

## Miljøaftryk og energieffektivitet ved boligopvarmning, fase II

Projektrapport  
April 2017

# RAPPORT

# Miljøaftryk og energieffektivitet

Ved boligopvarmning, fase II

Jonas Hoen

Titel : Miljøaftryk og energieffektivitet

Rapport kategori : Projektrapport

Forfatter : Jonas Hoen

Dato for udgivelse : 26.04.17

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 742-89; H:\742\89 Miljøaftryk fase II\Rapport\Rapport\_Final2.docx

Sagsnavn : Miljøaftryk fase II

ISBN : 978-87-7795-402-3

<b>Indholdsfortegnelse</b>	<b>Side</b>
1 Sammenfatning .....	2
2 Indledning .....	3
3 Metode og anvendte data .....	5
3.1 Produktionsrelaterede energitab .....	5
3.1.1 Nordsøen .....	5
3.1.2 Raffinaderi.....	7
3.1.3 Halm .....	7
3.1.4 Flis og energipil.....	7
3.1.5 Træpiller .....	8
3.2 Transport- og importrelaterede energiomkostninger .....	9
3.2.1 Import af fossile brændsler.....	9
3.2.2 Import af skovflis og træpiller.....	10
3.2.3 Indenrigstransport.....	11
3.3 Opvarmningsrelaterede energiomkostninger .....	12
3.4 Emissionsudledninger .....	12
3.4.1 El-emissioner.....	13
3.5 Relaterede eksternalitetsomkostninger .....	14
4 Resultater .....	18
4.1 Energieffektivitet og omkostninger .....	18
4.1.1 Produktionsrelaterede energiomkostninger.....	18
4.1.2 Transport- og importrelaterede energitab.....	19
4.1.3 Fjernvarme .....	21
4.1.4 Overordnede virkningsgrader.....	21
4.2 Eksternalitetsomkostninger.....	24
5 Diskussion.....	31
5.1 Klima- vs. sundhedsomkostninger.....	31
5.2 Betydningen af udvidede grænser.....	32
6 Bibliografi .....	33
 Bilag A: Beregnede emissionsudledninger	
Bilag B: Beregnede emissionsomkostninger fordelt efter emission	
Bilag C: Miljødeklaration	

## 1 Sammenfatning

Denne rapport giver et detaljeret billede af emissionsomkostningerne ved forskellige former for boligopvarmning.

Undersøgelsen medtager emissionerne CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, VOC, CO, PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> og omfatter produktion, transport og anvendelse af brændsler.

Hovedkonklusionen er, at individuel naturgasfyring er den brændselsbaserede opvarmningsform med den mindste emissionsomkostning. Opvarmning, der baserer sig på biomasse – både individuelt og fjernvarme – har større emissionsomkostninger.

Årsagen er, at biomassebaseret opvarmning primært udleder store mængder NO<sub>x</sub> og partikler, der har store sundhedsmæssige omkostninger. Endvidere er specielt træpiller mere energitunge at producere end tidligere vurderet.

Dette mere end opvejer biobrændslernes CO<sub>2</sub>-mæssige fordele.

Rapporten slår desuden fast, at sammenligner man individuel naturgasfyring med træpiller, så har biomasse mere end dobbelt så høj NO<sub>x</sub>-udledning.

Helt grundlæggende viser rapporten, at elvarmepumper er den opvarmningsform, der medfører de laveste emissionsomkostninger. Individuel opvarmning med naturgas er den næstbilligste opvarmningsform målt på emissionsomkostninger.

Et mere detaljeret overblik giver Figur 4.1, Figur 4.2 og Tabel 4.5.

## 2 Indledning

Denne rapport er en opfølgning på den tidligere udarbejdede rapport, "Miljøaftryk og energieffektivitet af forskellige forsyningsformer" [1], som undersøgte energiomkostninger for og miljøaftryk af en række forskellige forsyningsformer til boligopvarmning. I nærværende rapport arbejdes der videre på undersøgelsen med udvidet grænse- eller forsyningsflade samt inklusion af flere emissioner og deres tilhørende omkostninger. For grænsefladen betyder det, at brændselsproduktion i udlandet og hertil hørende transport medtages i beregningerne, og for naturgas og olie inkluderes omkostningerne i Nordsøen. Inklusionen af ekstra emissioner afgøres af, om der kan findes udledningsomkostninger for disse og heri er følgende emissioner interessante: CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, VOC, CO, PM<sub>2,5</sub> og NH<sub>3</sub> samt de gamle emissioner CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.

De udvalgte opvarmningsformer fra tidligere er fastholdt og ses i nedenstående Tabel 2.1.

*Tabel 2.1 Emnematrice over de i rapporten og tidligere berørte opvarmningsformer. Opdelt ift. energikilde, opvarmningsmetode og forsyningsstørrelse (antallet af forsynede boliger).*

Opvarmningstype	Individuel	Fjernvarme		
	Bolig	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
<b>EI</b>				
Direkte	x			
Varmepumpe	x	x	x	x
<b>Gas</b>				
Kedel	x	x	x	x
Motor		x	x	x
<b>Olie</b>				
Kedel	x			
<b>Halm</b>				
Kedel	x	x	x	x
Samproduktion				x
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	x	x	x	x
Samproduktion				x
<b>Træpiller</b>				
Kedel	x	x	x	x
Samproduktion				x

---

Rapporten vil i de følgende afsnit arbejde videre på anvendt metode, data og resultaterne fra [1], således at der kan gennemføres en ny og opdateret sammenligning opvarmningsformerne imellem, også ift. den tidligere grænseflade.

### 3 Metode og anvendte data

Dette afsnit bygger videre på samme udgangspunkt som anvendt metode og kilde data fra [1], hvor de anvendte kilder i størst muligt omfang genanvendes med mulighed for nyere opdaterede tal og kilder. De følgende delafsnit vil derfor primært gennemgå tilføjelser og opdateringer ift. den tidligere rapport.

De nedenstående delafsnit er systematisk opdelt mht. gennemgang og nye udvidelser i forsyningslinjen.

#### 3.1 Produktionsrelaterede energitab

Dette delafsnit berører de energirelaterede omkostninger i brændselsfremstillingen, som inkluderer produktion i både ind- og udland. De berørte brændsler er naturgas, fyringsolie, halm, flis og energipil samt træpiller.

Anvendt metode og datagrundlag er med udgangspunkt i [2] i de følgende underafsnit. Det betyder, at der tages udgangspunkt i metoden og de fremskaffede energiomkostninger fra [2], og – hvis det er muligt – benyttes nyere og mere aktuelle data.

##### 3.1.1 Nordsøen

I Nordsøen udvindes både naturgas og råolie, hvor det tilhørende energiforbrug kommer fra en delmængde af den udvundne naturgas. Naturgasforbruget er afhængigt af flere forskellige faktorer og kan grundlæggende opdeles i tre dele: motorbrændstof, flaring og reinjicering.

