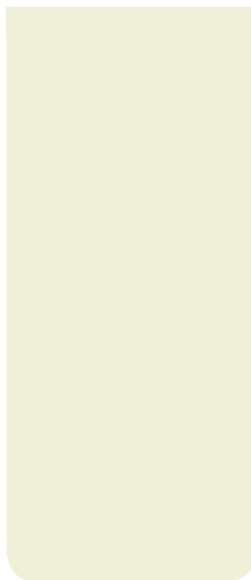


2016



Sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo

Gunn Marit Aasvang

Marit Låg

Per Schwarze

Sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo

Gunn Marit Aasvang

Marit Låg

Per Schwarze

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt
Område for smittevern, miljø og helse
September 2016

Tittel:

Sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo

Forfattere:

Gunn Marit Aasvang
Marit Låg
Per Schwarze

Bestilling:

Rapporten kan lastes ned som pdf
på Folkehelseinstituttets nettsider: www.fhi.no

Grafisk designmal:

Per Kristian Svendsen og Grete Sømmer

Layout omslag:

Unni Harsten

Foto omslag:

Colourbox

ISBN 978-82-8082-764-7

Forord

Arbeidet i denne rapporten er et oppdrag fra Statens vegvesen i forbindelse med revisjon av verdsetting av luftkvalitet. Oppdraget var å bidra til at helsevirkninger av luftforurensning i større grad kan inkluderes i fremtidig økonomisk verdsetting av luftforurensning. Folkehelseinstituttet (FHI) har gjennomført beregninger av sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo. Estimerer på for tidlige dødsfall, helsetap og tapte leveår som tilskrives luftforurensning presenteres og diskuteres i denne rapporten.

Arbeidet er gjennomført ved avdeling for luftforurensning og støy av seniorforskerne Gunn Marit Aasvang og Marit Låg samt avdelingsleder Per Schwarze. En stor takk rettes til leder for senter for sykdomsbyrde ved FHI, Stein Emil Vollset, for gode innspill til arbeidet.

Oslo, august 2016



Toril Attramadal

Fagdirektør

Område for smittevern, miljø og helse

Innhold

Forord	3
Innhold	4
Sammendrag	5
English summary	5
Bakgrunn og oppdrag	6
Metode	6
Hva er sykdomsbyrde?	6
Eksponeringsbasert metode	7
Fordeling av eksponering for luftforurensning	7
Sammenheng mellom nivåer av luftforurensningskomponenter og helse	8
Data på prevalens av helseutfall	9
Beregning av tilskrivbar andel	10
Resultater	10
Sykdomsbyrde som følge av langtidseksponering for PM _{2,5}	10
Hjerte-kardødelighet	10
Dødelighet som følge av lungesykdommer	11
Helsetap som følge av alvorlig plage av luftforurensning	12
Sykdomsbyrde som følge av korttidseksponering for PM ₁₀	13
Vurdering av helsetap som skyldes luftforurensning	14
Summert sykdomsbyrde som følge av luftforurensning	16
Diskusjon av foreliggende sykdomsbyrdeestimer	17
Referanser	19
VEDLEGG	20

Sammendrag

Luftforurensning er forbundet med økt sykkelighet og dødelighet knyttet til hjerte-kar og luftveissykdommer. Økonomisk verdsetting av luftforurensning har i liten grad inkludert helsevirkningene av luftforurensning. I dette arbeidet, som var et oppdrag fra Statens vegvesen, har Folkehelseinstituttet beregnet sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo. Dette arbeidet vil bidra til et bedre grunnlag for å inkludere helsevirkningene i fremtidig verdsetting av luftforurensning.

Sykdomsbyrde ble beregnet i form av helsetapsjusterte leveår - DALY (*Disability-Adjusted Life Years*). I tillegg er antall for tidlige dødsfall beregnet. Som grunnlag for beregningene er det benyttet estimerte eksponeringsnivåer av svevestøvkomponentene PM_{2,5} og PM₁₀ for Oslos befolkning for året 2013. Beregningene av eksponering er gjennomført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU). Videre er det benyttet dødelighetsdata fra dødsårsaksregisteret (DÅR) og data på forventet gjenstående levetid fra Statistisk sentralbyrå (SSB). Beregningene av sykdomsbyrde er basert på forskningsbaserte risikofunksjoner for sammenhenger mellom luftforurensning og helseutfall. FHI har i stor grad benyttet anbefalte risikofunksjoner for beregning av tapte leveår som beskrevet av Verdens helseorganisasjon (WHO).

Det er gjennomført separate beregninger for korttidseksponering for PM₁₀ og langtids-eksponering for PM_{2,5}. De beregnede sykdomsbyrdeestimatene for PM₁₀ og PM_{2,5} kan ikke summeres da dette vil innebære dobbelttelling. Beregninger av sykdomsbyrde viser at luftforureningskomponenten PM_{2,5} bidrar med 2 674 DALY per år i Oslo, hvor både helsetap og tapte leveår inngår. Beregnet som rate, blir dette 424 DALY per 100 000. Tapte leveår som følge av dødelighet knyttet til hjerte-kar og luftveissykdommer utgjør størstedelen av estimert DALY. Alvorlig plagethet som følge av luftforurensning har dannet grunnlag for beregning av helsetap, og estimatene viser at helsetapet bidrar med om lag en tredjedel av total DALY.

Det er usikkerhet knyttet til slike beregninger, og spesielt til beregninger av helsetapet. Basert på vurderinger som er gjort her er det rimelig å anta at helsetapet utgjør et sted mellom 5 og 35 % av total sykdomsbyrde fra luftforurensning.

English summary

Air pollution is associated with increased morbidity and mortality. The health impact has not sufficiently been considered in economic valuation of air pollution. In this work, commissioned by the Norwegian Public Roads Administration, the Norwegian Institute of Public Health (NIPH) has estimated the burden of disease from air pollution in Oslo. The result of this work is intended to provide a better basis for inclusion of the health effects in future economic valuation of air pollution in Norway.

The burden of disease from air pollution is estimated as Disability Adjusted Life Years (DALY). The Norwegian Institute of Air Research provided estimated levels of air pollution for the population of Oslo for the year 2013. Data on deaths, causes of deaths and data on life expectancy are obtained from the Norwegian Cause of Death Registry and Statistics Norway. The burden of disease estimations are further based on scientifically assessed risk functions for the association between air pollution components and health outcomes.

DALYs are presented for short-term and long-term health effects attributable to the air pollution components PM₁₀ and PM_{2.5}, respectively. These DALYs cannot, however, be summarised due to double counting. The burden of disease estimations demonstrate that PM_{2.5} contribute to 2 674 DALYs per year in Oslo, or given as a rate 424 DALYs per 100 000. Years of life lost constitutes the major part of the total estimated DALYs, whereas health loss, here estimated as severe annoyance due to air pollution, constitutes one third of the estimated health burden.

There are uncertainties to these estimations, in particular to the estimated health loss due to air pollution. Based on thorough considerations, it is reasonable to assume that the health loss contribute somewhere between 5% and 35% to the total health burden due to air pollution.

Bakgrunn og oppdrag

I forbindelse med Statens Vegvesens (SVV) arbeid med revisjon av Håndbok v712 (tidligere Håndbok 140), var det behov for en oppdatering av verdsetting av luftkvalitet. Helsevirkninger av luftforurensning har ikke i tilstrekkelig grad vært inkludert i denne verdsettingen. I forbindelse med dette arbeidet fikk Folkehelseinstituttet (FHI) høsten 2015 i oppdrag av Statens Vegvesen (SVV) å beregne sykdomsbyrde som følge av luftforurensning.

FHI skulle være med å avklare:

- Hvilke forurensningskomponenter som skal inngå i beregningene (NO₂, NO_x, PM₁₀ og PM_{2,5}).
- Hvilke midlingstid som skal benyttes for de inkluderte luftforurensningskomponentene.
- Hvilke parametere som skal beregnes (DALY, VSL, VOLY).

Arbeidet i denne rapporten skal gi et grunnlag for økonomisk verdsetting av luftforurensning i samarbeid med Helsedirektoratet og Miljødirektoratet.

Metode

En rekke studier har vist at luftforurensning er forbundet med økt sykkelighet og dødelighet knyttet til hjerte-kar og lungesykdommer (Brook m.fl., 2010; Krewski m.fl., 2009; Pope m.fl., 2002). På bakgrunn av forskningsbasert kunnskap om luftforurensningskomponenter og helseutfall, ble det valgt å begrense beregning av sykdomsbyrde til svevestøvkomponentene PM_{2,5} og PM₁₀.

