De Økonomiske Råd

Dato d. 11.02.2016

# Analyse af reguleringer af udledninger fra danske brændeovne - dokumentationsnotat

**Dette notat beskriver metode, antagelser og resultater bag en analyse af de samfundsøkonomiske gevinster ved forskellige former for regulering af udledninger fra danske brændeovne. Det danner baggrund for afsnittet om regulering af brændeovne i kapitel I om luftforurening i Økonomi og Miljø 2016.**

Der er i notatet udført analyser af forskellige mulige reguleringer af udledninger fra brændeovne i Danmark.[1] De reguleringer, der er regnet på, er udfasning af de mest forurenende ovne ved forbud, et totalt forbud mod brændeovne, skrotningsordninger og en afgift på brugen af brændeovne differentieret efter type af brændeovn og geografisk placering.

Den samfundsøkonomiske gevinst for Danmark ved at regulere de danske brændeovne er beregnet til at være op til 3 mia. kr. pr. år alt efter hvilken regulering, der vælges. Den regulering, som giver den højeste gevinst, er den differentierede afgift på brugen af brændeovne. Det giver også en høj gevinst at forbyde alle ikke-svanemærkede ovne. Forbud mod brændeovne fra før 2008 eller skrotningsordninger rettet mod de samme giver ca. samme gevinster, men der kan ikke opnås lige så høje totale gevinster med en skrotningsordning, som med afgifter eller forbud mod ikke-svanemærkede. Disse resultater er robuste overfor en lang række følsomhedsanalyser om end de totale gevinster ændrer sig lidt især ved ændringer i antagelser om forbrug og enhedspriser på partikeludledning. Et totalt forbud giver en positiv gevinst, som dog er mindre end for de øvrige reguleringer og væsentlig mere usikker. På lang sigt kan denne form for regulering endda give store samfundsøkonomiske tab.

Analyserne viser, at en stor del af gevinsterne kan opnås ved blot at indføre reguleringerne i byer, da det er her de største helbredsomkostninger forekommer. Analysen af skrotningsordningen er foretaget som om, der er penge til at give alle, der måtte ønske det, en skrotningspræmie. Dette er ikke nødvendigvis tilfældet i virkeligheden. Der foretages derfor også en analyse, som viser, at der kan opnås væsentlig større gevinster pr. skrotningspræmiekrone ved at målrette tilbuddet særlige

[1] Vi ville gerne have regnet på brændekedler også, da regulering af disse sandsynligvis også vil kunne bidrage med væsentlige gevinster for samfundet, men datagrundlaget var ikke godt nok, jf. bilag 1.

geografiske områder og endda omfatte nogle af de ovne som er nyere, end de, som er omfattet af den nuværende ordning.

Det første afsnit i notatet beskriver kort de former for regulering, som der analyseres på. Afsnit 2 er en teoretisk gennemgang af modellen bag beregningerne og afsnit 3 beskriver hvilke data og antagelser, der er anvendt. I afsnit 4 vises resultaterne af analyserne inkl. følsomhedsberegninger. Til sidst beskrives kort i afsnit 5, hvad de forskellige reguleringer ville betyde for antallet af ovne i Danmark samt for de totale helbredsomkostninger forbundet med brugen af disse. I afsnit 6 gives en kort betragtning om gevinsterne på lang sigt. Til sidst gives i afsnit 7 en opsummering af resultaterne.

## 1 De valgte reguleringer i analysen og motivation herfor

Der er flere forhold, der bestemmer, hvor meget en brændeovn forurener, og hvor store helbredsomkostninger dette medfører. Det omfatter særligt:

- Typen af brændeovn (aldersklasser og om de er svanemærket)
- Geografisk placering af brændeovnen
- Hvor meget og hvordan ovnen anvendes, f.eks. optændingsmetode og fugt i brændet

De to første forhold kan relativt simpelt registreres af f.eks. skorstensfejere, mens det er svært at kontrollere for og dermed regulere efter hvordan ovnen anvendes. Hvis man kunne måle de præcise udledninger fra hver brændeovn, ville en ideel regulering af udledningerne fra brændeovne være at sætte en afgift svarende til de helbredsomkostninger (og andre eksterne omkostninger), som fyringen medfører. Det kræver dog store og dyre anlæg på hvert hus at måle udledningerne og vil i praksis derfor ikke være mulig. Der analyseres derfor på en række andre former for regulering, som enten er blevet foreslået eller anvendt i Danmark.

Det har tidligere været forsøgt at lægge en afgift på brænde, men her var der blandt andet problemer med, at meget brænde ikke handles (f.eks. træ fra egen have), og det kunne også give incitament til at fyre med mindre godt brænde, herunder affald. Desuden vil en afgift på brænde ikke afspejle den forskel i helbredsomkostninger, som forskellige typer af brændeovne medfører (aldersafhængigt) samt den forskel, der medføres af den geografiske placering af brændeovnen.

Det Økologiske Råd har fremlagt et forslag om at sætte en temperaturmåler i skorstenen, som kan måle, hvor mange timer brændeovnen er i brug. Der kan så pålægges en afgift pr. time ovnen er i brug, som er differentieret efter, hvor store eksterne omkostninger brugen af ovnen er estimeret at medføre.[2] Dette baseres på ovnens type, og om ovnen står i en by eller på landet. I dette notat regnes på en variant af denne form for afgift med en finere geografisk differentiering end blot by versus land. En sådan afgift vil give incitament til at fyre mindre og også til at udskifte sin gamle brændeovn med en nyere brændeovn eller evt. skrotte den helt.

Der vil være en række administrative omkostninger til blandt andet opsætning, vedligeholdelse og kontrol af måleren samt til administration af afgifterne mv. Disse vil muligvis kunne bevirke, at det i visse tilfælde ud fra en samfundsøkonomisk betragtning vil være mere omkostningseffektivt at indføre et simpelt forbud mod de mest forurenende brændeovne, da dette vil være forbundet med langt færre administrative omkostninger. Denne form for regulering analyseres derfor også i kapitlet.

I 2015 blev en skrotningsordning lanceret, hvor omkring 20.000 ejere af ovne fra før 1990 kan få 2.000 kr. for at skrotte deres brændeovn uanset om de efterfølgende vælger at købe en ny eller ej. Dette kan være en politisk mere acceptabel måde at regulere på, og der analyseres i notatet her derfor også på skrotningsordninger.

[2] Dette er beregnet ud fra en typisk fyringsadfærd med træ. Afgiften vil altså ikke fange, at nogen fyrer med vådt træ, imprægneret træ, lukker ned for ilttilførslen etc.

## 2 Metode

I det følgende beskrives teorien bag beregningerne af, hvad folk vælger at gøre givet forskellige reguleringstiltag, og efterfølgende hvordan det påvirker de samfundsøkonomiske gevinster.

### 2.1 Nedsat forbrug som følge af en afgift på brugen af brændeovn

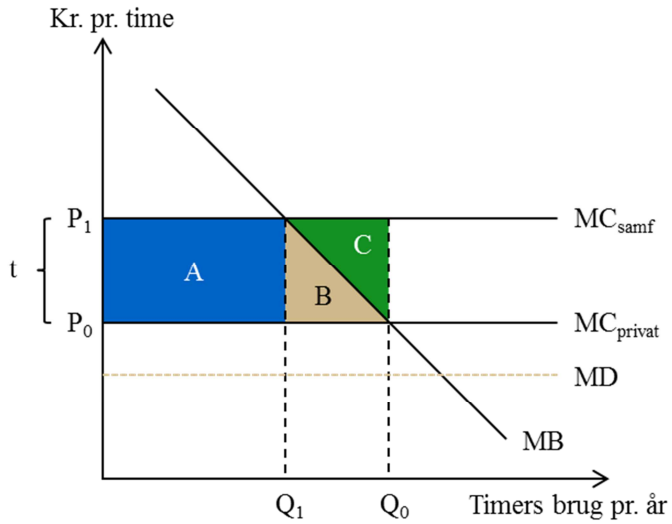
Vi antager i det følgende, at der kan udvikles en måler, som kan tilknyttes hver enkelt brændeovn, og som kan registrere antal timer, ovnen er i brug, f.eks. ved at måle temperaturen, sådan som det er foreslået af Det Økologiske Råd (2014). Brugeren af ovnen pålægges så en timeafgift (t), som svarer til de marginale samfundsøkonomiske omkostninger, der blandt andet varierer med, hvor gammel ovnen er, og hvor den geografisk er placeret, jf. bilag 2 samt Nielsen mfl. (2015) og Brandt mfl. (2016). Det uddybes senere, hvorledes denne differentierede afgift beregnes i nærværende analyse.

Denne form for afgift vil give et incitament for forbrugeren til at nedsætte antal timer, ovnen er i brug og evt. også give incitament til at udskifte eller skrotte brændeovnen. Først ser vi på det tilfælde, hvor brugeren kun justerer forbruget.

Størrelsen af afgiften t er illustreret på figur 1. MB viser brugerens marginale nytte ved brugen af brændeovn (pr. time), som svarer til efterspørgselskurven ved at bruge ovnen givet omkostningen ved at bruge den. $MC_{privat}$ viser de privatøkonomiske marginale omkostninger svarende til prisen på brænde (opgjort som prisen på den mængde, der ved normalt brug anvendes pr. time for den pågældende ovn). Afgiften t er lig med MD, som er skyggeprisen på de helbredsomkostninger (pr. time), som følger af brugen af brændeovnen. Den samlede samfundsøkonomiske omkostning ved brugen af brændeovnen er således:

$$MC_{samf} = MC_{privat} + MD$$

*Figur 1 Optimale niveau af grøn afgift på brugen af en brændeovn*




I udgangspunktet vil brugen af brændeovne være givet ved punktet ($P_0$,$Q_0$), hvor marginalnytten er lig den marginale privatøkonomiske omkostning. Den optimale brug

af brændeovne vil samfundsøkonomisk set være der, hvor marginalnytten er lig de marginale samfundsøkonomiske omkostninger ($P_1$,$Q_1$). t er den afgift, der skal til for at opnå dette niveau. t er en såkaldt pigou-skat, idet den svarer til den marginale skade som følge af brugen af brændeovnen.

## 2.2 Udskiftning og skrotning af ovn som følge af afgifter

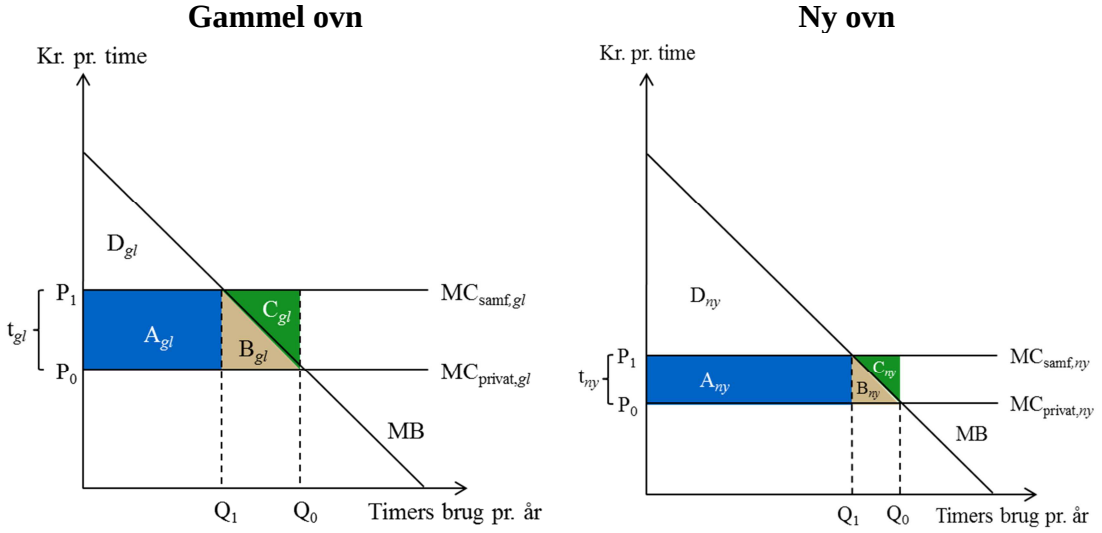
En afgift på brugen af ovnen vil som nævnt også bevirke, at nogle brugere vil skrotte deres ovn eller udskifte den med en nyere, som forurener mindre og dermed pålægges lavere afgifter. Brugeren af en brændeovn kan vælge mellem fire alternativer, hvis han pålægges en afgift:

| | |
|---|---|
| Fortsætter til udskiftning: | Fortsætter med samme ovn og genanskaffer en ny, når den gamle er afskrevet |
| Fortsætter til skrotning: | Fortsætter med samme ovn og ophører med at have brændeovn, når den gamle er afskrevet |
| Ny ovn: | Skifter til en ny brændeovn med det samme |
| Skrotter ovn: | Skrotter brændeovnen uden at anskaffe en ny |

Hvilket valg han foretager, afhænger bl.a. af forbrugeroverskuddet ved brugen af ovnen før og efter reguleringen.

På figur 2 er det illustreret, hvorledes forbrugeroverskuddet ændres ved ændrede afgifter og ved skift af en ovn. Ved at beregne størrelsen af trekanterne i figur 2 kan vi afgøre, hvilken af de fire alternativer, brugeren af en brændeovn vælger under antagelse om omfanget af hans brug af ovnen ($Q_0$), størrelsen på de annuiserede investerings-omkostninger i en ny brændeovn ($I_{ny}$) samt størrelsen af det årlige faste gebyr (f) som skal dække de annuiserede omkostninger til installation, kontrol mv. af måler:

*Figur 2 Afgifter og forbrugeroverskud på henholdsvis en gammel og en ny ovn*




Anm.: Ved at skifte til en ny ovn falder de marginale private omkostninger pga. bedre energiudnyttelse, dvs. der skal anvendes mindre brænde pr. time. De marginale samfundsøkonomiske omkostninger falder yderligere, da de marginale helbredsomkostninger falder ved udskiftning til ny ovn. Afstanden mellem de to MC-kurver bliver således mindre.

Han vælger at:
- fortsætte til udskiftning hvis: $(D_{gl} - f) > (D_{ny} - I_{ny} - f) > 0$
- fortsætte til skrotning hvis: $(D_{gl} - f) > 0 > (D_{ny} - I_{ny} - f)$
- købe ny ovn hvis: $(D_{ny} - I_{ny} - f) > (D_{gl} - f)$ og $(D_{ny} - I_{ny} - f) > 0$
- skrotte ovnen hvis: $0 > (D_{gl} - f)$ og $0 > (D_{ny} - I_{ny} - f)$

Han vælger altså at beholde den gamle ovn, hvis forbrugeroverskuddet ($D_{gl}$) herved er større end nul, selv når gebyret f er fratrukket, og det også er større end forbrugeroverskuddet ved en ny ovn fratrukket investeringsomkostninger og gebyret f. Da den nye ovn har lavere afgifter og udnytter brændet bedre, kan det for nogle bedre betale sig at købe en ny ovn, som kan give et større forbrugeroverskud ($D_{ny}$). Er forbrugeroverskuddet både ved den gamle ovn og ved en ny ovn fratrukket gebyr, afgift og evt. investeringsomkostning mindre end nul, vil han vælge at skrotte ovnen uden at købe en ny.

## 2.3 Forbud mod gamle brændeovne

I stedet for en afgift kan man vælge at forbyde f.eks. alle gamle brændeovne fra før 1990, alle ovne som ikke lever op til kravene i brændeovnsbekendtgørelsen i 2008 eller alle ikke-svanemærkede ovne. Ejeren af en sådan ovn vil så være stillet overfor to valg:

Han vælger at:
- købe ny ovn hvis: $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} – I_{ny}) > 0$
- skrotte ovnen hvis: $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} – I_{ny}) < 0$

Han vil altså vælge at investere i en ny ovn, hvis forbrugeroverskuddet ($D_{ny} + A_{ny} + B_{ny}$) fratrukket investeringsomkostningerne overstiger nul og vælge at skrotte ovnen uden at købe en ny, hvis det er mindre end nul.