Fra [2] blev det anskueliggjort, at naturgas anvendt til udvinding nogenlunde var ligeligt fordelt mellem olien og naturgassen i 1997. Samtidig blev det klarlagt, at brændselsenergiforbruget ved den tilvebragte naturgas var omkring 3,6 pct., og for olien var denne omkring 2 pct. af den tilvebragte energimængde.

Ovenstående relative brændselsfordeling er dog ikke længere tidssvarende til produktionen i dag, hvilket bl.a. skyldes ændring i udvindingsmængden mellem olie og naturgas. På baggrund af brændselsenergiomkostningen i



1997 sammen med udvindingen ved den seneste produktion kan en teoretisk fordeling beregnes jf. [3].

I 2014 blev der produceret 9,6 mio. m<sup>3</sup> olie og 4,5 mia. m<sup>3</sup> naturgas, hvoraf 13 pct. af naturgassen blev anvendt som brændstof, 1 pct. blev reinjiceret, og 2 pct. blev flaret. Dvs. 3,8 mia. m<sup>3</sup> naturgas blev tilvejebragt til transmissionsnettet. Fordelingen af det samlede naturgasforbrug i produktionen er fra ovenstående beregnet til at udgøre hhv. 45 og 55 pct. for naturgassen og olien. Det reelle brændselsforbrug for produktion og tilvejebringelse stemmer dog ikke overens med forbruget i 1997, hvilket bl.a. kan skyldes ældning i felterne. De nye og de gamle energiomkostninger sammen med den totale energiomkostning frem til 2014 i Nordsøen ses i nedenstående Tabel 3.1, og for beregningsgrundlag henvises der til [4].

*Tabel 3.1 Energirelaterede produktionstab i Nordsøen fordelt efter olie- og naturgasudvindingen, kilde [2] og [3].*

<b>Naturgasforbrug i Nord- søen ift. leveret produkt</b>	<b>Olie [pct. af energi]</b>	<b>Naturgas [pct. af energi]</b>
<b>1997</b>		
Motor	2,0	3,6
Inkl. flaring	3,0	5,4
<b>2014*</b>		
Motor	3,9	7,0
Inkl. flaring	4,4	8,2
<b>Frem til 2014 (gns.)</b>		
Motor	2,2	4,0
Inkl. flaring	3,1	5,9

\* 2014 var et år med ekstra store energiomkostninger

Fra tabellen ses det, at der er et større relativt energiforbrug i 2014 ift. 1997, og at det relative forbrug i 2014 også er over det samlede relative energiforbrug frem til 2014. Sammenlignes det relative energiforbrug i 1997 med det samlede frem til 2014, ses det, at forbrugsmønstret er relativt ens.

Generelt vil forbrugsmønstret være af varierende karakter fra år til år, hvilket skyldes ændrede udvindingsforhold, som ældning og/eller effektivisering af felterne. De ændrede forhold kan være af midlertidig eller mere permanent karakter. I forbrugsmønstret frem til 2014 tages der højde for midlertidige udsving i produktions- og energiforbrugsforholdet. Ulempen er dog, at mere permanent ændrede produktionsforhold ikke medtages, som

ældning af felterne eller nye forbedrede udvindingsteknologier. Dog vil de to nævnte effekter udligne hinanden i større eller mindre grad.

Det vurderes derfor, at det relative energiforbrug frem til 2014 er tilstrækkeligt retvisende for energiforbrugsmønstret for 2015. Forbrugsmønstret anvendes også for fremtidsscenariet 2025, men der skal her tillægges en væsentligt større usikkerhed.

### 3.1.2 Raffinaderi

Råolien, der ankommer ude fra Nordsøen, skal behandles i et raffinaderi, hvor de forskellige raffinaderiprodukter udvindes, bl.a. også fyringsolie. Energiforbruget i raffinaderiproduktionen kommer primært fra raffinaderigas, men også en del fra elektricitet. Fra [2] angives det relative energiforbrug med raffinaderigas at udgøre 6,9 pct. af fyringsolien, mens det relative elforbrug udgør 0,5 pct.

### 3.1.3 Halm

Halm er et sekundært produkt fra korndyrkning, og det er derfor nødvendigt at fordele energiforbruget imellem de to produkter. Fra [2] er dette gjort efter vægtmæssigt udbytte af halm og korn. Dyrkningen – der omfatter jordbehandling, såning, gødskning, kalkning, planteværn, høst og transport – kræver et energiforbrug svarende til 4,9 pct. af den samlede tilvebragte mængde halm og korn. Efter mængdefordeling af halm og korn udgør energiomkostningen til halm 2 pct. af brændværdien.

### 3.1.4 Flis og energipil

Ved produktion af flis og energipil tages der overordnet udgangspunkt i skovflis, men reelt har energikilden træflis ophav flere forskellige steder. Produktionen af den anvendte træflis foregår primært i Danmark, og der blev således kun importeret 20 pct. træflis i 2015 jf. [5]. Fra [2] er produktionen af skovflis opgjort med udgangspunkt i dyrkning, fældning, flishugning og transport til vej, hvor det samlede energiforbrug opgøres til 2,5 pct. af energiindholdet i flisen.

Det angivne energiforbrug er lidt lavere end angivet i Tabel 3.2, der opgiver energiforbruget ved skovdyrkingen med henblik på træpilleproduktion,

hvor flishugning heller ikke er medregnet. Forskellen eller variationen kan dog skyldes skovdyrkningsprocedurerne og/eller transportafstandene. Det er valgt at fastholde energiforbruget til de opgjorte 2,5 pct. af energiindholdet i flisen både i ind- og udland fra [2].

### 3.1.5 Træpiller

Træpiller er et brændsel, som fremstilles af træmasse, og kan laves direkte ved forarbejdning af hele træstammer eller af restproduktionen fra den træforarbejdende industri, som høvlspåner og pudsestøv. I Danmark er det primært import, der dækker det danske forbrug af træpiller, hvor importen dækkede 93 pct. af forbruget i 2015 jf. [5].

Produktion af træpiller i Danmark kommer fra restprodukterne i den træforarbejdende industri jf. [2], hvilket betyder, at følgende produktionsopgørelse kun tager udgangspunkt i den videre forarbejdning. Derfor henføres energi brugt før til træindustrien. Produktionen af danske træpiller omfatter et energiforbrug svarende til 1,95 pct. af energiindholdet af træpillerne. Herudover emitteres der støv fra produktionen svarende til 0,15 pct. af energiindholdet. Det betyder, at der forbruges, hvad der svares til 2,1 pct. af energien i træpiller til fremstilling af disse.

Ved import antages det, at træpillerne kommer fra mere eller mindre dedikeret produktion og ikke som restprodukt fra den træforarbejdende industri. Det betyder, at skovdyrkning, ophugning, transport til processted, tørring, forstøvning og pelletering skal medregnes. Energiomkostningerne er opgjort i Tabel 3.2, og fra denne ses en samlet energiomkostning på 20,4 eller 25 pct., afhængigt af om der bruges naturgas eller træflis/-støv til tørring osv.