For PM_{2,5} er det funnet langtidseffekter på helse og dødelighet (FHI, 2013), og for denne komponenten ble det derfor valgt å benytte årsmiddelverdier. For PM₁₀ er det rapportert effekter av episoder av økte nivåer (FHI, 2013). På bakgrunn av dette ble det valgt å inkludere døgnmiddel av PM₁₀ som grunnlag for beregningene.

FHI har valgt å beregne sykdomsbyrde i form av DALY (*Disability-Adjusted Life Years*). Dette målet er ment å inkludere både *helsetap* og *tapte leveår*, og har vært benyttet i en rekke år av Verdens helseorganisasjon (WHO) som mål på sykdomsbyrde. Dette er nå videreført i det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (*Global Burden of Disease study*, GBD) i regi av Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) ved Universitetet i Washington. Det nyetablerte senteret for sykdomsbyrde ved FHI er i stor grad involvert i GBD, og har nylig presentert sykdomsbyrde for den norske befolkning i form av DALY (FHI, 2016). Dette målet på sykdomsbyrde beskrives nærmere nedenfor.

Det ble besluttet å begrense beregningene geografisk til Oslo, hvor man har tilstrekkelig gode data på eksponering for luftforurensning. Metoden kan også benyttes på andre populasjoner i andre geografisk avgrensede områder.

Hva er sykdomsbyrde?

Det er i hovedsak fire mål på sykdomsbyrde: antall dødsfall, tapte leveår (*Years of Life Lost*, YLL), helsetap (*Years Lived with Disability*, YLD), samt summen av de to sistnevnte som er de helsetapsjusterte leveårene nevnt ovenfor (DALY). DALY som måleenhet på sykdomsbyrde, er således et samlemål på tap av leveår ved dødsfall og helsetap ved sykdommer eller skader man lever med og lider av. Sykdomsbyrde defineres i form av *helsetap og tapte leveår*, og ikke etter hvorvidt sykdommene påvirker for eksempel inntekt, helsetjenestebruk eller produktivitet (FHI, 2016).

Tapte leveår (YLL) er et mål på dødelighet hvor et dødsfall tillegges større vekt jo tidligere det skjer i livet. Vekten som er valgt er antall forventede, gjenstående leveår når dødsfallet inntraff, beregnet etter en referanse-dødelighetstabell. Sykelighet mens man er i live måles som *helsetap* (YLD), som er produktet av sykdomsforekomst (prevalens) i befolkningen og sykdommens helsetapsvekt. Helsetapsvekten er et tall mellom 0 («helt frisk») og 1 («død») som uttrykker størrelsen på helsetapet som er forbundet med sykdommen eller skaden. Sykdomsbyrde målene beregnes for ett kalenderår.

Eksponeringsbasert metode

For å beregne sykdomsbyrde som følge av luftforurensning har FHI brukt standard metodikk, en såkalt eksponeringsbasert tilnærming («*Pollutant-based approach*»). Denne innebærer følgende trinn:

- Estimere fordeling av nivåer av eksponering for luftforurensning i gitt populasjon.
- Finne frem til forskningsbaserte estimater på risikofaktorenes virkning på sykdom og/eller dødsfall, som regel i form av relativ risiko (RR) per enhet av eksponering, for hvert utfall. Slike estimater skal være justert for mulige konfunderende faktorer.
- Hente ut data på prevalens av relevante helseutfall og dødsfall i gitt populasjon.
- Estimere tilskrivbar andel av sykdom og død som kan skyldes eksponeringen.
- Beregne sykdomsbyrde (for tidlig dødsfall, tapte leveår og helsetap) i gitt befolkning.

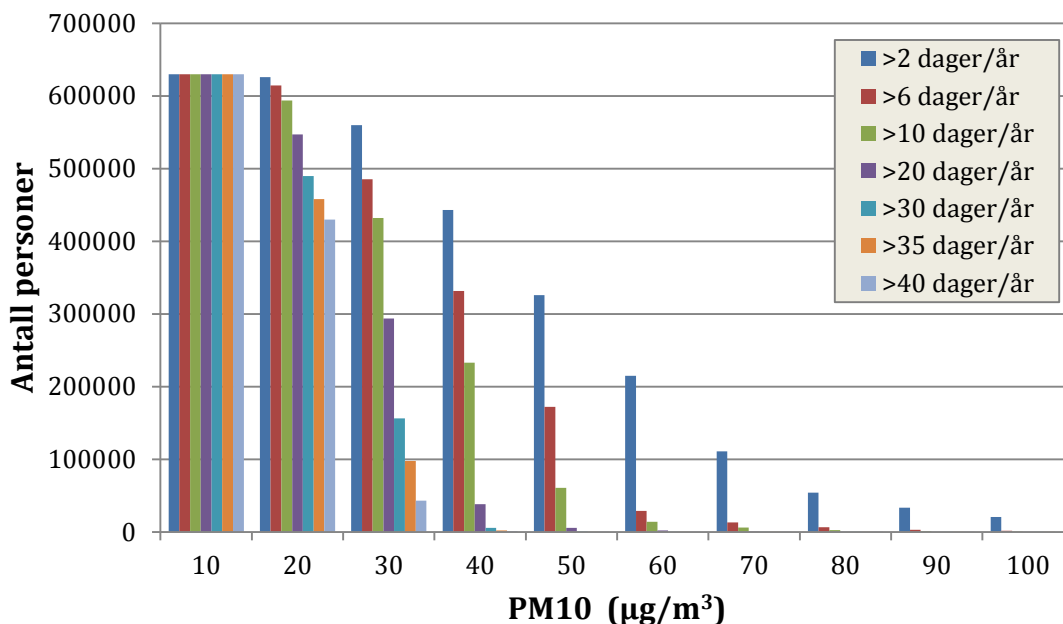
Fordeling av eksponering for luftforurensning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har beregnet eksponering for luftforurensningskomponentene PM_{2,5} og PM₁₀ for Oslos befolkning for året 2013 ved hjelp av spredningsmodellen EPISODE. Denne modellen kombinerer informasjon om den regionale forurensningen med kunnskap om den lokale forurensningen fra punktkilder og vegtrafikken. Modellen tar hensyn til reell meteorologi (hvilken veg vinden blåser, inversjoner mm.) og beregner forurensningen fra time til time. Tabell 1 viser data gitt av NILU for Oslobefolkningens eksponering for årsgjennomsnittlige nivåer av PM_{2,5}.

Tabell 1. Fordeling av eksponering for PM_{2,5} (årsmiddel) for befolkningen i Oslo 2013. Antall og andel personer eksponert for ulike nivåer av PM_{2,5} (Kilde, NILU).

PM _{2,5} (µg/m ³)	Antall personer	Andel personer
<=4	0	0
4-6	8 589	0,014
6-8	228 121	0,362
8-10	296 760	0,471
10-12	95 984	0,152
12-14	103	0,000
14-16	22	0,000
16-	14	0,000

Figur 1 nedenfor viser en oversikt over totalt antall personer som er eksponert for mer enn et gitt antall dager over gitte døgnmiddelnivåer av PM10 for Oslos befolkning i 2013.



Figur 1. Total oversikt over estimerte nivåer av PM10 for Oslos befolkning i 2013. Antall personer eksponert for et gitt antall dager over et gitt nivå av PM10. (Kilde: NILU).

Til sykdomsbyrdeberegningene er det valgt å benytte data på hvor stor andel av befolkningen som er utsatt for mer enn 2 døgn av PM10 ved ulike konsentrasjonsintervaller, dvs. de blå søylene i figur 1, men inndelt i kategorier 10-20, 20-30 osv., og ikke totalt antall eksponert over et gitt nivå som vist i figur 1. Oversikt over antall og andel av befolkningen utsatt for mer enn 2 dager av PM10 i ulike konsentrasjonsintervaller som benyttet i sykdomsbyrdeberegningene er vist i tabell 2.

