder til dannelsen af SOA er meget usikre pt. Da vi kun kender det totale koncentrationsniveau af SOA i Danmark ud fra målinger kan vi lægge den til, når vi beregner effekter fra den totale luftforurening, mens dette ikke pt. er muligt for de enkelte kilder, da man ikke kan bestemme bidraget fra de enkelte kilder ud fra målingerne. Kompensationen for SOA i beregningerne af effekter fra den totale luftforurening er udført på samme måde som beskrevet i *Jensen et al. (2013)* side 64.

Helbredseffekter for de kemiske stoffer, som er medtaget i EVA-systemet er: De primært emitterede partikler $\text{PPM}_{2.5}$, de sekundært dannede uorganiske partikler SO_4^{2-} (sulfatpartikler), NO_3^- (nitratpartikler) og NH_4^+ (ammoniumpartikler), samt gasserne SO_2 (svovldioxid), CO (kulilte) og O_3 (ozon). De primært emitterede partikler som BC, OC og mineralsk støv emitteres fx fra kraftværker. Havsalt er også inkluderet i EVA-systemet, men det indgår ikke i emissionsscenerierne analyseret i nærværende analyse, da havsalt ikke er en menneskeskabt kilde. De sekundært dannede uorganiske partikler SO_4^{2-} , NO_3^- og NH_4^+ dannes via kemiske reaktioner i atmosfæren ud fra de primære emitterede stoffer (SO_2 , NO_x , NH_3) i løbet af timer til dage, og bliver derfor transporteret over længere afstande.

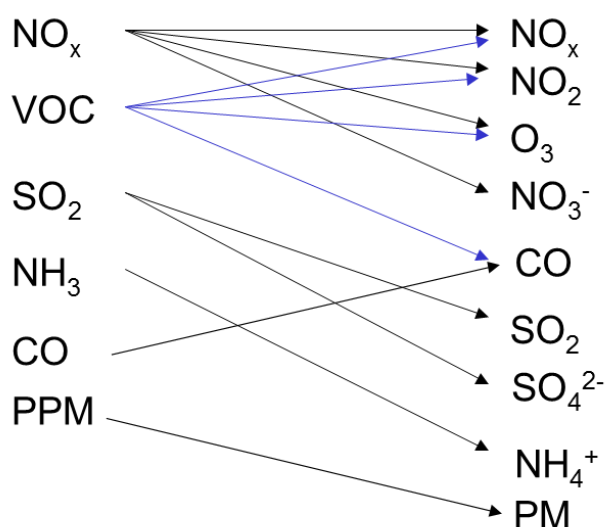
O_3 (ozon) er direkte sundhedsskadeligt, og har derfor negative sundhedseffekter. Der er kun negative helbredseffekter fra ozon, men emission af NO_x vil nogle gange give mindre ozon, og det betegnes her som en positiv effekt. Lokale emissioner af kvælstofoxider ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) emissioner bidrager til en reduktion af O_3 (NO går sammen med O_3 og danner NO_2), og derfor er der også en "positiv" effekt af NO_x emissioner, da O_3 reduceres. Længere væk, vil der typisk (afhængigt af det kemiske regime) blive dannet ozon fra NO_x emissioner. Beregninger for CO er også inkluderet, men effekten fra dette stof er minimal. Effekter fra NO_2 er ikke p.t. implementeret i EVA systemet, da dokumentationen for helbredseffekter fra dette stof ikke var til-

strækkelige, da systemet blev udviklet. Effekter fra NO_2 er dog ved at blive implementeret.

Udover NO_x bidrager emissioner af VOC også til dannelse af ozon, men enhedspriser for effekter af O_3 er alene allokeret til emissionen af NO_x da emissioner af NO_x giver lokale effekter og en meget stor andel af VOC emissioner er naturlige emissioner fra vegetation.

N_2O og CH_4 indgår i DEHM modellen (og indgår derfor i atmosfærækemien), men er ikke så relevante for helbredseffekter. CH_4 indgår i ozon kemien, men er ikke den vigtigste faktor.

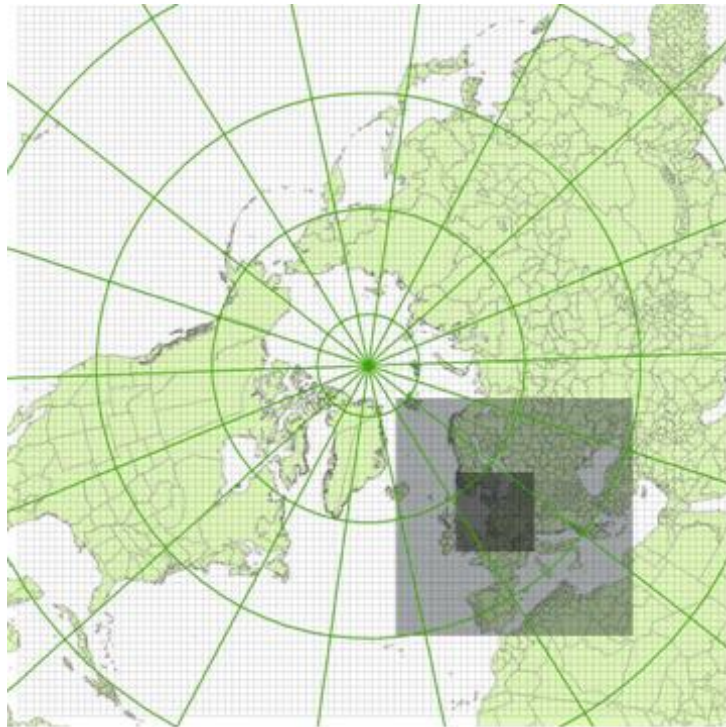
Det er vigtigt at skelne imellem de stoffer, der bliver emitteret, og de stoffer som giver helbredseffekter, og hvordan de relateres til hinanden. Disse forhold er simplificeret beskrevet i figur 3.2.



Figur 1.2. Forsimpleret oversigt over primære emissioner (venstre side) og kemiske stoffer som koncentrationer, der giver helbredseffekter (højre side). NO_3^- , SO_4^{2-} og NH_4^+ er partikler og bidrager i forskellige kombinationer med hinanden til de samlede PM koncentrationer (se tekst ovenover).

Modeldomæne og geografisk opløsning for regional model

Modeldomænet for DEHM dækker den nordlige halvkugle med en horisontal opløsning på 150 km x 150 km. I de nuværende beregninger er der zoomet ind til en højere opløsning over Europa (50 km x 50 km) og en endnu højere opløsning over Danmark (16,67 km x 16,67 km) ved hjælp af to såkaldte nest (områder i modeldomænet, hvor opløsningen er højere end i resten af domænet). Modeldomænet og de to nest er vist i figur 3.3. Den geografiske opløsning af emissioner er således 16,67 km x 16,67 km i Danmark, og baggrundskoncentrationen beregnes i midtpunktet af disse gitterceller, som en årsmiddelværdi, og repræsenterer forureningsniveauet for befolkningseksponeringen. For ozon benyttes timeværdier til beregning af SOMO35. SOMO35 er summen af 8-timers daglig maksimum middelværdier over 35 ppb på et år, som igen er et mål for eksponeringen.



Figur 1.3. DEHM beregningsområdet med to nest – et over Europa ($50 \times 50 \text{ km}^2$) og et over Danmark og tilstødende områder ($16,7 \times 16,7 \text{ km}^2$). Uden for Europa er opløsningen $150 \times 150 \text{ km}^2$.

Ovenstående beskriver den horisontale opløsning i modellen. Atmosfæren er i modellen beskrevet ved hjælp af 29 vertikale lag. Toppen af det øverste lag befinder sig i ca. 15 km højde og lagene bliver smallere og smallere jo tættere man kommer på jordoverfladen. Generelt giver modellen en god beskrivelse af de nederste ca. 15 km af atmosfæren.

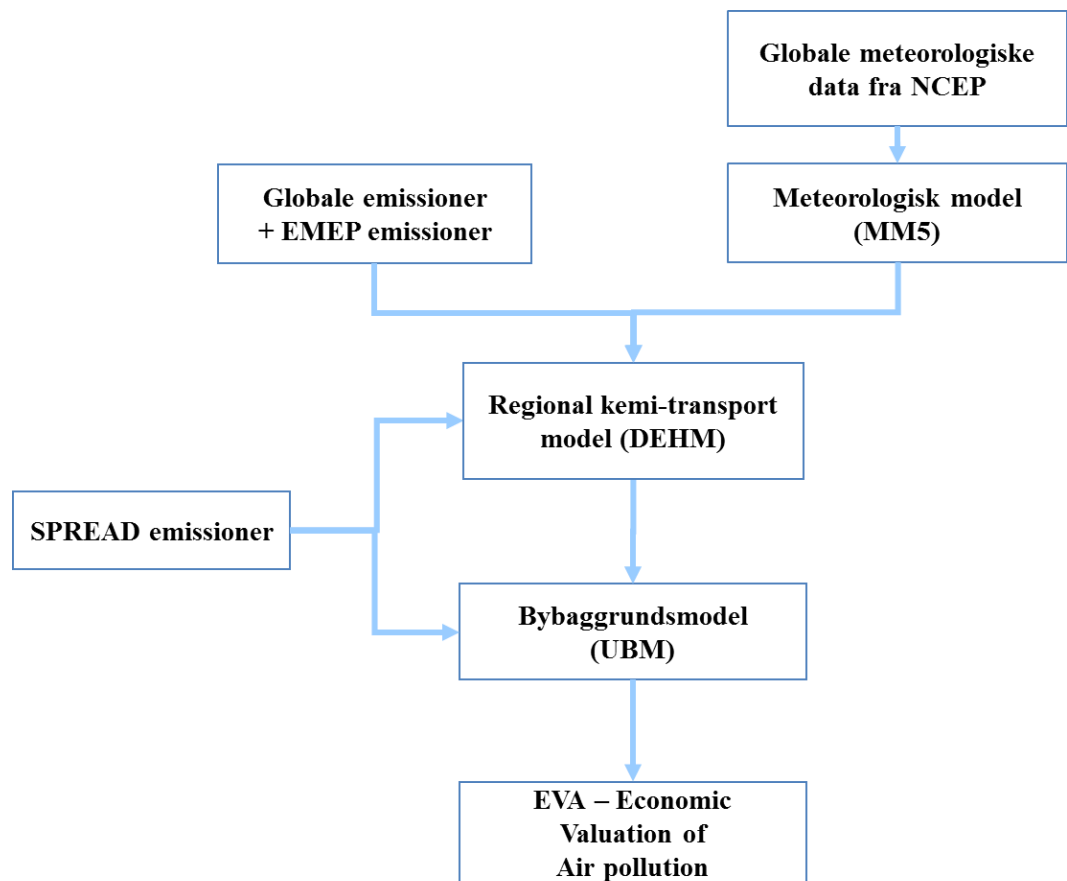
Bybaggrundskoncentrationer

Bybaggrundsforureningen repræsenterer den generelle forurening i byerne og er beregnet med Urban Background Model (UBM) (Berkowicz, 2000; Brandt et al., 2001a). DEHM- og UBM-beregningerne foregår i en koblet proces, således at UBM modellen får input om beregnede opstrøms regionale koncentrationer time for time fra DEHM (Brandt et al., 2001a;b;c; 2003). Modellen inkluderer simpel fotokemi (NO_x , NO_2 , O_3) og øvrige stoffer, som ikke indgår heri spredes blot uden kemisk omdannelse.

UBM modellen tager i den nuværende version hensyn til emissioner, som ligger inden for 30 km fra receptorpunkterne. Bidraget fra afstande over 30 km er beregnet med DEHM.

Beregningerne udføres på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ geografisk opløsning for et område der dækker hele Danmark. Dvs. der beregnes en baggrundskoncentration af luftforureningen i centerpunktet for et kvadrat på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$. Herved er der opnået en unik høj geografisk opløsning i international sammenhæng for denne type beregninger.

Modelsetuppet i EVA-systemet med høj geografisk opløsning er vist i figur 3.4.



Figur 1.4. Overordnet illustration af modelsystem til beregning af helbredseffekter og helbredsrelaterede eksterne omkostninger med høj geografisk opløsning.

1.3 Emissionsopgørelse og geografisk fordeling

DEHM modellen inkluderer emissioner af en række primære stoffer, fx kvælstofoxider (NO_x), svovldioxid (SO_2), ammoniak (NH_3), kulmonoxid (CO), metan (CH_4) og andre flygtige organiske forbindelser (VOC'er) samt primære partikler ($\text{PPM}_{2.5}$).

BC andrager omkring 1/10 af emissionerne for $\text{PM}_{2.5}$ fra brændeovne i følge emissionsfaktorer for BC fra EMEP/EEA Guidebook. Der er dog en vis usikkerhed på dette, da der ikke er mange målinger af BC. De fleste målinger er baseret på EC (elemental carbon) og OC (organic carbon). I langt de fleste tilfælde er dette en god tilnærmelse til BC, men lige netop for forbrænding af biomasse er det en større fejlkilde.

Udenlandske emissioner

Emissionsdata til DEHM er baseret på en række europæiske og globale emissionsopgørelser, da modellen dækker den nordlige halvkugle. Emissionsgrundlaget for Europa er baseret på de sidst tilgængelige emissionsdata fra EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme; www.emep.int).

For analysen for alle emissionssektorer er emissionerne baseret på 2008 data, som var seneste tilgængelige data på det tidspunkt i 2011, hvor beregningerne blev foretaget. For den særskilte analyse for brændeovne er emissionerne baseret på 2013 data.

Danske emissioner

For Danmark er DEHM og UBM beregninger baseret på emissionsdata for Danmark for alle emissionsklasser baseret på SPREAD emissionsmodellen (Plejdrup & Gyldenkerne, 2011). For analysen af alle emissionssektorer benyttes et datasæt fra SPREAD fra 2008, mens der for den særkilte analyse for brændeovne benyttes et nyere datasæt fra 2013.

De nationale emissionsopgørelser omfatter summen af emissioner udledt i hele Danmark underopdelt i såkaldte SNAP koder. SNAP er en international nomenklatur for kildetyper til luftforurening - Selected Nomenclature for Air Pollution, se tabel 3.1.

