

Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 2.0

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 19. juni 2018

Mikael Skou Andersen

Institut for Miljøvidenskab

Rekvirent:
Miljø- og Fødevareministeriet
Antal sider: 13

Faglig kommentering:
Camilla Geels, Steen Solvang Jensen, Berit Hasler og Louise Martinsen
Kvalitetssikring, centret:
Vibeke Vestergaard Nielsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Indledning	3
Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner	4
Resultater	7
Detaljerede resultater for vejtrafik m.v.	11
Referencer	12

Indledning

Emissioner af kemiske stoffer til atmosfæren kan transporteres over lange afstande som luftforurening og medføre helbredseffekter både tæt på kilden (lokale effekter) og op til flere tusinde km væk fra kilden (regionale effekter). De kemiske stoffer bliver transporteret med vinden, og undervejs sker der kemisk omdannelse, samt afsætning på jordoverfladen både via nedbør (våddedeposition) og direkte afsætning (tørdeposition). Den kemiske omdannelse sker, når de emitterede kemiske stoffer reagerer med andre stoffer, som er til stede i atmosfæren. På denne måde omdannes de primært emitterede gasser svovldioxid (SO_2), nitrogenoxider (NO_x) og ammoniak (NH_3) til bl.a. de sekundært dannede partikler svovlsulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+), ligesom der sker en reaktion med den ozon, der stammer fra udledninger i Danmark og i udlandet og som transporteres ind over Danmark med vinden. Der er tale om yderst komplekse relationer mellem de nævnte emissioner og ændringerne i luftens koncentrationer af både primære og sekundære forureningskomponenter. Relationerne er især komplekse, hvor baggrundskemien spiller ind - hvilket fx er tilfældet for både SO_2 , NO_x og NH_3 . Komplexiteten er mindre for udledningen af primære partikler mindre end $2,5 \mu\text{m}$ i diameter, $\text{PPM}_{2.5}$.

De komplekse atmosfæriske forhold kan beskrives og modelleres i regional-skalamodeller som den Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM), jf. Brandt et al., 2013a, afsnit 2.2. DEHM er en luftforureningsmodel, som beregner ændringerne i luftkvaliteten i et lagdelt gitternet bl.a. baseret på emissioner fra EMEP, det Europæiske samarbejde om overvågning af langtransporteret luftforurening. DEHM modellerer både de fysiske og kemiske forhold i atmosfæren og kan beregne for 67 forskellige kemiske stoffer. DEHM er valideret for danske og Europæiske forhold gennem mere end 25 år. Med anvendelse af DEHM, kan man ud fra detaljerede beregninger af time-for-time-variationerne i koncentrationsværdierne nå frem til årsmiddelværdier for de ændringer i luftkvaliteten, som kan henføres til ændringer i udledningen fra de enkelte forureningskilder og/eller emissionssektorer. DEHM beregner luftkvalitetsændringerne i et såkaldt gitternet, hvor hver gittercelle i modelberegningen er $16,6 \text{ km} \times 16,6 \text{ km}$ i udstrækning over Nordeuropa inkl. Danmark, $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ over Europa og $150 \text{ km} \times 150 \text{ km}$ over resten af den nordlige hemisfære. Modellen tager således hensyn til interkontinental transport af luftforurening samt både naturlige og menneskeskabte emissioner. Med dette redskab er det muligt i kombination med GIS-fordelte populationsdata at opgøre ændringer i eksponeringen af den befolkning, som befinder sig i det relevante område.

Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner

EVA er et modelsystem som kan foretage en integreret opgørelse af de eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den atmosfæriske modellering i den Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM) (Brandt et al., 2013a). EVA er en forkortelse for Economic Valuation of Air pollution.

Det sker efter *impact pathway*-metoden, som principielt set består af fire led, jf. Rabl and Peuportier, 1995; OECD, 2014:

- atmosfærisk modellering af årsmiddelværdier for koncentrationsbidragene fra emissioner,
- opgørelse af eksponering 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 sundhedseffekt slutpunkter (eksempelvis pr. mistet leveår, pr. sygedag osv.).

De anvendte eksponerings-respons-funktioner såvel som den økonomiske værdisætning af sundhedseffekt-slutpunkterne fremgår af Tabel A.