*Tabel 3.2 Viser energiforbruget ved produktion af træpiller i Canada, kilde [6].*

Energiforbrug ved produktion af træpiller i Canada	Energiforbrug [pct. af energiindhold]	
	Træstøv	Naturgas
Skovdyrkning	3	
Transport til processted	0,4	
Tørring, forstøvning og pelletering	21,6	17,0

\*Beregnet ud fra et energiindhold for træpiller på 17,5 GJ/ton.

Sammenlignes energiomkostningerne ved produktion i hhv. ind- og udland, er det klart, at der er en markant forskel i energiomkostningen ved produktionen. Forklaringen skal findes i, at den danske træforarbejdende industri bærer energiomkostningerne inden pelletering, da træstøv og lignende betragtes som spildprodukter. Energiforbrug til tørring osv. er derfor ikke inkluderet i den danske produktion.

Det høje energiforbrug ved mere dedikeret produktion understøttes også af [7], som angiver, at energien til forarbejdningen udgør omkring 20 pct. af energiindholdet for træpillerne. Det kan diskuteres, om energiomkostningen fra indlandsproduktionen er for lavt sat, men som tidligere nævnt udgør importen ca. 93 pct. af forbruget, og derfor vil en afvigelse af energiforbruget ved indlandsproduktion være af mindre betydning i det samlede billede.

Der vil i beregningerne tages udgangspunkt i energiomkostninger for ind- og udlandsproduktion på hhv. 2,1 og 20,4 pct. Der vil i udlandsproduktion tages udgangspunkt i naturgas som energikilde til tørring, forstøvning og pelletering. Dette reducerer energibehovet, men er samtidig et fossilt brændsel.

### **3.2 Transport- og importrelaterede energiomkostninger**

Dette delafsnit berører de energirelaterede transportomkostninger, som inkluderer indenrigstransport og import af brændsler. Konkret berøres import af fossile brændsler, import af træflis og træpiller samt nye estimer/kilder til indenrigstransport.

#### **3.2.1 Import af fossile brændsler**

I dag og i fremtiden antages det, at der fortsat vil være forsyning fra Nord-øen, men med faldende produktion. Det forventes ifølge [8], at Danmark fortsat vil være nettoeksportør af olie og naturgas til hhv. 2021 og 2023. For naturgassen vil importen desuden være negligerbar i 2025. Medtages efterforskningsressourcerne og de teknologiske ressourcer vil Danmark i 2025 og efter stadig være selvforsynende med både olie og naturgas.

I projektarbejdet antages Danmark derfor at være selvforsynende, hvilket betyder, at Egtved kompressorstation kan betragtes som et slags *bufferlager* på lige fod med de øvrige gaslagre i Ll. Torup og Stenlille. Antagelsen be-

tyder, at der ikke ses på øvrige transmissionsomkostninger syd for Egtved-stationen. Hertil kan det samtidig nævnes, at energiomkostningerne ved transport fra Nordsøen er inkluderet i produktionen.

De energirelaterede tab ved Egtved kompressorstation findes ved stationens energiforbrug og den importerede naturgasmængde fra Tyskland jf. [9] og [10]. Det gennemsnitlige energitab for 2014 og 2015 var således 0,5 pct. af den tilvejebragte naturgasenergi, svarende til 0,04 pct. af energien i naturgasnettet.

Som tidligere nævnt forventes det umiddelbart at der nettoimporteres råolie eller olieprodukter i 2025, hvor Danmark ikke længere er selvforsynende. Umiddelbart betyder det, at der skal importeres fyringsolie, som er et blandt mange produkter af råolien. Nødvendigheden af import afhænger dog også af fyringsbehovet herhjemme. Hvis fx fyringsbehovet er faldet tilsvarende Nordsøproduktionen, er der teknisk set ikke behov for import af fyringsolie. Samtidig må det forventes, at efterspørgslen af fyringsolie falder i fremtiden ud fra bygningsreglementet [11], som stærkt begrænser installation af nye oliekedler. Derfor antages det i nærværende rapport, at der kan ses bort fra import af fyringsolie.

### 3.2.2 Import af skovflis og træpiller

Ud over flis- og træpilleproduktionen i Danmark importeres disse brændsler også fra udlandet – som tidligere nævnt – hvor importen dækkede hhv. 20 og 93 pct. af forbruget i Danmark.

Energiomkostningen ved import er afhængig af transportafstanden og transportmidlet. Transporten antages primært at foregå med dedikerede skibe til Danmark. Fra [2] er energiomkostningen ved import undersøgt for træpiller ud fra en række forskellige lande. Fra [12] fremgår det, at omkring 50 pct. af træpilleimporten kommer fra de baltiske lande. Af de øvrige importlande dækker Rusland næsten 17 pct. af importen, mens de resterende lande – som Portugal, Sverige, Tyskland, Polen, USA osv. – har mindre andele. I grove træk betyder det, at størstedelen af energiforbruget relateres til transport fra de baltiske lande.

Fra kilderne [2] og [6] er der beregnet forbrugsomkostninger på transport af træpiller. Førstnævnte kilde har et estimat på 1,6 pct. af den importerede energimængde, som er opgjort ved en række importlande, hvor Canada bl.a. er sat til brændselsforbrug på 10,7 kg brændsel pr. ton træpiller. I sidstnævnte reference er eksporten udelukkende fra Vancouver, Canada til Stockholm, Sverige, hvor energiforbruget er opgjort til omkring 13 pct. af den importerede energimængde. Dette svarer til et brændselsforbrug på 56,8 kg pr. ton træpiller og er en større afvigelse fra det tidligere angivne. Forskellen skal sandsynligvis findes i afgangsstedet Vancouver, som ligger ud mod Stillehavet. Der tages derfor udgangspunkt i førstnævnte kilde, således at transportomkostningerne for flis og energipil samt træpiller er opgjort til hhv. 2,8 og 1,6 pct. af den importerede energimasse.

Ovenstående kilder har behandlet transport over landegrænserne, men ikke transport fra produktionssted til havn. Fra [6] er dette bl.a. opgjort ved togtransport, hvor der er tale om en transportafstand på ca. 800 km og med et hertil hørende energiforbrug svarende til 1,5 pct. af træpillers energiindhold. For nærværende rapport vil det være en for stor opgave at klarlægge de præcise transportafstande, hvor det også vurderes, at disse har stor variation alt efter lokation. Dog er det stadig ønsket at inddrage transporten fra produktionsstedet til havnen, og derfor er det valgt at angive denne transport som svarende til indenrigstransporten på 4,7 promille af træpillers energiindhold.