Ved et totalt forbud mod brændeovne vil brugeren være tvunget til at vælge at skrotte ovnen, uanset om det var det, han ville vælge, hvis det kun var den gamle, der blev forbudt.

## 2.4 Skrotningspræmie

I analysen af en skrotningsordning tages der udgangspunkt i, at tilskuddet gives til selve skrotningen, sådan som den nuværende skrotningsordning, hvilket betyder, at den gamle ovn ikke nødvendigvis erstattes med en ny ovn.

Ved en skrotningspræmie (S, annuisseret henover en antaget restlevetid for den eksisterende ovn) har en bruger de samme fire valg, som ved en afgift. Vi antager i det følgende, at skrotningsordningen gælder i dag, men ikke i fremtiden, så hvis man vælger at beholde sin ovn, til den er afskrevet, kan man ikke få en skrotningspræmie for at skrotte den senere. Hvis han tilbydes en skrotningspræmie for at skrotte sin gamle brændeovn vil han vælge at:

- fortsætte til udskiftning hvis:
$(D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) > (D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny} + S) > S$ og $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) > 0$

- fortsætte til skrotning hvis:
$(D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) > S$ og $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) < 0$
- købe ny ovn hvis:
$(D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) < (D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny} + S)$ og $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) > 0$
- skrotte ovnen hvis:
$(D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) < S$ og $(D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) < 0$

Hvis værdien af (forbrugeroverskuddet ved) at beholde den gamle ovn er større end værdien af en ny fratrukket investeringsomkostningen men plus skrotningspræmien, vil man vælge at beholde ovnen. Om man senere vælger at skifte ovnen, når den gamle "ikke kan mere", afhænger af, om værdien af en ny opvejer investeringsomkostningen.

Hvis værdien af den gamle brændeovn er mindre end S vil man vælge at skrotte sin brændeovn. Hvis værdien af en ny ovn fratrukket investeringsomkostningerne er positive, skal værdien af den gamle brændeovn blot være mindre end denne plus S, for at man vil investere i en ny. Er værdien af en ny brændeovn derimod ikke større end investeringsomkostningerne, vil man ikke vælge at købe en ny.

## 2.5 Beregning af samfundsøkonomiske nettogevinster pr. ovn ved regulering

Gevinsten (reducerede helbredsomkostninger) ved at pålægge brugen af brændeovne en afgift t, vil i tilfældet, hvor kun forbruget justeres, være givet ved arealet under MD-kurven mellem $Q_0$ og $Q_1$, hvilket svarer til arealet af trekanterne C og B i figur 1. Omkostningen ved reguleringen består i det nyttetab, som opstår ved, at prisen på brugen af brændeovnen stiger. Forbrugeren skal betale A i afgift, men oplever desuden tabet B. Afgiftsprovenuet, svarende til arealet A, er blot en omfordeling mellem forbruger og stat, mens B er den reelle samfundsøkonomiske omkostning ved afgiften (dødvægtstabet). Dertil kommer det faste årlige gebyr (f). Nettogevinsten (NG) ved reguleringen af en brændeovn er således givet ved:

$$NG = (C+B) - (B+f) = C - f$$

C kan beregnes som $\frac{1}{2} \cdot t \cdot (Q_0 - Q_1)$. Her forudsættes en antagelse om, at den anden afledte af nyttefunktionen er konstant, dvs. MB-kurven er en ret linje.

Når man skal regne på, at ovnen udskiftes eller skrottes, uanset om der ses på afgifter, forbud eller skrotningspræmier, skal det ændrede forbrugeroverskud også tages med i betragtning. I tabel 1 er angivet, hvorledes de årlige nettogevinster pr. ovn ved hvert valg beregnes for de tre forskellige former for regulering.

I beregningerne indgår desuden et skatteforvridningstab, M. Et skatteforvridningstab opstår, fordi udgifterne til skrotningsordningen skal finansieres via andre skatter som sædvanligvis medfører en forvridning af aktiviteten i økonomien, jf. Finansministeriet (1999). Omvendt vil opkrævning af afgifter som afspejler de samfundsøkonomiske omkostninger ved den givne aktivitet medføre, at indtægterne herfra kan mindske behovet for at opkræve forvridende skatter.

*Tabel 1 Årlige samfundsøkonomiske gevinster ved regulering afhængig af valg*

| **Afgifter på brug af ovn** | |
|---|---|
| Fortsætter til udskiftning | $C_{gl} - f + (M \cdot A_{gl})$ |
| Fortsætter til skrotning | $C_{gl} - f + (M \cdot A_{gl})$ |
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - I_{ny} - f + (M \cdot A_{ny})$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - D_{gl}$ |

| **Skrotningspræmie** | |
|---|---|
| Fortsætter til udskiftning | 0 |
| Fortsætter til skrotning | 0 |
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - C_{ny} - I_{ny} - M \cdot S$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - D_{gl} - M \cdot S$ |

| **Forbud mod gammel ovn** | |
|---|---|
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - C_{ny} - I_{ny}$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - D_{gl}$ |

## 3 Data og antagelser

Der arbejdes med fem kategorier af brændeovne: 3 ikke-svanemærkede og 2 svanemærkede. Svanemærkede ovne udgør ca. 90-95 pct. af de brændeovne, der sælges i dag.[3] Der er i 2015 kommet nye krav til svanemærket, og der skelnes derfor mellem svanemærkede ovne fra 2008-15 og svanemærkede ovne fra 2015 og frem. De fem kategorier af ovne er: før 1990, 1990-2008, 2008-15, svanemærkede 2008-15 samt svanemærkede fra 2015 og frem. Det er i beregningerne antaget at alle udskifter til en helt ny svanemærket ovn (dvs. nyere end 2008-15-standarden), hvis de skifter til en ny ovn.

Den største forskel på de fem kategorier af brændeovne er, hvor mange kg fine partikler ($PM_{2.5}$) de udleder pr. GJ brænde, der fyres med. Det ses af tabel 2, at en brændeovn fra før 1990 forurener ca. seks gange så meget som en ny svanemærket, mens en relativ ny ovn fra før 2015, som ikke er svanemærket forurener godt tre gange så meget som en ny svanemærket ovn. Der er desuden sket en udvikling i, hvor godt ovnen udnytter energien i brændet, jf. bilag 3. Dette har betydning for, hvad det koster at fyre i brændeovnen pr. time for at opnå den samme effekt.[4]

*Tabel 2 Emissionsfaktorer*

| | **g $PM_{2.5}$ pr. GJ indeholdt i brændet** |
|---|---|
| Ovne fra før 1990 | 930 |
| Ovne fra 1990-2008 | 740 |
| Ovne fra 2008-15 [a)] | 514 |
| Svanemærkede ovne 2008-2015 | 206 |
| Svanemærkede ovne 2015+ | 155 |

a) omfatter også ovne fra før 2008, som lever op til den standard, der blev indført i 2008.

For at kunne beregne valg og nettogevinster for hver ovn skal de forskellige kurver i figur 1 og 2 samt størrelsen af en række parametre estimeres. Tabel 3 opsummer de centrale estimater/guestimater på størrelsen af disse og de uddybes kort efterfølgende. Nogle af beregningerne og antagelserne uddybes yderligere i bilag 2 til 4. Der udføres følsomhedsanalyser på flere af parametrene for at afspejle variansen og/eller usikkerheden i estimeringerne.

[3] DCE antager på baggrund af samtaler med brændeovnsbranchen, at 90 pct. af alle ovne, der udskiftes, er til en svanemærket ovn, jf. Nielsen mfl. (2013). Ifølge DAPO (Foreningen af Danske Leverandører af Pejse og Brændeovne) er denne andel steget til 95 pct. De sidste 5-10 pct. skifter til en ny ovn, som ikke er svanemærket, men hvortil emissionskravet er øget i 2015 og bliver det igen i 2017. Det antages her, at alle ovne udskiftes til svanemærkede ovne.

[4] Det er i alle beregninger antaget, at alle ovne har en effekt på 5 kW, selvom der i praksis er forskellige størrelser ovne. 5 kW er dog den mest udbredte størrelse.

*Tabel 3 Estimerede centrale parametre i analysen*

| Beskrivelse | Størrelse | Bemærkning |
|---|---|---|
| Marginale helbredsomkostninger (t) | 1 – 41 kr. pr. time | Afhænger af ovnkategori og geografisk placering |
| Marginale private omkostninger ($P_0$) | 3,3 – 4,0 kr. pr. time | Kun brændeforbrug |
| Årligt forbrug ($Q_0$) | 0 – 3.277 timer pr. år | Gns. forbrug i 10 pct.fraktiler af hhv. by, land og sommerhuse |
| Hældning på MB-kurve | -0,005 | Placering afhænger af $Q_0$ |
| Fast årligt gebyr (f) | 500 | Groft skøn |
| Investering i ny ovn ($I_{ny}$) | 640 | 10.000 kr. annuisseret (25 år) |
| Skrotningspræmie (S) | 449 | 2.000 kr. annuisseret (5 år) |
| Skatteforvridningstab (M) | 0,20 | |

Anm: I beregninger er antaget at alle ovne har en effekt på 5 kW. Anvendt diskonteringsrate er på 4 pct.

## 3.1 Marginale helbredsomkostninger

Til brug for analyserne har DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) beregnet nye helbredseffekter og -omkostninger forbundet med udledningen af primære partikler fra brændefyring afhængig af geografisk placering baseret på en opdateret og mere detaljeret model end hidtil, jf. Brandt mfl. (2016).[5] Den geografiske placering har betydning i forhold til, hvor mange mennesker, der i en radius af ca. 30 km bliver berørt af udledningerne (lokale effekter og omkostninger). Der er også partikler, som kommer længere væk end 30 km (regionale effekter og omkostninger), men da betyder det knap så meget, hvor de geografisk er blevet udledt. Til disse beregninger er Danmark opdelt i de officielle fem regioner dog med Bornholm for sig. Desuden er hver 1 x 1 km-celle af Danmark defineret som værende i en af fire kategorier af befolkningstæthed: under 100 personer pr. $km^2$, 100-1.500 personer pr. $km^2$, 1.500-3.000 personer pr. $km^2$ til over 3.000 personer pr. $km^2$. Der er således beregnet enhedspriser, dvs. helbredsomkostninger i Danmark pr. udledt kg partikler ($PM_{2.5}$), for hver af disse 24 områdekategorier (seks regioner og fire befolknings-tætheder). Der er ikke tidligere udført beregninger af geografisk differentierede eksterne omkostninger ved partikeludledning fra brændeovne i Danmark. For nærmere beskrivelse af metode og data henvises til bilag 2 samt Brandt mfl. (2016).

Disse nye enhedspriser er væsentligt højere end tidligere beregnede enhedspriser, hvilket blandt andet skyldes opdaterede og i høj grad de mere detaljerede modeller som er anvendt, jf. Brandt mfl. (2016). Enhedspriserne i nærværende beregninger er yderligere opjusteret i forhold til Brandt mfl. (2016), da der her anvendes nye værdier for statistisk liv (VSL) og tabte leveår (VOLY), jf. De Økonomiske Råd (2016), kapitel I og II.

Afgiften (t) på brugen af brændeovnen, som skal afspejle de samfundsøkonomiske eksterne omkostninger, er estimeret til at være mellem 5 og 41 kr. pr. times fyring for en brændeovn fra før 1990 afhængig af den geografiske placering, mens den for en ny

[5] Der er desuden beregnet enhedspriser for udledningen af $SO_2$, $NO_X$ og CO, men disse udgør en meget lille andel af de samlede helbredseffekter pr. GJ brænde anvendt til fyring i brændeovn, og i dette notat skrives der således kun partikler, selvom de øvrige enhedspriser er inkluderet i beregningerne.

svanemærket ovn er mellem 1 og 7 kr. pr. times fyring, jf. bilag 2. Disse afgifter svarer kun til helbredsomkostningerne i Danmark ved fyring, da vi ser ud til at opfylde vores internationale forpligtelser til reduktioner i 2020 og 2030, jf. afsnit II.3 i De Økonomiske Råd (2016).

Beregningerne er baseret på ovenfor beskrevne geografisk differentierede enhedspriser for de afledte sundhedseffekter, der følger af udledninger fra brændeovne samt skyggeprisen for udledning af metan, jf. Brandt mfl. (2016) og egne beregninger. I bilag 2 vises timeprisen for alle kategorier er brændeovne, som vi regner på i alle 24 områder. 98 pct. af de helbredseffekter i Danmark, som følger af træafbrænding i husholdningerne, kommer fra de fine partikler, så fremadrettet skrives blot partikler, selvom andre stoffer egentlig er med i beregningerne.[6] I disse time-afgifter er desuden afspejlet en skyggepris for udledningen af drivhusgassen metan, som der udledes mere af i en gammel brændeovn end i en ny. Skyggeprisen på udledning af metan er dog væsentlig mindre pr. time end helbredsomkostningerne ved udledning af partikler, og denne del af afgiften er derfor relativt lille, jf. bilag 2.

Da der både er usikkerhed med hensyn til de estimerede udledninger, forbrug pr. time, helbredseffekter og værdisætning af disse, foretages der forskellige følsomhedsanalyser på størrelsen af afgifterne.

### 3.2 Det initiale brændeforbrug

Fra Energistyrelsen har vi fået de nyeste data for træforbruget i brændeovne for år 2011 og 2013 på baggrund af telefoninterviews. På basis af dem har vi først opdelt dem i brændeovne i sommerhuse, brændeovne på landet og brændeovne i byzone. Derefter er hver kategori opdelt i ti lige store forbrugsgrupper (10 pct.fraktiler), hvor det gennemsnitlige energiforbrug i GJ er beregnet. Opdelingen i by, land og sommerhus er relevant, da forbruget på landet er væsentligt højere end i byen og forbruget i et sommerhus er en del lavere end i byen, jf. Illerup mfl. (2007), Evald (2012), Hansen (2015). Forbruget i de forskellige fraktiler og grupper (by, land og sommerhus) er vist i bilag 4.

Fra DCE har vi fået oplyst det antal boliger og antal sommerhuse med brændeovne som er anvendt i de nationale emissionsopgørelser fordelt på hver af de 24 områdekategorier.[7] Vi antager, at forbruget i områdekategorierne med en befolknings-tæthed under 100 pr. $km^2$ er som på landet og forbruget i de øvrige kategorier er som i byzone. Fra DCE har vi i øvrigt en opdeling af, hvor mange brændeovne der er i hver brændeovnskategori (den nye svanemærkede kategori regnes med en andel på nul i udgangspunktet). Denne fordeling antages at være den samme i hele landet og både for sommerhuse og boliger (da vi ikke har bedre data for dette). Baseret på disse oplysninger om antal og forbrug og de beregnede nettogevinster pr. ovn gennemgået i

[6] Der er beregnet enhedspriser for udledning af $PM_{2.5}$, $NO_x$, $SO_2$ og CO, hvor $SO_2$-priserne dog ikke varierer geografisk. Enhedspriserne for udledning af de forskellige stoffer er beregnet på baggrund af hele den emissionssektor, som hedder ikke-industriel forbrænding, som også indeholder oliefyr, halmfyr mv. Træfyrede anlæg står dog for 89 pct. af partikeludledningerne i denne sektor, 75 pct. af CO-udledningen og 32 pct. af $NO_x$-udledningen.

[7] Opgørelsen er blandt andet baseret på oplysninger i BBR om, hvor der står brændeovne. Data fra BBR er desværre ikke fuldstændige og en national undersøgelse af, hvor der står brændeovne, og hvor gamle de er, ville være en væsentlig forbedring af datagrundlaget.

afsnit 2, kan de totale gevinster ved de forskellige reguleringer og i de forskellige områder beregnes.