Tabel 1.1. SNAP koder for de forskellige kilder/emissionssektorer

SNAP kode	Beskrivelse
SNAP 01	Kraftvarme- og fjernvarmeværker, herunder affaldsforbrændingsanlæg
SNAP 02	Ikke-industriell forbrænding, f.eks. forbrænding i husholdninger og handel og service
SNAP 03	Fremstillingsvirksomhed og bygge- og anlægsvirksomhed
SNAP 04	Industrielle processer
SNAP 05	Udledninger i forbindelse med udvinding, behandling, lagring og transport af olie og gas
SNAP 06	Anvendelse af produkter
SNAP 07	Vej transport
SNAP 08	Andre mobile kilder
SNAP 09	Affaldsbehandling, eksklusiv affaldsforbrænding
SNAP 10	Landbrug

For at emissionerne fra de nationale opgørelser kan anvendes til modellering af fx luftkvalitet, er der tilføjet en geografisk komponent. Hertil har ENVIS/AU udviklet den GIS- og database baserede model SPREAD (Plejdrup & Gyldenkerne, 2011). I modellen behandles emissionerne på det mest disaggregerede niveau, som er muligt på basis af de disponible geografiske data. En række kilder behandles som punktkilder, hvor den eksakte geografiske lokalitet er kendt. Punktkilder omfatter hovedsageligt el- og varmeproducenter samt større industrivirksomheder. Ud over punktkilderne er der en lang række kilder, der ikke kan lokaliseres enkeltvis, men som behandles gruppevis ud fra kildernes fælles karakteristika. Disse kilder kaldes arealkilder, og omfatter bl.a. energiforbrug i husholdninger, industrielle processer, anvendelse af opløsningsmidler og andre produkter, vejtransport, og andre mobile kilder, herunder ikke-vejpgående maskiner i industrien. For hver enkelt kilde eller gruppe af kilder er der udviklet en nøgle til fordeling af de nationale emissioner ud fra de disponible geografiske data, fx arealanvendelse, befolkningstæthed, infrastruktur og trafikdata.

Danske emissioner i 2008

De danske emissioner for 2008, som ligger til grund for beregningerne for alle emissionssektorer, er vist i tabel 3.2 underopdelt på de forskellige SNAP kategorier.

Tabel 1.2. Emissioner i Danmark for 2008.

	CO (ktons-CO)	SO _x (ktons-SO ₂)	NO _x (ktons-NO ₂)	NH ₃ (ktons-NH ₃)	PPM _{2,5} (ktons)
DK SNAP1	8,2	6,6	32,5		0,6
DK SNAP2	144,5	4,3	8,2		20,4
DK SNAP3	19,9	5,4	19,6		1,2
DK SNAP4	0,3	0,8	0,0		0,0
DK SNAP5	0,0	0,0	0,0		0,0
DK SNAP6	0,0	0,0	0,0		0,0
DK SNAP7	139,0	0,1	61,0		3,4
DK SNAP8	120,6	1,1	30,1		1,4
DK SNAP9	1,4	1,3	0,3		0,0
DK SNAP10	2,5	0,0	16,7	73,4	1,3
DK SNAP alle	436,5	19,6	168,4	73,4	28,4

Danske emissioner i 2013

Tilsvarende er de danske emissioner i 2013, som ligger til grund for de særskilte beregninger for brændeovne, vist i tabel 3.3 underopdelt på de forskellige SNAP kategorier.

Emissionerne fra brændeovne hører ind under SNAP 2, og opgørelsen af disse emissioner i 2013 er forbedret i forhold til tidligere emissioner fra 2008, da SPREAD modellen baserer sig direkte på BBR (Bygnings- og Boligregister) data, og er derfor ikke længere kun fordelt på kommuneniveau som i 2008, men på ejendomsniveau aggregeret til 1x1 km gitterceller. Dette har ikke betydning for den nationale emission, men for den geografiske fordeling.

Tabel 1.3. Emissioner i Danmark for 2013.

	CO (ktons-CO)	SO _x (ktons-SO ₂)	NO _x (ktons-NO ₂)	NH ₃ (ktons-NH ₃)	PPM _{2,5} (ktons)
DK SNAP1	10,4	3,6	20,9		0,7
DK SNAP2	100,3	2,2	5,1		14,0
DK SNAP3	4,4	2,8	5,0		0,3
DK SNAP4	0,3	2,4	0,0		0,0
DK SNAP5	0,0	0,0	0,0		0,0
DK SNAP6	3,7	0,1	0,1		0,3
DK SNAP7	86,6	0,1	40,7		2,0
DK SNAP8	129,1	1,8	38,0		1,8
DK SNAP9	1,4	0,7	0,2		0,2
DK SNAP10	2,8	0,0	14,0	70,5	2,0
DK SNAP alle	338,9	13,7	124,4	70,5	21,2

Det ses, at de samlede nationale emissioner er faldet fra 2008 til 2013 med omkring 20-30% afhængig af stof dog kun omkring 4% for NH₃. For SNAP 2 (brændeovne mv.) er emissionerne faldet med omkring 30% for PPM_{2,5} (bl.a. PM_{2,5}) og CO, omkring 40% for NO_x og omkring 50% for SO_x.

Danske emissioner fra SNAP 2 i 2013

I det følgende beskrives SNAP 2 mere detaljeret i forhold til underopdeling på delsektorer, brændstoftyper og teknologityper.

I tabel 3.4 vises fordelingen af emissioner fra SNAP 2 på delsektorer og stoffer. Det ses, at husholdninger undtagen for SO₂ står for den helt overvejende del af emissionerne.

Tabel 1.4. Fordeling af emissioner fra SNAP 2 på delsektorer og stoffer i 2013 (tons).

	SO ₂	NO _x	CO	PM _{2,5}
0201: handel og service	116	721	767	137
0202: husholdninger	896	3759	90161	13401
0203: landbrug, skovbrug og akvakultur	1161	581	9401	447
Husholdningers andel i %:	41	74	90	96

I tabel 3.5 er vist emissioner fra husholdninger (SNAP 0202) fordelt på kemisk stof og forbrug af forskellige brændsler (men ekskl. fjernvarme). Emissioner fra træ som brændsel er fremhævet og andrager en meget høj andel af de samlede emissioner undtagen for SO₂, hvor også halm og gasolie bidrager meget. For NO_x bidrager især naturgas sammen med halm og gasolie også betydeligt.

Tabel 1.5. Emissioner for husholdninger (SNAP 0202) fordelt på kemisk stof og forbrug af forskellige brændsler i 2013 (tons). Ekskl. fjernvarme.

Brændsel	SO ₂	NO _x	CO	PM _{2,5}
Kul	0	0	0	0
Brunkul	11	2	37	0
Koks	0	0	0	0
Petroleumskoks	0	0	0	0
Træ	343	2338	77691	12757
Halm	376	260	11573	610
Fuelolie	15	6	1	0
Gasolie	139	314	260	30
Petroleum	0	1	0	0
Bioolie	0	3	5	0
Naturgas	12	802	578	3
LPG	0	32	17	0
Træs andel	38%	62%	86%	95%

I tabel 3.6 er emissioner fra træfyring i husholdninger underopdelt på forskellige teknologityper: brændeovne, trækedler og pilleovne/-kedler. Trækedler bruges til at opvarme vand til rumopvarmning, og pilleovne/-kedler fyres med træpiller.

Tabel 1.6. Procentvis underopdeling af emissioner fra træfyring på teknologier for husholdninger (SNAP 0202)

Teknologi	NO _x	CO	PM _{2,5}
Brændeovne	46%	82%	79%
Trækedler	23%	14%	19%
Pilleovne/kedler	31%	4%	2%
Sum	100%	100%	100%

Samlet set viser ovenstående tabeller at den dominerende kilde til emissioner i SNAP 2 er husholdningers træfyring i brændeovne. Emissioner fra SNAP 2 er således domineret af emissioner fra husholdninger, og den dominerende emissionskilde fra husholdninger er træfyring, hvor den største andel af emissionerne kan tilskrives brændeovne. Det bemærkes særligt, at knap 80% af partikel emissionerne, som udgør det største bidrag til helbredseffekter og dermed helbredsomkostninger, kan tilskrives træfyring i brændeovne. Med udgangspunkt i denne dominerende rolle, som brændeovne ses at have i forhold til de samlede emissioner fra SNAP 2 vil emissioner fra SNAP 2 i resten af rapporten derfor oftest blot blive refereret til som emissioner fra brændeovne eller brændeovne mv.

Emissioner i København

I det følgende beskrives en nyere mere detaljeret emissionsopgørelse, som kun er gennemført for København, og denne sammenlignes med de forudsætninger, som lægges til grund for beregningerne i nærværende rapport.

I foråret 2015 blev der udarbejdet et notat til Københavns Kommune med nye beregninger for brændeovne i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune. Heri indgik en ny emissionsopgørelse for året 2013, som var baseret på nye oplysninger indhentet fra skorstensfejerregistre og spørgeskemaundersøgelser blandt brugere omhandlende ovntyper og brændeforbrug (Jensen et al., 2015). Den nye emissionsopgørelse for 2013 viste omkring 80% mindre emissioner for København end den tidligere opgørelse for 2010. Dette indikerer, at den hidtidige simple fordeling af de nationale emissioner for 2010 ud på kommuneniveau, baseret på en fordelingsnøgle opstillet af Energistyrelsen, havde tildelt en for stor emissionsandel til København. Det har ikke været muligt at medtage denne opgørelse i nærværende beregninger, da opgørelsen kun er lavet for København. Resultaterne har betydning for, hvordan de nationale emissioner skal fordeles geografisk i Danmark, hvilket endnu ikke er fuldt ud implementeret.

Tabel 3.7 viser emissionsopgørelsen for brændeovne i 2013 for København baseret på skorstensfejerregistre og spørgeskemaundersøgelser.

Tabel 1.7. Emissionsopgørelse for Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune for brændeovne i 2013 baseret på skorstensfejerregistre og spørgeskemaundersøgelser (ton) (Jensen et al., 2015)

SNAP	Kilde	NO _x (ton)	PM ₁₀ (ton)	PM _{2,5} (ton)
020100	Ikke-industriel forbrænding, handel og service	23	3,2	3,0
020200	Ikke-industriel forbrænding, husholdninger	18	97	95
020300	Ikke-industriel forbrænding, landbrug, skovbrug og gartneri	0,71	0,96	0,90
	Total	42	101	99

Tabel 3.8 viser emissionsopgørelsen for brændeovne i 2013 for København baseret på en ny national metode baseret på BBR til fordeling af emissioner på 1x1 km² opløsning i Danmark. Det er disse forudsætninger om emission, som ligger til grund for nærværende beregninger af helbredseffekter og helbredsomkostninger fra brændeovne. Resultaterne fra den detaljerede emissionsopgørelse for København er ikke direkte anvendt i den nationale opgørelse, men nogle af principperne for den geografiske fordeling af emissionerne er, bl.a. fordeling ud fra BBR oplysninger, men nøjagtigheden er lavere end for detailundersøgelser for København

Tabel 1.8. Emissionsopgørelse for Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune for brændeovne i 2013 baseret på en ny national metode baseret på BBR (ton)

SNAP	Kilde	NO _x (ton)	PM ₁₀ (ton)	PM _{2,5} (ton)
020100	Ikke-industriel forbrænding, handel og service	23	3,2	3,0
020200	Ikke-industriel forbrænding, husholdninger	21	77	75
020300	Ikke-industriel forbrænding, landbrug, skovbrug og gartneri	0,71	0,96	0,90
	Total	44	81	79

Det ses, at den nationale metode har omkring 25% lavere emissioner for København for PM₁₀ og PM_{2,5}, og omkring 15% højere emissioner for NO_x for SNAP 020200 (husholdninger) end metoden baseret på skorstensfejerregistre og spørgeskemaundersøgelser. Det skyldes, at der for den detaljerede metode for København blev anvendt en anden teknologisammensætning af de træfyrede anlæg, samt andre enhedsforbrug.

1.4 Meteorologiske data

Udover emissionsdata kræver beregninger med DEHM også meteorologiske data. Der anvendes modellerede meteorologiske data fra den meteorologiske model MM5v3 (Grell et al., 1994), som køres rutinemæssigt på Institut for Miljøvidenskab/AU, som en del af overvågningsprogrammet NOVANA. Forskelle mellem forskellige meteorologiske år betyder mindre for beregnede helbredseffekter. Det er emissionerne for det pågældende år som er vigtigst i denne sammenhæng.

For alle emissionssektorerne er anvendt meteorologiske data fra 2008, mens der for den særskilte analyse af brændeovne er anvendt 2013 data.

1.5 Befolkningseksponering

Regionale baggrundskoncentrationer er beregnet i midtpunktet af gittercellerne på 16,67 km x 16,67 km, mens bybaggrundskoncentrationer er beregnet i midtpunkt af gitterceller på 1x1 km² i Danmark. Dette er beregnet som

årsmiddelværdi, og repræsenterer forureningsniveauet for befolkningseksponeringen, som fås ved at knytte befolkningsdata hertil. Uden for Danmark er den geografiske opløsning lavere.

Befolkningsdata til analysen af alle emissionssektorer

Danmark er i den unikke position, at vi har et centralt register med information vedrørende adresse, køn og alder for alle personer i landet (det Centrale Persondata Register, CPR). Et udtræk af CPR for år 2000 danner grundlag for befolkningsdata i EVA for Danmark i nærværende beregninger for alle emissionssektorerne. CPR-data er overført til et geografisk gitter ved hjælp af et GIS værktøj med udgangspunkt i de koordinatsatte adresser. For hver gittercelle er antallet af personer fordelt på køn og alder og efterfølgende opsummeret til de aldersklasser, der svarer til forudsætningerne for de anvendte dosis-respons funktioner. For Danmark foregår beregningerne med en geografisk opløsning på 16,67 km x 16,67 km. På europæisk skala (det vil sige uden for Danmark) anvendes et tilsvarende, men knap så geografisk detaljeret, datasæt fra EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme; www.emep.int), som stammer fra 2000.

Befolkningsdata til særskilt analyse af brændeovne

For den særskilte analyse af brændeovne er beregnet helbredseffekter og tilhørende helbredsomkostninger fra luftforurening opgjort med højere geografisk differentiering end for alle emissionssektorer, og der opereres derfor med opdeling på de 5 danske regioner (dog Bornholm særskilt) samt 4 kategorier af befolkningstæthed (0-100, 100-1500, 1500-3000, over 3000 indb. pr. km²).