### 3.2.3 Indenrigstransport

Indenrigstransport kan opdeles i tre grupper: gas- og elnettet samt vejtransport, hvor disse er behandlet i det forrige projekt [1]. For gas- og elnettet anvendes de tidligere fundne værdier, mens vejtransport opdateres ift. nyt brændstof/dieselforbrug i begge år. Fra [13] opgøres dieselforbruget til at være hhv. 0,29 l/km og 0,22 l/km ved fuld og tom last. Dataene er fundet ud fra lastvognstypen 18 t med euromotornorm 6. De nye forhold ses i nedenstående Tabel 3.3.

Tabel 3.3 *Energiforbruget ved indenrigstransport af brændsler, kilde [1] og [13].*

Energiforbrug ved brændselstransport	Distance tur/retur [km]	Forbrug [kWh]	Energiforbrug [pct. af energiindhold]
Olie	80	410	0,20
Halm	35	180	0,25
Skovflis	40	200	0,40
Træpiller	80	410	0,5

Til gasnettet inkluderes også et tab i distributionsnettet svarende til M/R-stationernes forbrug i transmissionsnettet på 0,489 promille af den tilvejebragte gas.

### 3.3 Opvarmningsrelaterede energiomkostninger

De opvarmningsrelaterede energiomkostninger og virkningsgrader genanvender de fremskaffede værdier i [1]. Der foretages altså ikke nogen ændring relateret til opvarmningseffektiviteten.

### 3.4 Emissionsudledninger

De foregående del- og underafsnit har behandlet energiomkostning eller effektivitet. I dette delafsnit berøres anvendt metode og data i miljøaftrykket fra brændselsproducent til bruger.

Generelt stammer de anvendte kilder i [1] fra DCE – Nationalt center for miljø og energi. Deklarationerne herfra indeholder også andre udledninger ud over de tidligere behandlede CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>, hvilket giver mulighed for genanvendelse med inklusionen af nye emissionsstoffer. Konkret er der mulighed for at inddrage NMVOC<sup>1</sup>, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, TSP<sup>2</sup>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, BC<sup>3</sup>, og derudover er der også mulighed for at inkludere tungmetaller og PAH'er<sup>4</sup>.

Hertil antages det også, at emissionsdeklarationerne er uforandret i 2025 medmindre andet er angivet i [1]. Deklarationerne er indført i Bilag C.

<sup>1</sup> Non-Methane Volatile Organic Compound

<sup>2</sup> Total Suspended Particles

<sup>3</sup> Black Carbon

<sup>4</sup> Poly Aromatic Hydrocarbon

Inddragelsen af alle ovenstående emissionsudledninger er begrænset af muligheden for at inkludere stoffernes miljøomkostning. Hertil indgår emissionsdeklarationen for el heller ikke i ovenstående kilde – men skal findes fra Energinet – hvilket også kan begrænse udvidelsen af inddragne emissioner. I nedenstående underafsnit er deklARATIONEN for elemission behandlet.

### 3.4.1 El-emissioner

Fra Energinet [14] er der mulighed for at inkludere følgende emissioner i eldeklarationen: NMVOC, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O og TSP. Efter forespørgsel, jf. [15], er der desuden også lavet emissionsberegninger af PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> for 2015, som udgør hhv. 80 og 62 pct. af TSP. Det antages, at TSP-andelene for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> er tilsvarende i 2025.

Emissionsdeklarationen er sammensat af alle elproducerende anlæg, der dækker Danmarks elforbrug, hvorfor deklARATIONEN også er sammensat af vind, sol og brændsler som fx kul, naturgas og biomasse. De forskellige brændsler gør det samtidig svært at beregne en miljødeklARATION for 2025, da brændselssammensætningen afgør udledningerne. Med kildedataene fra [14] er der dog mulighed for at lave en lineær regressionsmodel på baggrund af deklARATIONERNE og brændselssammensætningen for 2010 til 2015. Modellen er udført i [16] og muliggør en beregning for miljødeklARATION i 2025 på baggrund af en estimeret brændselssammensætning

I Tabel 3.4 ses en brændselssammensætning for 2015 og en beregning af den forventede sammensætning i 2025. I brændselssammensætningen er der taget udgangspunkt i en uændret andel af olie og atomkraft samt en ligeligvægtet reduktion af kul og naturgas i elproduktionen. Hertil forventes det, at 64 pct. af elproduktionen dækkes af VE, og at biomasse udgør 64 pct. af brændslet i de strømproducerende værker.



*Tabel 3.4 Brændselssammensætning i 2015 og en beregnet prognose for 2025. Prognosen baseres på en forventning om at 64 pct. af elektriciteten kommer fra vind, vand og sol, og at 64 pct. af kraftvarmeværkernes brændselsforbrug udgøres af biomasse, affald og biogas, kilder [14], [17] og [18].*

<b>Brændselssammensætning i pct. af samlede forbrug i DK</b>	<b>2015</b>	<b>2025</b>
Kul og brunkul	19	8
Naturgas	6	3
Vind, vand og sol	58	64
Biomasse, affald og biogas	13	20
Olie	1	1
Atomkraft	4	4

På baggrund af brændselsfordelingen og data fra [14] samt den lineære regressionsmodel jf. [16] er det muligt at opstille miljødeklarationen for elproduktionen i 2025. Deklarationerne for begge år ses i bilag C.

### **3.5 Relaterede eksternalitetsomkostninger**

Ovenstående afsnit 3.4 beskrev kort kilderne til emissionsdeklarationerne for de forskellige udledningskilder. Inddragelsen af de forskellige stoffer er dog – som tidligere nævnt – begrænset af muligheden for at inddrage deres miljøomkostning.

For at sammenligne miljøaftrykket ved de forskellige opvarmningsmetoder og emissionerne imellem introduceres de approksimerede miljøomkostninger. Fra [1] er omkostninger for emissionerne CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> inddraget, som i denne rapport skal udvides til at inddrage andre emissionsomkostninger.

DCE – Nationalt center for miljø og energi har i [19] opgjort de sundhedsskadelige luftemissioner og deres omkostning afhængigt af SNAP<sup>5</sup>-kategorien. Dette kan detaljeres yderligere ved at inddrage den geografiske placering by eller land og skadesområdet Danmark og/eller udlandet.

<sup>5</sup> Standardized Nomenclature for Air Pollutants

I dette tilfælde er det valgt, at skadesområdet dækker over både ind- og udland, og at der ses bort fra forskellige geografiske placeringer som by og land. For sidstnævnte betyder det, at der tages udgangspunkt i et slags gennemsnit repræsenterende Danmark. I Tabel 3.5 ses de sundhedsskadelige omkostninger opgjort efter relevante SNAP-kategorier. Det har her været muligt at inddrage følgende emissioner:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , VOC, CO og  $\text{PM}_{2.5}$  i tabellen. Det betragtes som en forudsætning, at de skadelige omkostninger, emissionerne medfører, er uforandret begge år.