Antallet af brændeovne er på 750.000 i emissionsopgørelser fra DCE. I Energistyrelsens opgørelser regnes der kun med ca. 700.000 brændeovne, men til gengæld et lidt højere energiforbrug pr. ovn. Da vi analyserer på energiforbruget fra Energistyrelsens data og antal ovne oplyst af DCE for at få flest detaljer i data, har vi været nødt til at justere på energiforbrug pr. ovn. Energiforbruget pr. ovn er derfor reduceret med 15 pct. i beregningerne. Med anvendelse af samme enhedspriser som i Brandt mfl. (2016), dvs. ikke opjusteret med nye værdier af VSL og VOLY får vi på denne måde sammenlignelige helbredsomkostninger på 3 mia. om året i udgangspunktet.

For huse på landet har vi på basis af i alt 639 observationer fra 2011 og 2013 estimeret det gennemsnitlige årlige forbrug fratrukket 15 pct. til 31 GJ, for huse i byzone (dvs. både små og store byer) til 21 GJ og for sommerhuse til 14 GJ. Dette svarer til et årligt timeforbrug ($Q_0$) på mellem 500 og 1.300 timer, hvilket igen svarer til, at man fyrer ca. 3 timer *hver dag* i seks måneder i sit sommerhus eller 6-7 timer *hver dag* i sit hus på landet ligeledes i seks måneder.[8] Dette er måske ikke urealistisk for nogen, men som et gennemsnit virker det lidt højt.

I en ny undersøgelse af brændeovne i København er det gennemsnitlige årlige forbrug på ca. 10 GJ, jf. Teknologisk Institut (2015). Det svarer til et årligt forbrug på ca. 400 timer og ca. 2 timer pr. dag fordelt på seks måneder, hvilket virker realistisk for brug i byer. Det må dog formodes, at brugen af brændeovne er større uden for de store byer, og den reelle gennemsnitlige brug af brændeovne på landsplan er derfor nok højere. Tallet fra København kan derfor ikke anvendes på landsplan.

Vi foretager en følsomhedsanalyse, hvor vi sætter det årlige forbrug ned med 50 pct. i stedet for 15 pct. Dette giver årlige energiforbrug i sommerhuse på 8 GJ, 12 GJ i byzone og 18 GJ i landzone, svarende til 300-800 timer pr. år og 2-4 timer pr. dag (hver dag i seks måneder).

### 3.3 Marginale private omkostninger

Den privatøkonomiske omkostning ($MC_{privat} = P_0$) er estimeret til at variere fra 4,0 kr. pr. time for en gammel brændeovn fra før 1990 til 3,3 kr. pr. time for en ny svanemærket ovn. Dette dækker kun estimerede udgifter til brænde. Omkostningen pr. time er lavere for en ny brændeovn, da denne udnytter energien i brændet bedre, og man behøver derfor ikke fyre med lige så meget brænde pr. time for at få den samme varmeeffekt. For nærmere beskrivelse af beregningerne se bilag 3.

### 3.4 Efterspørgselskurven

Hældningen på efterspørgselskurven er beregnet til -0,005 (kr. pr. time) og antages at være konstant for alle brugere. Hældningen er baseret på et norsk empirisk studie af efterspørgsel og pris på husholdningers brug af forskellig form for energi, jf. Halvorsen

[8] Der er forskel på, hvor mange GJ en brændeovn bruger pr. time alt efter alder. En gammelbrændeovn bruger flere GJ pr. time for at opnå samme varmemængde som en ny brændeovn og spændet mellem 500 timer og 1.300 timer afspejler derfor ikke kun, om det er sommerhus eller et hus på landet, men også om det er en gammel eller en ny ovn.

mfl. (2010) og bilag 3. Vi antager, at denne hældning er den samme i Danmark i dag, uanset hvor meget man bruger sin brændeovn. Ved et gennemsnitligt forbrug og den gennemsnitlige pris på forbrug i de centrale beregninger svarer hældningen på -0,005 til en priselasticitet på brugen af brændeovnen på -0,9.

Placeringen af efterspørgselskurven afhænger af forbrugerens initiale forbrug, $Q_0$. Gennemsnittet varierer naturligvis med den enkelte forbruger. Ved hjælp af data fra de seneste års spørgeskemaundersøgelser foretaget for Energistyrelsen har vi fået oplysninger om variationen i $Q_0$.

Hvis der skiftes til en ny ovn, antages det, at MB-kurven forbliver på samme sted, da det antages, at nytten af en times brug af ovnen er den samme for en ny som for en gammel ovn. Omkostningerne ved at bruge en ny ovn er dog lavere, jf. figur 2.

Det er sandsynligvis en relativt grov antagelse at alle har den samme hældning på deres efterspørgselskurve og at denne er retlinet hele vejen. Der foretages derfor forskellige følsomhedsanalyser her.

### 3.5 Årligt administrationsgebyr

Det faste årlige gebyr (f) dækker de annuiserede omkostninger til investering, installation og vedligeholdelse af den måler, som registrerer, hvor meget ovnen bruges, samt en række udgifter til administrationen af at (fjern-)aflæse forbrug, registrere data om ovntype, placering og forbrug og derudfra opkræve de differentierede afgifter. Størrelsen på dette årlige gebyr er sat til 500 kr. Denne størrelse er behæftet med væsentlig usikkerhed, og der udføres derfor følsomhedsanalyser herpå. For uddybning af, hvad der ligger bag buddet på 500 kr. henvises til bilag 3.

### 3.6 Investeringsomkostningen i en ny brændeovn

Investeringen i en ny brændeovn ($I_{ny}$) er opgjort til 640 kr. pr. år ved at annuisere en initialinvestering på 10.000 kr. henover 25 år med en diskonteringsfaktor på 4 pct. De 10.000 kr. og 25 år er oplyst af Kjeld Vang fra DAPO (Foreningen af Danske Leverandører af Pejse og Brændeovne) og er den gennemsnitlige pris på en ny brændeovn i dag og så lang tid, som nye brændeovne i dag formodes at leve i gennemsnit.

### 3.7 Skrotningspræmien

Skrotningspræmien som gælder i dag for ovne fra før 1990 er på 2.150 kr., hvoraf de 150 kr. går til at betale skorstensfejeren for at lave en attest på, at den er skrottet. Der er derfor kun regnet med de 2.000 kr. Denne præmie er annuiseret ud over 5 år, som en brændeovn fra 1990 ca. har tilbage, hvis det antages, at denne bliver 30 år.[9] Det er dog vanskeligt at afgøre, hvor mange år, vi bør annuisere over. Vi regner også på skrotningsordninger for ovne som er nyere end fra 1990. Her er skrotningspræmien også annuiseret udover 5 år, selvom restlevetiden for disse ovne måske i gennemsnit er længere. Inden for hver kategori, kan der desuden stadig være stor forskel på, hvor gammel ovnen er og hvor mange år brugeren af ovnen mener, at den har tilbage "at leve i".

[9] Gamle ovne er i gennemsnit af en lidt bedre kvalitet, så man har længere forventede levetider for en gammel ovn end for en ny i gennemsnit.

Det har ret stor betydning for de totale samfundsøkonomiske gevinster, hvor stor præmien er eller over hvor mange år, man forventer den annuisseres over. Hvis præmien ikke er så stor (eller mange mener, at deres ovn har mange år tilbage at leve i), vil der ikke være så mange som skrotter deres ovn og helbredsgevinsterne vil dermed ikke blive så store. Er gevinsten til gengæld stor vil mange flere vælge at skrotte ovnen og helbredsgevinsterne vil være større. Den større gevinst kan jo dog også tolkes som, at dem som alligevel ville have skrottet deres ovn om ganske få år tillægger præmien større værdi end andre og dermed er nettohelbredsgevinsten ikke så stor som beregnet, da der her ikke skelnes mellem, hvor mange år der ville gå, før brugerne alligevel ville have skiftet. Beregningerne tager altså ikke højde for, at det især vil være folk, som alligevel ville have skiftet eller skrottet deres ovn inden for ganske få år, som vil reagere på en sådan præmie, hvorved den ekstra helbredsgevinst forbundet med skrotningsordningen inden for ganske få år vil blive nul.

### 3.8 Skatteforvridningstab

I Finansministeriets og Miljøministeriets vejledninger om samfundsøkonomiske analyser anbefales det at medregne eventuelle skatteforvridningstab og -gevinster for projekter, som enten kræver statslig finansiering eller genererer statslige indtægter (afgifter), jf. Finansministeriet (1999) og Miljøministeriet (2010). Skatteforvridningsfaktoren er af Finansministeriet angivet til at være på 20 pct., sådan at der for hver krone, der skal finansieres af staten, skal tillægges 20 øre, jf. Finansministeriet (1999) og Miljøministeriet (2010).

Der er dog i litteraturen rejst tvivl om, hvorvidt der bør medregnes et skatteforvridningstab i opgørelsen af de samfundsøkonomiske værdier ved et projekt, jf. Kreiner og Verdelin (2012). Der laves derfor en følsomhedsberegning, hvor skatteforvridningstabet sættes til nul.

# 4 Resultater

I dette afsnit præsenteres resultaterne af de centrale beregninger samt følsomheds-analyser. Der gennemgås først et par udvalgte eksempler på delresultaterne som en indføring til at kunne forstå, hvordan hovedresultaterne fremkommer. Derefter præsenteres hovedresultaterne af analysen af regulering af brændeovne i hele Danmark. Gevinsterne ved regulering er geografisk differentierede og dette belyses yderligere efterfølgende, hvor der ses på mindre omfattende men mere målrettede reguleringer (geografisk set). Til sidst følger følsomhedsanalyser på en lang række parametre.

## 4.1 Eksempelberegninger

For at kunne forstå, hvad der driver resultaterne, når de totale samfundsøkonomiske gevinster ved forskellige former for regulering opgøres, ses der først på et par eksempler for gevinsterne ved regulering pr. ovn. I tabel 4 vises således de årlige samfunds-økonomiske gevinster pr. ovn ved regulering af brugen af ovne, jf. metoden beskrevet i afsnit 2. I tabellen er der vist gevinster pr. ovn for to forskellige placeringer, fire for-skellige typer ovne og to niveauer af årligt forbrug for de tre analyserede reguleringsformer. Alle tre parametre er afgørende for størrelsen af gevinsterne ved regulering. Tabellen viser udover gevinsten pr. ovn også, hvad det er for et valg forbrugeren tager ved de tre forskellige reguleringer, altså om han vælger at beholde sin ovn, købe en ny eller skrotte ovnen og ikke købe en ny. Det skal bemærkes, at der også vises resultater for et forbud mod svanemærkede ovne og en skrotningsordning for disse, selvom det ikke giver store gevinster eller virker politisk gangbart. Dette er primært med for at kunne sammenholde med afgifter og for netop at illustrere den lille gevinst.

De to placeringer er i hhv. det tættest beboede København (befolkningstæthed over 3.000 pr. $km^2$) og det mindst befolkede Bornholm (under 100 personer pr. $km^2$). Den geografiske placering har pga. forskelle i befolkningstæthed betydning for, hvor store helbredsomkostninger udledningen af et kg partikler forårsager og har derfor stor betydning for størrelsen af afgifter. De to valgte placeringer giver henholdsvis den højeste og den laveste helbredsomkostning pr. kg partikler og angiver således yderpunkterne i resultaterne i afgiftsstørrelser.

Kategorien af brændeovne har også stor betydning, da der som tidligere beskrevet, er en væsentlig højere partikeludledning fra ældre brændeovne (gennemsnitligt set) end fra f.eks. svanemærkede ovne. Dette påvirker altså ligeledes størrelsen af afgifter og de resulterende helbredsgevinster ved regulering.

De to niveauer af forbrug viser henholdsvis et lavt forbrug og et højt forbrug, som naturligvis påvirker, hvor meget ovnen forurener pr. år, men også påvirker placeringen af efterspørgselskurven. Dette har betydning for, hvad forbrugeren vælger at gøre givet de forskellige reguleringsformer og har betydning for beregningen af nettogevinsten, hvor tabet i forbrugeroverskud fratrækkes helbredsgevinsten ved reguleringen, jf. tabel 1 i afsnit 2.5.

*Tabel 4 Eksempler på samfundsøkonomiske gevinster pr. brændeovn*

| | Forbrug | Afgift | | Delvist forbud[a)] | | Skrotning | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **København** | Timer pr. år | ---------- | | 1.000 kr. pr. år | ---------- | | |
| Før 1990 | 1.000 | 38,5 | (Ophører) | 33,4 | (Ny) | 33,3 | (Ny) |
| 1990-2008 | 1.000 | 27,1 | (Ophører) | 22,1 | (Ny) | 22,0 | (Ny) |
| 2008-15 | 1.000 | 16,7 | (Ophører) | 11,7 | (Ny) | 0,0 | (Beholder) |
| Svane 2008-15 | 1.000 | 5,0 | (Ophører) | 0,1 | (Ny) | 0,0 | (Beholder) |
| | | | | | | | |
| Før 1990 | 100 | 4,1 | (Ophører) | 4,1 | (Ophører) | 4,0 | (Ophører) |
| 1990-2008 | 100 | 2,9 | (Ophører) | 2,9 | (Ophører) | 2,9 | (Ophører) |
| 2008-15 | 100 | 1,9 | (Ophører) | 1,9 | (Ophører) | 1,8 | (Ophører) |
| Svane 2008-15 | 100 | 0,7 | (Ophører) | 0,7 | (Ophører) | 0,6 | (Ophører) |
| **Bornholm** | | | | | | | |
| Før 1990 | 1.000 | 3,9 | (Ny) | 4,2 | (Ny) | 4,1 | (Ny) |
| 1990-2008 | 1.000 | 2,4 | (Ny) | 2,7 | (Ny) | 2,6 | (Ny) |
| 2008-15 | 1.000 | 0,6 | (Ny) | 0,9 | (Ny) | 0,0 | (Beholder) |
| Svane 2008-15 | 1.000 | -0,3 | (Beholder) | -0,6 | (Ny) | 0,0 | (Beholder) |
| | | | | | | | |
| Før 1990 | 100 | 0,5 | (Ophører) | 0,5 | (Ophører) | 0,4 | (Ophører) |
| 1990-2008 | 100 | 0,4 | (Ophører) | 0,4 | (Ophører) | 0,3 | (Ophører) |
| 2008-15 | 100 | 0,2 | (Ophører) | 0,2 | (Ophører) | 0,1 | (Ophører) |
| Svane 2008-15 | 100 | 0,1 | (Ophører) | 0,1 | (Ophører) | 0,0 | (Ophører) |

a) Beregningerne her gælder for et forbud mod den pågældende ovntype, men ikke mod en ny svanemærket ovn (fra 2015 og frem).

Anm.: Eksempler på forbrugerens valg og de samfundsøkonomiske gevinster ved forskellig regulering, forskellige ovne, forskellig placering samt forskelligt forbrugsmønster. Placeringen er i København, der hvor befolkningstætheden er over 3.000 indb. pr. $km^2$ og på Bornholm, der hvor befolkningstætheden er under 100 indb. pr. $km^2$. Valgene forbrugeren kan tage er enten at beholde ovnen, købe en ny eller helt ophøre med at have brændeovn. Det er angivet i parentes, hvad de forskellige forbrugere vil vælge at gøre i den anvendte model.

Kilde: Egne beregninger.

Hvis en ejer af en gammel brændeovne fra før 1990 bruger sin ovn i 1.000 timer om året, og denne står i København, vil gevinsten ved at regulere være mellem 30.000 og 40.000 kr. pr. år. Forbydes den ovn han har, vil han vælge at købe en ny, da det giver ham stor nytte at bruge sin ovn. Hvis han ikke brugte sin ovn meget, ville det betyde, at han fik en lille nytte af at bruge sin ovn, og han ville i stedet vælge at ophøre med at have brændeovn. Tilbydes brugeren med et forbrug på 1.000 timer i stedet en skrotningspræmie, vil han også vælge at købe en ny, da værdien af skrotningspræmien plus værdien af en ovn, der udnytter energien i brændet bedre, overstiger omkostningerne ved at købe en ny. Både ved et forbud og ved en skrotningspræmie er gevinsten på ca. 33.000 kr. pr. år, jf. tabel 4.