I forbindelse med nærværende projekt er der genereret et nyt datasæt med befolkningsdata for 2008, som dels opfylder kravene i EVA-systemet, og som også opfylder ovenstående ønsker. Analysen har krævet en lang række GIS- og databaseoperationer samt konstruktion af nyt datasæt, som kort omtales i det følgende. Det endelige datasæt er aggregeret på 1x1 km² gitternet og indeholder oplysninger om køn og aldersfordeling, samlet befolkning, befolkningstæthed, areal af by- og landzone, og region.

CPR-data er fra november 2008 og indeholdt 5.498.005 personer. Det var muligt at geokode 5.451.740 personer, som dermed fik en koordinat og samtidigt blev knyttet til en 1x1 km² gittercelle. Dette svarer til en succesrate for geokodningen på 99,3%, hvilket er højt. I forbindelse med de efterfølgende EVA-beregninger er befolkningstallene opskrevet fra 2008 til 2013 under antagelse af samme opskrivningsfaktor for alle befolkningsgrupper med en faktor på 1,026543 dvs. befolkningstallet er omkring 2,7% højere i 2013 i forhold til 2008. Adresse-datasættet er fra november 2007. Det var ikke muligt indenfor projektets rammer at anskaffe nyere datasæt, og derfor er der anvendt datasæt, som allerede var tilgængelige.

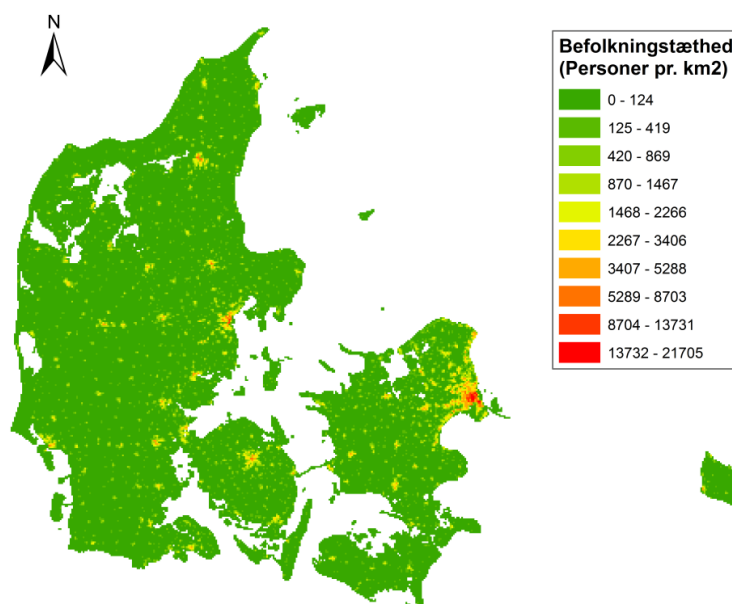
For hver 1x1 km² gittercelle for Danmark skal der beregnes antal personer underopdelt i køn og aldersgrupper. Aldersgrupper er 0-1 år, 0-15 år, 16 år og frem, 30 år og frem, 65 år og frem er beregnet ud fra CPR-nummer, hvor første 6 cifre giver alder og de sidste 4 cifre kønnet. Aldersfordelingen repræsenterer situationen i 2008, og er antaget at være den samme i 2013.

Befolkningstætheden for hver 1x1 km² gittercelle er beregnet og efterfølgende inddelt i 4 kategorier efter ønske fra DØRS: 0-100, 100-1500, 1500-3000, over 3000 indb. pr. km².

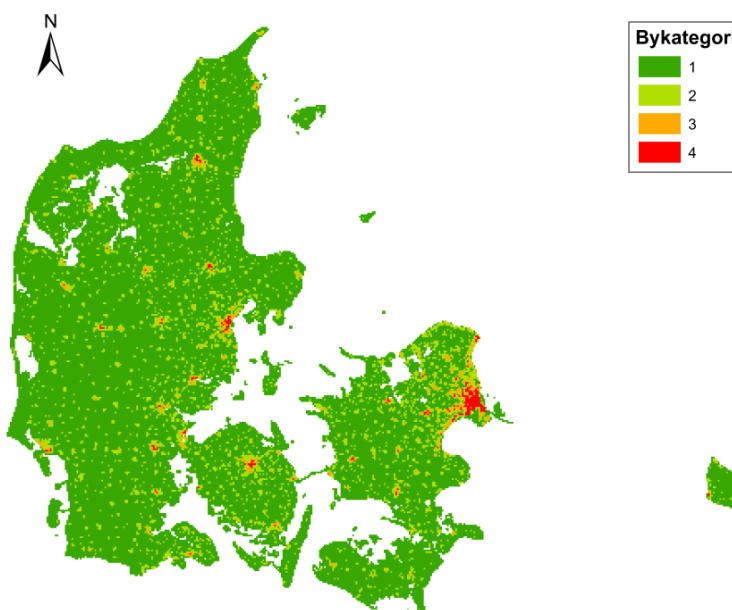
Byzonekort er anvendt til opdeling af landet i byzone og landzone, og derefter i 1x1 km² gittercellerne. Danske Kvadratnet med 1x1 km² for alle landområder i Danmark er anvendt, hvilket er en standard for kvadratnet i Danmark fra Geodatastyrelsen.

For at kunne opdele på regioner er der anvendt et dataset med Danmarks 5 regioner, hvor Bornholm dog er udskilt og behandles for sig selv. De 5 regioner er: Hovedstaden (her ekskl. Bornholm), Sjælland, Syddanmark, Midtjylland, og Nordjylland.

Befolkningstætheden i 2008 er visualiseret i figur 3.5, og de 4 kategorier for befolkningstæthed er visualiseret i figur 3.6.



Figur 1.5. Befolkningstæthed pr. kvadrat kilometer i 2008 baseret på CPR-data.



Figur 1.6. Bykategori 1 er under 100 personer, kategori 2 er 100-1500, kategori 3 er 1500-3000, og kategori 4 er over 3000 indb. Befolkningstæthed i 2008 er baseret på CPR-data.

Befolkningstæthed i 2008 for de 5 regioner (Bornholm er angivet særskilt) opdelt på bykategorier er vist i tabel 3.9.

Tabel 1.9. Befolkningstæthed i 2008 opdelt på bykategorier

	Bykategori (indb.)	Befolkning (indb.)	Areal (km²)	Befolkningstæthed (indb./km²)
Hovedstaden	0-100	27.519	1.078	26
	100-1500	288.303	559	516
	1500-3000	378.033	175	2.165
	over 3000	894.803	148	6.036
Sjælland	0-100	150.947	6.696	23
	100-1500	392.687	991	396
	1500-3000	193.598	96	2.014
	over 3000	76.653	21	3.594
Syddanmark	0-100	194.414	10.576	18
	100-1500	606.114	1.397	434
	1500-3000	262.656	130	2.019
	over 3000	128.178	32	4.024
Midtjylland	0-100	189.503	11.581	16
	100-1500	583.307	1.385	421
	1500-3000	261.790	132	1.989
	over 3000	204.021	42	4.803
Nordjylland	0-100	111.314	7.147	16
	100-1500	280.558	687	409
	1500-3000	128.558	64	2.024
	over 3000	56.338	11	4.942
Bornholm	0-100	9.976	533	19
	100-1500	20.244	52	389
	1500-3000	6.137	3	1.794
	over 3000	6.089	2	4.013
I alt		5.451.740	43.537	125

1.6 Helbredseffekter

De helbredseffekter som pt. er beskrevet i EVA systemet, er følgende:

- Kronisk obstruktiv lungesygdom (KOL)/Kronisk bronkitis
- Dage med nedsat aktivitet (sygedage)
- Hospitalsindlæggelser for luftvejslidelser
- Hospitalsindlæggelser for hjerneblødninger mv
- Hospitalsindlæggelser for kredsløbsforstyrrelser
- Lungecancer
- Brug af bronkodilatorer blandt astma-børn
- Brug af bronkodilatorer blandt voksne astmatikere
- Episoder med hoste blandt astma-børn
- Episoder med hoste blandt voksne astmatikere
- Episoder med nedre luftvejsymptomer blandt astma-børn
- Episoder med nedre luftvejsymptomer blandt voksne astmatikere
- Akutte dødsfald relateret til ozon
- Kroniske tabte leveår (YOLL)
- Dødsfald blandt spædbørn

Antallet af for tidlige dødsfald relateret til luftforurening beregnes ud fra antallet af de akutte dødsfald (fra korttidseksposering) og de kroniske tabte leveår (fra langtidseksposering) i form af YOLL (Years of Lives Lost) divideret med en faktor for det typiske antal af tabte leveår i gennemsnit. I de nuværende EVA beregninger er denne faktor 10,6 år, og er baseret på et Europæisk gennemsnit fra Clean Air for Europe (CAFÉ; Watkis et al., 2005).

1.7 Eksposterings-respons funktioner og enhedspriser

Delta-koncentrationer er forskellen mellem udgangspunktet og et scenarie. Delta-koncentrationerne kobles til befolkningsdata for hver gittercelle for at beregne befolkningseksposeringen i eksposterings-respons beregningen. I nærværende projekt beregnes helbredseffekterne af emissionerne på forskellige måder. Ved en måde slukkes for emissionerne i én SNAP-kategori ad gangen for at kunne beregne, hvilken koncentrationsændring det giver anledning til. Ved en anden måde beregnes helbredseffekter af den samlede emission fra alle SNAP-kategorier på en gang.

Eksposterings-respons funktioner er typisk tilgængelige på formen: $R = \alpha \cdot \Delta c \cdot P$, hvor R er responset (fx lungecancer, hoste mv.) målt i en passende enhed (fx tilfælde af lungecancer, dage med hoste mv.). Δc er delta-koncentrationen, det vil sige den koncentrationsændring, som skyldes emissionerne fra den specifikke kilde. P er den berørte befolkningsdel og α er en empirisk bestemt konstant for den specifikke funktion, typisk tilvejebragt fra publicerede studier af større befolkningsgrupper (kohorter).

For referencer vedrørende eksposterings-respons funktionerne og enhedspriser, se *Brandt et al.* (2011; 2013a). De aktuelt anvendte eksposterings-respons funktioner og værdisætningspriser (2013 priser) er identiske med dem, der blev anvendt i projekt gennemført for Miljøstyrelsen i 2014 (Andersen & Brandt, 2014).

Der er forskellige eksposterings-respons funktioner for de forskellige helbredseffekter og stoffer, som angivet i tabel 3.10. PM_{2.5} inkluderer både primære og sekundære partikler og eksposterings-respons funktionerne er de samme for alle typer af partikler ifølge vores bedste viden pt. (Ellermann et al., 2014). Helbredseffekterne af stofferne NH₄⁺, SO₄²⁻ og NO₃⁻ indgår i PM_{2.5} i

form af sekundære partikler, som en del af den samlede masse af $PM_{2.5}$. CO indgår ikke i partikelmassen, da det er en gas. I modellen er der mulighed for at anvende forskellige eksponerings-respons funktioner for forskellige typer af partikler (som følsomhedsstudie), men det har vi ikke gjort her, da den bedste viden vi har p.t. indikerer, at helbredseffekterne er en funktion af den totale partikelmasse, inkl. både primære og sekundære partikler.

Eksponerings-respons funktionerne stammer fra store epidemiologiske studier, hvor sammenhænge mellem koncentrationer af de forskellige stoffer som fx ozon og partikler og helbredseffekterne er fundet. Både ozon og partikler giver anledning til for tidlige dødsfald, men forskellen er, at ozon øger antallet af for tidlige dødsfald fra eksponering over kort tid (såkaldte akutte dødsfald), men partikler øger antallet af for tidlige dødsfald som følge af langtidseksponering (såkaldte kroniske dødsfald).

De primære partikler består overvejende af sod (black carbon) og mineralsk støv, hvoraf brænderøg udgør den vigtigste kilde. Trafik og kraftværker er også vigtige kilder til primære partikler. De sekundære uorganiske partikler dannes kemisk i atmosfæren ved udledning af svovl- og kvælstofoxider, som stammer fra forbrændingsprocesser, samt ammoniak fra landbruget.

Eksponerings-respons funktioner er indbygget i EVA-system for tab af IQ ved eksponering for bly (Pizzol et al., 2010) og kviksølv, men de indgår ikke i nærværende studie, da der ikke eksisterer tilstrækkelige gode emissions-opgørelser for bly og kviksølv.

Tabel 1.10. Helbredseffekter, eksponerings-respons funktioner og enhedsværdier (for Danmark) inkluderet i EVA beregningerne. I partiklerne indgår både primær PM_{2.5} og sekundære dele som ammonium (NH₄⁺), nitrat (NO₃⁻) og sulfat (SO₄²⁻). YOLL står for "Years Of Life Lost" og angiver antallet af tabte leveår. SOMO35 angiver summen af 8-timers daglige maksimum middelværdier over 35 ppb på et år, som igen er et mål for eksponeringen.