Operationaliseringen af eksponerings-respons-relationerne har fulgt anbefalingerne udarbejdet af WHO (2013) til brug for cost-benefit analyser, hvilket har ført til revisioner i forhold tidligere anvendte værdier fra EU publicerede konsekvensanalyser¹ (Bach et al., 2006). Af betydning for resultaterne er, at WHO særskilt har identificeret eksponerings-respons-funktioner for akut mortalitet. De tabte leveår ved kronisk mortalitet² er herefter opgjort netto for akut mortalitet for derved at imødegå eventuelle dobbelttællinger. I forhold til den tidligere udgave af notatet er anvendt en opdateret levetidstabel fra Danmarks Statistik (se Andersen, 2017). Effekter på voksne astmatikere udgår, idet det ikke er medtaget af WHO (2013).

Ved værdisætningen er anvendt en opdateret værdi for statistisk liv på 31,6 mio. kr. som opgjort af Det Økonomiske Råd og anbefalet af Finansministeriet (se Tabel A), hvilket medfører en fordobling af den tidligere værdi i EVA på 15,5 mio. kr., jf. Alberini et al., 2006. Med udgangspunkt i denne værdi for statistisk liv er der ved værdisætningen af tabte statistiske leveår anvendt metoden for 'kronisk VOLY' (se DØRS 2016, s. 68), med en faldende diskonteringsrente jf. Finansministeriets samfundsøkonomiske vejledning (2017). Værdisætningen af morbiditet er revideret på enkelte punkter (Kruse og Hostenkamp, 2016; Mossing og Nielsen, 2005, DRG databasen 2017), herunder er den velfærdsøkonomiske cost-of-illness faktor reduceret fra 1 til 1/2 i overensstemmelse med eksponeringsniveauet i Danmark (Alberini and Krupnick, 2000; Andersen et al., 2004, s. 50).

¹ Se disse for ER-funktionen for primær SO₂.

² Kronisk mortalitet er forårsaget af eksponering over et længere tidsrum, hvorimod akut mortalitet udløses som respons på en kortvarig eksponering.

Under forskningscentret CEEH (Centre for Energy, Environment and Health; <http://www.ceeh.dk>) - som var støttet af Det Strategiske Forskningsråd - blev der udført atmosfæriske modelberegninger med udgangspunkt i emissionerne for 2008, som er lagt til grund her. Der henvises til de publicerede resultater (Brandt et al., 2013a; 2013b).

I forbindelse med udarbejdelsen af nærværende notat er økonomiberegningerne opdateret til prisniveau 2016. En nettoafgiftsfaktor på 1,325 og et skatteforvridningstab på 0,1 er indarbejdet i opgørelsen i forhold til udgifter i sundhedssektoren, og hvor det i øvrigt er relevant, jf. Møller et. al., 2010. Notatet erstatter beregningspriserne i det tidligere notat med samme titel fra 2014 (Andersen og Brandt, 2014).

Tabel A Sundhedseffekter i EVA. De anførte eksponerings-respons-funktioner refererer til årsmiddelværdien for PM_{2.5}.

Sundhedseffekt Slutpunkter	Eksponerings-respons-funktioner	Værdisætning DKK (2016-priser)
MORBIDITET (PM_{2.5})		
Bronkitis (voksne)	7.02E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³	293.863 pr. tilfælde
Indlæggelser		
- åndedrætsbesvær	2.75E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³	74.053 pr. tilfælde
- hjertekarsygdomme	1.93E-5 tilfælde pr. µgm ⁻³	119.194 pr. tilfælde
Lungekræft, morbiditet	1.62E-6 tilfælde pr. µgm ⁻³ (>30 år)	162.502 pr. tilfælde
Astma (9.4%; <19 år) og bronchitis (<18 år) hos børn		
- astma symptomer	4.05E-4 pr. µgm ⁻³	9.873 pr. år
- bronkitis (hoste)	1.37E-3 pr. µgm ⁻³	1.206 pr. år
Sygedage		
- Arbejdsdage (20-65 år)	3.93E-5 dage pr. µgm ⁻³	2.031 pr. dag
- Alle dage, netto	6.9E-2 dage pr. µgm ⁻³	1.105 pr. dag
- MRAD ozon (O ₃ >35ppb)	3.29E-5*SOMO35 dage	584 pr. dag
MORTALITET		
Akut mortalitet		
-PM _{2.5}	1.19E-5 pr. µgm ⁻³ minus SO ₂ /NO ₂	31.600.000
-SO ₂	6.97E-7 pr. µgm ⁻³	31.600.000
-NO ₂	4.29E-6 pr. µgm ⁻³	31.600.000
-PM _{2.5} spædbørn (3-12m)	6.15E-6 pr. µgm ⁻³	47.400.000
-Ozon (O ₃ >35ppb)	2.81E-6*SOMO35 tilfælde pr. µgm ⁻³	31.600.000
Kronisk mortalitet (PM _{2.5})	0.925E-3 YOLL pr. µgm ⁻³ (>30 år)	1.115.000 pr. YOLL