Sammenlignes de nye data for sundhedsskadelige omkostninger med de tidligere anvendte i [1], ses det, at der er mindre forskelle i udledningsomkostningerne. Fx er omkostningerne ved  $\text{SO}_2$ - og  $\text{NO}_x$ -udledning i små ikke-industrialiserede forbrændingsanlæg lavere ift. tidligere. Forskellene vurderes dog ikke til at have særlig betydning for resultaterne og sammenligningen imellem opvarmningsformerne.

*Tabel 3.5 Samfundsomkostninger ved udledning af sundhedsskadelige stoffer ift. relevante SNAP-kategorier. I de tilfælde, hvor sundhedsomkostningen ikke fremgår af kategorien, anvendes gennemsnittet for alle SNAP-kategorier, kilder [19] & [20].*

Sundhedsskadelig omkostning ved udledning [kr./kg]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	VOC*	CO	PM <sub>2,5</sub>	NH <sub>3</sub>
<b>SNAP 1 – Større forbrændingsanlæg</b>						
Omkostning	92	64	8,5	0	141	-
Heraf på dansk område i pct.	10	10	11	13	15	-
<b>SNAP 2 – Små ikke-industrialiserede forbrændingsanlæg</b>						
Omkostning	133	113	8,5	0	209	156
Heraf på dansk område i pct.	20	15	11	25	37	-
<b>SNAP 3 – Industrielle forbrændingsanlæg</b>						
Omkostning	106	73	8,5	0	147	-
Heraf på dansk område i pct.	12	12	11	12	17	-
<b>SNAP 7 – Vejtransport</b>						
Omkostning	415	75	8,5	<1	330	-
Heraf på dansk område i pct.	0	8	11	50	58	-
<b>SNAP 8 – Andre mobile kilder og maskineri</b>						
Omkostning	97	70	8,5	0	254	-
Heraf på dansk område i pct.	31	6	11	35	47	-
<b>Alle SNAP-kategorier</b>						
Omkostning	264	115	8,5	0	204	156
Heraf på dansk område i pct.	10	13	41	36	17	-

\*Data stammer fra [20], da disse ikke var til rådighed i [19]

Til emissionsberegningerne tages der udgangspunkt i SNAP-kategorierne med deres tilhørende beskrivelse i Tabel 3.5. Det betyder fx, at opvarmning med fjernvarme tilhører SNAP 1, mens individuel opvarmning tilhører SNAP 2.

Yderligere kan det oplyses, at brændselsproduktion af biomasse samt transport til vej og søfart tilhører SNAP 8. Produktion i Nordsøen med gasturbinerne hører ind under SNAP 3. Ved søfart og produktion i Nordsøen benyttes kun omkostninger uden for Danmark, hvilket begrundes med, at der ikke

bor mennesker på Nordsøen. Generelt må det bemærkes, at de sundhedsskadelige omkostninger ved søtransport er stærkt varierende, hvor de skadelige effekter er større i Østersøen end ude midt på Atlanterhavet.

Omkostningerne for de klimaskadelige emissioner sættes direkte i relation til CO<sub>2</sub>-kvoterne, som en prissats for udledning af klimaskadelige stoffer. Fra [21] fås kvotepriserne for 2015 samt et skøn for 2025, som er vist i Tabel 3.6. CO<sub>2</sub>-ækvivalenterne CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O er ligeledes inddraget i tabellen, hvor deres klimaeffekt er sat til at være hhv. 25 og 298 gange så kraftig som CO<sub>2</sub>. Kvotesatserne i tabellen består af et middel-, lavt og højt skøn, hvor det høje skøn som udgangspunkt anvendes jf. [1].

*Tabel 3.6 Nutidige og fremtidige prisudviklinger for CO<sub>2</sub>-kvoter inkl. ækvivalenterne CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O, som er hhv. 25 og 298 gange så potent som CO<sub>2</sub>, kilde [21].*

Klimaskadelige omkostninger ved udledning [kr./ton]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>År 2015</b>			
Lavt skøn	40	1.000	11.920
Middelskøn	55	1.375	16.390
Højt skøn	55	1.375	16.390
<b>År 2025</b>			
Lavt skøn	43	1.075	12.814
Middelskøn	86	2.150	25.628
Højt skøn	175	4.375	52.150

Til kvoteprissætningen skal det tilføjes, at prisen udgøres af mængden af tilgængelige kvoter og den samlede efterspørgsel, dvs. den marginale omstillingsomkostning. Kvoterne skal derfor ses som et økonomisk instrument til reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning.

## 4 Resultater

I nedenstående underafsnit er resultaterne systematisk oplistet. For yderligere information henvises læseren desuden til bilagene eller evt. forrige rapport [1]. Resultatformidlingen er opdelt i to afsnit: energieffektivitet og eksternalitetsomkostninger.

For at nærstudere de opgjorte resultater for emissionsudledningerne henvises læseren til bilag A, hvor emissionsudledningerne er opgjort i g/kWh varme, således at læserne har mulighed for at undersøge udledningerne nærmere.

### 4.1 Energieffektivitet og omkostninger

Følgende underafsnit omfatter energiomkostningerne ved brug af brændslerne opgjort i følgende kategorier: produktion, transport, fjernvarme og de heraf overordnede virkningsgrader. Sidstnævnte underafsnit viser ikke energiomkostningen, men derimod den endelige virkningsgrad ved det individuelt benyttede brændsel og opvarmningsformen.

#### 4.1.1 Produktionsrelaterede energiomkostninger

Resultaterne for de produktionsrelaterede energitab er baseret på gennemgangen i afsnit 3.1, og resultaterne ses i Tabel 4.1. Fra tabellen fremgår de energitab, der er ved fremstilling af brændslerne.

Det mest interessante brændsel fra tabellen er træpiller, hvor der ses en høj energiomkostning ved fremstilling. Omkostningen er estimeret til at udgøre 19,1 pct. af brændslets energiindhold, hvilket er næsten det dobbelte af olieproduktionen og mere end det tredobbelte af naturgasproduktionen. Samtidig kan det pointeres, at fremstillingen af halm, træflis og energipil er de mindst energikrævede.

Tabel 4.1 *Energiomkostninger ved at producere energien ift. brændslets energiindhold.*

Produktion 2015 [pct.]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
Naturgas				
Kedel	5,9	5,9	5,9	5,9
Motor		5,9	5,9	5,9
Olie				
Kedel	10,5			
Halm				
Kedel	2,0	2,0	2,0	2,0
Samproduktion				2,0
Flis og energipil				
Kedel	2,5	2,5	2,5	2,5
Samproduktion				2,5
Træpiller				
Kedel	19,1	19,1	19,1	19,1
Samproduktion				19,1

#### 4.1.2 Transport- og importrelaterede energitab

Resultaterne for transport- og importrelaterede energitab er baseret på gennemgangen i afsnit 3.2, og resultaterne ses i Tabel 4.2. Fra tabellen fremgår de energitab, der er ved transport af brændslerne og transport igennem elnettet.