Helbredseffekt Slutpunkter	Eksponerings-respons funktioner	Værdisætning kr. (2013-priser)
MORBIDITET		
Bronkitis PM_{2.5}	8,2E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³ (voksne)	386.739 pr. tilfælde
Sygedage m.v. PM_{2.5}	8,4E-4 dage pr. µgm ⁻³ (voksne)	988 pr. dag
Indlæggelser		
- åndedrætsbesvær PM _{2.5}	3,46E-6 tilfælde pr. µgm ⁻³	53.284 pr. tilfælde
- åndedrætsbesvær SO ₂	2,04E-6 tilfælde pr. µgm ⁻³	53.284 pr. tilfælde
- hjerneblødning PM _{2.5}	8,42E-6 tilfælde pr. µgm ⁻³	67.505 pr. tilfælde
- kredsløbsforst. PM _{2.5} (> 65 år)	3,09E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³	110.252 pr. tilfælde
- kredsløbsforst. CO (> 65 år)	5,64E-7 tilfælde pr. µgm ⁻³	110.252 pr. tilfælde
Lungekræft, morbiditet PM_{2.5}	1,26E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³	162.502 pr. tilfælde
Astma børn (7,6 % < 16 år) PM_{2.5}		
- bronchodilator doser	1,29E-1 doser pr. µgm ⁻³	167 pr. tilfælde
- hoste	4,46E-1 dage pr. µgm ⁻³	316 pr. dag
- åndenød	1,01E-1 dage pr. µgm ⁻³	91 pr. dag
Astma voksne (5,9 % > 15 år) PM_{2.5}		
- bronchodilator doser	2,72E-1 doser pr. µgm ⁻³	167 pr. tilfælde
- hoste	2,8E-1 dage pr. µgm ⁻³	316 pr. dag
- åndenød	1,01E-1 dage pr. µgm ⁻³	91 pr. dag
MORTALITET		
Akut død (SO₂)	7,85E-6 tilfælde pr. µgm ⁻³	15,5 mio. pr. tilfælde
Kronisk død (PM_{2.5})	1,138E-3 YOLL pr. µgm ⁻³ (>30 år)	583.293 pr. YOLL
Spædbarnsdød (PM_{2.5})	4,68E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³ (< 9 mdr.)	23,3 mio. pr. tilfælde
Akut mortalitet (O₃)	3,27E-6*SOMO35 tilfælde pr. µgm ⁻³	15,5 mio. pr. tilfælde

1.8 Sammenligning af forudsætninger i analyserne

I tabel 3.11 er opsummeret de totale helbredseffekter i Danmark, som skyldes den totale luftforurening i 2013. Resultaterne er beregnet med EVA modelsystemet på baggrund af beregninger med DEHM/UBM modelsystemet med 1 km x 1 km opløsning over hele Danmark. Det totale antal for tidlige dødsfald som skyldes luftforurening er omkring 3750. I beregningerne indgår sekundære organiske partikler, som er estimeret ud fra målinger.

Tabel 1.11. Totale helbredseffekter for hele Danmark som skyldes den totale luftforurening fra alle kilder for år 2013, beregnet med det integrerede modelsystem EVA baseret på DEHM/UBM beregninger med 1 km x 1 km opløsning.

Kronisk bronkitis	3500
Dage med nedsat aktivitet (sygedage)	3570000
Hospitalsindlæggelser for luftvejslidelser	180
Hospitalsindlæggelser for cerebro-vaskulære lidelser	450
Tilfælde af hjertesvigt	330
Lungecancer	535
Brug af bronkodilatorer blandt børn	101000
Brug af bronkodilatorer blandt voksne	684000
Episoder med hoste blandt børn	351000
Episoder med hoste blandt voksne	704000
Episoder med nedre luftvejssymptomer blandt børn	135000
Episoder med nedre luftvejssymptomer blandt voksne	254000
Akutte tabte leveår	103
Kroniske tabte leveår (YOLL)	38600
Antal for tidlige dødsfald	3750
Dødsfald blandt spædbørn	4

1.9 Sammenligning af forudsætninger i analyserne

I tabel 3.12 er opsummeret de forskellige modeller og input, som er anvendt i hhv. analyserne for alle emissionssektor og den særskilte brændeovnsanalyse.

Tabel 1.12. Forskellige modeller og input som er anvendt i hhv. analyserne for alle emissionssektor og den særskilte brændeovnsanalyse.

	Alle emissionssektorer	Brændeovne
Luftkvalitetsmodeller	DEHM	DEHM/UBM
SOA inkluderet ud fra målinger	Nej	Nej*
Årstal for udenlandske emissioner	2008	2013
Årstal for DK SPREAD emissioner	2008	2013
Årstal for meteorologi	2008	2013
Årstal for befolkning i udland	2000	2000
Årstal for DK befolkningstal	2000	2013 (opskrevet fra 2008)
Geografisk opløsning i DK	16,7x16,7 km ²	1x1 km ²
Årstal for prissætning af helbredseffekter	2013	2013

*SOA er inkluderet i beregningerne for den totale luftforurening, men ikke i scenarierne for de enkelte emissionssektorer. Se afsnit 3.2 for uddybning heraf.

2 Helbredsomkostninger

Dette kapitel opsummerer helbredsomkostninger og enhedspriser for hhv. alle emissionssektorer og den særskilte analyse for brændeovne.

2.1 Helbredsomkostninger for alle danske emissionssektorer

I det følgende opsummeres de samlede helbredsomkostninger fordelt på SNAP-kategorier fra danske kilder i hhv. Danmark og Europa (inkl. Danmark) beregnet efter metoderne beskrevet i kapitel 2. Endvidere opsummeres den procentdel af de samlede helbredsomkostninger fra danske kilder, som falder i Danmark. Til sidst opsummeres enhedspriser.

I tilknytning til rapporten er der endvidere to regneark. Det ene regneark indeholder det beregnede antal tilfælde af dødelighed og sygelighed (16 parametre) for hver SNAP-kode opdelt på Danmark og Europa (inkl. Danmark). Det andet regneark indeholder beregninger af antal helbredstilfælde og eksterne omkostninger relateret til hvert luftforurenende stof for hver SNAP-kode ligeledes opdelt på Danmark og Europa (inkl. Danmark). Alle disse resultater er ikke gengivet i nærværende rapport.

Helbredsomkostninger i Danmark fra danske kilder

Tabel 4.1 opsummerer de samlede helbredsomkostninger fordelt på SNAP-kategorier i Danmark fra danske kilder *beregnet med den regionale model DEHM (uden lokale effekter)*.

Tabel 2.1. Helbredsrelaterede årlige eksterne omkostninger i Danmark fra danske kilder opdelt på SNAP-kategori og kemiske stoffer for 2008. Alle omkostninger i mio. Euro, undtaget for CO, som er i Euro (2013 priser). De totale helbredsrelaterede eksterne omkostninger fra emissioner af S er summen af SO₂ og SO₄ (Total S). Tilsvarende er de totale helbredsrelaterede eksterne omkostninger fra emissioner af NO_x beregnet som summen af O₃ og NO₃ (Total N). PPM_{2,5} er primær PM_{2,5}.

SNAP kode	CO	SO ₂	SO ₄	Total S (=SO ₂ +SO ₄)	O ₃	NO ₃	Total N (=O ₃ +NO ₃)	PPM _{2,5}	Total
SNAP 1	396	2,4	6,1	8,5	-1,3	27,3	26,0	1,8	36,2
SNAP 2	27300	6,4	8,8	15,2	-0,8	19,2	18,4	214,0	248,0
SNAP 3	1170	2,3	6,8	9,2	-0,8	23,2	22,4	4,0	35,6
SNAP 4	154	2,2	3,0	5,2	0,6	14,0	14,5	0,0	19,7
SNAP 5	32	0,0	0,6	0,6	0,4	13,3	13,7	0,7	15,0
SNAP 6	119	0,0	0,7	0,7	1,4	14,1	15,5	0,0	16,2
SNAP 7	73900	0,5	-1,3	-0,8	-32,0	82,0	50,0	86,7	136,0
SNAP 8	33500	2,4	2,1	4,4	-7,2	24,5	17,3	22,9	44,7
SNAP 9	105	0,8	2,1	2,9	0,0	0,1	0,1	0,1	3,0
SNAP 10	344	0,0	24,5	24,5	0,1	241,0	241,0	9,5	275,0
Sum (1-10)	137000	17,0	53,3	70,3	-39,6	458,7	418,9	339,7	829,4
SNAP alle	138000	16,9	51,9	68,8	-36,1	340,0	304,0	341,0	714,0

Sum (1-10) er summen af helbredseffekterne for SNAP 1 til SNAP 10, hvor bidraget fra hver af SNAP-kategorierne er beregnet særskilt. "SNAP alle" er en beregning, hvor bidraget til helbredseffekter er beregnet med de samlede emissioner fra alle SNAP-kategorier på en gang. Resultaterne af disse to beregninger kan ikke forventes at være det samme, hvilket de heller ikke er. Det skyldes, at den kemiske omdannelse er ikke-lineær, hvilket DEHM modellen beskriver. I forbindelse med nationale opgørelser anvendes "SNAP alle"-kategorien.

De samlede helbredsomkostninger i Danmark fra alle danske kilder er omkring 714 mio. Euro eller omkring 5,4 mia. kr. (emission fra 2008 og værdisætningspriser fra 2013). Beregningerne for alle emissionssektorer er baseret på genregning af tidligere modelsetup og inputdata for at kunne præsentere resultater med højere detaljeringsgrad end tidligere, og det har ikke været inden for projektet ramme at opdatere alle input data til nyeste data.

Da emissionerne forventes at falde fremover, vil helbredsomkostninger også falde i takt hermed (Brandt et al., 2015).

De eksterne omkostninger skyldes næsten udelukkende PM fordelt omtrent ligeligt på primære partikler ($\text{PPM}_{2.5}$) og sekundære partikler (SO_4^{2-} og NO_3^-). Gasserne CO og SO_2 bidrager kun med omkring 2%.

Bemærk at de eksterne omkostninger for ozon fremstår som negative for flere SNAP-kategorier Dette skyldes imidlertid ikke, at ozon har positive helbredseffekter. O_3 (ozon) er direkte sundhedsskadeligt, og giver udelukkende anledning til negative sundhedseffekter. Årsagen til, at der i tabellen angives negative eksterne omkostninger for ozon er således ikke direkte relateret til effekten af ozon, men skyldes i stedet at emission af NO_x i nogle tilfælde vil reducere mængden af ozon, og det betegnes her som en positiv effekt. Lokale emissioner af kvælstofoxider ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) kan således bidrage til en reduktion af O_3 (NO går sammen med O_3 og danner NO_2). Længere væk, vil der typisk (afhængigt af kemisk regime) blive dannet ozon fra NO_x -emissioner. Beregninger for CO er også inkluderet, men effekten fra dette stof er minimal. I beregningerne forudsættes der ikke lokale sundhedseffekter af NO_2 .

Som det ses af tabel 4.1 er der en negativ omkostning for transportsektoren (SNAP7) for SO_4^{2-} (partikler). De negative tal skyldes atmosfærekemien, og den måde scenariene er regnet ud på, hvor der er slukket for alle emissioner i hele sektoren på én gang. Dvs. der er slukket for både SO_x og NO_x emissioner samtidigt. Ændringen i NO_x emissioner påvirker O_3 koncentrationer, som igen påvirker OH koncentrationer, som har stor indflydelse på omdannelseshastigheden af SO_2 til SO_4^{2-} fra alle kilder – som fx også skibsemmissioner. I dette scenarie betyder NO_x emissionerne fra transportsektoren at O_3 bliver mindre, og derved også OH som typisk vil give en langsommere omdannelse af SO_2 til SO_4^{2-} fra fx skibene. Dette har betydning for hvor hurtigt SO_4^{2-} bliver dannet, og derved hvordan det spredes i atmosfæren og i sidste ende hvem og hvor mange der bliver eksponeret. Da det er SO_4^{2-} der bliver påvirket, tilskrives omkostningen SO_2 udledningen fra trafikken, men det burde måske egentligt regnes med i NO_x prisen. Udfordringen i transportsektoren er, at der er meget store NO_x emissioner i forhold til SO_2 emissioner, og derfor har NO_x meget større indflydelse på SO_2 i denne sektor i forhold til de andre sektorer. Men SO_2 udledningen fra transportsektoren er meget lille, og den samlede omkostning allokert til SO_2 er på 0,8 mio. Euro og den kan derfor negligeres i forhold til andre sektorer.

En anden måde at udføre emissionsscenerierne på er, at slukke for det enkelte stof i hver emissionssektor, hver for sig som alternativ til at slukke for emissionen af alle stoffer i hele sektoren. Udfordringen er her, at man ikke tager højde for de atmosfærekemiske processer, der ligger i at man regulerer en hel emissionssektor og ikke kun et enkelt stof i en sektor. Det optimale ville være at gøre begge dele og benytte de enhedspriser der bedst kan allokere til det virkemiddel man antager i forhold til den specifikke emissions-

sektor. Dette ville kræve et betydeligt større antal beregninger end det var muligt indenfor rammerne af denne rapport. Problematikken gælder i øvrigt ikke for de primære partikler, da disse ikke er omfattet af atmosfærerekemien.

Helbredsomkostninger i Europa (inkl. Danmark) fra danske kilder

Tabel 4.2 opsummerer de samlede helbredsomkostninger fordelt på SNAP-kategorier i Europa (inkl. Danmark) fra danske kilder.

Tabel 2.2. Helbredsrelaterede årlige eksterne omkostninger i Europa inkl. Danmark fra danske kilder opdelt på SNAP kategori og kemiske stoffer for 2008. Alle omkostninger i mio. Euro, undtagen for CO som er i Euro (2013 priser). De totale helbredsrelaterede eksterne omkostninger fra emissioner af S er summen af SO₂ og SO₄ (Total S). Tilsvarende er de totale helbredsrelaterede eksterne omkostninger fra emissioner af NO_x beregnet som summen af O₃ og NO₃ (Total N). PPM_{2,5} er primær PM_{2,5}.

SNAP kode	CO	SO ₂	SO ₄	Total S (=SO ₂ +SO ₄)	O ₃	NO ₃	Total N (=O ₃ +NO ₃)	PPM _{2,5}	Total
SNAP 1	2960	7,3	74,3	81,6	6,6	274,0	281,0	12,1	375,0
SNAP 2	108000	8,0	69,6	77,6	18,9	106,0	125,0	572,0	775,0
SNAP 3	9630	5,4	71,8	77,2	5,5	187,0	193,0	24,3	294,0
SNAP 4	3040	2,0	28,5	30,5	14,7	34,3	49,1	0,0	79,6
SNAP 5	1750	-0,4	15,5	15,2	9,5	34,4	43,9	1,5	60,5
SNAP 6	5790	-1,1	26,0	24,9	29,3	32,8	62,1	0,0	87,1
SNAP 7	149000	2,3	2,1	4,5	-9,7	621,0	611,0	150,0	765,0
SNAP 8	97200	3,6	10,6	14,1	8,1	277,0	285,0	48,8	348,0
SNAP 9	742	1,3	20,3	21,6	0,5	1,1	1,6	0,5	23,7
SNAP 10	2330	-0,2	462,0	462,0	0,6	1110,0	1110,0	25,3	1600,0
Sum (1-10)	380442	28,1	780,7	809,2	84,0	2677,6	2761,7	834,6	4407,9
SNAP alle	383000	27,8	670,0	698,0	109,0	2250,0	2360,0	837,0	3890,0

De samlede helbredsomkostninger i Europa inkl. Danmark fra alle danske kilder er omkring 3,9 mia. Euro eller omkring 29 mia. kr. (emission fra 2008 og værdisætningspriser fra 2013).