Pålægges ejeren med den gamle ovn fra før 1990 og et timeforbrug på 1.000 timer en afgift, vil han vælge at skrotte ovnen og ikke købe en ny, da afgifterne på den nye ovn, det årlige gebyr samt investeringsomkostningerne overstiger hans nytte ved en ny ovn. Da han skrotter ovnen helt opnås endnu større reduktioner i helbredsomkostninger og den samfundsøkonomiske gevinst er således endnu større trods tabet af

forbrugeroverskuddet. Boede han i stedet på landet på Bornholm ville afgiften på den nye ovn være tilstrækkelig lille til, at det kunne betale sig for brugeren at investere i en ny ovn, jf. tabel 4.

Uanset hvilken af de tre reguleringer, der indføres vil brugeren i disse beregninger vælge at ophøre med at have brændeovn, hvis denne ikke bruges ret meget. Dette gælder for alle typer af brændeovne. Skrotningsordningen giver samfundsøkonomisk en mindre gevinst selv i de tilfælde, hvor forbrugeren vælger at skrotte uanset forbrug. Dette skyldes medtagelsen af skatteforvridningstabet. Uden dette ville den samfundsøkonomiske gevinst være den samme for alle tre reguleringer, når forbrugeren vælger at skrotte sin brændeovn.

## 4.2 Totale samfundsøkonomiske gevinster ved regulering

I det følgende er de totale samfundsøkonomiske gevinster ved forskellige reguleringer beregnet ved at gange nettogevinsterne pr. ovn (ligesom dem angivet i tabel 4) med antallet af brugere i forskellige områder, fordelt på ovntyper og forskelligt brug, som beskrevet i afsnit 3. Beregningerne er foretaget med de antagelser, som er beskrevet i afsnit 3 og vist i tabel 3. Senere foretages følsomhedsberegninger på disse antagelser.

Udover at regne på en afgift på *alle* ovne, differentieret efter typen af ovn, geografisk placering og timers brug, regner vi også på et forbud mod kun nogle kategorier af ovne, men hvor det er tilladt at købe en ny ovn. Her kan man vælge, om det kun er ovne fra før 1990, der skal forbydes, eller om det også skal gælde ovne fra 1990-2008 og ovne fra 2008-15, som ikke opfylder kravene til svanemærkede ovne fra før 2015. Vi har desuden beregnet gevinsterne/omkostningerne ved et totalt forbud mod brændeovne. For skrotningsordningen regnes der på en ordning, som omfatter ovne fra før 1990 og en, som omfatter alle ovne fra før 2008.

Der er også foretaget beregninger af forbud mod ovne fra før 2015, som lever op til svanemærkets krav fra den periode og skrotningsordning for ovne fra før 2015 både svanemærkede og ikke-svanemærkede, men resultaterne for disse muligheder er ikke vist i tabellerne, da de ikke gav nævneværdige ekstra gevinster og i nogle tilfælde faktisk gav negative gevinster.

De totale samfundsøkonomiske gevinster ved at regulere brændeovne i Danmark er beregnet til mellem 1 og 3 mia. kr. pr. år, jf. tabel 5. De højeste gevinster fås ved enten at indføre den differentierede afgift på alle brændeovne eller ved at forbyde alle ikke-svanemærkede brændeovne. Totalt set vil det samfundsøkonomisk være en gevinst at forbyde alle brændeovne, men det vil give en større gevinst blot at forbyde, dvs. udfase, de ovne, som er fra før 2008. Dette skyldes, at gevinsterne for samfundet ved at forbyde alle ovne, og derved gøre det ulovligt at købe en ny brændeovn, i mange tilfælde ikke opvejer tabet i forbrugeroverskud for de forbrugere, som ville vælge at købe en ny ovn i de mindre tætbefolkede områdekategorier, da nye brændeovne forurener så meget mindre end gamle brændeovne, som tilfældet er. Forbud mod ovne fra efter 2008 vil således ikke give en særlig stor ekstra gevinst for samfundet i forhold til kun at forbyde ovne fra før 2008, jf. tabel 5.

*Tabel 5 Samfundsøkonomiske gevinster ved regulering af brændeovne*

| | Ovnkategori | Årlig samfundsøkonomisk gevinst | |
|---|---|---|---|
| | | Hele landet | Kun byzone |
| | | ---------- Mia. kr. pr. år ---------- | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 2,4 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 0,8 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 1,9 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 2,1 |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | 1,8 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,0 | 0,8 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 1,8 |

Anm.: "Kun byzone" betyder, at reguleringen kun indføres i byzone, her beregnet som de områdekategorier, som har en befolkningstæthed over 100 indb. pr. $km^2$. Det omfatter 61 pct. af de ovne, som indgår i analysen.

Kilde: Egne beregninger baseret på Brandt mfl. (2016), data fra Energistyrelsen mv. jf afsnit 3.

En skrotningsordning for ovne før 1990 giver nogenlunde samme gevinst som et forbud mod denne kategori ovne. For den næste kategori af ovne (1990-2008) giver et forbud en lidt højere gevinst end en skrotningsordning. Det hænger sammen med, at en andel af de brugere, som har en ovn i denne kategori, ifølge modellen vil vælge at beholde den, selvom de tilbydes en skrotningspræmie.

I bilag 5 vises resultaterne for alle 24 områdekategorier for hver af reguleringerne i tabel 5. Der er ikke nogen af områderne, hvor et totalt forbud er den bedste løsning.

Da gevinsterne ved regulering generelt set er større i byer end på landet, kunne man overveje kun at indføre de forskellige reguleringer i byzone som en form for miljøzone for brændeovne. Gevinsterne ved dette for de forskellige reguleringer er ligeledes vist i tabel 5, hvor det er antaget, at de områdekategorier, som har over 100 indbyggere pr. $km^2$, er byzone.

### 4.3 Målrettet skrotning

I beregningerne antages det, at der i skrotningsordningen er afsat penge nok til, at alle som ønsker det, kan få del i den. I den nuværende skrotningsordning for ovne fra før 1990 er der kun afsat et vist beløb, som rækker til ca. 20.000 ovne ud af de i alt knap 150.000 ovne i den alderskategori. I stedet for at tilbyde denne ordning til alle efter et først til mølle-princip kunne man overveje kun at tilbyde den, hvor der er størst helbredsmæssige gevinster forbundet med skrotningen/udskiftningen. Tabel 6 viser de ti kombinationer af brændeovnskategori og områdekategori, hvor gevinsten pr. brændeovn (og dermed pr. skrotningspræmie) er størst. Flere vises i bilag 6.

*Tabel 6 Samfundsøkonomisk årlig gevinst pr. brændeovn, skrotningsordning*

| | **Befolkningstæthed** | **Brændeovnskategori** | **Gevinst pr. ovn** |
|---|---|---|---|
| Region | Indb. pr. $km^2$ | | kr. pr. år |
| Hovedstaden | Over 3.000 | Før 1990 | 24.425 |
| Hovedstaden | Over 3.000 | 1990-2008 | 18.846 |
| Hovedstaden | 1.500-3.000 | Før 1990 | 16.693 |
| Sjælland | Over 3.000 | Før 1990 | 14.380 |
| Midtjylland | Over 3.000 | Før 1990 | 13.697 |
| Hovedstaden | 1.500-3.000 | 1990-2008 | 12.806 |
| Nordjylland | Over 3.000 | Før 1990 | 12.251 |
| Syddanmark | Over 3.000 | Før 1990 | 11.644 |
| Sjælland | Over 3.000 | 1990-2008 | 10.990 |
| Hovedstaden | 100-1.500 | Før 1990 | 10.643 |
| Gennemsnitlig gevinst for alle ovne før 1990 [a)] | | | 6.728 |

a) Givet at der er afsat penge nok til, at alle som måtte ønske det, kan få del i skrotningspræmien. I basisberegningen, med hovedantagelserne som beskrevet i de foregående afsnit, medfører det, at alle, dvs. 157.500 brugere, vil vælge at skrotte deres ovn.

Anm.: Gevinsten er gennemsnittet pr. skrottet ovn (uanset om der købes ny eller ej) pr. år.

Som det ses af tabel 6, vil det give en større gevinst pr. skrotningskrone at vælge nogle særlige områder ud, hvor der kan tilbydes en skrotningspræmie og endda lade denne i nogle tilfælde gælde for også lidt nyere ovne fra 1990-2008. Ikke overraskende drejer det sig om de mest tætbefolkede områder. Den gennemsnitlige gevinst pr. ovn for en skrotningsordning, som gælder alle ovne fra før 1990 i hele landet er på 6.650, men den forudsætter, at der er afsat penge nok til, at alle kan få del i denne præmie. Da der ikke er det i dag, kan det ikke umiddelbart afgøres, om gevinsten pr. ovn for de som fik del i gevinsten, er større eller mindre end den beregnede.

### 4.4 Følsomhedsanalyser

Beregningerne i ovenstående analyser er, som beskrevet i afsnit 3, baseret på en lang række af data, som indbefatter en vis mængde usikkerhed og/eller variation og nogle antagelser om størrelsen på forskellige parametre. For at teste resultaternes robusthed vises der i det følgende en lang række følsomhedsanalyser på følgende parametre:

- Enhedspriserne (kr. pr. kg udledte partikler)
- Det årlige forbrug af brænde i dag
- Efterspørgselskurvens form og hældning
- Størrelsen på det årlige administrationsgebyr
- Størrelsen på investeringsomkostningen til en ny ovn
- Skatteforvridningstab

*Enhedspriser – Helbredsomkostninger pr. kg udledte partikler*

De enhedspriser (dvs. helbredsomkostninger pr. kg udledt $PM_{2.5}$), som anvendes i beregningerne her, er væsentligt højere end de enhedspriser, som hidtil er blevet anvendt på baggrund af studier fra DCE. Dette skyldes særligt to forhold, jf. Brandt mfl. (2016) og De Økonomiske Råd (2016): 1) nye opgørelser af effekterne med en mere detaljeret model medtager blandt andet langt flere lokale effekter og 2) vi anvender den værdi af statistisk liv (VSL) og tabte leveår (VOLY), som anbefales i kapitel I i De

Økonomiske Råd (2016). Den gennemsnitlige enhedspris for danske udledninger af brændeovne var tidligere estimeret til 77 kr. pr. kg udledte partikler ($PM_{2.5}$) plus en tillægspris for udledninger i byer over 10.000 indbyggere på 182 kr. pr. kg og et tillæg for udledninger i København/Frederiksberg på 1.216 kr. pr. kg, jf. Andersen og Brandt (2014). De nye beregninger foretaget af DCE i forbindelse med dette kapitel giver en gennemsnitlig enhedspris på 294 kr. pr. kg, jf. Brandt mfl. (2016). Dette skyldes som nævnt både opdateringer og større detaljeringsgrad særligt for lokale effekter, som i stort omfang ikke var med i de tidligere beregninger. Med den yderligere opjustering med nye værdier af statistisk liv (VSL) og tabte leveår (VOLY) bliver den gennemsnitlige enhedspris for udledningen af partikler fra brændeovne i Danmark på 398 kr. Dette er en temmelig kraftig stigning, og der foretages derfor et par følsomhedsberegninger, som vises i tabel 7.

*Tabel 7 Følsomhedsanalyse – ændrede enhedspriser*

| | **Ovn-kategorier** | **Basis** | **Årlig samfundsøkonomisk gevinst** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Lav enhedspris[a)]** | **Gl. VSL og VOLY** | **Internationale effekter [b)]** |
| | | | ---------- Mia. kr. ---------- | | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 1,0 | 2,2 | 5,3 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 1,7 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 1,0 | 1,8 | 4,0 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 1,1 | 2,0 | 4,5 |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | -0,6 | 0,8 | 4,4 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 1,7 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 0,9 | 1,7 | 3,8 |

a) Beregnet med samme værdier af VSL og VOLY som i Brandt mfl. (2016) men halveret. Dvs. de er stadig geografisk differentieret som i Brandt mfl. (2016), hvilket de ikke var i f.eks. Andersen og Brandt (2014).

b) Beregnet med nye værdier af VSL og VOLY jf. kapitel I i De Økonomiske Råd (2016).

Anm.: Alle andre parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3.

Der er foretaget to følsomhedsanalyser, hvor de gamle værdier af VSL og VOLY anvendes: en som svarer til enhedsprisen på de 294 kr. i gennemsnit og en, hvor alle enhedspriser er halveret.

De ovenstående enhedspriser afspejler kun helbredsomkostningerne i Danmark. Da Danmark jf. de seneste fremskrivninger overholder udledningslofterne i 2020 og muligvis også i 2030 er der ikke belæg for at regulere partikeludledningen udover, hvad der er samfundsøkonomisk optimalt set ud fra et dansk synspunkt, jf. De Økonomiske Råd (2016). Den sidste følsomhedsanalyse i tabel 7 viser, hvad gevinsterne for hele Europa (inkl. Danmark) ville være, hvis gevinster uden for Danmark alligevel tælles med, og hvis afgifterne også afspejler den gennemsnitlige helbredsomkostning for hele Europa ved udledning af et kg partikler.

Logisk nok giver lavere enhedspriser også lavere gevinster ved regulering og højere enhedspriser giver højere gevinster. Det vil dog stadig være en fordel at regulere, selv med de laveste priser i følsomhedsberegningerne, med undtagelse af et totalt forbud. Med så lave priser giver et forbud mod eller en skrotningspræmie til ovne fra før 2008

(eller alle ikke-svanemærkede ovne) ca. samme samfundsøkonomiske gevinst som de differentierede afgifter. Ændringen hænger sammen med, at den administrative omkostning i forbindelse med afgifter bliver større i forhold til helbredsgevinsterne samt, at det i flere tilfælde giver negative samfundsøkonomiske gevinster at regulere de nyeste ovne, da tabet af forbrugeroverskud vil overstige helbredsgevinsterne. Generelt bliver de samfundsøkonomiske gevinster ved de tre forskellige reguleringer mere ens jo mindre gevinsten er i de viste følsomhedsanalyser.

Medtager man de eksterne effekter, som brændefyring i Danmark påfører andre lande, stiger gevinsten ved regulering til mellem 1,7 og 5,3 mia. kr. pr. år. Her vil et totalt forbud mod brændeovne være bedre end blot at forbyde ovne fra før 2008, men den største gevinst opnås stadig med enten en afgift på alle brændeovne eller et forbud mod alle ovne, som ikke opfylder kravene til svanemærkede brændeovne fra før 2015.

Ifølge DCE er de højere enhedspriser stadig et konservativt skøn for omkostningerne ved at fyre med brænde, blandt andet fordi der f.eks. ikke er medtaget udledning af ultrafine partikler og effekterne heraf samt, at der er studier, som tyder på, at sodpartikler (black carbon), som er en andel af de fine partikler, har en større negativ helbredseffekt end andre fine partikler, jf. Ellermann mfl. (2014). Disse sodpartikler bidrager desuden på forskellig vis til klimaforandringerne jf. De Økonomiske Råd (2016), kapitel II. Denne klimagevinst ved at regulere er heller ikke medtaget i disse beregninger, blandt andet fordi emissionsfaktoren for sodpartikler fra de forskellige brændeovne er estimeret med meget stor usikkerhed. Regner man alligevel med disse emissionsfaktorer og en $CO_2$-ækvivalent på 900 fås en total gevinst ved regulering på mellem 1,1 og 3,4 mia. kr. pr. år alt efter hvilken regulering der anvendes.[10]

*Årligt forbrug af brænde*

Som nævnt i afsnit 3 virker det gennemsnitlige timeforbrug af brændeovne noget højt, og der foretages derfor en følsomhedsanalyse, hvor forbruget halveres for alle brugere i forhold til de tal, som fremgår af Energistyrelsens data.[11] Da forureningen forbundet med at fyre afhænger af den afbrændte mængde træ, reducerer dette naturligvis gevinsterne ved at regulere, jf. tabel 8.