ER-funktioner jf. WHO, 2013. Værdisætning morbiditet jf. Navrud, 2001; Mossing og Nielsen, 2005; Jensen, 2006; Kruse og Hostenkamp, 2016; DRG-databasen, 2017; Danmarks Statistik

Tabel 1 nedenfor viser resultaterne, der fremkommer som overordnet gennemsnit for emissionerne fra dansk område.

Det bemærkes, at emissionerne ikke svarer til den aktuelle opgørelse for år 2008, da der med ny viden (bl.a. om euro-normernes effekt) er sket korrektioner i emissionsopgørelserne siden CEEH modelberegningerne blev gennemført.

Fra modelberegningens datagrundlag (2008) til i dag (2016) er der sket et fald i udledningerne på 24% og 28% for henholdsvis NO_x og PM_{2.5}. En større procentvis reduktion (35%) kan konstateres, når man opgør og sammenligner total skadesomkostningerne i kroner (på basis af de tidligere værdier for statistisk liv m.v.) for hhv. beregningens 2008 og aktuelt (sammenlign Tabel 1 i

Andersen og Brandt, 2014 med Ellermann et al., 2018, s. 75). Den nyere opgørelse vurderes dog at underestimere med op til 25%. Derudover varierer ozondannelsen på grund af meteorologiske forhold mellem årene og kan give ikke-lineære udsving i resultaterne.

Formålet er her at præsentere beregningspriser *pr. kilogram* emission. Som udgangspunkt påvirkes de kun i mindre grad af ændringer i total emissionerne. På grund af ændringerne i emissions opgørelserne og reduktionen i udledningerne, samt i øvrigt de atmosfæriske forhold, må de betragtes som *estimer*, der med disse forbehold kan anvendes ved analyser af værdien af fremtidige reduktioner i luftforureningen (OECD, 2006).

Resultater

De overordnede beregningspriser for emissioner i Danmark (ekskl. skibe og fly) er vist i Tabel 1. De inkluderer effekter på borgere både i Danmark og i nabolandene, idet der sker langtransport af den danske luftforurening. Tabellen angiver endvidere med en procentsats den andel af den danske luftforurening, som har effekter for det danske område alene.

Tabel 1 Eksterne omkostninger ved det marginale koncentrationsbidrag til luftforureningen fra alle danske emissioner ekskl. skibe og fly (SNAP-alle).³

Eksterne omkostninger (Mio. DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}	NH₃/NH₄
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	6.249	25.153	7.759	14.669
Indlæggelser	40	135	51	94
Astmatikere	8	28	11	20
Bronchitis/KOL	146	493	187	76
Sygedage m.v.	716	2412	387	1.688
Lungekræft (morbidity)	7	22	8	15
Akut mortalitet	3.646	12.287	4.399	7.642
Sum	10.813	40.430	12.801	4.204
Heraf på dansk område	10%	13%	41%	17%
Emissioner (tons)	19.640	151.766	28.400	73.181
Beregningspris (DKK₂₀₁₆ pr. kg)	551	267	451	331

Sektorspecifikke estimater for de marginale eksterne omkostninger er grupperet efter SNAP-koder 1-10. Resultaterne er vist nedenfor, dog undtaget SNAP5 og SNAP6 som ikke kan opgøres særskilt med tilstrækkelig sikkerhed.

Tabel 2 Emissionssektorer efter SNAP klassifikationen hos EMEP-CORINAIR.