Tabell 2. Fordeling av eksponering for PM10. Antall og andel personer utsatt for mer enn 2 dager av ulike nivåer (xx (µg/m³)) av PM10 for befolkningen i Oslo 2013 (Kilde, NILU)

PM10 (µg/m ³) > 2 dager	Antall personer	Andel personer
10-20	3 540	0,0056
20-30	66 489	0,1056
30-40	116 425	0,1849
40-50	117 152	0,1861
50-60	111 130	0,1765
60-70	104 096	0,1653
70-80	56 617	0,0899
80-90	20 767	0,0330
90-100	12 688	0,0202
100 -	20 689	0,0329

Sammenheng mellom nivåer av luftforurensningskomponenter og helse

Helseeffekter av svevestøv er observert både i eksperimentelle studier av mennesker og dyr og i befolkningsstudier (FHI, 2013). Luftforurensning utendørs (svevestøv) kan utløse og forverre sykdommer, først og fremst i luftveiene og i hjerte- og karsystemet (WHO, 2000, 2006). Nyere

studier indikerer at helseeffektene ser ut til å inntreffe ved lavere konsentrasjoner enn tidligere kunnskap ga holdepunkter for (FHI, 2013). Mange luftforurensningskomponenter utløser de samme helseeffektene og virker trolig sammen. Videre tyder kunnskapen på at korte opphold (timer/døgn) i forurenset luft forverrer eksisterende hjerte- og lungesykdommer, mens langvarig eksponering (måned/år) kan bidra til utvikling av sykdom (FHI, 2013). Både korttids- og langtidseksponeringer viser sammenheng med dødelighet og redusert helse, men risikoen for sykdom og død er høyere ved langvarig eksponering enn ved kortvarig eksponering (FHI, 2013). I tillegg er det vist at eksponering for luftforurensning gir ubehag og plager. Opplevd plage på grunn av luftforurensning er vist å øke med økende nivåer av NO₂, PM10 og PM2,5 (Amundsen m.fl., 2008).

På bakgrunn av forskningsbasert kunnskap og tilgjengelighet til data på sykdom/dødsfall for Oslos befolkning er følgende helseutfall (og sykdomsbyrdemål) inkludert i beregningene:

For PM10 (korttidseksponering):

- All død minus voldsom død (dødsfall og tapte leveår (YLL))

For PM2,5 (langtidseksponering):

- Hjerte-kardød (dødsfall og tapte leveår (YLL))
- Død som skyldes sykdom i luftveiene inkludert lungekreft (dødsfall og tapte leveår (YLL))
- Alvorlig plage som følge av luftforurensning (helsetap (YLD))

FHI har i stor grad benyttet anbefalte risikofunksjoner for beregning av tapte leveår som beskrevet i WHO rapporten *Environmental Burden of Disease Series, NO. 5. Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*. (Ostro, 2004). (Vedlegg, tabell 1). Disse estimatene er justert for mulige konfunderende faktorer. Det er fortsatt usikkerhet knyttet til formen på eksponerings-responsammenhengene for luftforurensning og dødelighet, og både lineære og supralineære¹ sammenhenger er foreslått (Nasari m.fl., 2016). FHI har benyttet en log-linear sammenheng som tidligere anbefalt (Ostro, 2004). Studier har i all hovedsak vært gjennomført i områder med luftforurensningsnivåer (PM2,5) mellom 5 og 30 µg/m³ (Burnett m.fl., 2014). For å unngå å overestimere effekter ved svært høye nivåer, som kan forekomme i enkelte byer i verden, er det i de senere år utviklet en såkalt integrert eksponerings-responsfunksjon (Burnett m.fl., 2014), og det er denne som siden er benyttet i det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (Forouzanfar m.fl., 2015). Siden Oslo har relativt lave årsmiddelnivåer av PM2,5 (< 20 µg/m³) og derfor er innenfor det eksponeringsområdet som tidligere risikoestimerer er basert på, har vi valgt å benytte en «vanlig» log-linear modell som grunnlag for sykdomsbyrdeestimatene og ikke den modellen som er benyttet i det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet, som jo skal dekke en større bredde av eksponeringsnivåer.

Data på prevalens av helseutfall

Data på total død minus voldsom død og årsaks spesifikke dødsfall for Oslo 2013 ble hentet ut fra Dødsårsaksregisteret (Vedlegg, Tabell 2 og 3). For å beregne tapte leveår (YLL), ble det hentet inn data på antall forventede gjenstående leveår for ulike aldersgrupper fra SSBs statistikkbank (Vedlegg, Tabell 4).

¹ høyere relativ risiko ved lave enn ved høyere eksponeringsnivåer, i motsetning til en lineær sammenheng som innebærer lik økning i relativ risiko per enhet over hele eksponeringsbredden.

Beregning av tilskrivbar andel

For å beregne sykdomsbyrde som følge av luftforurensning, eller hvilken som helst annen risikofaktor for sykdom, må det beregnes en *tilskrivbar andel*. Befolkningens tilskrivbare andel (*Population attributable fraction, PAF*) er et uttrykk for hvor stor andel av et helseutfall i en gitt populasjon som skyldes en gitt eksponering. Fordeling av befolkningens eksponering for risikofaktoren, i dette tilfellet ulike luftforurensningskomponenter, er helt avgjørende for å beregne pålitelige estimater av tilskrivbare andeler av sykdomsbyrde. Videre trengs forskningsbaserte estimater på sammenhengen mellom risikofaktoren og helsetap/dødelighet, oftest gitt som relativ risiko (RR) per 10 µg/m³ for hver komponent med tilhørende helseutfall. Det beregnes så en relativ risiko (RR_{*i*}) for hver eksponeringskategori (*i*). Videre multipliseres andel av befolkningen (P_{*i*}) som er eksponert innenfor en eksponeringskategori (*i*) med relativ risiko for utfall i denne eksponeringskategorien (RR_{*i*}). Disse parameterne summeres for å beregne den tilskrivbare andelen i en gitt befolkning med følgende formel:

$$1) \text{ PAF} = \{(\sum (P_i \cdot \text{RR}_i) - 1) / \sum (P_i \cdot \text{RR}_i)\}$$

P_{*i*} = andel av populasjonen i eksponeringskategori *i*

RR_{*i*} = relativ risiko for utfall i eksponeringskategori *i* sammenlignet med referansekategorien

Beregningene krever også et antatt kontrafaktisk nivå av risikofaktoren som skal representere det nivået som gir minst mulig sykdomsbyrde (DALY) fra risikofaktoren. I dette prosjektet er det valgt å sette 4 µg/m³ PM_{2,5} som det laveste nivået (referansekategori) som kan gi sykdom, da dette også anses for å være bakgrunnsnivå av PM_{2,5} i Oslo. For PM₁₀ er 10 µg/m³ satt som laveste nivå. På dager med høye nivåer er det ofte de grove partiklene (PM₁₀) som dominerer med hensyn på masse. Da vil forholdet PM_{2,5}/PM₁₀ være ca. 0,4. Selv om det ene er en bakgrunnsverdi for lang tid og den andre for kort tid er det likevel en rimelig sammenheng mellom bakgrunnsnivåene.

Resultater

Sykdomsbyrde som følge av langtidseksponering for PM_{2,5}

Sykdomsbyrde som skyldes PM_{2,5} er beregnet i form av antall for tidlige dødsfall og tapte leveår (YLL) som følge av hjerte-kardød, samt dødsfall og tapte leveår som følge av sykdom i lunger og luftveier. Helsetap (YLD) er beregnet i form av opplevd sterk plage av luftforurensning. Samtlige beregninger er basert på eksponeringsfordelingen av PM_{2,5} for Oslos befolkning i 2013 (tabell 1). Beregningene for hvert helseutfall er gjennomgått nedenfor.

Hjerte-kardødelighet

Basert på estimerte risikofunksjoner for hjerte-kardødelighet (Ostro, 2004) er det beregnet relativ risiko (RR_{*i*}) for hver eksponeringskategori (*i*). Det er tatt utgangspunkt i den midterste konsentrasjonen i hvert eksponeringsintervall og en nedre grense (X₀) for helsepåvirkning på 4 µg/m³, som er antatt bakgrunnsnivå. Videre er RR_{*i*} for hvert intervall av eksponeringsnivå multiplisert med andel av befolkningen som er eksponert i dette intervallet (P_{*i*}). Disse parameterne summeres for å beregne den tilskrivbare andelen i en gitt befolkning.

$$\text{PAF} = \{(\sum (P_i \cdot \text{RR}_i) - 1) / \sum (P_i \cdot \text{RR}_i)\}$$

For hjerte-kardødelighet som følge av PM_{2,5}:

$$\text{PAF} = (1,1035 - 1) / 1,1035 = 0,094$$

Dette viser at Oslobefolkningens andel av hjerte-kardødelighet som kan tilskrives luftforurensning fra PM_{2,5} er i størrelsesorden 9,5 %. Beregnet usikkerhetsintervall fra 3,5 % til 14,9 %.