Fra tabellen ses det, at de største energimæssige tab sker ved transport i elnettet, som medfører energitab svarende til 5 pct. af den transporterede energimængde. Selvom tabet i elnettet er mere end dobbelt så stort som de øvrige, er der grundlæggende ikke nogen interessant forskel, da størrelsesordenerne har mindre betydning i det samlede billede.

Tabel 4.2 *Energitab ved transport ift. brændslets energiindhold*

Transport 2015 [pct.]	Individuel 1	Fjernvarme		
		ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
<b>El</b>				
Direkte	5,0			
Varmepumpe	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Gas</b>				
Kedel	0,2	0,2	0,2	0,2
Motor		0,2	0,2	0,2
<b>Olie</b>				
Kedel	0,2			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,2	0,2	0,2	0,2
Samproduktion				0,2
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	1,6	1,6	1,6	1,6
Samproduktion				1,6
<b>Træpiller</b>				
Kedel	2,4	2,4	2,4	2,4
Samproduktion				2,4

### 4.1.3 Fjernvarme

Resultaterne for fjernvarme er baseret på beregningerne fra [1] og ses i Tabel 4.3. Da disse energitab allerede er gennemgået i forrige rapport, vil de ikke blive gennemgået her.

Tabel 4.3 *Nettabet ved fjernvarmetransport ift. brændslets energiindhold*

Fjernvarme 2015 [pct.]	Fjernvarme		
	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El			
Direkte			
Varmepumpe	33	24	15
Gas			
Kedel	33	24	15
Motor	33	24	15
Olie			
Kedel			
Halm			
Kedel	33	24	15
Samproduktion			15
Flis og energipil			
Kedel	33	24	15
Samproduktion			15
Træpiller			
Kedel	33	24	15
Samproduktion			15

### 4.1.4 Overordnede virkningsgrader

Resultaterne for energiomkostningerne og virkningsgrader er samlet i en overordnet opgørelse for boligopvarmning, som ses i Tabel 4.4, der viser resultatet baseret på afsnit 3 og forrige projektrapport [1]. Tabellen er opdelt mht. de to undersøgte år 2015 og 2025.

For individuel opvarmning ses det, at varmepumpen har den højeste effektivitet på 296 pct., efterfulgt af gaskedler, oliefyr og direkte elopvarmning. Biobrændslernerne er derimod de dårligst performende fyringsmetoder til individuel opvarmning, hvad angår energiudnyttelse. Biobrændslernes performance ventes forbedret i 2025, hvor de dog stadig er langt fra de andre individuelle opvarmningsformer. Inddragelsen af udenlandsk træpilleproduktion



har markant trukket ned i brændslets effektivitet, da en stor del går tabt i produktionen. Derfor fås der kun virkningsgrader på hhv. 58 og 65 pct. for de to år, som er de dårligst performende resultater for individuel varme.

Billedet er derimod ikke nær så entydigt for brændslerne ved fjernvarmesystemerne; her er biokedlerne generelt på niveau med gaskedlerne. Inkluderet samproduktion i fjernvarmebilledet, ses det, at biobrændslerne med undtagelse af træpiller performer lidt bedre end de store gasmotorer. Træpiller derimod performer kun lidt bedre end den mindste gasmotor med en virkningsgrad på 84 pct. Det skal pointeres, at samproduktion performer bedre end kedelopvarmning, da brændselsforbruget i større grad tilskrives elproduktionen, hvor varmeeffektiviteten ved samproduktion derfor kunstigt er sat til 125 pct. for fyringsvirkningsgraden.

I det samlede billede for energieffektivitet ses der overordnet, at varmepumper er attraktive både ved individuel- og fjernvarmeopvarmning. I fjernvarmesammenhæng forudsætter varmepumperne dog adgang til energirige varmekilder med en generel temperatur på 35 °C, jf. [1]. Samproduktion er attraktiv ved den kunstigt høje fastsatte virkningsgrad ift. resten af fjernvarmemetoderne.

Medtages den fremtidige prognose for 2025, ændres billedet overordnet ikke. Her er det stadig varmepumperne, der dominerer effektivitetsmæssigt, hvor afstanden yderligere øges pga. forventede forbedringer i virkningsgraden. Biobrændslernes effektivitet forbedres også for individuel boligopvarmning, men ikke i en sådan grad, at disse er tæt på gaskedler, oliefyr og direkte elopvarmning effektivitetsmæssigt.

Tabel 4.4 Den samlede virkningsgrad fra produktionssted til varmemeforbrug.

Virkningsgrader (Total) 2015	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	93			
Varmepumpe	296	228	257	286
Gas				
Kedel	95	64	72	81
Motor		79	90	100
Olie				
Kedel	87			
Halm				
Kedel	65	57	65	73
Samproduktion				104
Flis og energipil				
Kedel	71	68	77	86
Samproduktion				102
Træpiller				
Kedel	58	51	59	66
Samproduktion				84

Virkningsgrader (Total) 2025	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	93			
Varmepumpe	342	240	271	302
Gas				
Kedel	95	64	72	81
Motor		79	90	100
Olie				
Kedel	87			
Halm				
Kedel	75	61	69	77
Samproduktion				104
Flis og energipil				
Kedel	80	68	77	86
Samproduktion				102
Træpiller				
Kedel	65	51	59	66
Samproduktion				84

## 4.2 Eksternalitetsomkostninger

Emissionerne kan ikke direkte sammenlignes, men indirekte ved at påføre eksternalitetsomkostninger, således at de samlede samfundsøkonomiske eller miljømæssige omkostninger kan opgøres. I beregningerne er der regnet med en standardbolig med et årligt varmebehov på 18.000 kWh. De samlede omkostninger ses i Tabel 4.5. Desuden er omkostningerne også vist i Figur 4.1, Figur 4.2, Figur 4.3 og Figur 4.4, hvor de to første figurer viser omkostningerne mht. emissionerne, og de to sidste figurer viser omkostningerne mht. brændselsproduktion, transport osv.

Fra Figur 4.1 og Figur 4.2 ses det, ikke overraskende, at opvarmning med varmepumper har de laveste miljøomkostninger, hvilket skyldes de generelt lave udledningsniveauer pga. varmepumpernes høje virkningsgrader. Dette er grundlæggende de relativt samme resultater som i den tidligere udarbejdede rapport. De mere interessante resultater mht. emission skal findes i de nye medtagne emissioner VOC, CO, PM<sub>2,5</sub> og NH<sub>3</sub>, hvor særligt partikeludledningen af PM<sub>2,5</sub> har haft stor betydning for resultaterne sammenlignet med tidligere.