Andel af eksterne omkostninger fra danske kilder som falder i Danmark

Tabel 4.3 opsummerer den procentvise andel af de samlede helbredsomkostninger i Europa (inkl. Danmark) fra danske kilder, som falder inden for Danmark. Emission er fra 2008 og værdisætningspriser fra 2013.

Tabel 2.3. Andel i procent af de helbredsrelaterede eksterne omkostninger som vedrører Danmark. Dvs. den andel af de samlede eksterne omkostninger fra danske kilder, som falder i Danmark. Den resterende andel er eksterne omkostninger i udlandet.

SNAP kode	CO	SO ₂	SO ₄	Total S (=SO ₂ +SO ₄)	O ₃	NO ₃	Total N (=O ₃ +NO ₃)	PPM _{2,5}	Total
SNAP 1	13,4	32,7	8,1	10,4	-20,2	10,0	9,3	14,6	9,7
SNAP 2	25,3	80,6	12,6	19,6	-4,0	18,1	14,7	37,4	32,0
SNAP 3	12,1	43,4	9,5	11,9	-14,2	12,4	11,6	16,6	12,1
SNAP 4	5,1	111,8	10,4	16,9	3,9	40,8	29,5	0,7	24,7
SNAP 5	1,8	0,7	4,0	4,1	3,9	38,7	31,2	45,2	24,8
SNAP 6	2,1	0,8	2,7	2,8	4,9	43,0	25,0	0,7	18,6
SNAP 7	49,6	22,9	-61,2	-17,5	329,2	13,2	8,2	57,8	17,8
SNAP 8	34,5	66,3	19,6	31,4	-88,7	8,8	6,1	46,9	12,8
SNAP 9	14,2	60,2	10,4	13,3	-0,8	7,0	4,7	15,2	12,8
SNAP 10	14,8	-8,4	5,3	5,3	19,1	21,7	21,7	37,7	17,2
Sum (1-10)	36,0	60,4	6,8	8,7	-47,1	17,1	15,2	40,7	18,8
SNAP alle	36,0	60,8	7,7	9,9	-33,1	15,1	12,9	40,7	18,4

Den del af helbredseffekterne, som falder inden for Danmark for alle SNAP kategorier under ét fra danske kilder er omkring 18% af de samlede helbredsomkostninger i Europa inkl. Danmark. Dvs. at omkring 82% af de samlede helbredseffekter fra danske kilder falder uden for Danmark.

2.2 Enhedspriser for alle emissionssektorer

Tabel 4.4 opsummerer enhedspriserne i Europa for de enkelte emissioner for de enkelte SNAP-kategorier. Emission er fra 2008 og værdisætningspriser fra 2013. Enhedspriserne beregnes ved at dividere de eksterne omkostninger for Europa inkl. Danmark fra tabel 4.2 med emissionerne fra tabel 3.2.

Tabel 2.4. Enhedspriser i Europa inkl. Danmark opdelt på SNAP-kategori og kemisk stof for 2008 fra danske kilder beregnet med regionalskalamodellen DEHM. "-" angiver at emissionen fra denne kategori er for lille til at enhedsprisen kan beregnes. Alle priser er i kr. Enhed (kr./kg).

SNAP kode	CO kr./kg-CO	SO _x kr./kg-SO ₂	NO _x kr./kg-NO ₂	NH ₃ kr./kg-NH ₃	PPM _{2,5} kr./kg-PM _{2,5}
SNAP 1	0,003	92	65		141
SNAP 2	0,006	134	113		209
SNAP 3	0,004	106	73		147
SNAP 4	0,073	283	-		0
SNAP 5	-	-	-		250
SNAP 6	-	-	-		0
SNAP 7	0,008	408	75		331
SNAP 8	0,006	97	71		254
SNAP 9	0,004	122	41		209
SNAP 10	0,007	-	-	160	149
SNAP alle	0,007	265	116		220

Den gennemsnitlige enhedspris for primære partikler er eksempelvis 220 kr. pr. kg emission af primære partikler.

Forskelle i enhedspriser for det samme stof på tværs af emissionssektorer skyldes et samspil mellem geografiske, meteorologiske og kemiske forskelle. En af de helt afgørende faktorer er, hvor kilderne er placeret i forhold til befolkningen. En emission af 1 kg NO_x i Vestjylland giver en mindre pris end 1 kg vest for København (med dominerende vindretning fra vest-sydvest), da der er flere mennesker, der bliver eksponeret i sidste tilfælde. Derudover kan de forskellige kemiske regimer spille ind (fx forskel på kemien over byerne vs. landet).

Enhedspriserne er som forventet på samme niveau som i den tidligere rapport (Andersen & Brandt, 2014), da det er baseret på samme model og data.

Ovenstående enhedspriser er gennemsnitlige enhedspriser for emissioner fra hele Danmark og for de 10 SNAP-kategorier for år 2008, hvor EVA systemet er kørt for hver enkelt emissionssektor. Beregningerne med den regionale model er i indeværende rapport blevet opdateret for 2013 for alle emissionssektorer i Danmark (SNAP alle), hvor de gennemsnitlige enhedspriser er som følger: for CO 0,007 kr. pr. kg, for SO₂ 114 kr. pr. kg, for NO_x (kvælstofoxider) 184 kr. pr. kg, og for primære partikler (PPM_{2,5}) 235 kr. pr. kg emission. Enhedsprisen for NH₃ er ikke opdateret, da SNAP kategori 10 (landbruget) ikke er kørt særskilt. Forskellen imellem tallene for 2008 og 2013 skyldes bl.a. ændringer i meteorologien og i atmosfærekemien som følge af ændrede fordeling og størrelse af emissioner i Europa og Danmark.

EVA-systemet i den version, hvor der også inkluderes en bybaggrundsluftkvalitetsmodel (UBM) er i stand til at estimere enhedspriser med større geografisk opløsning i lokalområdet omkring kilderne, som det vises i de efterfølgende afsnit for brændeovne mv.

2.3 Helbredsomkostninger for danske brændeovne mv.

Bidraget fra brændeovne til helbredseffekter i form af for tidlige dødsfald bruges i det følgende til at illustrere helbredseffekterne, idet det vil være for omfattende at afrapportere alle de helbredseffekter som indgår (tabel 3.10). I de totale helbredsomkostninger og i enhedspriserne indgår bidraget fra alle helbredseffekter. Helbredsomkostningerne fra brændeovne sammenlignes først med bidraget fra al luftforurening i Danmark (fra såvel udenlandske som danske kilder) og fra alle danske kilder.

Efterfølgende opsummeres enhedspriserne for luftforurening fra brændeovne mv. opdelt på de 5 regioner (dog Bornholm særskilt), samt for 4 kategorier af befolkningstæthed.

Alle data er endvidere leveret til DØRS i form af et regneark, som også indeholder mere detaljeret informationer om fx helbredseffekter, idet der i det følgende kun er afrapporteret for tidlige døde som følge af luftforurening og ikke øvrige helbredseffekter listet i tabel 3.10.

Helbredseffekter for danske brændeovne

Tabel 4.5 opsummerer antal for tidlige dødsfald i 2013. De to kolonner til venstre i tabellen er baseret på DEHM modellen, som dækker Nordeuropa med en geografisk opløsning på 16,67 km x 16,67 km og 50 km x 50 km i resten af Europa. Tallene i kolonnen til højre i tabellen med DEHM/UBM dækker Danmark med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km.

Tabel 2.5. Antal for tidlige dødsfald fra den totale luftforurening i 2013.

	DEHM		DEHM/UBM
	Hele Europa	Danmark	Danmark
Pga. total luftforurening	593.000	3.500	3.750
Pga. alle emissionskilder i Danmark	3.470	691	1020*
Pga. SNAP 2 i DK (brændeovne mv.)	645	212	544

* tallet er ikke direkte beregnet med DEHM/UBM modelsystemet i nærværende rapport, men estimeret ud fra beregningen med den regionale model på ca. 700 for tidlige dødsfald plus antallet af for tidlige dødsfald fra SNAP2 beregnet med lokalskalamodellen med højere opløsning.

I tabel 4.5 ses det, at al luftforurening i Danmark, dvs. bidraget fra emissioner fra danske og udenlandske emissionskilder, i følge DEHM modellen vurderes at forårsage 3.500 for tidlige dødsfald. Til sammenligning vurderes antallet at være lidt højere, nemlig 3.750 med DEHM/UBM modellen, som har en højere geografisk opløsning over Danmark. Det er forventeligt, at en højere geografisk opløsning vil give lidt flere beregnede helbredseffekter, fordi sammenhængen mellem emissionskilder og befolkning bliver beregnet på en mindre udglattet måde.

Det ses også, at antallet af for tidlige dødsfald i Danmark, der kan tilskrives emissioner fra brændeovne mv., beregnes til omkring 210 ved brug af DEHM modellen (hvilket stemmer overens med tidligere resultater), hvorimod det beregnes til omkring 540, når DEHM/UBM anvendes. Det skyldes

en bedre repræsentation af befolkningens placering i forhold emissionskilder med den langt højere opløsning (1 km x 1km opløsning i den lokale model versus 17 km x 17 km i den regionale model).

Forskellen på de omkring 330 for tidlige dødsfald er summen af for tidlige dødsfald beregnet indenfor hver region op til 30 km fra kilderne med den højtopløselige model UBM.

I de 330 for tidlige dødsfald er ikke medregnet bidraget fra de resterende regioner i Danmark til hver region, ligesom for regioner større end en radius af 30 km er det fulde bidrag fra kilder længere væk end 30 km indenfor regionen ikke medregnet i lokalmodellen.

De 210 for tidlige dødsfald er beregnet for hele Danmark med den regionale model DEHM og dækker således den samlede regionale bidrag indenfor Danmark til Danmark og således også fra alle regioner til hver enkelt region. Derfor kan man tage summen af de lokale og det regionale bidrag for at få det samlede estimat af for tidlige dødsfald indenfor Danmark.

Heri ligger der en dobbelttælling i den regionale model op til 30 km fra kilderne, svarende til områder op til 30 km fra de enkelte kilder. Den langt overvejende del af effekterne i den regionale model dækker et meget stort område og effekterne i nærområdet er relativt små i forhold til de samlede effekter for hele Danmark og Danmark + Europa. Et estimat af lokale effekter i den regionale model ligger på mellem 2% og 8% af de samlede effekter indenfor Danmark, afhængigt af region og fejlen på dobbelttælling estimeres til at være i samme størrelsesorden. På den anden side underestimeres effekterne fra den lokale model, da den kun går ud til 30 km fra kilderne og det vurderes at denne underestimering af lokaleffekterne er mindst lige så store som dobbelttællingen fra den regionale model.

Alle danske emissionskilder bidrager med omkring 700 for tidlige dødsfald i Danmark i 2013, mens det er omkring 3.500 for den totale luftforurening beregnet med den regionale model DEHM. Tallene stiger til henholdsvis ca. 1000 og ca. 3750 ved brug af DEHM/UBM modelsystemet. I disse beregninger er bidraget fra SOA medtaget estimeret ud fra målinger, mens SOA ikke var medtaget i Brandt et al. (2015), hvilket bl.a. er grunden til de højere tal i nærværende beregninger. Brandt et al. (2015) vurderede 480 for tidlige dødsfald i Danmark, mens det er omkring 2.500 i hele Europa.

Helbredsomkostninger for danske brændeovne

Tablet 4.6 viser de totale eksterne omkostninger beregnet med DEHM modellen for både menneskabte og naturlige kilder, samt såvel indenlandske og udenlandske kilder. De totale eksterne omkostninger i Europa er ca. 4.800 mia. kr. og de totale eksterne omkostninger i Danmark er ca. 28 mia. kr. fra den totale luftforurening.

Tablet 2.6. Totale eksterne helbredsomkostninger pga. den totale luftforurening i 2013, alle kilder - både menneskabte og naturlige fra danske og udenlandske kilder. Beregnet med DEHM modellen med 16,67 km x 16,67 km opløsning i Nordeuropa og 50 km x 50 km i resten af Europa (mia. kr.).

Område	CO	SO ₂	SO ₄	Total S	O ₃	NO ₃	Total N	PPM _{2,5}	TOTAL
Europa inkl. Danmark	0,896	118	1.200	1320	452	1.690	2.140	1.360	4.820
Danmark	0,00791	0,436	4,78	5,22	1,73	11,6	13,4	9,36	28,0

Tabel 4.7 viser de totale eksterne omkostninger kun fra danske menneskeskabte emissionskilder. Det ses, at danske kilder bidrager til helbredsomkostninger i Danmark og øvrige Europa med omkring 27,3 mia. kr. dvs. med stort set samme helbredsomkostning, som den totale luftforurening i Danmark (28 mia. kr.). Danmark eksporterer stort set lige så meget luftforurening, som Danmark får ind fra udlandet.

Det fremgår ligeledes af tabel 4.7 at omkring 19% af de eksterne omkostninger i Danmark skyldes indenlandske emissioner (omkring 5 mia. kr.) beregnet med regionalskala modellen DEHM. Når de lokale effekter fra SNAP2 medtages ved brug af DEHM/UBM modelsystemet finder vi at 27% af de eksterne omkostninger i Danmark skyldes indenlandske emissioner

Tabel 2.7. Totale eksterne helbredsomkostninger som skyldes alle menneskabte kilder i Danmark i 2013. Beregnet med DEHM modellen med 16,67 km x 16,67 km opløsning i Nordeuropa og 50 km x 50 km i resten af Europa (mia. kr.).

Område	CO	SO ₂	SO ₄	Total S	O ₃	NO ₃	Total N	PPM _{2,5}	TOTAL
Europa inkl. Danmark	0,00279	0,151	1,41	1,56	1,30	17,7	19,0	6,70	27,3
Danmark	0,00112	0,097	0,23	0,33	-0,16	2,28	2,11	2,84	5,28

Tabel 4.8 og tabel 4.9 viser de totale eksterne omkostninger fra danske brændeovne mv. (SNAP 2) beregnet med DEHM modellen (tabel 4.8) og det kombinerede modelsystem DEHM/UBM (tabel 4.9). Det ses i tabellerne, at når der regnes med langt højere opløsning med DEHM/UBM systemet i forhold til kun at bruge DEHM modellen, så stiger de totale eksterne helbredsomkostninger væsentligt – specielt mht. de primære partikler (PPM_{2,5}) Ved brug af den regionale model (DEHM) fås at helbredsomkostningerne forbundet med emissioner fra brændeovne mv. er omkring 5 mia. kr. i Europa inkl. Danmark og omkring 1,6 mia. kr. i Danmark, mens disse tal stiger til ca. 7,5 mia. kr. og 4,2 mia. kr. ved brug af DEHM/UBM modelsystemet. Stigningen skyldes den langt bedre repræsentation af befolkningens placering i forhold til kilderne i den højere opløsning, hvilket bevirker at flere mennesker bliver eksponeret til højere koncentrationer i den højere opløsning. Samtidigt er de totale eksterne helbredsomkostninger i Danmark som skyldes indenlandske kilder på ca. 7,8 mia. kr. når vi medtager de lokale effekter fra brændeovne mv. (SNAP2).