SNAP sektor 1	Energisektoren
SNAP sektor 2	Ikke-industriel forbrænding (primært husholdninger)
SNAP sektor 3	Fremstillingsvirksomhed
SNAP sektor 4	Industrielle processer
SNAP sektor 5	Flygtige emissioner fra olie og gas
SNAP sektor 6	Anvendelse af opløsningsmidler og andre produkter
SNAP sektor 7	Vejtransport
SNAP sektor 8	Ikke-vejpgående transport og maskiner
SNAP sektor 9	Affaldshåndtering
SNAP sektor 10	Landbrug

³ PM_{2.5} betegner i denne og de følgende tabeller alene den primære emission af den totale PM_{2.5}. Den primære del af PM_{2.5} indbefatter black carbon (BC), organisk kulstof (OC) og mineralsk støv. De sekundært dannede partikler (SO₄²⁻, NO₃⁻ og NH₄⁺) henregnes ofte til den totale PM_{2.5}, men de er her opgjort særskilt. Emissioner af NO_x påvirker ozon (O₃) og fører desuden til dannelsen af NO₃⁻-partikler.

Tabel 3 Marginale eksterne omkostninger i energisektoren (SNAP1).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	692.168	2.813.309	112.813
Indlæggelser	4.442	16.429	727
Astmatikere	927	3.427	151
Bronchitis/KOL	16.221	60.016	2.658
Sygedage m.v.	79.379	293.672	13.006
Lungekræft (morbidity)	720	2.666	118
Akut mortalitet	460.932	1.409.386	63.014
Sum	1.254.790	4.598.905	192.487
Heraf på dansk område	10%	10%	15%
Emissioner (tons)	6.600	32.496	640
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	190	142	301

Tabel 4 Marginale eksterne omkostninger i ikke-industriell forbrænding (primært husholdninger) (SNAP2).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	648.618	1.715.535	5.312.879
Indlæggelser	4.173	6.370	34.647
Astmatikere	870	1.327	7.199
Bronchitis/KOL	15.250	23.319	127.373
Sygedage m.v.	74.636	114.125	623.196
Lungekræft (morbidity)	678	1.036	5.656
Akut mortalitet	447.484	758.734	3.004.869
Sum	1.191.711	2.620.445	9.115.820
Heraf på dansk område	20%	15%	37%
Emissioner (tons)	4.320	8.247	20.380
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	276	318	447

Tabel 5 Marginale eksterne omkostninger ved fremstillingsvirksomhed (SNAP3).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	669.467	1.958.721	225.858
Indlæggelser	4.301	11.225	1.457
Astmatikere	898	2.342	304
Bronchitis/KOL	15.706	41.027	5.328
Sygedage m.v.	76.863	200.821	26.081
Lungekræft (morbidity)	698	1.822	490
Akut mortalitet	423.221	975.978	5.328
Sum	1.191.154	3.191.937	385.616
Heraf på dansk område	12%	12%	17%
Emissioner (tons)	5.420	19.583	1.230
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	220	163	314

Tabel 6 Marginale eksterne omkostninger ved industrielle processer (SNAP4).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	265.818	886.719	223
Indlæggelser	1.709	2.079	1
Astmatikere	357	431	0
Bronchitis/KOL	6.248	7.660	5
Sygedage m.v.	30.562	37.529	25
Lungekræft (morbidity)	277	340	0
Akut mortalitet	165.674	359.194	122
Sum	470.645	1.293.952	376
Heraf på dansk område	17%	n/a ⁴	n/a
Emissioner (tons)	800	33	0
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	588	n/a	n/a

Tabel 7 Marginale eksterne omkostninger ved vejtransport (SNAP7).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	20.153	5.409.065	1.384.105
Indlæggelser	125	37.226	9.145
Astmatikere	26	7.766	1.890
Bronchitis/KOL	452	136.013	33.906
Sygedage m.v.	2.211	665.539	165.863
Lungekræft (morbidity)	20	6.041	1.506
Akut mortalitet	41.300	2.871.070	793.384
Sum	64.288	9.132.719	2.389.800
Heraf på dansk område	0%	8%	58%
Emissioner (tons)	80	60.983	3.380
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	804	150	707

Tabel 8 Marginale eksterne omkostninger ved ikke-vejgående transport og maskiner (SNAP8).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	98.555	2.894.417	452.064
Indlæggelser	637	16.590	2.970
Astmatikere	133	3.463	616
Bronchitis/KOL	2.331	60.528	10.949
Sygedage m.v.	11.407	296.296	53.585
Lungekræft (morbidity)	104	2.690	486
Akut mortalitet	99.838	1.441.163	257.617
Sum	213.006	4.715.146	778.287
Heraf på dansk område	31%	6%	47%
Emissioner (tons)	1.080	30.064	1.430
Beregningspris (DKK ₂₀₁₆ pr. kg)	197	157	544

⁴ Her kan i stedet anvendes beregningsprisen anført i Tabel 1.