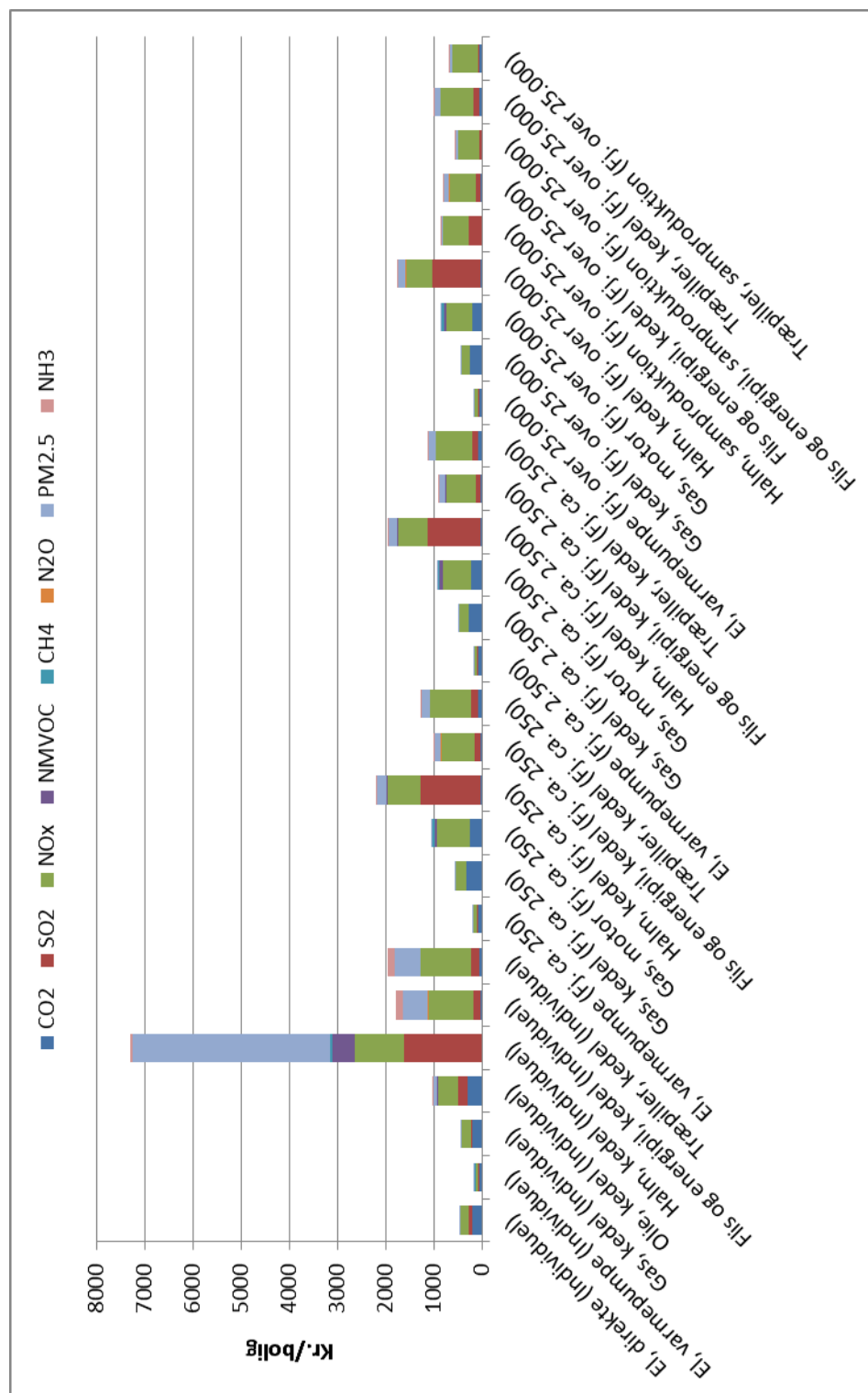
For eksempel var den miljømæssige omkostning i 2015 ved individuel halmfyring på omkring 2.300 kr., men med inddragelse af de nye emissioner ligger omkostningen på omkring 7.300 kr. Dette er mere end en fordobling i omkostning, hvor PM<sub>2,5</sub> udgør mere end halvdelen af denne. Ved øvrig individuel fyring af biomasse står de nye emissionskilder for ca. en tredjedel af omkostningerne, mens disse ikke i nævneværdig grad bidrager ved øvrig individuel opvarmning. Det betyder, at fyring med biomasse – og særligt halm – er de markant dyreste individuelle opvarmningsformer mht. miljøaftryk. Gaskedler og direkte elopvarmning sætter det næstmindste aftryk med omkostninger på omkring 450 kr. pr. opvarmet bolig i 2015. Resultatet for den individuelle varmepumpe viser, at denne har det mindste miljøaftryk samlet set, inkl. fjernvarme.

I det ovenstående er resultaterne for individuel opvarmning kort beskrevet for 2015. For 2025 er de primære ændringer forbedrede virkningsgrader ved biomassefyring og øgede CO<sub>2</sub>-kvotepriser. Dette resulterer bl.a. i, at den individuelle gaskedel bliver omkring 250 kr. dyre, mens omkostningerne for

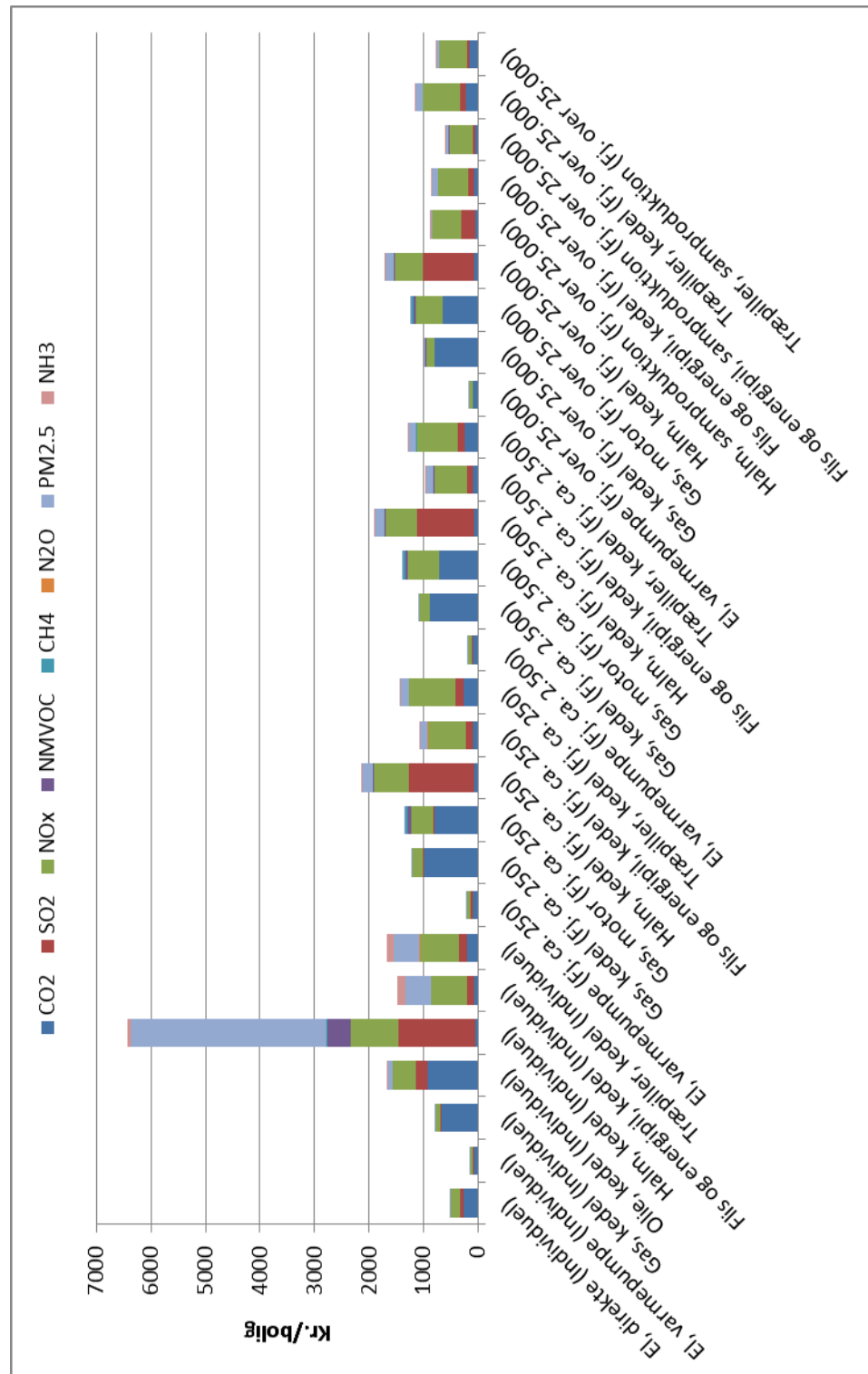
flis og energipil samt træpiller falder med omkring 300 kr., der ikke overordnet ændrer på forskellene mellem gas og biomasse.