Med brug af regionalskalamodelsystemet (DEHM) finder vi, at danske brændeovne mv. bidrager med omkring 30% af de indenlandske eksterne omkostninger fra alle danske kilder (1,6/5,3), mens når vi medregner de lokale effekter stiger dette tal til omkring 50% (4,2/7,8). Da bidraget fra de resterende danske kilder ikke er beregnet med samme høje opløsning i nærværende rapport og bidraget fra sekundære organiske partikler ikke er medregnet i bidraget er dette tal forbundet med en væsentlig usikkerhed.

Omkring 14% af de totale eksterne helbredsomkostninger ved den totale luftforurening i Danmark skyldes danske brændeovne mv. (SNAP 2) (4,2/29,3), hvilket er væsentligt større end de omkring 6% (1,6/28) vi finder ved brug af resultaterne fra regionalskalamodelen DEHM.

Tabel 2.8. Totale eksterne helbredsomkostninger som skyldes alle kilder fra hele SNAP 2 (brændeovne mv.) i Danmark i 2013. Beregnet med DEHM modellen med 16,67 km x 16,67 km opløsning i Nordeuropa og 50 km x 50 km i resten af Europa (mia. kr.).

Område	CO	SO ₂	SO ₄	Total S	O ₃	NO ₃	Total N	PPM _{2,5}	TOTAL
Europa inkl. Danmark	0,000652	0,034	0,290	0,325	0,068	0,450	0,518	4,14	4,98
Danmark	0,000167	0,024	0,037	0,061	-0,005	0,030	0,026	1,55	1,64

Tabel 2.9. Totale eksterne helbredsomkostninger som skyldes alle kilder fra hele SNAP 2 (brændeovne mv.) i Danmark i 2013. Beregnet med DEHM/UBM modellen med 1 km x 1 km opløsning.

Område	CO	SO ₂	SO ₄	Total S	O ₃	NO ₃	Total N	PPM _{2,5}	TOTAL
Europa inkl. Danmark	0,001017	0,034	0,290	0,325	0,054	0,450	0,504	6,70	7,53
Danmark	0,000531	0,024	0,037	0,061	-0,019	0,030	0,012	4,11	4,18

Tabel 4.10 viser de totale eksterne helbredsomkostninger i Danmark pga. total luftforurening beregnet med DEHM/UBM, dvs. med en højere geografisk opløsning i Danmark på 1x1 km². Sammenligning med tallene i tabel 4.6 viser, at de eksterne omkostninger er omkring 5% højere, når UBM anvendes (idet UBM giver 29,3 mia. kr. og DEHM alene giver 28,0 mia. kr. Forskellen skyldes den højere opløsning i UBM.

Tabel 2.10. Totale eksterne helbredsomkostninger pga. den totale luftforurening, alle kilder - både menneskabte og naturlige i 2013. Beregnet med DEHM og UBM modellen med 1 km x 1 km opløsning (mia. kr.).

Område	CO	SO ₂	SO ₄	Total S	O ₃	NO ₃	Total N	PPM _{2,5}	Total
Danmark	0,00883	0,0	0,0	0,0	1,60	0,0	1,60	27,7	29,3

Tidligere beregninger med DEHM for 2007 har estimeret de totale eksterne helbredsomkostninger til 28,5 mia. kr. (Ellermann et al., 2014) som følge af al luftforurening. Ovenstående beregninger med DEHM/UBM når til næsten samme resultat på 29,3 mia. kr. for 2013. Det er lidt af en tilfældighed, at der opnås samme niveau, men forklaringen er en kombination af en række forhold, som både har reduceret og øget de totale eksterne helbredsomkostninger fra 2007 til 2013. Emissionerne er faldet fra 2007 til 2013, hvilket alt andet lige, giver lavere helbredsomkostninger. Men en række forhold har bidraget til øget helbredsomkostninger, hvilket er inddragelse af SOA (via målinger), som giver højere partikelkoncentrationer, befolkningsstigning fra 2007 til 2013, samt det forhold at UBM giver højere helbredsomkostninger pga. højere opløsning.

2.4 Enhedspriser for luftforurening fra brændeovne mv. fordelt på regioner og bykategorier

I tabel 4.11 opsummeres beregnede enhedspriser for luftforurening fra brændeovne mv. (SNAP 2) opdelt på de 5 danske regioner (dog Bornholm særskilt), samt for 4 kategorier af befolkningstæthed <100 indb., 100-1500 indb., 1500-3000 indb. og over 3000 indb. Kategorien med den mindste befolkningstæthed under 100 indb. er yderligere opdelt i by og land baseret på arealet af hhv. by- og landzone i den pågældende 1x1 km² gittercelle. En given gittercelle tildeles bykategori, hvis byzonearealet er større end landzonearealet, og omvendt for landkategori. Ideen med denne opdeling er at se, om der er forskel på helbredsomkostningerne fra brændeovne mv. i by- og

landzoner. Den gennemsnitlige enhedspris for hele landet er også opsummeret for de forskellige stoffer.

Enhedsomkostningerne er endvidere underopdelt i et lokalt og et regionalt bidrag. Det lokale bidrag er helbredsomkostninger inden for 30 km af de pågældende gitterceller i den pågældende befolkningstæthedskategori, mens det regionale bidrag er resten, dvs. over 30 km. Summen af bidraget fra regionalskala og lokalskala er de totale helbredsomkostninger. Bidraget til Danmark fremgår af forrige afsnit. Der er en lille smule dobbelttælling i beregningsmåden, da det lokale område også er indeholdt i den regionale model, men vi anser dette for at være af minimal betydning for resultaterne, og det kræver et væsentligt andet modelsetup for helt at undgå denne dobbelttælling.

Som forventet stiger enhedsprisen med stigende befolkningstæthed for PM_{2.5} og CO, og denne effekt er størst i Hovedstadsregionen, hvor befolkningstætheden er større end i resten af landet. Det lokale bidrag er højest for PM_{2.5} i forhold til det regionale bidrag. Enhedspriser for CO er meget lave og de samlede helbredsomkostninger knyttet til CO er også lave.

For NO_x er enhedspriserne for det lokale bidrag negative, fordi NO_x (dvs. NO delen) forbruger ozon i omdannelse til NO₂. Da ozon dermed bliver reduceret bliver helbredseffekterne også reduceret og dermed helbredsomkostningerne. Effekten er størst i Hovedstadsregionen og større jo højere befolkningstætheden er. NO_x er summen af NO og NO₂. Emissionerne for NO_x er derfor opgivet i enheder af kg-NO₂ (NO₂ ækvivalenter). Dette er i henhold til konventionen om langtransporteret grænseoverskridende luftforurening og tilhørende protokoller.

Kategorien med en befolkningstæthed på under 100 indb. er underopdelt i by og land. For de fleste områder er enhedspriserne stort set ens indenfor nogle få procent, men der er også undtagelser. Vi kan ikke umiddelbart give nogen entydig forklaring på, hvorfor det ser ud til at landområder under 100 indb. ser ud til at have lidt højere enhedspriser end byområder under 100 indb. i nogle regioner. Enhedspriserne er afhængige af, hvor mange der bliver eksponeret fra emissionerne, og da vi i lokalskalaberegningerne går 30 km væk fra kilderne, kan det være afgørende, om der lige ligger nogle byområder i nærheden, selvom det ville virke mest logisk, hvis det var omvendt. Land- og byområder under 100 indb. bør betragtes som én kategori.

Enhedsprisen for SO₂ (149 kr./kg) er ens i hele landet, da der kun er indregnet et regionalt bidrag, da det lokale bidrag vurderes at være lille. Det meste af effekten fra SO₂ (gas) er, at den relativt langsomt bliver omdannet til SO₄⁻ (partikler) i atmosfæren, og derved er et regionalt fænomen, som den regionale model (DEHM) beregner. SO₂ er ikke inkluderet i den lokale model (UBM). Dette skyldes, at SO₂ er reduceret meget i forhold til tidligere. Der er nogle akutte effekter fra SO₂ i EVA systemet, som er medtaget i de regionale beregninger, men altså ikke i de lokale. De akutte effekter er "kun" ca. 10% af de kroniske effekter af SO₄⁻. I tabel 3.4 og tabel 3.5 ses, at træfyrings andel af SO₂ emissionerne er ca. 15-16% af hele SNAP2 i Danmark og kun ca. 2,5% ud af de samlede SO₂ emissioner i hele Danmark.

Mht. emissionsfaktorer for SO₂ for brændeovne, så afhænger emissionen kun af svovlindholdet i træet samt retentionen i asken. Vi har ikke nogen oplysninger omkring forskellig svovlretention for de forskellige teknologier, og

derfor anvender vi én SO₂ emissionsfaktor for træfyring. Emissionsfaktoren er 11 g/GJ.

SO₂ emissioner fra skibe er især blevet reduceret de seneste år. Kravene til svovlindholdet i brændstof til skibe er løbende blevet skærpet. I 2000 var det 2,7%, 1% i 2010 og yderligere nedsat til 0,1% den 1. jan. 2015. På målestationer i Danmark er der målt en reduktion i SO₂ koncentrationerne på omkring 50% fra 2011 til 2015, som for en stor dels vedkommende kan tilskrives denne regulering (Ellermann, 2015). I nærværende modelberegninger for 2013 er der i emissionsopgørelserne for skibe forudsat et svovlindhold på 1%. Svovlemissioner fra skibe forventes derfor at forsætte med at falde og dermed også helbredsomkostningerne for svovl. Dette vurderes dog kun at have mindre indflydelse på enhedsprisen for SO₂ for SNAP2, da denne er bestemt som forholdet med emissioner og koncentration, som ikke ændres. For andre stoffer kan det have større betydning, da svovlindholdet i atmosfæren har betydning for dannelsen af ammoniumsulfat partikler. Hvis der er mindre svovl i luften vil emissioner af ammoniak (gas) i mindre omfang blive omdannet til ammoniumsulfat partikler.

Tabel 2.11. Enhedspriser (kr./kg) for danske brændeovne mv. (SNAP 2) for forskellige danske regioner, forskellige befolknings-tætheder og underopdelt på regionalt bidrag (Danmark og Europa) og lokalt bidrag (under 30 km fra kilder) i 2013.

Region	Befolknings- Tæthed	Reg	Lokal	Reg+Lokal	Reg	Lokal	Reg+Lokal	Regl	Lokal	Regl+Lokal	Regl	Lokal	Reg+Lokal
		NOx	NO _x	NO _x	PM _{2,5}	PM _{2,5}	PM _{2,5}	SO _x	SO _x	SO _x	CO	CO	CO
Hovedstaden	Alle	102	-6	95	292	590	882	149	0	149	0,006	0,012	0,019
Hovedstaden	<100 land	102	-2	100	292	335	627	149	0	149	0,006	0,007	0,014
Hovedstaden	<100 by	102	-1	101	292	247	539	149	0	149	0,006	0,006	0,012
Hovedstaden	100-1500 by	102	-4	98	292	435	727	149	0	149	0,006	0,009	0,016
Hovedstaden	1500-3000 by	102	-6	95	292	662	954	149	0	149	0,006	0,014	0,020
Hovedstaden	>3000 by	102	-10	92	292	1019	1311	149	0	149	0,006	0,021	0,027
Sjælland	Alle	102	-2	100	292	146	438	149	0	149	0,006	0,003	0,009
Sjælland	<100 land	102	0	101	292	81	373	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Sjælland	<100 by	102	-1	101	292	72	364	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Sjælland	100-1500 by	102	-2	100	292	153	445	149	0	149	0,006	0,003	0,010
Sjælland	1500-3000 by	102	-4	98	292	354	646	149	0	149	0,006	0,008	0,014
Sjælland	>3000 by	102	-3	98	292	553	845	149	0	149	0,006	0,012	0,018
Syddanmark	Alle	102	-2	99	292	131	423	149	0	149	0,006	0,003	0,009
Syddanmark	<100 land	102	-1	101	292	78	370	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Syddanmark	<100 by	102	-1	101	292	76	368	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Syddanmark	100-1500 by	102	-2	99	292	135	427	149	0	149	0,006	0,003	0,009
Syddanmark	1500-3000 by	102	-6	96	292	264	556	149	0	149	0,006	0,006	0,012
Syddanmark	>3000 by	102	-8	94	292	428	720	149	0	149	0,006	0,009	0,015
Midtjylland	Alle	102	-2	100	292	125	417	149	0	149	0,006	0,002	0,009
Midtjylland	<100 land	102	-1	101	292	75	367	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Midtjylland	<100 by	102	-1	101	292	69	361	149	0	149	0,006	0,001	0,008
Midtjylland	100-1500 by	102	-2	99	292	141	433	149	0	149	0,006	0,003	0,009
Midtjylland	1500-3000 by	102	-5	96	292	300	592	149	0	149	0,006	0,006	0,013
Midtjylland	>3000 by	102	-8	94	292	525	817	149	0	149	0,006	0,011	0,017
Nordjylland	Alle	102	-2	100	292	90	382	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Nordjylland	<100 land	102	-1	101	292	57	349	149	0	149	0,006	0,001	0,008
Nordjylland	<100 by	102	-1	101	292	53	345	149	0	149	0,006	0,001	0,008
Nordjylland	100-1500 by	102	-2	100	292	103	395	149	0	149	0,006	0,002	0,009
Nordjylland	1500-3000 by	102	-5	97	292	247	539	149	0	149	0,006	0,006	0,012
Nordjylland	>3000 by	102	-5	97	292	457	749	149	0	149	0,006	0,011	0,017
Bornholm	Alle	102	-1	100	292	65	357	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Bornholm	<100 land	102	-1	101	292	25	317	149	0	149	0,006	0,001	0,007
Bornholm	<100 by	102	-1	101	292	26	318	149	0	149	0,006	0,001	0,007
Bornholm	100-1500 by	102	-1	100	292	64	356	149	0	149	0,006	0,002	0,008
Bornholm	1500-3000 by	102	-3	99	292	113	405	149	0	149	0,006	0,003	0,009
Bornholm	>3000 by	102	-3	99	292	259	551	149	0	149	0,006	0,007	0,013
Hele Danmark	Alle	102	-3	99	292	184	476	149	0	149	0,006	0,004	0,010

Der er tidligere gjort et forsimplet forsøg på at skabe enhedspriser afhængig af bystørrelser i forbindelse med et projekt om road pricing omhandlende enhedspriser for emissioner fra vejtransport (Jensen et al., 2010). Selvom vejtransport og brændeovne mv. begge er kilder med lav udslipshøjde har de forskellige enhedspriser, som det fremgår af tabel 4.4. Dette skyldes forskelle i geografisk fordeling af emissioner i forhold til befolkningen. I tidligere vurderinger var enhedspriserne for $PM_{2,5}$ for det regionale bidrag på 190 kr./kg, dvs. lavere end de nuværende beregninger på 292 kr./kg, og lokalskalabidraget var på 297 til 1.260 kr./kg afhængig af bystørrelser, hvor de nuværende beregninger for lokalbidraget siger 25 til 1.019 kr./kg. Niveauerne er derfor af samme omtrentlige størrelse selvom vejtransport og brændeovne mv. ikke er direkte sammenlignelige.