Tabel 9 Marginale eksterne omkostninger ved affaldshåndtering (SNAP9).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	SO₂/SO₄	O₃/NO₃	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	189.489	27.581	4.927
Indlæggelser	1.218	66	32
Astmatikere	254	14	7
Bronchitis/KOL	4.460	239	116
Sygedage m.v.	21.758	1.172	568
Lungekræft (morbiditet)	197	10	5
Akut mortalitet	116.375	11.143	2.753
Sum	333.737	40.225	8.407
Heraf på dansk område	13%	5%	15%
Emissioner (tons)	1.320	296	20
Beregningspris (DKK₂₀₁₆ pr. kg)	253	136	420

Tabel 10 Marginale eksterne omkostninger i landbrug (SNAP10).

Eksterne omkostninger (1000 DKK₂₀₁₆)	NH₃/NH₄	PM_{2.5}
Kronisk mortalitet (tabte leveår)	14.668.617	235.240
Indlæggelser	94.450	1.535
Astmatikere	19.700	320
Bronchitis/KOL	76.238	2.658
Sygedage m.v.	1.688.109	27.513
Lungekræft (morbiditet)	15.324	250
Akut mortalitet	7.641.503	133.140
Sum	24.203.940	400.656
Heraf på dansk område	17%	38%
Emissioner (tons)	73.180	1260
Beregningspris (DKK₂₀₁₆ pr. kg)	331	318

Detaljerede resultater for vejtransport

Ved luftforureningskilder i vejtrafikken ledes emissionerne ikke så hurtigt bort fra de eksponerede personer som ved punktkilder med afkast i større højde. Særligt i bymæssig bebyggelse betyder den kraftigere eksponering, at der er større eksterne omkostninger knyttet til emissionerne.

I bymæssig bebyggelse præges den atmosfæriske transport i gaderummet og dets udformning. Eksponeringen kan beskrives meget detaljeret i modeller, som tager højde for variationerne i gaderummet og bebyggelsen. Til brug for en mere generel opgørelse over eksterne omkostninger er det imidlertid ikke hensigtsmæssigt at foretage meget præcise og strengt lokale gaderumsberegninger. I stedet er den lokale beregning baseret på den lidt mere overordnede UBM-model, som beregner bidraget til bybaggrund. UBM er en forkortelse for Urban Background Model.

Den atmosfæriske modellering herfra er som for tidligere beregningspriser lagt til grund for opgørelsen af lokalskala-tillægget til de eksterne omkostninger.

Den kemiske transformation fra primære til sekundære stoffer tager en vis tid, og derfor sker eksponeringen for sekundære kemiske stoffer, særligt NO_3 og SO_4 , i en vis afstand fra selve udledningen, dvs. vejtrafikken. Derimod kan de primære emissioner af særligt $\text{PM}_{2.5}$ men også SO_2 samt nitrogendioxid (NO_2) resultere i et mærkbart bidrag til årsmiddelværdierne i det lokale byrum. Forklaringen herpå er, at udledningerne fra vejtrafikken sker i lav højde.

For at kunne differentiere de eksterne omkostninger ved vejtrafikens bidrag til luftforureningen på dansk område er tillæg opgjort som vist i Tabel B. Tillæggene er opgjort ved at lægge de atmosfæriske beregninger fra DCE's videnskabelig rapport nr. 57 til grund (Jensen et al., 2013). Koncentrationsbidraget pr. ton fra vejtrafikens lokale emissioner opgjort i SPREAD (se Plejdrup og Gyldenkerne, 2011) er beregnet for København-Frederiksberg. På grundlag af værdisætningen (se Tabel A) beregnes dernæst en omkostning pr. person pr. $\mu\text{g m}^{-3}$, som multipliceres med dette bidrag, hvorved værdierne i Tabel B fremkommer. Tillæg for øvrige byområder er estimeret ud fra lokal befolkningstæthed og tager ikke højde for evt. forskelle i atmosfærekemi m.v.

Tabel B Lokalt eksponeringstillæg ved vejtransport og andre emissioner nær terræn.