Tall fra Dødsårsaksregisteret (DÅR) viser at 1 105 personer døde av hjerte-karsykdommer i Oslo i 2013 (Vedlegg, tabell 2). Tilskrivbar andel hjerte-kardødsfall som følge av PM_{2,5} i Oslo er derfor estimert til 104.

Hjerte-kardødsfall (log-linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Antall dødsfall (2013)*	Tilskrivbart antall dødsfall (95 % KI)
0,094 (0,035- 0,149)	1 105	104 (39 - 165)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret for 2013

For å beregne tapte leveår (YLL) er det benyttet data fra DÅR på antall dødsfall i ulike aldergrupper (Vedlegg, tabell 3) og data på beregnet gjennomsnittlig antall forventede gjestående leveår i de samme aldersgruppene (Vedlegg, Tabell 4). Antall dødsfall i hver aldersgruppe er så multiplisert med antall tapte leveår (tap av forventede gjestående leveår) i hver alderskategori, som igjen er multiplisert med tilskrivbar andel.

Hjerte-kardød - Tapte leveår (log-linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Tapte leveår (2013)*	Tilskrivbart antall tapte leveår (YLL) (95 % KI)
0,094 (0,035- 0,149)	9 219	865 (323 - 1 376)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret og SSB for 2013

Dødelighet som følge av lungesykdommer

Basert på estimerte risikofunksjoner for PM_{2,5} og lungekreft (Ostro, 2004) er det beregnet relativ risiko (RR_{*i*}) for hver eksponeringskategori (*i*). I tillegg til lungekreftdødsfall har vi også inkludert dødsfall som skyldes annen sykdom i luftveier som KOLS og infeksjoner i luftveiene, noe det er faglig grunnlag for å inkludere. Det er også her tatt utgangspunkt i den midterste konsentrasjonen i hvert eksponeringsintervall og en nedre grense (X₀) for helsepåvirkning på 4 µg/m³. Videre er RR_{*i*} for hvert intervall av eksponeringsnivå multiplisert med andel av befolkningen som er eksponert i dette intervallet (P_{*i*}). Disse parameterne summeres for å beregne den tilskrivbare andelen i en gitt befolkning.

$$PAF = \{(\sum (P_i \cdot RR_i) - 1) / \sum (P_i \cdot RR_i)\}$$

For dødsfall som følge av sykdom i luftveiene:

$$PAF = (1,1591 - 1) / 1,1591 = 0,137$$

Dette viser at Oslobefolkningens andel av dødsfall som skyldes sykdom i luftveiene som kan tilskrives luftforurensning fra PM_{2,5} er i størrelsesorden 13,7 %. Beregnet usikkerhetsintervall er fra 5,3 % til 21,5 %

Tall fra Dødsårsaksregisteret (DÅR) viser at 587 personer døde av luftveissykdommer i Oslo i 2013 (Vedlegg, tabell 2). Tilskrivbar andel luftveisrelaterede dødsfall som følge av PM_{2,5} i Oslo er derfor estimert til 81.

Dødsfall som skyldes luftveissykdommer (log- linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Antall dødsfall (2013)*	Tilskrivbart antall dødsfall (95 % KI)
0,137 (0,053- 0,215)	587	81 (31 - 126)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret for 2013

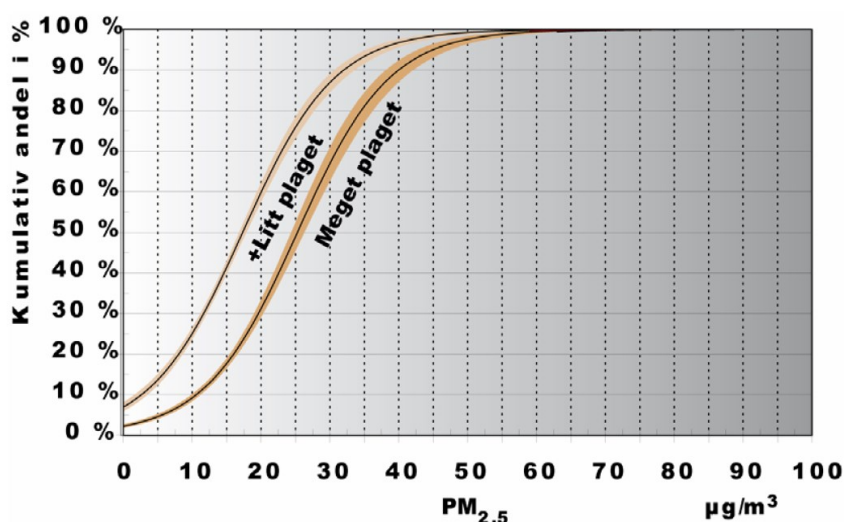
For å beregne tapte leveår (YLL) er det benyttet data fra DÅR på antall dødsfall i ulike aldersgrupper (Vedlegg, Tabell 3). Antall dødsfall innenfor hver aldersgruppe er så multiplisert med antall tapte leveår (tap av forventede gjenstående leveår) i hver alderskategori (Vedlegg, tabell 4), som igjen er multiplisert med tilskrivbar andel. Totalt 888 tapte leveår som skyldes luftveisrelaterede dødsfall kan tilskrives luftforurensning (PM_{2,5}) i Oslo.

Dødsfall som skyldes luftveissykdommer – Tapte leveår (log- linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Tapte leveår (2013)*	Tilskrivbart antall tapte leveår (YLL) (95 % KI)
0,137 (0,053- 0,215)	6 470	888 (342 - 1 388)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret og SSB for 2013

Helsetap som følge av alvorlig plage av luftforurensning

Helsetap som følge av luftforurensning er i dette prosjektet beregnet i form av opplevde plager som skyldes luftforurensning. For å beregne helsetap som følge av plage av luftforurensning er det benyttet eksponerings-responsammenhenger utarbeidet av Transportøkonomisk institutt (Amundsen m.fl., 2008). Vi har valgt å benytte eksponerings-responsammenhengene for PM_{2,5} og andelen «meget plaget» (Figur 2) som grunnlag for beregningene. Sammenhengene er statistisk justert for alder, kjønn, yrkestilhørighet, røyking og sensitivitet, uten at dette påvirker sammenhengene i særlig grad (Amundsen m.fl., 2008).



Figur 2. Eksponerings-responskurver for PM_{2,5}. Andelen av befolkningen som plages ved ulike nivåer av PM_{2,5}. (Kilde: Transportøkonomisk institutts miljødatabase).

For å komme frem til hvor stor andel som er meget plaget ved et gitt nivå av PM2,5 er følgende formel benyttet:

$$P(Y \geq j | \mathbf{X}_i = \mathbf{x}_i) = 1 - \frac{e^{\hat{\tau}_j - \hat{\beta}' \mathbf{x}_i}}{1 + e^{\hat{\tau}_j - \hat{\beta}' \mathbf{x}_i}} \quad j \in [1, \dots, J - 1]$$

Parameterestimaterne ($\hat{\tau}_j, \hat{\beta}$) som benyttes for å beregne andel meget plaget av et gitt nivå av luftforurensning er gitt i Amundsen m.fl. 2008.

Som et eksempel vises beregning av andel plagede P ved 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2,5:

$$P(Y \geq j | \mathbf{X}_i = 15) = 1 - \frac{e^{3,891 - 0,156 \times 15}}{1 + e^{3,891 - 0,156 \times 15}} \approx 0,175$$

Andelen meget plaget kan også leses ut fra kurven vist i Figur 2. Basert på eksponeringsfordelingen av PM2,5 i Oslos befolkning i 2013 (tabell 1) samt beregnet andel sterkt plagede i hvert eksponeringsintervall, er det estimert at totalt 46 052 personer er sterkt plaget av luftforurensning i Oslo.

For å beregne helsetap i form av YLD, må helseutfallet gis en helsetapsvekt (en verdi mellom 0 og 1). Av mangel på annet grunnlag er det valgt å benytte samme helsetapsvekt som tidligere er benyttet for sterk støyplage fra vegtrafikk, på 0,02 (WHO, 2011; Aasvang, 2012). Ved å multiplisere antall personer som er meget plaget med helsetapsvekten får man et estimat på helsetapet som plager av luftforurensnings bidrar med. Det er også beregnet et usikkerhetsintervall for helsetapet basert visuell vurdering av 95 % KI for estimert virkningskurve (Klæboe R., 2016, personlig kommunikasjon).