[10] $CO_2$-ækvivalenten på 900 er henover en periode på 100 år, jf. Bond mfl. (2013). Denne er dog også behæftet med stor usikkerhed. Sodpartikler har en meget kortere levetid end $CO_2$, hvilket bevirker, at en reduktion af udledningen af sodpartikler har en hurtigere effekt end reduktion af $CO_2$-udledningen og nogle ser derfor på en 20-årig horisont, når de estimerer $CO_2$-ækvivalenten for sodpartikler, som så bliver på omkring 3.200, jf. Bond mfl. (2013).

[11] Disse er i hovedantagelsen justeret ned med 15 pct., da vi regner med flere ovne end Energistyrelsen. Følsomheden er altså ikke 50 pct. i forhold til hovedantagelsen, men i forhold til de oprindelige data.

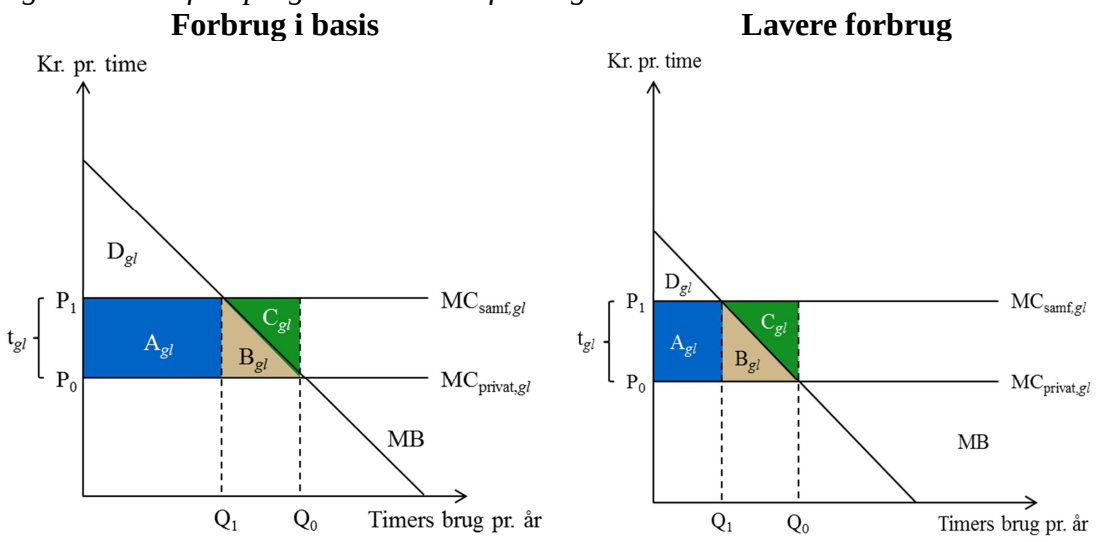
*Tabel 8 Følsomhedsanalyse – lavere forbrug*

| | Ovnkategorier | Årlig samfundsøkonomisk gevinst | |
|---|---|---|---|
| | | Basis | Lavere forbrug |
| | | ---------- Mia. kr. ---------- | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 1,9 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 0,6 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 1,5 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 1,7 |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | 1,6 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 0,6 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 1,3 |

Anm.: Det årlige forbrug, som i hovedantagelsen er justeret ned med 15 pct. i forhold til tal fra Energistyrelsen er i denne følsomhedsanalyse justeret yderligere 35 pct.point ned, så det årlige forbrug er halveret i forhold til tal fra Energistyrelsen.

Den højeste gevinst fås stadig ved afgifter, og den næsthøjeste gevinst fås ved at forbyde alle ikke-svanemærkede ovne. Den samfundsøkonomiske gevinst ved et totalt forbud falder ikke lige så meget som de øvrige reguleringer, når forbruget sættes ned og er i dette tilfælde næsten lige så højt som et forbud mod alle ikke-svanemærkede ovne. Det skyldes, at gevinsten i form af reducerede helbredseffekter ikke reduceres lige så meget, som forbrugeroverskuddet, når forbruget antages at være lavere, jf. figur 3. Den samfundsøkonomiske gevinst pr. skrottet ovn er arealet af $C_{gl}$ - $D_{gl}$, jf. tabel 1. Det ses af figuren, at $C_{gl}$ ikke bliver mindre ved et lavere initialt forbrug, men det gør $D_{gl}$. At den totale samfundsøkonomiske gevinst for de forskellige reguleringer er tættere på gevinsten ved et totalt forbud hænger derudover sammen med, at ved et lavere initialt forbrug, vil flere brugere stillet overfor en af de øvrige reguleringer vælge at ophøre med at have brændeovn, frem for at investere i en ny og gevinsterne bliver derfor mere lig et totalt forbud. Disse resultater hænger naturligvis stærkt sammen med antagelsen om efterspørgselskurvens udformning, herunder, at hældningen er den samme for alle uanset forbrug.

*Figur 3 Efterspørgsel ved lavere forbrug*




Anm.: Figuren viser, at efterspørgselskurven rykker mod venstre, når det initiale energiforbrug mindskes. Den samfundsøkonomiske nettogevinst ved at skrotte ovnen er ($C_{gl}$ - $D_{gl}$) og det ses af figuren, at $C_{gl}$ ikke bliver mindre, mens $D_{gl}$ gør.

*Efterspørgselskurven*

I det følgende foretages forskellige følsomhedsberegninger på efterspørgselskurven. Først halverer henholdsvis fordobler vi hældningen på efterspørgselskurven. Dette har ikke en stor effekt på resultaterne på nær for et totalt forbud som bliver meget større ved halveret hældning og negativt for en fordoblet hældning, jf. tabel 9. At der ikke er så stor forskel på de øvrige reguleringers resultater hænger sammen med, at med en stejlere efterspørgselskurve (fordoblet hældning) er der blot flere, der vælger at købe ny ovn frem for helt at stoppe med at have brændeovn. Selvom dette resulterer i større helbredsomkostninger for samfundet giver en stejlere efterspørgselskurve også et større forbrugeroverskud, som i vid udstrækning kompenserer for de øgede helbreds-omkostninger samfundsøkonomisk set. Det omvendte er naturligvis gældende for en efterspørgselskurve med mindre hældning. Der er altså en form for fleksibilitet i de tre reguleringer, som der ikke er i et totalt forbud, hvorfor dette giver meget forskellige nettogevinster. Med en stejlere efterspørgselskurve er forbrugeroverskuddet for den enkelte meget større og et totalt forbud vil derfor medføre større tab af forbrugeroverskud (men de samme helbredsgevinster) end med basisantagelserne og omvendt ved en fladere efterspørgselskurve.

*Tabel 9 Følsomhedsanalyse på efterspørgselskurven*

| | Ovn-kategorier | Basis | Årlig samfundsøkonomisk gevinst | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Hældning halveret | Hældning fordoblet | Mindre forbruger-overskud | Større forbruger-overskud | ε = konstant (0,9) |
| | | | ---------- Mia. kr. ---------- | | | | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 3,3 | 2,9 | 3,3 | 2,8 | 3,1 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,0 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 2,3 | 2,4 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 2,9 | 2,8 | 3,0 | 2,6 | 2,7 |
| **Totalt forbud** | **Alle** | **1,9** | **3,0** | **-0,3** | **2,4** | **1,3** | **2,8** |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 2,5 | 2,3 | 2,7 | 2,1 | 2,2 |

Anm.: Hældningen på efterspørgselskurven er i udgangspunktet (basis) -0,005. Ved større/mindre forbrugeroverskud lægges 10 pct. af arealet under hele efterspørgselskurven til eller trækkes fra forbrugeroverskuddet for at simulere en efterspørgselskurve, som ikke er retlinet hele vejen. ε er priselasticiteten på brugen af ovnen, som i de øvrige beregninger varierer med efterspørgslen. Alle andre parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3 og 4.2.

Da det sandsynligvis er en temmelig grov antagelse, at efterspørgselskurven er ret hele vejen laves en følsomhedsanalyse, hvor 10 pct. af arealet under hele efterspørgselskurven lægges til eller trækkes fra forbrugeroverskuddet. Denne følsomhedsanalyse er vist grafisk i bilag 7, sammen med ligningerne for, hvordan den indgår i beregningerne af valg og nettogevinster. Resultaterne ligner i store træk resultaterne fra følsomhedsanalyserne, hvor hældningen ændredes. Ved et større forbrugeroverskud mistes et større forbrugeroverskud ved regulering, og derfor er de samfundsøkonomiske gevinster ved regulering lavere. Det samme gør sig gældende for det totale forbud, som dog ikke varierer så meget som i de første følsomhedsanalyser.

Antagelsen om, at efterspørgselskurven er ret, medfører også, at priselasticiteten på efterspørgslen efter at bruge ovnen ændrer sig, dvs. ved højere forbrug er priselasticiteten lavere og omvendt. En sidste følsomhedsberegning er, at vi har holdt priselasticiteten på forbrug af ovnen konstant og i stedet varieret hældningen på efterspørgselskurven med forbruget. Elasticiteten er fastholdt på 0,9, hvilket er elasticiteten ved det gennemsnitlige forbrug og den gennemsnitlige pris på brug af ovnen med den hældning, som er anvendt i de øvrige analyser (-0,005). Også denne følsomhedsanalyse giver stort set samme resultater, dog bliver gevinsten ved et totalt forbud her højere end gevinsten ved at forbyde alle ikke-svanemærkede ovne og næsten lige så højt som ved indførelsen af afgifterne ligesom ved den halverede hældning. Dette hænger sammen med, at i denne følsomhedsanalyse skærer alle efterspørgsels-kurver i det samme punkt, men hældningen er mindre for dem med den største efterspørgsel. Da det er dem med det højeste forbrug, som vægter højest i analysen, betyder de mindre forbrugeroverskud, som følger af den mindre hældning, at tabet af forbrugeroverskud ikke er lige så stort ved et forbud som i basisanalysen.

*Administrationsgebyr*

Det årlige administrationsgebyr (f) er en meget usikker størrelse. Der foretages derfor en følsomhedsanalyse, hvor denne henholdsvis fordobles og halveres. Det er naturligvis kun gevinsterne ved at regulere med en afgift, som ændres ved denne

følsomhedsanalyse, og det er derfor kun resultaterne for denne, der er vist i tabel 10. Den totale samfundsøkonomiske gevinst ændrer sig kun meget lidt med det ændrede gebyr, og selvom gebyret altså skulle være på 1.000 kr. er gevinsten ved denne regulering stadig omkring 3 mia. kr. årligt. Ved det lavere gebyr, er der lidt flere med en svanemærket ovn, som vælger at beholde den og lidt flere af de øvrige, som vælger at købe en ny, men det er ikke meget. I basisanalysen er der efter reguleringen er indtrådt ca. 270.000 ovne tilbage ud af de i alt 750.000 ovne, mens der ved et lavere gebyr vil være ca. 280.000 ovne tilbage. Med det dobbelte gebyr vil antal ovne være ca. 210.000 ovne. Da dette ikke er mange ovne til at fordele de administrative omkostninger på, kunne man måske forestille sig, at disse pr. ovn blev endnu større. Sætter vi det årlige gebyr til 2.000 kr. bliver de totale gevinster 2,7 mia. kr. og antal ovne bliver ca. 150.000. De totale gevinster ved reguleringen er altså rimelig robust overfor ændret størrelse på gebyret, hvilket både skyldes, at der ikke er så store udsving i antallet af ovne, samt at gevinsten ved at skifte til en ny ovn og på at skrotte ovnen er næsten lige stor sammenlignet med gevinsten ved, at man beholder ovnen, men bruger den mindre, jf. regneeksemplerne i afsnit 4.1.

*Tabel 10 Følsomhedsanalyse – ændret administrationsgebyr*

| | **Ovn-kategorier** | **Årlig samfundsøkonomisk gevinst** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Basis** | **f = 250 kr.** | **f = 1.000 kr.** | **f = 2.000 kr.** |
| | | Mia. kr. | | | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 3,1 | 2,9 | 2,7 |
| | | 1.000 ovne | | | |
| | | 268 | 284 | 208 | 152 |

Anm.: Alle andre parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3 og 4.2.

*Investeringsomkostningen*

10.000 kr. er det, en gennemsnitlig brændeovn koster i dag inkl. levering og installation, men dette dækker over, at en ny brændeovn kan koste alt lige fra 3.000 kr. til 35.000 kr. alt efter kvalitet og størrelse, og hvis blot den er svanemærket, er der ikke i øvrigt så stor forskel på udledningen (måske på nær den allerdyreste). Man kunne dertil også forestille sig, at man, når man udskifter sin ovn, opdager (eller bliver gjort opmærksom på), at man også burde forbedre sin skorsten. Derved bliver omkostningerne ved at investere i en ny ovn pludselig mere end de 10.000 kr. Sidst men ikke mindst, kan den personlige diskonteringsfaktor og den tidshorisont, hvorover investeringen skal annuiseres, være forskellig fra person til person.[12] Der foretages derfor følsomheds-analyser, hvor investeringsomkostningen øges og sænkes, for at afspejle disse varianser.

I tabel 11 kan man se, at en lavere investeringsomkostning giver en anelse højere gevinster, hvilket hænger sammen med, at det kan betale sig for flere at købe en ovn, hvor de før enten ville have beholdt den gamle, eller de ville have købt en ny, men forbrugeroverskuddet herved, ville have været mindre. En højere investerings-omkostning får naturligvis færre til at vælge en ny brændeovn og dem som alligevel gør, får et lavere forbrugeroverskud. Det har ikke så stor indflydelse på de totale gevinster for samfundet, hvis der reguleres med afgifter eller forbud mod (nogle) ovne,

[12] I disse beregninger, er investeringsomkostningen annuiseret henover 25 år, jf. afsnit 3.6.

mens en skrotningsordnings effekt afhænger langt mere af, hvad investeringsomkostningen er.

*Tabel 11 Følsomhedsanalyse – ændret investeringsomkostninger*

| | Ovn-kategorier | Årlig samfundsøkonomisk gevinst | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **Basis, $I_{ny}$ = 10.000 kr.** | **$I_{ny}$ = 5.000 kr.** | **$I_{ny}$ = 20.000 kr.** |
| | | ---------- Mia. kr. ---------- | | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 3,1 | 3,0 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 1,1 | 1,0 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 2,5 | 2,4 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 2,9 | 2,7 |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 1,1 | 0,6 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 2,5 | 0,8 |

Anm.: Alle andre parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3 og 4.2.

*Skatteforvridningstab*

Da det kan diskuteres, hvorvidt der reelt er et skatteforvridningstab, jf. Kreiner og Verdelin (2012), foretages der en følsomhedsanalyse, hvor dette sættes til nul. Som det ses af tabel 12 ændrer det stort set ikke på resultatet, da skatteforvridningstabet eller -gevinsten udgør en meget lille del af de totale gevinster ved regulering. Regnes der med skatteforvridning, giver afgifter en indkomst for staten, som kan anvendes til at fjerne andre mere forvridende skatter, mens en skrotningsordning kræver finansiering, som skal opkræves via en skat, som i teorien kan være skatteforvridende. Regnes der ikke med et skatteforvridningstab giver afgifter en lidt mindre gevinst og en skrotningsordning giver en lidt højere gevinst (selvom det ikke ses af tabellen).

*Tabel 12 Følsomhedsanalyse – intet skatteforvridningstab*

| | Ovnkategorier | Årlig samfundsøkonomisk gevinst | |
|---|---|---|---|
| | | **MCPF = 20 pct.** | **MCPF = 0 pct.** |
| | | ---------- Mia. kr. ---------- | |
| Afgifter | Alle | 3,1 | 3,0 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 1,1 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 | 2,5 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 | 2,8 |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | 1,9 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 1,1 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 2,4 |

Anm.: Alle andre parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3 og 4.2.

*Opsummering på følsomhedsanalyserne*

Følsomhedsanalyserne giver nogle variationer i resultaterne, men resultaterne er robuste overfor, at det altid kan betale sig at regulere, og at det er afgifter eller (i de fleste tilfælde) forbud mod alle ikke-svanemærkede ovne, som giver de største gevinster. Afgifter er marginalt bedre, men ikke meget. I enkelte tilfælde (lavt forbrug eller lav hældning på efterspørgselskurven) er et totalt forbud marginalt bedre end forbud mod ikke-svanemærkede ovne, men stadig ikke bedre end afgifter. Følsomhedsanalyserne er opsummeret i tabel 16.