Eksterne omkostninger^a	$\text{PM}_{2.5}$	SO_2	NO_2/NO_x
DKK₂₀₁₆ pr. kg			
Tillæg København/Frederiksberg	1607	52	140
Tillæg Aarhus by	567	18	49
Tillæg Aalborg by	231	8	20
Tillæg by (~50.000 indb.)	85	3	7

^a på dansk område

For emissioner fra andre kilder nær terræn i byzone (eksempelvis brændeovne og diesellokomotiver) kan tillæggene i Tabel B anvendes som et tilnærmet udtryk for de eksterne omkostninger.

Referencer

Alberini, A., Hunt, A., Markandya, A., 2006. Willingness to pay to reduce mortality risks: evidence from a three-country contingent valuation study. *Environmental and Resource Economics* 33, 251-264.

Alberini, A. and Krupnick, A., 2000. Cost-of-illness and willingness-to-pay estimates of the benefits of improved air quality. *Land Economics*, 76(1) pp. 37-53.

Andersen, M.S., 2017. Co-benefits of climate mitigation: Counting statistical lives or life-years? *Ecological Indicators* (79)11-18.

Andersen, M.S. og Brandt, J., 2014. Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. Notat fra DCE. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, pp. 14.

Andersen, M.S. and Clubb, D.O., 2013. Understanding and accounting for the costs of inaction, in D. Gee et. al., eds., *Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation*, European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

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. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 507: 85 s.

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. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 586: 90 s.

Brandt, J., J. D. Silver, J. H. Christensen, M. S. Andersen, J. Bønløkke, T. Sigsgaard, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, E. Kaas and L. M. Frohn, 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. www.atmos-chem-phys.net/13/7725/2013/, doi:10.5194/acp-13-7725-2013.

Brandt, J., J. D. Silver, J. H. Christensen, M. S. Andersen, J. Bønløkke, T. Sigsgaard, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, E. Kaas and L. M. Frohn, 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.

DØRS, 2016: Økonomi og miljø 2016. København.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzler, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S., 2018 (in press). The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2017. *Scientific Report from DCE*, Aarhus University, Danish Centre for Environment and Energy.

- Finansministeriet, 2017. Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. København.
- Jensen, J., 2006. Omkostninger ved et typisk tilfælde af kronisk bronkitis. Notat. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Jensen, S.S., Brandt, J., M. Ketznel og M. S. Plejdrup, 2013. Kildebidrag til sundhedsskadelig luftforurening i København. *Videnskabelig rapport fra DCE nr. 57*. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, pp. 46.
- Kruse, M., og Hostenkamp, G., 2016. De samfundsøkonomiske omkostninger ved kræft. COHERE, Center for Sundhedsøkonomisk Forskning, Syddansk Universitet.
- Mossing, R. og Nielsen, G.D., 2005. De samfundsøkonomiske omkostninger ved astma i Danmark. *Ugeskrift for Læger* nr. 26.
- Møller, F, Strandmark, L og Krarup, S 2010. Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter, København: Miljøministeriet.
- Navrud, S. 2001: Valuing Health Impacts from Air Pollution in Europe, *Environmental and Resource Economics* 20: 305-329.
- OECD, 2006: Cost-benefit analysis and the environment: recent developments, Paris.
- OECD, 2014. The cost of air pollution: Health impacts of road transport, Paris.
- Pearce, D.W., Dubourg, R., Day, B., Atkinson, G., Navrud, S., Ready, R., Kuik, O., Spanincks, F., Labandeira-Villot, X., Vasques Rodrigues, M., Machado, F, & Mourato, S. 1998. Benefit Transfer and the Economic Valuation of Environmental Damage in the European Union with Special Reference to Health, Final Report: Summary, Final Report, Annexes, CEC, DGXII, Brussels.
- Plejdrup, M., and Gyldenkerne, S., 2011. Spatial distribution of emissions to air - the SPREAD model, Technical report no. 823 from NERI, Aarhus University: National Environmental Research Institute.
- Rabl A and Peuportier B, 1995. Impact pathway analysis: a tool for improving environmental decision processes, *Environmental Impact Assessment Review* 15:421-442.
- Rowe, R.D, Lang, C.M, Chestnut, L.G., Latimer, D., Rae, D.A., Bernow, S.M. & White, D.E., 1995. The New York Electricity Externality Study Vol. I + II, Oceana Publications Inc.
- WHO, 2013. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Health risks of air pollution in Europe - HRAPIE project. Copenhagen.