Beregningene viser at sterk plage av luftforurensning i Oslo (2013) bidrar med et helsetap på 921.

Sterk plage av luftforurensning		
Antall sterkt plaget (95 % KI)	Helsetapsvekt	Tilskrivbart helsetap (YLD) (95 % KI)
46 052 (39 756- 52 348)	0,02	921 (795 - 1 047)

Sykdomsbyrde som følge av korttidseksponering for PM10

En rekke studier har vist sammenhenger mellom døgnoverskridelser av PM10 og total dødelighet (minus voldsom død). Sykdomsbyrde som følge av PM10 er derfor beregnet i form av antall for tidlige dødsfall og tapte leveår (YLL), og det er benyttet tilhørende anbefalte estimater på relativ risiko (Ostro, 2004) (se Vedlegg, tabell 1). Det er tatt utgangspunkt i eksponeringsfordeling (Oslo, 2013) presentert i tabell 2, for å beregne tilskrivbar andel på samme måte som beskrevet tidligere for PM2,5.

Dette viser at Oslobefolkningens andel av dødsfall som skyldes sykdom i luftveiene som kan tilskrives luftforurensning fra PM10 er i størrelsesorden 3 %. Beregnet usikkerhetsintervall er fra 2,3 % til 3,7 %.

Tall fra Dødsårsaksregisteret (DÅR) viser totalt 3 821 dødsfall i Oslo i 2013, hvor voldsom død (ulykker, drap etc.) er trukket fra (Vedlegg, tabell 2). Tilskrivbar andel dødsfall som følge av PM10 i Oslo er på bakgrunn av dette estimert til 115.

All død (minus voldsom død) (linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Antall dødsfall (2013)*	Tilskrivbart antall dødsfall (95 % KI)
0,030 (0,023- 0,037)	3 821	115 (86 - 143)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret for 2013

For å beregne tapte leveår (YLL) som følge av PM10 er det benyttet data fra DÅR på antall dødsfall i ulike aldergrupper (Vedlegg, Tabell 3). Antall dødsfall innenfor hver aldersgruppe er så multiplisert med antall tapte leveår (tap av forventede gjenstående leveår) i tilhørende alderskategori (Vedlegg, Tabell 4). Totalt antall tapte leveår er deretter multiplisert med beregnet tilskrivbar andel. Beregningene viser at totalt 1 322 tapte leveår kan tilskrives episoder av luftforurensning (PM10) i Oslo.

All død (minus voldsom død) Tapte leveår (linear)		
Tilskrivbar andel (AF) (95 % KI)	Tapte leveår (YLL) (2013)*	Tilskrivbart antall tapte leveår (95 % KI)
0,030 (0,023- 0,037)	44 052	1 322 (994 - 1 648)

*Tall fra Dødsårsaksregisteret og SSB for 2013

Det må presiseres at kortidseksponeringer for PM10 ikke er benyttet til sykdomsbyrdeberegninger i GBD, og det er heller ikke anbefalt å summere disse estimatene med estimatene for PM2,5 (Ostro, 2004) (Vedlegg, tabell 1). Eksponeringskarakteriseringen for PM10 har i de aller fleste studier, både ved bruk av kun målestasjonsdata, men også ved bruk av Gauss-baserte modeller for spredning eller «*land use regression*» (LUR) - modeller, vært vanskelig å modellere. Det skyldes at grovfraksjonen (PM2,5-10) som dominerer PM målt som masse spres annerledes enn f.eks. PM2,5. Uppreis eksponeringskarakterisering har en tendens til å drive estimatene av sammenhengene mot null, og dermed muligens feilaktig underestimere effektene. FHI har likevel valgt å presentere disse estimatene for PM10 i dette prosjektet for å synliggjøre korttidseffektene.

Vurdering av helsetap som skyldes luftforurensning

I dette prosjektet er helsetapet (YLD) beregnet i form av alvorlig plage som følge av luftforurensning. Som grunnlag for dette har vi benyttet estimerte sammenhenger mellom eksponering for PM2,5 og selvrapportert sterk grad av plage som følge av luftforurensning for en norsk populasjon (Amundsen m.fl., 2008). Mens tapte leveår (YLL) som følge av hjerte-kardød og død av luftveissykdommer, som kan tilskrives PM2,5, bidrar med henholdsvis 865 og 888 tapte leveår, bidrar helsetapet med 921. Beregningene viser således at estimert helsetap i form av opplevde plager gir et betydelig bidrag (34 %) til sykdomsbyrde fra luftforurensning. Helsetap som følge av år med sykdom (hjerte-kar, lungekreft og andre lungesykdommer) forut for dødsfall er ikke beregnet inn i sykdomsbyrden.

Det er vanskelig å vurdere i hvor stor grad opplevd plage er et godt og dekkende mål på helsetapet som følge av luftforurensning. Av det FHI kjenner til er ikke selvrapporterte plager og ubehag fra luftforurensning tidligere blitt inkludert sykdomsbyrdeberegninger. Nedenfor vil vi vise til enkelte resultater som kan gi oss en pekepinn på hvor stor andel av sykdomsbyrden helsetapet kan tenkes å utgjøre.

I det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (Global Burden of Disease study, GBD) er det estimert sykdomsbyrde for en rekke risikofaktorer, inkludert luftforurensning, hvor også norske data foreligger. Sykdomsbyrde for den norske befolkning for 1990-2013, basert på data fra GBD, er publisert i en rapport fra FHI (FHI, 2016). Estimaten viser at luftforurensning er blant de miljørisikofaktorene som bidrar til mest død og helsetap i Norge i 2013. Av utendørs luftforurensning er det kun PM2,5 som inngår i DALY beregningene i GBD (i tillegg til ozon). Både helsetap og tapte leveår grunnet hjerte- og karsykdom og luftveissykdommer er inkludert i

disse beregningene. Opplevd plage som følge av luftforurensning er derimot ikke inkludert i helsetapsestimatene i GBD. Resultatene viste at utendørs luftforurensning (PM_{2,5}) totalt bidrar med 289 dødsfall og 3 925 DALY, hvor bidraget fra tapte leveår (YLL) er sterkt dominerende i DALY. Helsetap er estimert til 129, og utgjør kun litt i overkant av 3 % av total sykdomsbyrde som følge av PM_{2,5} eksponering i Norge. Estimert helsetap som følge av sykdom bidrar således betydelig mindre enn det estimerte helsetap som følge av plager som er gjort her.

En annen måte å vurdere størrelsen på helsetap fra luftforurensning kan være å se på forholdet mellom helsetap (YLD) og tapte leveår (YLL) for relevante helseutfall der slike beregninger er gjennomført. Sykdomsbyrdeberegninger for Norge i det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (GBD) viser for eksempel at for gruppen hjerte- og karsykdommer som helhet utgjør helsetapet 13 %, mens for kreft i lunger og luftveier utgjør helsetapet kun 2 % av DALY (Tabell 3). Helsetapet grunnet kroniske luftveissykdommer er imidlertid langt større, og helsetapet utgjør totalt 46 % av sykdomsbyrden. Ser vi på KOLS og astma som de største undergrupper av kroniske luftveissykdommer, utgjør helsetapet av disse henholdsvis 38 % og 84 % av sykdomsbyrden for disse utfallene (Tabell 3). Dersom vi summerer tallene for kreft i luftrør, bronkie og lunge med tallene for kroniske luftveissykdommer og beregner helsetapet for disse samlet, utgjør helsetapet 27 % av DALY.

Tabell 3. Sykdomsbyrde i Norge for utvalgte sykdommer basert på resultater fra GBD 2013. Andel av DALY som utgjøres av helsetapet (YLD) er angitt. Sykdomsbyrdetallene er hentet fra tabell V9 (kvinner) og V10 (menn) i rapporten «Sykdomsbyrde i Norge 1990-2013» fra Folkehelseinstituttet (FHI, 2016).

Årsak	Totalt antall (begge kjønn)			
	Tapte leveår (YLL)	Helsetap (YLD)	Helsetapsjusterte leveår (DALY)	YLD i % av DALY
Hjerte-karsykdom	149 385	22 360	171 745	13
Kreft i luftrør, bronkie og lunge	41 632	763	42 395	2
Kroniske luftveissykdommer	30 828	26 657	57 485	46
- KOLS	25 378	15 465	40 843	38
- Astma	2 009	10 937	12 946	84

Tallene i tabell 3 viser at størrelsen på helsetapet relativt til DALY varierer betydelig for de ulike helseutfallene. Faktorer som spiller inn på forholdet mellom helsetap og tapte leveår er prognose for sykdommen og ved hvilken alder dødsfall inntreffer. Jo dårligere prognose og jo tidligere i livet dødsfall inntreffer, desto større vil andelen av tapte leveår utgjøre av total sykdomsbyrde.