*Tabel 16 Opsummering af resultater fra hovedanalysen samt følsomhedsanalyser*

| | | Basis | Kun byzone | Lav enheds-pris [a)] | Gl. VSL og VOLY | Lavere forbrug | Hældning halveret | Hældning fordoblet | Mindre forbruger-overskud | Større forbruger-overskud | f = 2.000 kr. | $I_{ny}$ = 5.000 kr. | $I_{ny}$ = 20.000 kr. | Ingen skatte-forvridning |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ovn-kategori** | ---------- Mia. kr. pr. år ---------- | | | | | | | | | | | | |
| Afgifter | Alle | 3,1 *** | 2,4 *** | 1,0 ** | 2,2 *** | 1,9 *** | 3,3 *** | 2,9 *** | 3,3 *** | 2,8 *** | 2,7 ** | 3,1 *** | 3,0 *** | 3.0 *** |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 2,5 * | 1,9 * | 1,0 * | 1,8 * | 1,5 | 2,5 | 2,5 * | 2,7 * | 2,3 * | 2,5 * | 2,5 * | 2,4 * | 2,5 * |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 2,8 ** | 2,1 ** | 1,1 *** | 2,0 ** | 1,7 ** | 2,9 * | 2,8 ** | 3,0 ** | 2,6 ** | 2,8 *** | 2,9 ** | 2,7 ** | 2,8 ** |
| Totalt forbud | Alle | 1,9 | 1,8 | -0,6 | 0,8 | 1,6 * | 3,0 ** | -0,3 | 2,4 | 1,3 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Skrotning | Før 1990 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | 1,1 |
| Skrotning | Før 2008 | 2,4 | 1,8 | 0,9 | 1,7 | 1,3 | 2,5 | 2,3 | 2,7 | 2,1 | 2,4 | 2,5 | 0,8 | 2,4 |

a) Enhedspriser med tidligere anvendte værdier af VSL og VOLY er divideret med to.

Anm.: ***, ** og * viser henholdsvis den mest, næstmest og tredje mest rentable reguleringsform i basisanalysen samt i de væsentligste følsomhedsanalyser. Se øvrige følsomhedsanalyser i afsnit 4.

Gevinsterne ved en skrotningsordning afhænger af, at der er afsat midler til, at alle der ønsker det, kan få del i ordningen. Der er en risiko for, at der ikke er så mange, som vil vælge denne ordning i virkeligheden som i beregningerne. Dette gælder særligt for lidt nyere ovne, som i forbrugerens øjne har mere end fem år tilbage før den bør udskiftes. Dette mindsker værdien af skrotningspræmien og vil få færre til at skrotte ovnen, svarende til den følsomhedsanalyse, hvor investeringsomkostningen bliver dyrere.

## 5 Reduktionen i helbredsomkostninger, antal ovne samt udledninger

I udgangspunktet er der ifølge disse nye beregninger totalt set en helbredsomkostning i Danmark på lige godt 4 mia. kr. om året forårsaget udelukkende af fyring i brændeovne i Danmark (i 2013). En afgift, som den skitseret i kapitel II i Økonomi og Miljø 2016 samt i dette notat og med hovedantagelserne skitseret i afsnit 3, vil reducere disse helbredsomkostninger til kun at udgøre godt en halv mia. kr. om året. Et forbud mod nogle ovne kan reducere helbredsomkostningerne til mellem 1 og 3 mia. kr. pr. år alt efter, hvor mange kategorier af brændeovne, der forbydes. En skrotningsordning vil med antagelserne beskrevet i afsnit 3 nedsætte de årlige helbredsomkostninger til mellem 2 og 3 mia. kr. alt efter, hvor mange kategorier af brændeovne, som skrotnings-præmien tilbydes til. Disse resultater er opsummeret i tabel 13.

Afgifter medfører altså den største reduktion af helbredsomkostningerne, hvilket hænger sammen med, at det er den regulering, som reducerer antallet af ovne mest, jf. tabel 13.

*Tabel 13 Helbredsomkostninger og antal ovne efter regulering*

| | **Ovnkategorier** | **Helbreds-omkostninger** | **Antal ovne** |
|---|---|---|---|
| | | Mia. kr. pr. år | 1.000 |
| Uden regulering | | 4,1 | 750 |
| Afgifter | Alle | 0,6 | 268 |
| Forbud, nogen | Før 1990 | 3,0 | 688 |
| Forbud, nogen | Før 2008 | 1,5 | 574 |
| Forbud, nogen | Ikke-svane | 1,1 | 527 |
| Totalt forbud | Alle | 0 | 0 |
| Skrotning | Før 1990 | 3,0 | 688 |
| Skrotning | Før 2008 | 1,6 | 574 |

Anm.: Alle parametre er som i hovedantagelserne, jf. afsnit 3 og 4.2.

## 6 Lang sigt

I alle ovenstående beregninger, er der i princippet kun beregnet effekten og gevinsten det første år, da der er taget udgangspunkt i, hvor mange ovne i hver kategori, der er i dag.[13] Efterhånden som de eksisterende ovne ville være blevet udskiftet uden reguleringen vil den årlige samfundsøkonomiske gevinst blive mindre, i takt med, at udledninger falder som følge af, at de nye ovne udleder færre partikler end de gamle.

I tabel 14 vises igen, hvordan den samfundsøkonomiske gevinst beregnes pr. ovn for det første år, som vist i tabel 1. Dertil vises, hvordan den samfundsøkonomiske gevinst beregnes pr. ovn på lang sigt, her defineret som, når alle ville have udskiftet deres ovn uden regulering, hvilket vil sige om mindst 25 år og sandsynligvis mere.

*Tabel 14 Årlige samfundsøkonomiske gevinster ved regulering afhængig af valg*

| | **Kort sigt** | **Lang sigt** |
|---|---|---|
| **Afgifter på brug af ovn** | | |
| Fortsætter til udskiftning | $C_{gl}$ - f + (M· $A_{gl}$) | $C_{ny}$ - f + (M· $A_{ny}$) |
| Fortsætter til skrotning | $C_{gl}$ - f + (M· $A_{gl}$) | $C_{ny}$ - $D_{ny}$ |
| Ny ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ + $D_{ny}$ - $I_{ny}$ - f + (M· $A_{ny}$) | $C_{ny}$ - f + (M· $A_{ny}$) |
| Skrotter ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ | $C_{ny}$ - $D_{ny}$ |
| **Skrotningspræmie** | | |
| Fortsætter til udskiftning | 0 | 0 |
| Fortsætter til skrotning | 0 | 0 |
| Ny ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ + $D_{ny}$ - $C_{ny}$ - $I_{ny}$ - M· S | 0 |
| Skrotter ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ - M· S | 0 |
| **Forbud mod gammel ovn** | | |
| Ny ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ + $D_{ny}$ - $C_{ny}$ - $I_{ny}$ | 0 |
| Skrotter ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ | 0 |
| **Totalt forbud** | | |
| Skrotter ovn | $C_{gl}$ - $D_{gl}$ | 0 eller $C_{ny}$ - $D_{ny}$ [a)] |

a) Den samfundsøkonomiske gevinst som følge af et totalt forbud er nul for dem, som alligevel ville have skrottet ovnen på lang sigt, mens der er en helbredsmæssig gevinst samt et forbrugertab som følge af det totale forbud for dem, som ville have købt en ny ovn, når den gamle ovn var afskrevet.

For afgifterne er der stadig en gevinst på lang sigt, da der bliver ved med at være afgifter på brændeovne svarende til deres skadesomkostninger. Ved forbud mod nogle ovne og ved en skrotningsordning fremskynder man blot datoen for, hvornår man ville vælge at købe ny eller blot skrotte sin gamle brændeovn. Gevinsten på lang sigt er derfor nul, jf. tabel 14. Som nævnt i diskussionen om skrotningspræmien i afsnit 3.8 vil

[13] Alle data er for 2013, på nær forbrug, som er et gennemsnit af 2011 og 2013 og gennemsnitsprisen for en ny brændeovn, som er fra 2015.

personer, som alligevel havde overvejet at skrotte ovnen i nær fremtid have større incitament til at tage imod skrotningspræmien end personer, som synes deres ovn har mange år tilbage at leve i. Det kan betyde, at gevinsten ved en skrotningsordning hurtigere går mod nul end et forbud mod gamle ovne, som også tvinger dem, som mener deres ovn kan holde længe endnu, til at skifte eller skrotte ovnen.

Ved et totalt forbud har man forhindret, at man kan købe en ny ovn i fremtiden. Det giver et tab for dem, som ville have udskiftet deres ovn til en ny, når den gamle var afskrevet (uden regulering).

Da det er forskelligt, hvornår brugeren af ovnen ville have udskiftet sin ovn uden regulering, vil de årlige samfundsøkonomiske gevinster langsomt bevæge sig fra det niveau, som beregnes for det første år til det niveau, som beregnes for det lange sigt i en flydende overgang. Man kan derfor ikke sætte et præcist år på, hvornår man går fra de årlige samfundsøkonomiske gevinster ved regulering på kort sigt til de årlige samfundsøkonomiske gevinster på lang sigt.

Gevinsten ved regulering på lang sigt, dvs. når alle alligevel ville have udskiftet deres ovn til en ny, er ikke særlig stor ved afgifter og altså nul ved forbud eller skrotningsordningen. Ved afgifter fås en årlig samfundsøkonomisk gevinst på ca. 0,2 mia. kr. med de basisantagelser, som er beskrevet i afsnit 3 (ikke tilbagediskonteret). Ud af de 24 områdekategorier vil der i syv af dem være en negativ samfundsøkonomisk gevinst ved regulering med afgifter. Det er primært de mindst befolkede områder uden for Region Hovedstaden. Havde man kun indført afgifterne i byzone, ville de samfundsøkonomiske gevinster på lang sigt derfor også være en anelse højere men stadig omkring de 0,2 mia. kr. pr. år (ikke tilbagediskonteret).

Ved et totalt forbud mod brændeovne bliver forbrugertabet fratrukket helbredsgevinsterne til et årligt tab på 1,2 mia. kr. Dette er muligvis endda underestimeret, da vores beregninger viser, at kun knap halvdelen af brændeovnsejerne i fremtiden ville vælge at købe ny ovn, når den gamle er afskrevet, mens f.eks. DCE antager, at antallet af brændeovne er konstant frem til 2035, jf. Nielsen mfl. (2013). På lang sigt vil et totalt forbud altså ikke være at anbefale set ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv.

# 7 Opsummering

Der er i dette notat analyseret fire forskellige reguleringer. Den ene regulering er en afgift, som er lagt på brugen af ovnen, og som er differentieret efter ovntype og geografisk placering. Derudover er der analyseret på et delvist forbud mod nogle ovntyper, hvilket også kan ses som en form for udfasning af de mest forurenende ovne. Her er der analyseret på et (umiddelbart) forbud mod forskellige kategorier af brændeovne. Den tredje form for regulering, der er analyseret, er et totalt forbud mod brændeovne. Den sidste form for regulering er en skrotningsordning a la den, som er indført i slutningen af år 2015, men med den forskel, at der ikke er en begrænsning på, hvor mange der kan få del i skrotningsordningen.

Analyserne i notatet viser, at det generelt godt kan betale sig at regulere udledningerne fra brændeovne og at den samfundsøkonomiske gevinst herved vil ligge mellem 1 og 3 mia. kr. pr. år, alt efter hvilken regulering der anvendes. Generelt er det de differentierede afgifter, der analyseres på, som giver den største samfundsøkonomiske gevinst. Tæt på samme gevinst giver et forbud mod ikke-svanemærkede ovne. Dette giver dog også kun en lidt større gevinst, end kun et delvist forbud mod ovne fra før 2008. En skrotningsordning giver lidt lavere men dog tæt på de samme gevinster for hver brændeovnskategori som et forbud mod denne brændeovnskategori.

Et totalt forbud giver i de fleste følsomhedsanalyser en positiv gevinst for samfundet, men er kun i få tilfælde blandt de reguleringer med den højeste gevinst. Derudover er der risiko for store velfærdstab på lang sigt. Et totalt forbud giver (i hovedanalysen) et stort tab på godt 1 mia. kr. pr. år, imens de øvrige reguleringer giver en lille eller ingen gevinst på lang sigt (men ikke noget tab). Generelt er et totalt forbud desuden den reguleringsform, hvor de samfundsøkonomiske gevinster ændrer sig mest med følsomhedsanalyserne.

Analyserne viser desuden, at størstedelen af gevinsterne ved regulering kommer fra regulering i byer. Det vises, at for f.eks. en skrotningsordning kan det betale sig at målrette denne til særlige tætbefolkede områder og udvalgte brændeovnskategorier.

Litteratur

Andersen, M.S. og J. Brandt (2014): Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Institut for Miljøvidenskab.

Brandt, J., S.S. Jensen, M.S. Andersen, M. Plejdrup og O.-K. Nielsen (2016): *Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark*, Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xxx. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

De Økonomiske Råd (2013): *Økonomi og Miljø 2013*.

De Økonomiske Råd (2016): *Økonomi og Miljø 2016*.

Det Økologiske Råd (2014): *Partikelforureningsafgift på brændefyring*, Afgiftsforslag, København 11. februar 2014.

Ellermann, T., J. Brandt, O. Hertel, S. Loft, Z.J. Andersen, O. Raaschou-Nielsen, J. Bønløkke og C. Sigsgaard (2014): Luftforureningens indvirkning på sundheden i Danmark. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Nr. 96. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Energitilsynet (2015): Bilag til punkt 4. Bilagsoversigt, Energitilsynets møde den 15. december 2015.

Evald, A. (2012): Brændeforbrug i Danmark 2011 Energistyrelsen. FORCE Technology, Afdeling for Biomasse & Affald.

Finansministeriet (1999): Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger.

Halvorsen, B., B. Larsen og R. Nesbakken (2010): Is There a Win-Win Situation in Household Energy Policy? *Environmental and Resource Economics*, 45 (4), s. 445-457.

Hansen, M.T. (2015): Brændeforbrug i Danmark 2013. Energistyrelsen. Force Technology, Termisk Energi og Strømningsmekanik.

Illerup, J.B., T.C. Henriksen, T. Lundhede, C. van Breugel og N.Z. Jensen (2007): Brændeovne og små kedler - pertikelemissioner og reduktionstiltag Miljøprojekt Nr. 1164. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Kreiner, C.T. og N. Verdelin (2012): Optimal Provision of Public Goods: A Synthesis. *The Scandinavian Journal of Economics*, 114 (2), s. 384-408.

Miljøministeriet (2010): Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter.

Nielsen, O.-K., M. Plejdrup, K. Hjelgaard, M. Nielsen, M. Winther, M.H. Mikkelsen, R. Albrektsen, P. Fauser, L. Hoffmann og S. Gyldenkærne (2013): Projection of SO2, NOx, NMVOC, NH3 and particle emissions - 2012-2035. Scientific Report from DCE -

Danish Centre for Environment and Energy 81. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy.

Nielsen, O.-K., M. Plejdrup, M. Winther, M.H. Mikkelsen, M. Nielsen, S. Gyldenkærne, P. Fauser, R. Albrektsen, K. Hjelgaard, H.G. Bruun og M. Thomsen (2015): *Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE*, Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 145.

Teknologisk Institut (2015): Undersøgelse om brug af brændeovne i København. Udarbejdet for Københavns Kommune.

## Bilag 1 Brændekedler

Der ses i analyserne ikke på brændekedler (brændefyr), da data for disse har været meget sparsomme. I det følgende redegøres dog kort for det mulige omfang af helbredsomkostninger ved fyring i kedler i Danmark.