I Bilag 1 er der yderligere informationer om emission, totale eksterne omkostninger mv., som ligger bag enhedspriserne for de forskellige stoffer.

3 Referencer

Andersen, M.S., 2010, Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. Faglig rapport nr. 783, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, <http://www2.dmu.dk/pub/FR783.pdf>

Andersen, M.S. & Brandt, J. 2014: Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energy, Aarhus Universitet, December 2014, 15 s. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2014/Miljoekonomiske_beregningspriser_for_emissioner.pdf

Andersen, M.S., Frohn, L.M., Jensen, S.S., Nielsen, J.S., Sørensen, P.B., Hertel, O., Brandt, J. & Christensen, J. 2004: Sundhedseffekter af luftforurening - beregningspriser, DMU Faglig Rapport Nr, 507,2004, 88 s. http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_Fagrapporter/rapporter/FR507.pdf

Bach, H., Andersen, M.S., Illerup, J.B., Møller, F., Birr-Pedersen, K., Brandt, J., Ellermann, T., Frohn, L.M., Hansen, K.M., Palmgren, F., Nielsen, J.S. & Winther, M. 2006: Vurdering af de samfundsøkonomiske konsekvenser af Kommissionens temastrategi for luftforurening. Faglig rapport nr. 586, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR586.pdf

Brandt, J., Silver, J.D., Christensen, J.H., Andersen, M.S., Bønløkke, J., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B, Kaas, E., Frohn, L.M. 2011: Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System, CEEH Scientific Report No 3, Centre for Energy, Environment and Health Report series. March 2011, pp, 98, ISSN 1904-7495. http://www.ceeh.dk/CEEH_Reports/Report_3/CEEH_Scientific_Report3.pdf

Brandt, J., Silver, J.D., Frohn, L., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B, Skjøth, C. A., Villadsen, H., Zare, A., Christensen, J., H., 2012: An integrated model study for Europe and North America using the Danish Eulerian Hemispheric Model with focus on intercontinental transport. *Atmospheric Environment*, Volume 53, June 2012, pp, 156-176, doi:10.1016/j.atmosenv.2012.01.011.

Brandt, J., Silver, J.D., Christensen, J.H., Andersen, M.S., Bønløkke, J., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B, Kaas, E., Frohn, L.M., 2013a: Contribution from the ten major emission sectors in Europe to the Health-Cost Externalities of Air Pollution using the EVA Model System - an integrated modelling approach, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 13, pp. 7725-7746, 2013, www.atmoschemphys.net/13/7725/2013/, doi:10.5194/acp-13-7725-2013.

Brandt, J., Silver, J.D., Christensen, J.H., Andersen, M.S., Bønløkke, J., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B, Kaas, E., Frohn, L.M., 2013b: Assessment of Past, Present and Future

Health-Cost Externalities of Air Pollution in Europe and the contribution

from international ship traffic using the EVA Model System. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 13, pp. 7747-7764, 2013, www.atmos-chemphys.net/13/7747/2013/, doi:10.5194/acp-13-7747-2013.

Brandt, J., Jensen, S.S., Plejdrup, M.S., 2013c: "Beregning af sundhedseffekter relateret til luftforurening i København og Frederiksberg ved brug af model-systemet EVA". Aarhus Universitet. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi. pp. 46. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 64, <http://dce2.au.dk/pub/SR64.pdf>.

Brandt, J., Christensen, J. H. & Jensen, S.S. 2015. Helbredseffekter af grænseoverskridende luftforurening til og fra Danmark. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 141 <http://dce2.au.dk/pub/SR141.pdf>

Christensen, J.H. 1997: The Danish Eulerian Hemispheric Model - a three-dimensional air pollution model used for the Arctic. *Atmospheric Environment*, 31, 4169-4191.

Ellermann, T., Brandt, J., Hertel, O., Loft, S., Andersen, Z. J., Raaschou-Nielsen, O., Bønløkke, J., Sigsgaard, T., 2014: Luftforureningens indvirkning på sundheden i Danmark - Sammenfatning og status for nuværende viden, Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 96, 154 pp., <http://dce2.au.dk/pub/SR96.pdf>

Ellermann, T. (2015): Effekten af svovlreduktion i skibsbrændstof på koncentrationerne af svovldioxid. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. 2. oktober 2015. 14 s. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2015/Fokuspunkt_SO2_v2_2_.pdf

Finansministeriet, 2013. Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente. faktaark 31, maj, København, Finansministeriet, 2014, Finansredegørelse, København.

Geels, C., Andersson, C. Hänninen, O. Lansø, A. S. Schwarze, P. Brandt, J. 2015: Future Premature Mortality due to Air Pollution in Europe - Sensitivity to Changes in Climate, Anthropogenic Emissions, Population and Building stock. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2015, 12, 2837-2869; <http://www.mdpi.com/1660-4601/12/3/2837>.

Grell, G. A., Dudhia, J., and Stauffer, D. R.: A description of the fifth-generation Penn State/ NCAR mesoscale model (MM5), NCAR Technical Note NCAR/TN-398+STR. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA, 1994.

Jensen, S.S., Ketzler, M. & Andersen, M.S. (2010): Reduktion af sundhedsskadelig luftforurening gennem prisstrukturen for roadpricing. Faglig Rapport fra DMU nr. 770, Aarhus Universitet, <http://www2.dmu.dk/Pub/FR770.pdf>

Jensen, J. 2006: Værdisætning af IQ. Danmarks Miljøundersøgelser: Afdeling for Systemanalyse.

Jensen, S.S., Brandt, J., Ketzler, M., Plejdrup, M. (2013): Kildebidrag til sundhedsskadelig luftforurening i København. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 85 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 57. <http://www2.dmu.dk/Pub/SR57.pdf>.

Jensen, S.S., Brandt, J., Plejdrup, M., Kenneth-Nielsen, O. (2015): Brændeovnes bidrag til luftforurening i København. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 17, august 2015, 21 s. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2015/Braenderoegs_bidrag_til_luftforurening_i_Kbh_revised_ssj_v2.pdf

Møller, F. , Strandmark, L. og Krarup, S. 2010: Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter, København: Miljøministeriet.

OECD, 2006: Cost-benefit analysis and the environment: recent developments. Paris, OECD, 2014: The cost of air pollution: Health impacts of road transport, Paris. <http://www.oecd.org/about/secretary-general/launch-of-oecd-report-the-cost-of-air-pollution-health-impacts-of-road-transport.htm>

Plejdrup, M.S. & Gyldenkerne, S. 2011: Spatial distribution of emissions to air - the SPREAD model. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark, 72 pp. - NERI, Technical Report no. FR823, <http://www.dmu.dk/Pub/FR823.pdf><http://www.dmu.dk/Pub/FR823.pdf>

Pizzol, M., Thomsen, M., Frohn, L.M. & Andersen, M.S., 2010: External costs of atmospheric Pb emissions: valuation of neurotoxic impacts due to inhalation. *Environmental Health* 9:9. <http://www.ehjournal.net/content/9/1/9>

Rabl A. and Peuportier B. 1995. Impact pathway analysis: a tool for improving environmental decision processes. *Environmental Impact Assessment Review* 15:421-442. US Environmental Protection Agency (US EPA), 1998. Regulatory impact analysis of the proposed revisions to the national ambient air quality standards for lead, Washington DC, <http://www.epa.gov/ttnecas1/regdata/RIAs/finalpbria.pdf>

Watkiss, P., Pye, S., and Holland, M.: CAFE CBA: Baseline Analysis 2000 to 2020, Service Contract for Carrying out Cost-Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the clean Air for Europe (CAFE) Programme. April 2005, http://www.cafe-cba.org/assets/baseline_analysis_2000-2020_05-05.pdf (last access: 20 November 2012), 2005.

4 Bilag 1 Baggrundsdata for enhedspriser for brændeovne

PM2,5									
Regional model DEHM for alle Danske kilder. Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger i Europa inkl. Danmark pga. de danske kilder									
Model/Scenario	Emissioner	Befolkningstæthed	Stof emission	Emissions (tons)	Emissions (kg)	Total external Euro	Total external cost DKK	Regional Enhedspris DKK/kg	
DEHM-DK	Hele Danmark	Alle	p25	28471,4	28471450	899481600	6701137920	235	
Regional model DEHM for SNAP2									
DEHM-SNAP2	Hele Danmark SNAP2	Alle	p25	14180,5	14180489	555827200	4140912640	292	100%
	Heraf lokal enhedspris indenfor DK, SNAP2							109	37%
	Heraf regional enhedspris udenfor DK, SNAP2							183	63%
Lokal model UBM i det følgende for SNAP2 opdelt på regioner og befolkningstæthed									
Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger 30 km væk fra kilderne.									
Den samlede enhedspris er summen af det regionale bidrag herover, samt det lokale bidrag.									
Scenario kode	Region	Befolkningstæthed	Stof emission	Emissions (tons)	Emissions (kg)	Total external Euro	Total external cost DKK	Lokal enhedspris DKK/kg	Lokal + regional enhedspris DKK/kg
out_2013_1_1_0:	Hovedstaden	Alle	p25	1761,9	1761895	139466496	1039025395	590	882
out_2013_1_1_1:	Hovedstaden	<100/km rural	p25	92,9	92922	4174848	31102618	335	627
out_2013_1_1_2:	Hovedstaden	<100/km urban	p25	102,6	102605	3404032	25360038	247	539
out_2013_1_1_3:	Hovedstaden	100-1500 urban	p25	776,9	776947	45328128	337694554	435	727
out_2013_1_1_4:	Hovedstaden	1500-3000 urban	p25	446,2	446203	39662336	295484403	662	954
out_2013_1_1_5:	Hovedstaden	>3000 urban	p25	343,2	343218	46965504	349893005	1019	1311
out_2013_1_2_0:	Sjælland	Alle	p25	2737,4	2737400	53606144	399365773	146	438
out_2013_1_2_1:	Sjælland	<100/km rural	p25	679,6	679593	7395072	55093286	81	373
out_2013_1_2_2:	Sjælland	<100/km urban	p25	664,5	664495	6457344	48107213	72	364
out_2013_1_2_3:	Sjælland	100-1500 urban	p25	1039,5	1039541	21348096	159043315	153	445
out_2013_1_2_4:	Sjælland	1500-3000 urban	p25	292,4	292410	13885696	103448435	354	646
out_2013_1_2_5:	Sjælland	>3000 urban	p25	61,4	61362	4556800	33948160	553	845
out_2013_1_3_0:	Syddanmark	Alle	p25	3390,7	3390712	59604224	444051469	131	423
out_2013_1_3_1:	Syddanmark	<100/km rural	p25	933,5	933491	9720832	72420198	78	370
out_2013_1_3_2:	Syddanmark	<100/km urban	p25	617,3	617298	6290944	46867533	76	368
out_2013_1_3_3:	Syddanmark	100-1500 urban	p25	1365,1	1365125	24687104	183918925	135	427
out_2013_1_3_4:	Syddanmark	1500-3000 urban	p25	374,7	374689	13265920	98831104	264	556
out_2013_1_3_5:	Syddanmark	>3000 urban	p25	100,1	100118	5745664	42805197	428	720
out_2013_1_4_0:	Midtjylland	Alle	p25	3914,8	3914808	65655040	489130048	125	417
out_2013_1_4_1:	Midtjylland	<100/km rural	p25	1275,0	1274990	12824832	95544998	75	367
out_2013_1_4_2:	Midtjylland	<100/km urban	p25	779,4	779424	7247104	53990925	69	361
out_2013_1_4_3:	Midtjylland	100-1500 urban	p25	1454,7	1454654	27479040	204718848	141	433
out_2013_1_4_4:	Midtjylland	1500-3000 urban	p25	346,0	346031	13939200	103847040	300	592
out_2013_1_4_5:	Midtjylland	>3000 urban	p25	59,7	59715	4205568	31331482	525	817
out_2013_1_5_0:	Nordjylland	Alle	p25	1880,5	1880471	22717440	169244928	90	382
out_2013_1_5_1:	Nordjylland	<100/km rural	p25	709,7	709716	5439232	40522278	57	349
out_2013_1_5_2:	Nordjylland	<100/km urban	p25	349,9	349909	2501376	18635251	53	345
out_2013_1_5_3:	Nordjylland	100-1500 urban	p25	659,0	659032	9085952	67690342	103	395
out_2013_1_5_4:	Nordjylland	1500-3000 urban	p25	147,6	147647	4901120	36513344	247	539
out_2013_1_5_5:	Nordjylland	>3000 urban	p25	14,2	14169	869376	6476851	457	749
out_2013_1_6_0b	Bornholm	Alle	p25	247,6	247601	2167994	16151555	65	357
out_2013_1_6_1b	Bornholm	<100/km rural	p25	93,8	93807	312998	2331835	25	317
out_2013_1_6_2b	Bornholm	<100/km urban	p25	27,6	27594	96018	715334	26	318
out_2013_1_6_3b	Bornholm	100-1500 urban	p25	82,1	82125	701664	5227397	64	356
out_2013_1_6_4b	Bornholm	1500-3000 urban	p25	24,3	24305	369898	2755740	113	405
out_2013_1_6_5b	Bornholm	>3000 urban	p25	19,8	19771	687616	5122739	259	551
	Hele Danmark	Alle	p25	13932,9	13932887	343217338	2556969168	184	476
								Andel af enhedspris kun indenfor DK	293
								Andel af enhedspris udenfor DK	183
								Total enhedspris DK + udland	476

NOx

Regional model DEHM for alle Danske kilder. Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger i Europa inkl. Danmark pga. de danske kilder

Model/Scenario	Emissioner	Befolkningstæthed	Stof emission	Emissions (tons-NO2)	Emissions (kg-NO2)	Total external Euro	Total external cost DKK	Regional Enhedspris DKK/kg-NO2	
DEHM-DK	Hele Danmark	Alle	nox	103376,6	103376644	2554527744	19031231693	184	
Regional model DEHM for SNAP2									
DEHM-SNAP2	Hele Danmark SNAP2	Alle	nox	5093,8	5093847	69468160	517537792	102	
Heraf lokal enhedspris indenfor DK, SNAP2								5	5%
Heraf regional enhedspris udenfor DK, SNAP2								97	95%

Lokalt model UBM i det følgende for SNAP2 opdelt på regioner og befolkningstæthed.

Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger 30 km væk fra kilderne.

Den samlede enhedspris er summen af det regionale bidrag herover, samt det lokale bidrag.

Scenario kode	Region	Befolkningstæthed	Stof emission	Emissions (tons)	Emissions (kg Euro)	Total external Euro	Total external cost DKK	Lokal enhedspris DKK/kg-NO2	Lokal + regional enhedspris DKK/kg-NO2
out_2013_1_1_0:	Hovedstaden	Alle	nox	828,0	827965	-702304	-5232165	-6,32	95,28
out_2013_1_1_1:	Hovedstaden	<100/km rural	nox	51,9	51880	-12736	-94883	-1,83	99,77
out_2013_1_1_2:	Hovedstaden	<100/km urban	nox	44,5	44472	-5344	-39813	-0,90	100,71
out_2013_1_1_3:	Hovedstaden	100-1500 urban	nox	308,6	308642	-167456	-1247547	-4,04	97,56
out_2013_1_1_4:	Hovedstaden	1500-3000 urban	nox	249,6	249559	-212224	-1581069	-6,34	95,27
out_2013_1_1_5:	Hovedstaden	>3000 urban	nox	173,4	173412	-234080	-1743896	-10,06	91,54
out_2013_1_2_0:	Sjælland	Alle	nox	975,9	975914	-256816	-1913279	-1,96	99,64
out_2013_1_2_1:	Sjælland	<100/km rural	nox	208,4	208430	-10896	-81175	-0,39	101,21
out_2013_1_2_2:	Sjælland	<100/km urban	nox	186,9	186922	-18208	-135650	-0,73	100,87
out_2013_1_2_3:	Sjælland	100-1500 urban	nox	415,3	415299	-94560	-704472	-1,70	99,90
out_2013_1_2_4:	Sjælland	1500-3000 urban	nox	134,9	134887	-70976	-528771	-3,92	97,68
out_2013_1_2_5:	Sjælland	>3000 urban	nox	30,4	30378	-12928	-96314	-3,17	98,43
out_2013_1_3_0:	Syddanmark	Alle	nox	1211,0	1210978	-398544	-2969153	-2,45	99,15
out_2013_1_3_1:	Syddanmark	<100/km rural	nox	296,9	296852	-34512	-257114	-0,87	100,73
out_2013_1_3_2:	Syddanmark	<100/km urban	nox	212,2	212204	-28544	-212653	-1,00	100,60
out_2013_1_3_3:	Syddanmark	100-1500 urban	nox	558,6	558609	-183392	-1366270	-2,45	99,15
out_2013_1_3_4:	Syddanmark	1500-3000 urban	nox	120,6	120553	-96944	-722233	-5,99	95,61
out_2013_1_3_5:	Syddanmark	>3000 urban	nox	22,8	22759	-24640	-183568	-8,07	93,53
out_2013_1_4_0:	Midtjylland	Alle	nox	1307,8	1307763	-349536	-2604043	-1,99	99,61
out_2013_1_4_1:	Midtjylland	<100/km rural	nox	443,7	443680	-50544	-376553	-0,85	100,75
out_2013_1_4_2:	Midtjylland	<100/km urban	nox	220,7	220673	-23200	-172840	-0,78	100,82
out_2013_1_4_3:	Midtjylland	100-1500 urban	nox	525,7	525686	-151520	-1128824	-2,15	99,45
out_2013_1_4_4:	Midtjylland	1500-3000 urban	nox	101,1	101117	-71184	-530321	-5,24	96,36
out_2013_1_4_5:	Midtjylland	>3000 urban	nox	16,6	16606	-16960	-126352	-7,61	93,99
out_2013_1_5_0:	Nordjylland	Alle	nox	632,0	632016	-146032	-1087938	-1,72	99,88
out_2013_1_5_1:	Nordjylland	<100/km rural	nox	273,4	273426	-33760	-251512	-0,92	100,68
out_2013_1_5_2:	Nordjylland	<100/km urban	nox	102,0	102028	-7328	-54594	-0,54	101,07
out_2013_1_5_3:	Nordjylland	100-1500 urban	nox	206,5	206525	-54752	-407902	-1,98	99,63
out_2013_1_5_4:	Nordjylland	1500-3000 urban	nox	44,0	43991	-27904	-207885	-4,73	96,87
out_2013_1_5_5:	Nordjylland	>3000 urban	nox	6,0	6046	-4112	-30634	-5,07	96,53
out_2013_1_6_0b	Bornholm	Alle	nox	69,6	69606	-11815	-88020	-1,26	100,34
out_2013_1_6_1b	Bornholm	<100/km rural	nox	25,4	25429	-2107	-15699	-0,62	100,98
out_2013_1_6_2b	Bornholm	<100/km urban	nox	7,3	7330	-518	-3856	-0,53	101,07
out_2013_1_6_3b	Bornholm	100-1500 urban	nox	26,7	26671	-4867	-36261	-1,36	100,24
out_2013_1_6_4b	Bornholm	1500-3000 urban	nox	5,8	5841	-2373	-17677	-3,03	98,57
out_2013_1_6_5b	Bornholm	>3000 urban	nox	4,3	4334	-1798	-13396	-3,09	98,51
	Hele Danmark	Alle	nox	5024,2	5024242	-1865047	-13894599	-2,77	98,84
Andel af enhedspris kun indenfor DK									2,3
Andel af enhedspris udenfor DK									96,5
Total enhedspris DK + udland									98,8

CO

Regional model DEHM for alle Danske kilder. Enhedspriseme er beregnet som de samlede eksterne omkostninger i Europa inkl. Danmark pga. de danske kilder

Model/Scenario	Emissioner	Befolkningsstæthed	Stof emission	Emissions (tons-CO)	Emissions (kg-CO)	Total external Euro	Total external cost DKK	Regional Enhedspris DKK/kg-CO	
DEHM-DK	Hele Danmark	Alle	co	388509,1	388509074	373984	2786181	0,0072	
Regional model DEHM for SNAP2									
DEHM-SNAP2	Hele Danmark SNAP2	Alle	co	101658,1	101658106	87520	652024	0,0064	100%
	Heraf lokal enhedspris indenfor DK, SNAP2							0,0016	26%
	Heraf regional enhedspris udenfor DK, SNAP2							0,0048	74%
Lokal model UBM i det følgende for SNAP2 opdelt på regioner og befolkningsstæthed									
Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger 30 km væk fra kilderne.									
Den samlede enhedspris er summen af det regionale bidrag herover, samt det lokale bidrag.									
Scenario kode	Region	Befolkningsstæthed	Stof emission	Emissions (tons)	Emissions (kg Euro)	Total external Euro	Total external cost DKK	Lokal enhedspris DKK/kg-CO	Lokal + regional enhedspris DKK/kg-CO
out_2013_1_1_0:	Hovedstaden	Alle	co	11426,3	11426340	18675	139128	0,0122	0,0186
out_2013_1_1_1:	Hovedstaden	<100/km rural	co	785,8	785814	762	5674	0,0072	0,0136
out_2013_1_1_2:	Hovedstaden	<100/km urban	co	737,9	737882	576	4294	0,0058	0,0122
out_2013_1_1_3:	Hovedstaden	100-1500 urban	co	4952,0	4951957	6113	45545	0,0092	0,0156
out_2013_1_1_4:	Hovedstaden	1500-3000 urban	co	2811,2	2811154	5311	39563	0,0141	0,0205
out_2013_1_1_5:	Hovedstaden	>3000 urban	co	2139,5	2139531	5947	44304	0,0207	0,0271
out_2013_1_2_0:	Sjælland	Alle	co	18840,0	18840040	7763	57833	0,0031	0,0095
out_2013_1_2_1:	Sjælland	<100/km rural	co	5270,4	5270385	1278	9523	0,0018	0,0082
out_2013_1_2_2:	Sjælland	<100/km urban	co	4590,6	4590628	1038	7736	0,0017	0,0081
out_2013_1_2_3:	Sjælland	100-1500 urban	co	6775,3	6775282	2988	22260	0,0033	0,0097
out_2013_1_2_4:	Sjælland	1500-3000 urban	co	1823,3	1823269	1866	13905	0,0076	0,0140
out_2013_1_2_5:	Sjælland	>3000 urban	co	380,5	380463	590	4397	0,0116	0,0180
out_2013_1_3_0:	Syddanmark	Alle	co	24676,0	24676030	9055	67458	0,0027	0,0091
out_2013_1_3_1:	Syddanmark	<100/km rural	co	7816,0	7815976	1799	13403	0,0017	0,0081
out_2013_1_3_2:	Syddanmark	<100/km urban	co	4806,1	4806104	1108	8254	0,0017	0,0081
out_2013_1_3_3:	Syddanmark	100-1500 urban	co	9115,8	9115776	3623	26988	0,0030	0,0094
out_2013_1_3_4:	Syddanmark	1500-3000 urban	co	2326,6	2326583	1824	13592	0,0058	0,0123
out_2013_1_3_5:	Syddanmark	>3000 urban	co	611,6	611583	743	5536	0,0091	0,0155
out_2013_1_4_0:	Midtjylland	Alle	co	28941,5	28941510	9368	69793	0,0024	0,0088
out_2013_1_4_1:	Midtjylland	<100/km rural	co	11178,9	11178890	2288	17047	0,0015	0,0079
out_2013_1_4_2:	Midtjylland	<100/km urban	co	5648,4	5648372	1113	8289	0,0015	0,0079
out_2013_1_4_3:	Midtjylland	100-1500 urban	co	9606,2	9606162	3655	27228	0,0028	0,0092
out_2013_1_4_4:	Midtjylland	1500-3000 urban	co	2145,4	2145351	1798	13392	0,0062	0,0127
out_2013_1_4_5:	Midtjylland	>3000 urban	co	362,7	362740	519	3865	0,0107	0,0171
out_2013_1_5_0:	Nordjylland	Alle	co	14397,1	14397130	3744	27893	0,0019	0,0084
out_2013_1_5_1:	Nordjylland	<100/km rural	co	6456,7	6456687	1148	8556	0,0013	0,0077
out_2013_1_5_2:	Nordjylland	<100/km urban	co	2572,2	2572180	423	3148	0,0012	0,0076
out_2013_1_5_3:	Nordjylland	100-1500 urban	co	4364,4	4364448	1341	9989	0,0023	0,0087
out_2013_1_5_4:	Nordjylland	1500-3000 urban	co	914,6	914640	729	5430	0,0059	0,0124
out_2013_1_5_5:	Nordjylland	>3000 urban	co	89,2	89170	131	972	0,0109	0,0173
out_2013_1_6_0b	Bornholm	Alle	co	1688,5	1688528	364	2711	0,0016	0,0080
out_2013_1_6_1b	Bornholm	<100/km rural	co	723,4	723440	60	445	0,0006	0,0070
out_2013_1_6_2b	Bornholm	<100/km urban	co	181,9	181912	16	119	0,0007	0,0071
out_2013_1_6_3b	Bornholm	100-1500 urban	co	514,3	514299	119	885	0,0017	0,0081
out_2013_1_6_4b	Bornholm	1500-3000 urban	co	148,1	148121	58	433	0,00	0,0093
out_2013_1_6_5b	Bornholm	>3000 urban	co	120,8	120756	112	831	0,0069	0,0133
	Hele Danmark	Alle	co	99969,6	99969578	48969	364816	0,0036	0,0101
								Andel af enhedspris kun indenfor DK	0,0053
								Andel af enhedspris udenfor DK	0,0048
								Total enhedspris DK + udland	0,0101

SOx**Regional model DEHM for alle Danske kilder. Enhedspriserne er beregnet som de samlede eksterne omkostninger i Europa inkl. Danmark pga. de danske kil**

Model/Scenario	Emissioner	Befolkningstæthed	Stof emission	Emissions (tons)	Emissions (kg Euro)	Total external cost DKK	Total external cost DKK	Regional Enhedspris DKK/kg-SO2
DEHM-DK	Hele Danmark	Alle	SOx	13675.4	13675367	208863232	1556031078	114
Regional model DEHM for SNAP2								
DEHM-SNAP2	Hele Danmark SNAP2	Alle	SOx	2173.2	2173223	43581440	324681728	149

HELBREDSEFFEKTER OG HELBREDSOMKOSTNINGER FRA EMISSIONSSEKTORER I DANMARK

Rapporten opsummerer eksterne helbredsomkostninger som luftforurening fra alle danske emissionskilder giver anledning til i hhv. Danmark og Europa. Helbredsomkostningerne opgøres separat for hvert luftforurenende stof for hver emissionssektor i Danmark. Hovedresultaterne af en særskilt analyse af brændeovne opsummeres. I rapporten opsummeres desuden de beregnede enhedspriser for de forskellige emissionssektorer og særskilt for brændeovne med højere geografisk differentiering.