Basert på forholdet mellom YLD og DALY for de inkluderte helseutfallene vist i tabell 3, kan man vurdere å inkludere et helsetap på 13 % av DALY for hjerte-karsykdom og 27 % samlet for lungekreft og annen lungesykdom. I tabell 4 nedenfor har vi vist et eksempel hvor dette helsetapet er inkludert i beregningene. Totalt gir dette 2210 DALY, hvor helsetapet utgjør 20 %, noe som er lavere enn det estimatet vi kom frem til ved å inkludere alvorlig plage som helsetap, men betydelig større enn helsetapet som ble beregnet i GBD for luftforurensning i Norge. Helsetap som følge av påviselig sykdom og plage kan mest sannsynlig ikke summeres, da plagethet kan representere en betydelig andel av sykkeligheten som følge av luftforurensningen. I en større europeisk studie ble det rapportert mer plage som følge av luftforurensning blant personer som rapporterte luftveissymptomer enn blant dem uten slike symptomer (Jacquemin, B. m.fl., 2007).

Tabell 4. Eksempel på beregninger av DALY hvor andelen av helsetapet er basert på andelen helsetap for de spesifikke helseutfallene funnet i GBD for Norge.

Indikator	Helseutfall	YLL (95 % KI)	YLD	DALY
PM2,5	Hjerte-kardødelighet	865 (323 – 1 376)	129	994
PM2,5	Dødsfall lungekreft og annen lungesykdom	888 (342-1 388)	328	1216
SUM		1 753 (665 -2 764)	457	2210

Det er usikkert om forholdet mellom helsetap (YLD) og tapte leveår (YLL) for en gitt sykdom er overførbart til den tilskrivbare andelen av sykdommen som skyldes luftforurensning. Resultatene fra GBD som viser at helsetap som følge av luftforurensning utgjør kun 3 % av sykdomsbyrden, tyder ikke på dette. Det må også påpekes at tapte leveår trolig er noe overestimert relativt til helsetapet for den norske befolkningen. Dette skyldes at det i GBD er valgt å benytte en referanse-dødelighetstabell som er basert på de laveste observerte aldersspesifikke dødelighetsratene som er observert i befolkninger over 5 millioner globalt (FHI, 2016), og ikke dødelighetsdata fra Norge, hvor forventet levealder er noe lavere.

Det er imidlertid langt større usikkerhet knyttet til helsetapsberegningene enn beregningene av tapte leveår, og vi kan ikke se bort i fra at helsetapet her er underestimert. I tillegg er GBD resultatene for hele Norge, og relative forskjeller mellom helsetap og tapte leveår vil ikke nødvendigvis være representative for Oslo.

Summert sykdomsbyrde som følge av luftforurensning

Et fullstendig mål på sykdomsbyrde inkluderer både tapte leveår (YLL) og helsetap (YLD). FHI har benyttet data fra NILU på eksponering for luftforurensning, dødelighetsdata fra DÅR og SSB samt forskningsbaserte risikofunksjoner for beregning av dødsfall og tapte leveår (YLL). Helsetap (YLD) er beregnet for sterk grad av plage på grunn av luftforurensning med bakgrunn i estimerte sammenhenger for en norsk populasjon. Samtlige beregninger er gjort med data fra 2013 og for Oslos befolkning.

Tabell 5 nedenfor viser en oversikt over de ulike sykdomsbyrdemålene som er inkludert i dette prosjektet.

Tabell 5. Oversikt over beregningsresultater for de ulike sykdomsbyrdemålene som kan tilskrives luftforurensning i Oslo, 2013.

Indikator	Helseutfall	For tidlig dødsfall	YLL (95% KI)	YLD (95% KI)
PM10 (episoder)	Alle dødsfall minus voldsom død	115 (86-143)	1 322 (994 -1 648)	
PM2,5 (år)	Hjerte-kardødelighet	104 (39-165)	865 (323 - 1 376)	
PM2,5 (år)	Dødsfall lungekreft og annen lungesykdom	81 (31-126)	888 (342 - 1 388)	
PM2,5 (år)	Sterk plage			921 (795 - 1 047)

Det er gjennomført separate beregninger av dødsfall og tapte leveår for korttidseksponering (episoder) for PM10 og langtidseksponering (år) for PM2,5. De beregnede sykdomsbyrdeestimatene for PM10 og PM2,5 kan ikke summeres da dette vil innebære dobbelttelling. FHI har likevel valgt å presentere disse estimatene for PM10 i dette prosjektet for å synliggjøre korttidseffektene. Tapte leveår som følge av hjerte-kardød og luftveisrelatert død fra PM2,5 kan summeres. Videre kan helsetap inkluderes i total sykdomsbyrde. Estimert DALY som følge av luftforurensning (PM2,5) kan da settes opp som følger:

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD} = 865 + 888 + 921 = 2\,674$$

Beregninger i dette prosjektet viser at luftforurensningskomponenten PM_{2,5} bidrar med 2 674 DALY per år i Oslo, hvor både helsetap og tapte leveår inngår. Beregnet som rate, blir dette 424 DALY per 100 000².

Det er stor usikkerhet knyttet til beregninger av helsetapet (YLD). Basert på vurderinger som er gjort her er det rimelig å anta at helsetapet utgjør et sted mellom 5 og 35 % av total sykdomsbyrde fra luftforurensning.

Diskusjon av foreliggende sykdomsbyrdeestimer

Beregningene viser at luftforurensning (PM_{2,5}) bidrar til 2 674 DALY per år i Oslo, noe som tilsvarer 424 DALY/100 000. Det er knyttet stor usikkerhet til dette estimatet, men beregningene er basert på det beste grunnlaget som foreligger med hensyn til tilgjengelig forskningsbasert kunnskap og tilgang på relevante data. Vi må imidlertid presisere at risikofunksjonene vi har benyttet er basert på internasjonale studier og ikke nødvendigvis helt representative for norske forhold.

Det foreligger gode data på dødelighet for den norske befolkning i Dødsårsaksregisteret, disse oppdateres årlig og kan hentes ut på kommunenivå. Det er disse data som er grunnlaget for beregningene av dødsfall og tapte leveår (YLL).

Det er betydelig større grad av usikkerhet når det gjelder beregning av helsetap (YLD). For det første er det ikke like gode og tilgjengelige data på forekomst av sykdom (hjerter-kar- og luftveissykdommer) i befolkningen som er nødvendig for å beregne helsetapet som følge av disse sykdommene. Videre er det usikkerhet med hensyn til risikofunksjoner for sammenheng mellom luftforurensning og sykkelighet, da de fleste vitenskapelige studier har undersøkt og vist mest konsistente sammenhenger med dødelighet. Vi har derfor valgt å beregne helsetap i form av alvorlig plage som følge av luftforurensning, basert på estimerte sammenhenger mellom PM_{2,5} og sterk plage fra en norsk studie. Vi har også gjort en vurdering av alternative måter å inkludere helsetap i beregningene.

For å beregne helsetap trengs en tallfesting av hvor alvorlig helsetapet ved de ulike sykdommer er. I GBD er det utviklet helsetapsvekter for over 200 helsetilstander (FHI, 2016). Størrelsen på helsetapsvektene er basert på spørreundersøkelser, og er ment å gjenspeile den generelle befolkningens formening om helsetapet knyttet til ulike helsetilstander. Helsetapsvektene er imidlertid mye debattert, og størrelsen på helsetapsvekten vil kunne ha mye å si for det beregnede helsetapet.

Alvorlig grad av plage fra luftforurensning er ikke inkludert i tidligere sykdomsbyrde-beregninger, og har derfor ikke vært gjenstand for en grundig vurdering med tanke på størrelsen på en tilhørende helsetapsvekt. For at beregnet helsetap skal gi et meningsfullt tillegg til estimatene av antall personer sterkt plaget, må helsetapsvektene være rimelige. I forbindelse med WHO's beregning av sykdomsbyrde som følge av støy, ble det gjort en vurdering av helsetapsvekt for sterk grad av plage fra vegtrafikkstøy (WHO, 2011). Av mangel på annet grunnlag er det derfor valgt å benytte samme helsetapsvekt som for sterk støyplage, på 0,02. Andre plager og lidelser som er gitt tilsvarende alvorlighetsvekter i GBD (FHI, 2016) kan nevnes for sammenlignings skyld: mild angstlidelse (0,030), moderat hørselstap (0,027), mildt hørselstap med øresus (0,021), mild grad av smerter i korsrygg 0,020) for å nevne noen.