Opgørelserne for Energistyrelsen viser et antal kedler i hele landet på knap 20.000, mens DCE, AU regner med knap 50.000 kedler (i 2013), jf. Hansen (2015) og Nielsen mfl. (2013). Ifølge en nylig opgørelse fra skorstensfejerlavet i Danmark er der lige godt 70.000 kedler i Danmark. Vi kender ikke fordelingen geografisk og heller ikke fordelingen mellem, om det er en gammel eller en ny kedel, og om den har eller ikke har en såkaldt akkumuleringstank, som nedsætter udledningen af antal partikler pr. GJ brænde væsentligt, jf. tabel 15.

*Tabel 15 Emissionsfaktorer - brændekedler*

| | **g $PM_{2.5}$ pr. GJ indeholdt i brændet** | **Fordeling i pct.** |
|---|---|---|
| Kedel fra før 1980 | | |
| - uden akkumuleringstank | 1.800 | 6 |
| - med akkumuleringstank | 900 | 8 |
| Nyere kedel fra efter 1980 | | |
| - uden akkumuleringstank | 413 | 28 |
| - med akkumuleringstank | 206 | 58 |

Kilde: DCE, AU

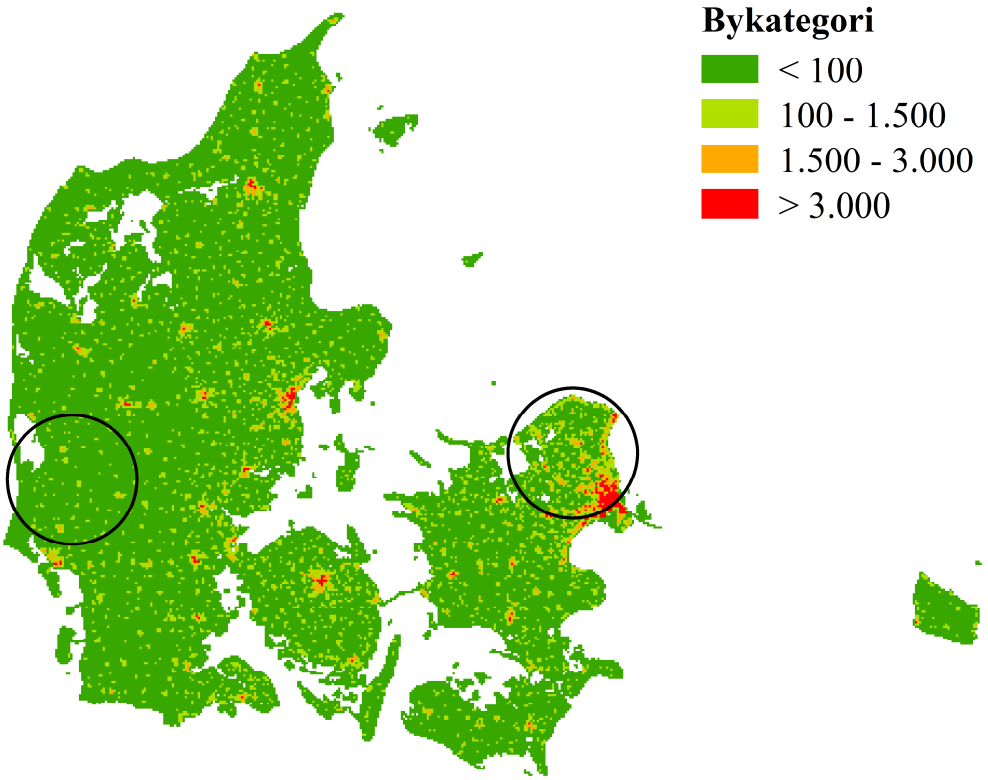
Antager vi samme fordeling, som anvendes i de nationale emissionsopgørelser, men for de godt 70.000 kedler i stedet, et årligt brændeforbrug på 120 GJ som opgjort for Energistyrelsen for 2013 og anvender de samme enhedspriser for udledning af partikler fra brændefyring som i basisanalysen af brændeovne, fås en total helbredsomkostning på 1,4 mia. kr. pr. år.[14] Til sammenligning er de totale helbredsomkostninger fra brændeovne på 4,1 mia. kr. pr. år. Der ser derfor ud til at være et potentiale for også at regulere brændekedler, om end det er mindre end for brændeovne.

[14] Da brændekedler typisk står på landet, er enhedsprisen nok i virkeligheden lavere, så de totale helbredsomkostninger er muligvis overestimeret her.

## Bilag 2 Geografisk differentierede enhedspriser for udledninger

Enhedspriserne for udledning af partikler ($PM_{2.5}$), $NO_X$, $SO_2$ og CO er beregnet ved hjælp af to forskellige modeller (hhv. UBM og DEHM) af Jørgen Brandt mfl. fra Institut for Miljøvurdering ved Århus Universitet. UBM-modellen fanger de lokale effekter, som indtræffer inden for en radius af ca. 30 km fra kilden til udledningen, mens DEHM-modellen beregner den regionale enhedspris, som antages at være ens over hele landet. Modellen er nærmere beskrevet i Brandt mfl. (2016). Den lokale enhedspris varierer meget, fordi der er stor forskel på, hvor mange mennesker der bliver udsat for udledningen, alt efter, hvor denne foregår. Det afhænger således både af befolkningstætheden i den umiddelbare nærhed men også op til 30 km væk primært i den herskende vindretning. For at afspejle denne geografiske variation er Danmark blevet inddelt i seks regioner og fire intervaller af befolkningstætheder, hvilket giver i alt 24 områdekategorier. De seks regioner er de officielle fem med Bornholm for sig. De fire intervaller af befolkningstæthed samt rækkevidden af de lokale effekter i UBM-modellen er vist i figur A.

*Figur A Grader af befolkningstæthed og udbredelse af lokale effekter*




Anm.: Indbyggere pr. $km^2$ i fire bykategorier.. Cirklerne er med en radius på 30 km.
Kilde: DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

De enhedspriser for danske udledninger fra brændeovne, som vi har fået fra DCE, er omregnet med en ny værdi af statistisk liv og en ny værdi af tabte leveår, jf. kapitel II og afsnit II.5 i kapitel I i De Økonomiske Råd (2016). Disse noget højere enhedspriser for udledning af primære fine partikler ($PM_{2.5}$) er listet herunder i tabel A opdelt på lokale enhedspriser, lokale plus de danske regionale enhedspriser og til sidst de enhedspriser, som dækker alle lokale og regionale helbredsomkostninger i hele Europa. De øvrige stoffer er ikke vist i denne tabel, da de betyder meget lidt i forhold til partikler. De oprindelige data fra DCE kan ses i Brandt mfl. (2016).

*Tabel A Helbredsomkostninger for udledt $PM_{2.5}$ fra danske brændeovne*

| | **Befolknings-tæthed** | **Lokale effekter** | **Alle effekter i DK** | **Alle effekter i Europa** |
|---|---|---|---|---|
| | Indb. pr. $km^2$ | ---------- | Kr. pr. kg | ---------- |
| Hovedstaden | 0-100 | 391 | 541 | 794 |
| | 100-1.500 | 589 | 738 | 991 |
| | 1.500-3.000 | 895 | 1.044 | 1.297 |
| | >3.000 | 1.375 | 1.525 | 1.778 |
| Sjælland | 0-100 | 104 | 254 | 506 |
| | 100-1.500 | 207 | 357 | 610 |
| | 1.500-3.000 | 479 | 629 | 882 |
| | >3.000 | 749 | 898 | 1.151 |
| Syddanmark | 0-100 | 104 | 254 | 506 |
| | 100-1.500 | 183 | 332 | 585 |
| | 1.500-3.000 | 357 | 507 | 759 |
| | >3.000 | 576 | 726 | 978 |
| Midtjylland | 0-100 | 98 | 248 | 501 |
| | 100-1.500 | 190 | 340 | 593 |
| | 1.500-3.000 | 405 | 555 | 808 |
| | >3.000 | 704 | 854 | 1.107 |
| Nordjylland | 0-100 | 76 | 225 | 478 |
| | 100-1.500 | 139 | 289 | 541 |
| | 1.500-3.000 | 334 | 484 | 737 |
| | >3.000 | 614 | 764 | 1.016 |
| Bornholm | 0-100 | 34 | 184 | 436 |
| | 100-1.500 | 86 | 236 | 489 |
| | 1.500-3.000 | 153 | 303 | 556 |
| | >3.000 | 351 | 501 | 754 |
| Gennemsnit | | 248 | 398 | 650 |

Anm.: Den danske regionale enhedspris er på 150 kr. pr. kg udledt $PM_{2.5}$, som tillægges den lokale enhedspris for at få den samlede enhedspris for udledninger i Danmark. Den enhedspris, som også omfatter resten af Europa, er på 402 kr. pr. kg udledt $PM_{2.5}$ (inkl. de 150 for Danmark), som skal tillægges den lokale enhedspris for at få de totale helbredsomkostninger i Europa som følge af danske udledninger.

Tabel B viser de beregnede helbredsomkostninger pr. time anvendt i forskellige kategorier af brændeovne. De er beregnet ved at sammenholde enhedspriserne for udledning pr. kg med emissionsfaktorer i g pr. GJ for de pågældende stoffer og brændeovnskategorier samt energiforbruget pr. time som varierer med virkningsgraden, jf. bilag 3. Da brændeovne også udleder en smule metan er der i disse beregninger, udover $PM_{2.5}$, $NO_X$, $SO_2$ og CO, også medtaget en omkostning ved udledning af metan med en skyggepris på 465 kr. pr. $CO_2$-ækvivalent, jf. De Økonomiske Råd (2013).[15] Totalt set står udledningen af $PM_{2.5}$ dog for mellem 97 og 100 pct. af de eksterne omkostninger pr. time i tabel B.

[15] Skyggeprisen for reduktioner i ikke-kvotesektoren opgjort i forbrugerpriser.

*Tabel B Helbredsomkostninger pr. times brug af ovn (fuld effekt)*

| | **Befolknings-tæthed** | **Ovn fra før 1990** | **Ovn fra 1990-2008** | **Ovn fra 2008-15** | **Svanemærket før 2015** | **Svanemærket efter 2015** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Indb. pr. km$^2$ | ---------- Kr. pr. time---------- | | | | |
| Hovedstaden | 0-100 | 14,7 | 10,6 | 6,9 | 2,7 | 2,4 |
| | 100-1.500 | 20,0 | 14,4 | 9,3 | 3,7 | 3,3 |
| | 1.500-3.000 | 28,2 | 20,4 | 13,2 | 5,2 | 4,7 |
| | >3.000 | 41,1 | 29,7 | 19,3 | 7,6 | 6,9 |
| Sjælland | 0-100 | 7,0 | 5,0 | 3,2 | 1,3 | 1,2 |
| | 100-1.500 | 9,7 | 7,0 | 4,6 | 1,8 | 1,6 |
| | 1.500-3.000 | 17,0 | 12,3 | 8,0 | 3,1 | 2,8 |
| | >3.000 | 24,3 | 17,5 | 11,4 | 4,5 | 4,1 |
| Syddanmark | 0-100 | 7,0 | 5,0 | 3,2 | 1,3 | 1,1 |
| | 100-1.500 | 9,1 | 6,5 | 4,2 | 1,7 | 1,5 |
| | 1.500-3.000 | 13,8 | 9,9 | 6,4 | 2,5 | 2,3 |
| | >3.000 | 19,6 | 14,2 | 9,2 | 3,6 | 3,3 |
| Midtjylland | 0-100 | 6,8 | 4,9 | 3,2 | 1,3 | 1,1 |
| | 100-1.500 | 9,3 | 6,7 | 4,3 | 1,7 | 1,6 |
| | 1.500-3.000 | 15,1 | 10,9 | 7,1 | 2,8 | 2,5 |
| | >3.000 | 23,1 | 16,7 | 10,8 | 4,3 | 3,8 |
| Nordjylland | 0-100 | 6,2 | 4,5 | 2,9 | 1,1 | 1,0 |
| | 100-1.500 | 7,9 | 5,7 | 3,7 | 1,5 | 1,3 |
| | 1.500-3.000 | 13,2 | 9,5 | 6,2 | 2,4 | 2,2 |
| | >3.000 | 20,6 | 14,9 | 9,7 | 3,8 | 3,4 |
| Bornholm | 0-100 | 5,1 | 3,6 | 2,4 | 0,9 | 0,8 |
| | 100-1.500 | 6,5 | 4,7 | 3,0 | 1,2 | 1,1 |
| | 1.500-3.000 | 8,3 | 6,0 | 3,9 | 1,5 | 1,4 |
| | >3.000 | 13,6 | 9,8 | 6,4 | 2,5 | 2,3 |

Anm.: Ovn fra før 1990 omfatter ovne, som ikke lever op til den standard for nye brændeovne, som blev indført i 1990, ovne fra 1990-2008 omfatter de ovne, som opfylder kravene indført i 1990 men ikke de som blev indført i 2008 osv.

Kilde: Egne beregninger baseret på Brandt mfl. (2016).

## Bilag 3 Uddybende beskrivelse af udvalgte beregninger og antagelser

*Private omkostninger ved brug af brændeovn - $P_0$*

Udgiften til brænde pr. time er baseret på en antagelse om, at den typiske størrelse på en brændeovn er 5 kW, dvs. den kan yde 5 kW pr. time. Alt efter virkningsgraden, dvs. hvor godt ovnen udnytter energien i det brænde, der puttes ind i brændeovnen, kan det så beregnes, hvor meget brænde, der anvendes pr. time. I lovgivningen kom der krav om en virkningsgrad på 70 pct. i 1990 og den har udviklet sig til at være omkring 80 pct. for de fleste ovne i dag. Vi antager i beregningerne at denne udvikling er sket lineært. Desuden er beregningen baseret på, at et brændetårn på 1,8 rummeter løvtræ indeholder 14,5 GJ, jf. Hansen (2015) og koster ca. 2.000 kr.

*Efterspørgselskurven for brug af brændeovn - MB-kurven*

Hældningen er som beskrevet beregnet ud fra et norsk studie, hvor man fandt, at hvis prisen på brænde i NOK pr. kWh steg med én norsk krone ville efterspørgslen efter brænde falde med 13.384 kWh (givet pris og efterspørgsel på andre energiformer). Omregnet til danske kroner (2013-priser) og timers brug gav det en hældning på -0,005, så et fald på 1 times brug er foranlediget af en prisstigning på 0,005 kr. pr. times fyring.[16]

Hældningen i DKK pr. GJ er -7,4. Dvs. at efterspørgslen falder med 1 GJ hvis prisen stiger med 7,4 kroner (danske 2013-priser) pr. GJ. I nærværende beregninger er det gennemsnitlige forbrug pr. brændeovn pr. år på 20,6 GJ og et brændetårn til ca. 2.000 kr. indeholder ca. 14,5 GJ, hvilket giver 138 kr. pr. GJ. Dette giver en elasticitet på -0,9.[17] I den følsomhedsanalyse, hvor vi holder elasticiteten konstant og i stedet varierer hældningen, er det de -0,9, som holdes konstant.

*Årlige udgifter (f) i forbindelse med måler og afgifter*

Det centrale bud på et årligt gebyr, som skal dække drift og administration af måler og afgifter er sat til 500. Dette er et meget usikkert bud, som er baseret på nedenstående oplysninger.

Vi har fået oplyst en pris på en måler på mellem 1.500-1.750 kr. inkl. moms og at denne har en levetid på mindst 15 år og batteriet næsten lige så længe. Installation tager maks. en time og måleren kan fjernaflæses af skorstensfejeren med en enhed a la en mobiltelefon, som koster mellem 1.000 og 2.000 kr. Selve aflæsningen vil altså ikke tage lang tid. Denne del af gebyret antages på denne baggrund at udgøre 2.000 kr. (der skal ikke en aflæsningsenhed til alle skorstene – blot en til hver skorstensfejer) som annuiseres henover 15 år med en diskonteringsrate på 4 pct.

[16] Baseret på en gennemsnitlig ovn på 5 kWh og fra mellem 1990 og 2008.