Det er usikkert om opplevd plage som følge av luftforurensning er et godt og dekkende mål på helsetap som skyldes luftforurensning. Beregningene i dette prosjektet viser at dersom sterk plage inkluderes som helsetap i beregningen, gir dette et betydelig bidrag (34 %) til total sykdomsbyrde, og langt større enn resultatene fra GBD for Norge viser, hvor helsetapet utgjør kun 3 %. Det må presiseres at det i GBD resultatene for Norge er inkludert hjerter-kar og lungerelatert sykdom, mens sterk grad av opplevet plage ikke er medregnet.

² Det er tatt utgangspunkt i total befolkning i Oslo inkludert i luftforurensningsberegningene, 629 593.

Basert på vurderinger av alternative måter for inklusjon av helsetap mener vi det er rimelig å anta at helsetapet utgjør et sted mellom 5 og 35 % av total sykdomsbyrde fra luftforurensning. Usikkerheten i estimatet av helsetap som følge av luftforurensning er således betydelig. Helsetap som følge av påviselig sykdom og plage kan mest sannsynlig ikke summeres, da plagethet kan representere en betydelig andel av sykkeligheten som følge av luftforurensningen.

Tidligere estimater på sykdomsbyrde som følge av luftforurensning er gitt for hele Norge (EAA, 2015; FHI, 2016). FHI kjenner ikke til at det er gjort tilsvarende beregninger for Oslo eller andre byer i Norge. Det er store forskjeller i eksponeringer for luftforurensning for ulike komponenter mellom by og land og også mellom byer i Norge. Det er likevel rimelig å anta at sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo gir et betydelig bidrag til sykdomsbyrde for Norge, både på grunn av befolkningsstørrelsen og luftforurensningsnivåene i Oslo.

Det europeiske miljøbyrået (EAA) presenterte beregninger av for tidlige dødsfall og tapte leveår som følge av forurensninger for land i Europa for 2012 (EAA, 2015). Beregningene viste at 1700 for tidlige dødsfall og 16 400 tapte leveår (YLL) kan tilskrives PM_{2,5} i Norge. Dette er mye høyere enn resultatene fra det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (GBD) som estimerte 289 dødsfall og 3796 tapte leveår for Norge i 2013 (FHI, 2016). Slike betydelige forskjeller i beregnet sykdomsbyrde tyder på at det er stor usikkerhet i estimatene. Forskjellene skyldes også ulik metodikk; for eksempel vil valg av hvor man setter terskelen for helsevirkninger av luftforurensning kunne gi betydelige forskjeller. Det europeiske miljøbyrået har beregnet helsekonsekvenser helt ned mot 0 µg/m³, mens det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet har benyttet en teoretisk minimumsfordeling fra 5,9 til 8,7 µg/m³. Dette er trolig hovedgrunnen til den store forskjellen i estimerte dødsfall og tapte leveår som er presentert fra disse to miljøene.

Ved å se på rater (tapte leveår/100 000) kan vi gjøre en forsiktig sammenligning og vurdering av våre estimater for Oslo opp mot nasjonale estimater på tapte leveår. Estimaten fra EAA er på 327 YLL/100 000 og høyere enn våre estimater for Oslo som er på 278 YLL/100 000, noe som er rimelig siden EAA har benyttet en lavere terskel for effekt (ned mot 0 µg/m³). Siden vi kjenner GBD estimatene og bakgrunnen for disse bedre, har vi gjort en grundigere vurdering og sammenligning opp mot disse (se vedlegg, tabell 5-9). Dersom vi på våre data benytter en tilnærming til de samme kriteriene som benyttet i GBD, får vi et estimat på 74 YLL/100 000 (Vedlegg, tabell 8), noe som er svært likt YLL estimatet for Norge fra GBD som er på 75 YLL/100 000 (Vedlegg, tabell 5 og 9). Fordeling av hjerte-kar- og lungerelaterte dødsfall er imidlertid ulike (Vedlegg, tabell 8 og 9). Det er vanskelig å si noe helt konkret om årsaken til dette, men som tidligere omtalt har vi benyttet litt andre risikofunksjoner enn det som er benyttet i GBD.

Nå kan det hevdes at ratene for Oslo (våre estimater) bør være større enn estimerte rater for hele Norge siden luftforurensningsnivåene og befolkningstettheten er høyere i Oslo enn landet forøvrig. Tatt i betraktning den teoretiske minimumsfordelingen (5,9 – 8,7 µg/m³) som er benyttet som «terskel for effekt» i GBD, er det trolig likevel sammenlignbart siden det hovedsakelig er de større byene med de høyeste luftforurensningsnivåene i Norge som dermed blir inkludert i de nasjonale beregningene i GBD. I våre beregninger har vi valgt å benytte en noe lavere terskel for helsevirkning (4 µg/m³) samt norske data på forventet levealder, noe som samlet gir høyere estimater på tapte leveår, totalt 278 YLL/100 000 (Vedlegg, tabell 6). Dette viser at valg av terskel for helsevirkning har stor betydning for estimatene. Det er fortsatt for liten kunnskap om helsevirkninger av lave nivåer av luftforurensning. Slik kunnskap er nødvendig for mer presise estimater av sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Norge.

Referanser

- Aasvang, G.M. (2012).** Helsebelastning som skyldes veitrafikkstøy i Norge. Rapport fra Folkehelseinstituttet, 2012.
- Amundsen A.H., Klæboe R., Fyhri A. (2008).** Annoyance from vehicular air pollution: Exposure-response relationships for Norway. *Atmospheric Env.* 42, 7679 – 88.
- Burnett R.T., et al. (2014).** An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental Health Perspectives* 2014, 122(4):397-403.
- Brook R.D., et al. (2010):** Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010, 121(21):2331-2378.
- European Environment Agency (2015).** Air quality in Europe - 2015 report. EAA Report, No 5/2015.
- Folkehelseinstituttet (2013).** Luftkvalitetskriterier: virkninger av luftforurensning på helse. Oslo: Rapport 2013:9 fra Folkehelseinstituttet.
- Folkehelseinstituttet (2016).** Sykdomsbyrde i Norge 1990-2013. Resultater fra Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factor Study 2013 (GBD 2013).
- Forouzanfar M.H., et al. (2015).** Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* 2015, 386(10010):2287-2323.
- Ostro B. (2004).** Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO Environmental Burden of Disease Series, NO. 5).
- Jacquemin, B., et al. (2007).** Annoyance due to air pollution in Europe. *International Journal of Epidemiology* 2007;36;809–820
- World Health Organization (WHO) (2000).** Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe 2000.
- Krewski D., et al. (2009).** Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. Research report (Health Effects Institute) 2009(140):5-114; discussion 115-136.
- Nasari M.M., et al. (2016).** A class of non-linear exposure-response models suitable for health impact assessment applicable to large cohort studies of ambient air pollution. *Air Quality, Atmosphere and Health* 2016:1-12
- Pope Iii C.A., et al. (2002).** Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 2002, 287(9):1132-1141.
- World Health Organization (WHO) (2000).** Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization, Regional Office for Europe.
- World Health Organization (WHO) (2006).** WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe 2006.
- World Health Organization (WHO) and European Commission (2011).** Burden of disease from environmental noise – Quantification of healthy life years lost in Europe.

VEDLEGG

Tabell 1. Anbefalte helseutfall og risikofunksjoner for sykdomsbyrdeberegninger.

Fra WHO rapport: *Environmental Burden of Disease Series, NO. 5. Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels.* (Ostro, 2004).

Outcome and exposure metric	Source	Relative risk function ^a	Suggested β coefficient (95% CI) ^c	Subgroup
All-cause mortality and short-term exposure to PM10 ^b	Meta-analysis and expert judgment (see text)	$RR = \exp[\beta (X - X_0)]$	0.0008 (0.0006 - 0.0010) ^c	All ages
Respiratory mortality and short-term exposure to PM10 (all-cause mortality for upper bound where applicable)	Meta-analysis (Table 2)	$RR = \exp[\beta (X - X_0)]$	0.00166 (0.00034, 0.0030)	Age <5 years
Cardiopulmonary mortality and long-term exposure to PM2.5	Pope et al. (2002); R Burnett ^d	$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta$	0.15515 (0.0562, 0.2541)	Age >30 years
Lung cancer and long-term exposure to PM2.5	Pope et al. (2002); R Burnett ^d	$RR = [(X+1)/(X_0+1)]^\beta$	0.23218 (0.08563, 0.37873)	Age >30 years

^a X = current pollutant concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and X_0 = target or threshold concentration of pollutant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

^b Not used in DALY calculations and should not be added to the other mortality estimates.

^c Presentation of a range rather than a point estimate is preferred.

^d Personal communication.

Tabell 2: Dødsfall for utvalgte dødsårsaksgrupper blant bosatte i Oslo kommune 2013 fordelt etter kjønn (Kilde: Dødsårsaksregisteret) og ICD-10 definisjoner.

Kjønn	Alle dødsfall	Voldsom død	Alle dødsfall minus voldsom død	Hjerte- og kardødsfall	Død av lungesykdommer*
Mann	1 848	177	1 671	461	253
Kvinne	2 298	148	2 150	644	334
Totalt	4 146	325	3 821	1 105	587

*inkluderer lungekreft

ICD-10 definisjoner

Dødsårsaksgruppe	Underliggende dødsårsak
Alle dødsfall	Alle
Voldsom død	V01-Y89
Hjerte- og kardødsfall	I00-I99
Død av lungesykdommer	J00-J99, C34

Tabell 3: Dødsfall for utvalgte dødsårsaksgrupper blant bosatte i Oslo kommune 2013 fordelt etter kjønn og alder (Kilde: Dødsårsaksregisteret)

Kjønn	Alder	Alle dødsfall	Voldsom død	Hjerte- og kardødsfall	Død av lungesykdommer*
Kvinne	00 - 09	11	1	0	0
Kvinne	10 - 19	4	2	0	0
Kvinne	20 - 29	11	7	0	1
Kvinne	30 - 39	19	9	1	1
Kvinne	40 - 44	22	6	0	1
Kvinne	45 - 49	28	5	3	2
Kvinne	50 - 54	38	6	3	4
Kvinne	55 - 59	63	12	7	9
Kvinne	60 - 64	90	4	12	16
Kvinne	65 - 69	130	3	16	27
Kvinne	70 - 74	132	2	24	35
Kvinne	75 - 79	180	5	31	39
Kvinne	80 - 84	289	9	80	46
Kvinne	85 - 89	495	30	180	68
Kvinne	90 - 94	506	29	190	50
Kvinne	>=95	280	18	97	35
Mann	00 - 09	16	1	0	0
Mann	10 - 19	7	4	0	0
Mann	20 - 29	22	11	0	0
Mann	30 - 39	41	19	2	1
Mann	40 - 44	28	11	5	1
Mann	45 - 49	42	15	5	3
Mann	50 - 54	87	19	12	5
Mann	55 - 59	122	18	22	10
Mann	60 - 64	123	12	24	14
Mann	65 - 69	191	4	36	39
Mann	70 - 74	161	2	43	38
Mann	75 - 79	198	12	49	28
Mann	80 - 84	265	10	81	41
Mann	85 - 89	293	25	83	46
Mann	90 - 94	196	9	79	22
Mann	>=95	56	5	20	5

*inkluderer lungekreft

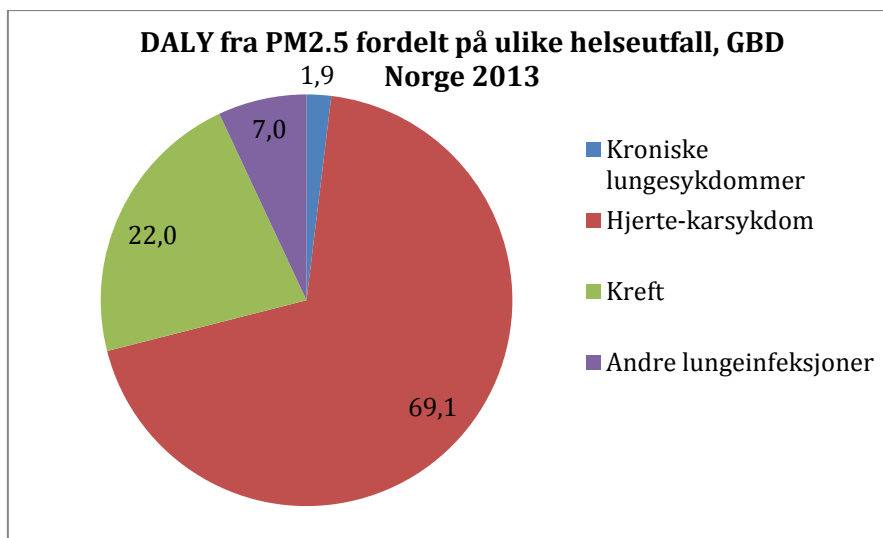
Tabell 4. Referansetabell: Gjennomsnittlig antall forventede gjenstående leveår for ulike aldersgrupper for norsk befolkning, menn og kvinner, for 2013 (Kilde: SSB)

Aldersgruppe	Menn	kvinner
0-9	75,34	79,34
10-19	65,42	69,42
20-29	55,68	59,54
30-39	46,05	49,69
40-44	38,87	42,39
45-49	34,14	37,58
50-54	29,51	32,87
55-59	25,06	28,28
60-64	20,85	23,82
65-69	16,84	19,56
70-74	13,12	15,52
75-79	9,80	11,78
80-84	7,00	8,49
85-89	4,87	5,79
90-94	3,35	3,82
95+	1,92	1,93

Tabell 5. Oversikt over resultater for estimert sykdomsbyrde som følge av luftforurensning (PM2,5) for Norge (2013) basert på data fra det internasjonale sykdomsbyrdeprosjektet (GBD, 2013).

<http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>

GBD, 2013	DALY	DALY/100 000	YLL	YLL/100 000	YLD	YLD % av DALY
Kroniske lungesykdommer	76	1	48	1	28	37
Hjerte-karsykdom	2713	53	2628	52	84	3
Lungekreft	864	17	848	17	16	2
Andre lungeinfeksjoner	273	5	272	5	1	1
Totalt	3925	77	3796	75	129	3



I tabellene nedenfor har vi forsøkt å sammenligne FHIs beregninger av tapte leveår (YLL/100 000) for Oslo med GBD beregninger for Norge, ved å benytte noen av de samme normative valg/kriteriene som benyttet i GBD i FHI beregningene.

Tabell 6. FHI beregninger av YLL og YLL rater (per 100 000) slik som gjennomført i denne rapporten: Terskel for effekt på 4 µg/m³ og dødelighetstabell for Norge.

FHI, Oslo 2013	YLL	YLL/100 000	%
Hjertekarsykdom	865	137	49,3
Lungesykdom	888	141	50,7
Totalt	1753	278	100

Tabell 7. FHI beregninger av YLL og YLL rater (per 100 000): Terskel for effekt på 7,3 µg/m³ (tilnærming til GBD metodikk) og dødelighetstabell for Norge.

FHI, Oslo 2013	YLL	YLL/100 000	%
Hjertekarsykdom	184	29	48,7
Lungesykdom	194	31	51,3
Totalt	378	60	100

Tabell 8. FHI beregninger av YLL og YLL rater (per 100 000): Terskel for effekt på 7,3 µg/m³ (tilnærming til GBD metodikk) samt referansedødelighetstabell som benyttet i GBD, 2013.

FHI, Oslo 2013	YLL	YLL/100 000	%
Hjertekarsykdom	229	36	49,2
Lungesykdom	236	37	50,8
Totalt	465	74	100

Tabell 9. GBD beregninger for Norge, 2013. Tilsvarende YLL vist i tabell 5, men lungesykdommene er slått sammen for å sammenligne med FHI estimer.

GBD, 2013	YLL	YLL/100 000	%
Hjertekarsykdom	2628	52	69,23
Lungesykdom	1168	23	30,77
Totalt	3796	75	100

www.fhi.no

Utgitt av Folkehelseinstituttet
September 2016
Postboks 4404 Nydalen
NO-0403 Oslo
Telefon: 21 07 70 00
Rapporten kan lastes ned gratis fra
Folkehelseinstituttets nettsider www.fhi.no