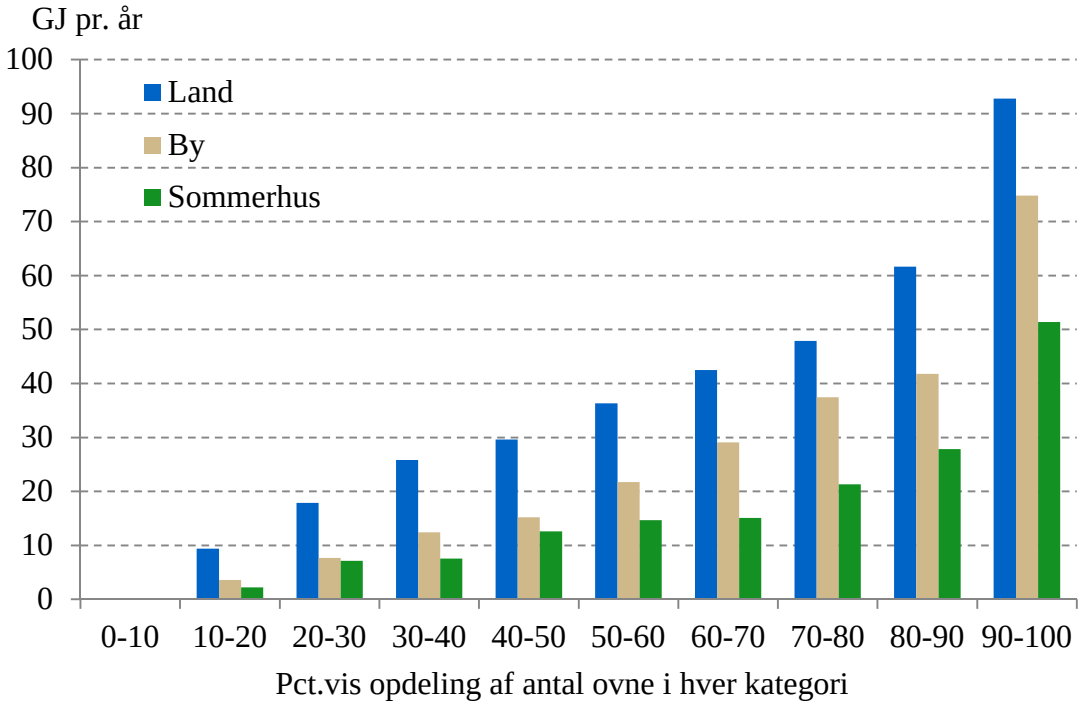
[17] (1/-7,4)/(138/23,3) = -0,8

De administrative omkostninger er noget sværere at estimere. Energitilsynet benytter i benchmarking af netselskaber en driftsækvivalent på 69 kr. pr. måler pr. år (2013-priser) for fjernaflæste målere, svarende til gennemsnitsomkostningerne for drift og administration, jf. Energitilsynet (2015). Det må dog forventes, at de administrative omkostninger til afgifter på brændeovne vil være væsentligt højere pr. måler, da der er færre målere, flere parametre pr. måler som der skal differentieres efter i afgiften, samt øget håndtering af spørgsmål og eventuelle klagesager. Spørgsmål og klagesager med videre formodes der at være flere af end ved el-målere.

Samlet set har vi derfor sat de årlige administrationsomkostninger (både installation og administration) som skal dækkes af gebyret til 500 kr. pr. år som et centralt bud.

## Bilag 4 Brug af brændeovne

Forbruget af brænde i brændeovne opgjort via telefoninterviews for årene 2011 og 2013 på vegne af Energistyrelsen. Disse tal ligger til grund for estimeringen af det årlige brændeforbrug i Danmark de år, jf. Evald (2012) og Hansen (2015). Data fra de to undersøgelser er lagt sammen og opdelt på land, by og sommerhus og derefter er de valide svar opdelt i 10 pct.-fraktiler, så der er lige mange observationer i hver fraktil inden for den samme kategori (dvs. land, by og sommerhus).



## Bilag 5 Samfundsøkonomiske gevinster ved regulering

*Totale samfundsøkonomiske gevinster i hver af de 24 områdekategorier*

| | | Afgifter | Forbud mod: | | | Skrotningsordning | | | Forbud |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Befolknings-tæthed | Alle ovne | Ovne før 1990 | Ovne før 2008 | Ikke-svane-mærkede | Ovne før 1990 | Ovne før 2008 | Ikke-svane-mærkede | Alle ovne |
| Region | Indb. pr. km$^2$ | Mio. kr. pr. år | | | | | | | |
| Hovedstaden | 0-100 | 68 | 23 | 54 | 61 | 23 | 51 | 52 | 49 |
| Hovedstaden | 100-1.500 | 385 | 126 | 296 | 336 | 125 | 280 | 284 | 341 |
| Hovedstaden | 1.500-3.000 | 339 | 108 | 254 | 289 | 107 | 244 | 247 | 318 |
| Hovedstaden | 3.000- | 344 | 104 | 247 | 281 | 104 | 238 | 240 | 336 |
| Sjælland | 0-100 | 187 | 73 | 166 | 185 | 72 | 156 | 157 | 11 |
| Sjælland | 100-1.500 | 201 | 73 | 169 | 190 | 72 | 160 | 161 | 108 |
| Sjælland | 1.500-3.000 | 111 | 38 | 88 | 99 | 37 | 84 | 85 | 91 |
| Sjælland | 3.000- | 28 | 9 | 21 | 24 | 9 | 20 | 21 | 26 |
| Syddanmark | 0-100 | 170 | 66 | 151 | 168 | 65 | 141 | 142 | 10 |
| Syddanmark | 100-1.500 | 237 | 88 | 202 | 226 | 86 | 192 | 193 | 108 |
| Syddanmark | 1.500-3.000 | 116 | 40 | 94 | 106 | 40 | 90 | 90 | 84 |
| Syddanmark | 3.000- | 48 | 16 | 37 | 42 | 16 | 36 | 36 | 41 |
| Midtjylland | 0-100 | 168 | 66 | 149 | 166 | 64 | 139 | 140 | 15 |
| Midtjylland | 100-1.500 | 240 | 88 | 203 | 227 | 87 | 192 | 194 | 118 |
| Midtjylland | 1.500-3.000 | 117 | 40 | 93 | 105 | 39 | 89 | 90 | 89 |
| Midtjylland | 3.000- | 35 | 11 | 26 | 30 | 11 | 25 | 26 | 31 |
| Nordjylland | 0-100 | 97 | 39 | 87 | 97 | 38 | 81 | 81 | 1 |
| Nordjylland | 100-1.500 | 98 | 37 | 84 | 94 | 36 | 79 | 80 | 36 |
| Nordjylland | 1.500-3.000 | 43 | 15 | 35 | 40 | 15 | 33 | 34 | 30 |
| Nordjylland | 3.000- | 7 | 2 | 6 | 7 | 2 | 6 | 6 | 7 |
| Bornholm | 0-100 | 11 | 4 | 10 | 11 | 4 | 9 | 9 | -4 |
| Bornholm | 100-1.500 | 9 | 4 | 8 | 9 | 4 | 7 | 7 | 1 |
| Bornholm | 1.500-3.000 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Bornholm | 3.000- | 6 | 2 | 5 | 6 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| I alt | | 3.071 | 1.074 | 2.488 | 2.804 | 1.060 | 2.362 | 2.383 | 1.852 |
| I alt kun i by | | 2.369 | 803 | 1.872 | 2.116 | 794 | 1.784 | 1.801 | 1.770 |

Anm.: Summen for by er summen af de områdekategorier, hvor befolkningstætheden er over 100 indb. pr. km$^2$.

**Bilag 6 Målrettet skrotningsordning**

Nedenstående tabel viser de 35 kombinationer af ovnkategori og placering som giver de største gevinster pr. skrotningspræmie i sorteret orden.

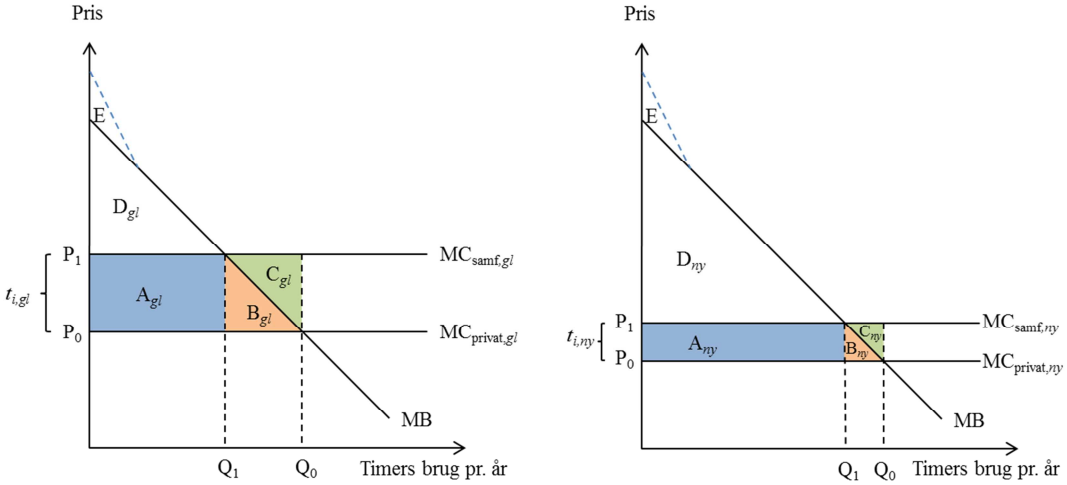
*Samfundsøkonomisk gevinst pr. skrotningspræmie*

| **Region** | **Bef.tæthed** | | **Antal der vælger at** | | **Samf.økon. gevinst** |
|---|---|---|---|---|---|
| | pr. km$^2$ | Ovnkategori | købe ny | ophøre | Kr. pr. ovn |
| Hovedstaden | 3000- | Før 1990 | 2.550 | 1.702 | 24.425 |
| Hovedstaden | 3000- | 1990-2008 | 3.943 | 3.160 | 18.846 |
| Hovedstaden | 1500-3000 | Før 1990 | 3.841 | 2.574 | 16.693 |
| Sjælland | 3000- | Før 1990 | 374 | 250 | 14.380 |
| Midtjylland | 3000- | Før 1990 | 489 | 326 | 13.697 |
| Hovedstaden | 1500-3000 | 1990-2008 | 5.928 | 4.780 | 12.806 |
| Nordjylland | 3000- | Før 1990 | 120 | 80 | 12.251 |
| Syddanmark | 3000- | Før 1990 | 815 | 544 | 11.644 |
| Sjælland | 3000- | 1990-2008 | 578 | 464 | 10.990 |
| Hovedstaden | 100-1500 | Før 1990 | 6.707 | 5.047 | 10.643 |
| Midtjylland | 3000- | 1990-2008 | 757 | 606 | 10.454 |
| Sjælland | 1500-3000 | Før 1990 | 2.212 | 1.480 | 10.067 |
| Nordjylland | 3000- | 1990-2008 | 185 | 148 | 9.324 |
| Hovedstaden | 0-100 | Før 1990 | 1.631 | 934 | 8.979 |
| Midtjylland | 1500-3000 | Før 1990 | 2.653 | 1.771 | 8.904 |
| Syddanmark | 3000- | 1990-2008 | 1.261 | 1.010 | 8.848 |
| Hovedstaden | 100-1500 | 1990-2008 | 9.631 | 9.372 | 8.168 |
| Syddanmark | 1500-3000 | Før 1990 | 2.940 | 1.968 | 8.114 |
| Bornholm | 3000- | Før 1990 | 156 | 104 | 8.050 |
| Nordjylland | 1500-3000 | Før 1990 | 1.148 | 767 | 7.763 |
| Sjælland | 1500-3000 | 1990-2008 | 3.415 | 2.749 | 7.619 |
| Hovedstaden | 0-100 | 1990-2008 | 2.292 | 1.734 | 6.954 |
| Midtjylland | 1500-3000 | 1990-2008 | 4.103 | 3.290 | 6.706 |
| Syddanmark | 1500-3000 | 1990-2008 | 4.540 | 3.655 | 6.090 |
| Bornholm | 3000- | 1990-2008 | 241 | 193 | 6.039 |
| Nordjylland | 1500-3000 | 1990-2008 | 1.775 | 1.425 | 5.815 |
| Sjælland | 100-1500 | Før 1990 | 7.760 | 5.515 | 5.428 |
| Syddanmark | 100-1500 | Før 1990 | 9.751 | 6.609 | 5.270 |
| Midtjylland | 100-1500 | Før 1990 | 9.695 | 6.747 | 5.266 |
| Bornholm | 1500-3000 | Før 1990 | 193 | 130 | 4.834 |
| Sjælland | 0-100 | Før 1990 | 10.483 | 5.504 | 4.478 |
| Syddanmark | 0-100 | Før 1990 | 9.534 | 5.051 | 4.460 |
| Nordjylland | 100-1500 | Før 1990 | 4.844 | 3.477 | 4.343 |
| Midtjylland | 0-100 | Før 1990 | 9.962 | 5.858 | 4.063 |
| Sjælland | 100-1500 | 1990-2008 | 11.566 | 10.242 | 4.024 |

## Bilag 7 Følsomhedsanalyse på forbrugeroverskud

I følsomhedsberegninger af efterspørgselskurven lægges 10 pct. af arealet under hele efterspørgselskurven til forbrugeroverskuddet (eller det trækkes fra). Dette areal er symboliseret ved trekanten E i figur A.

*Figur A Optimale afgifter på henholdsvis gamle og nye ovne i områdekategori i*




Anm.: Figuren er svarer til figur 2 i teksten, men tilføjet arealet E til forbrugeroverskuddet. Dette areal kan også trækkes fra.

Nedenfor vises, hvordan valgene, forbrugeren tager, er beregnet for hver regulering med denne følsomhedsanalyse:

Afgifter:
Han vælger at:
- fortsætte til udskiftning hvis: $(E + D_{gl} - f) > (E + D_{ny} - I_{ny} - f) > 0$
- fortsætte til skrotning hvis: $(E + D_{gl} - f) > 0 > (E + D_{ny} - I_{ny} - f)$
- købe ny ovn hvis: $(E + D_{ny} - I_{ny} - f) > (E + D_{gl} - f)$ og $(E + D_{ny} - I_{ny} - f) > 0$
- skrotte ovnen hvis: $0 > (E + D_{gl} - f)$ og $0 > (E + D_{ny} - I_{ny} - f)$

Delvise forbud:
Han vælger at:
- købe ny ovn hvis: $(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} – I_{ny}) > 0$
- skrotte ovnen hvis: $(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} – I_{ny}) < 0$

Skrotningsordning:
- fortsætte til udskiftning hvis:
$(E + D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) > (E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny} + S) > S$ og
$(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) > 0$
- fortsætte til skrotning hvis:
$(E + D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) > S$ og $(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) < 0$
- købe ny ovn hvis:

$(E + D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) < (E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny} + S)$ og $(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) > 0$
- skrotte ovnen hvis:
$(E + D_{gl} + A_{gl} + B_{gl}) < S$ og $(E + D_{ny} + A_{ny} + B_{ny} - I_{ny}) < 0$

Nettogevinsterne beregnes som i nedenstående tabel A:

*Tabel A Årlige samfundsøkonomiske gevinster ved regulering afhængig af valg*

| | |
|---|---|
| **Afgifter på brug af ovn** | |
| Fortsætter til udskiftning | $C_{gl} - f + (M \cdot A_{gl})$ |
| Fortsætter til skrotning | $C_{gl} - f + (M \cdot A_{gl})$ |
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - I_{ny} - f + (M \cdot A_{ny})$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - (D_{gl} + E)$ |
| | |
| **Skrotningspræmie** | |
| Fortsætter til udskiftning | 0 |
| Fortsætter til skrotning | 0 |
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - C_{ny} - I_{ny} - M \cdot S$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - (D_{gl} + E) - M \cdot S$ |
| | |
| **Forbud mod gammel ovn** | |
| Ny ovn | $C_{gl} - D_{gl} + D_{ny} - C_{ny} - I_{ny}$ |
| Skrotter ovn | $C_{gl} - (D_{gl} + E)$ |