En del af nærværende rapports udvidelse set i forhold til tidligere arbejde jf. [1] er inklusionen af produktion og transport uden for Danmark, hvor betydningen særligt ses ved fjernvarmeproduktionen. Betydningen eller omkostningerne ved de forskellige stadier ses i Figur 4.3 og Figur 4.4 for hhv. 2015 og 2025. Mht. de to figurer er der ikke nogen strukturmæssig ændring imellem de to år, hvorfor der ikke kommenteres yderligere på forskellen i de samlede omkostninger imellem de to år.

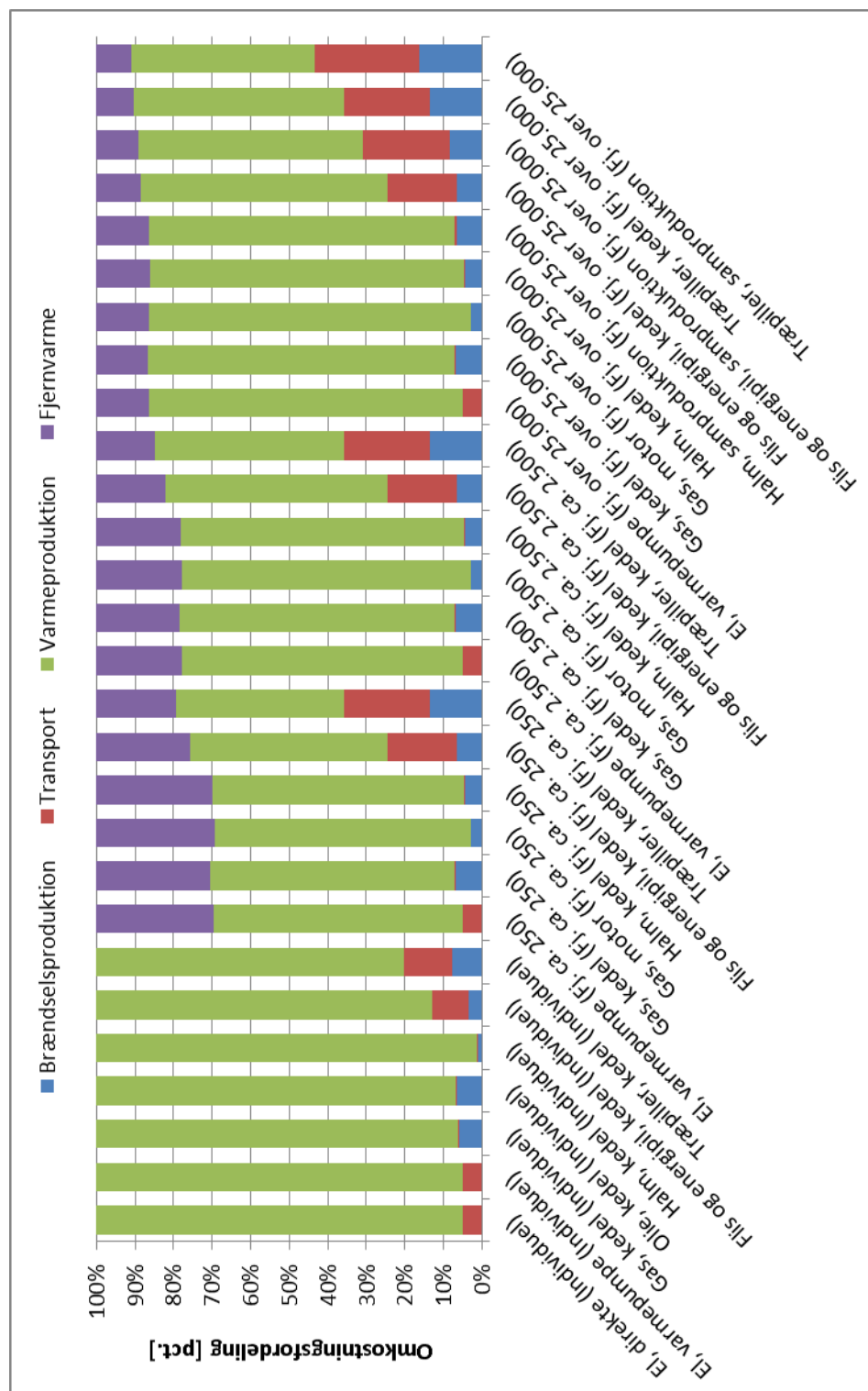
Fra figurerne ses det, at de miljø- og sundhedsmæssige omkostninger primært kan henføres til udledning ved varmeproduktion til boligen, når der er tale om individuel opvarmning. Ved fjernvarmeproduktion har brændselsproduktion, brændselstransport og fjernvarmetransport dog en større andel i emissionsomkostningerne. Grunden hertil skal primært findes i den bedre virkningsgrad, fjernvarmekedlerne har, men sekundært vil fjernvarmenettabet også medføre ekstra brændselsproduktion, transport og forbrænding.



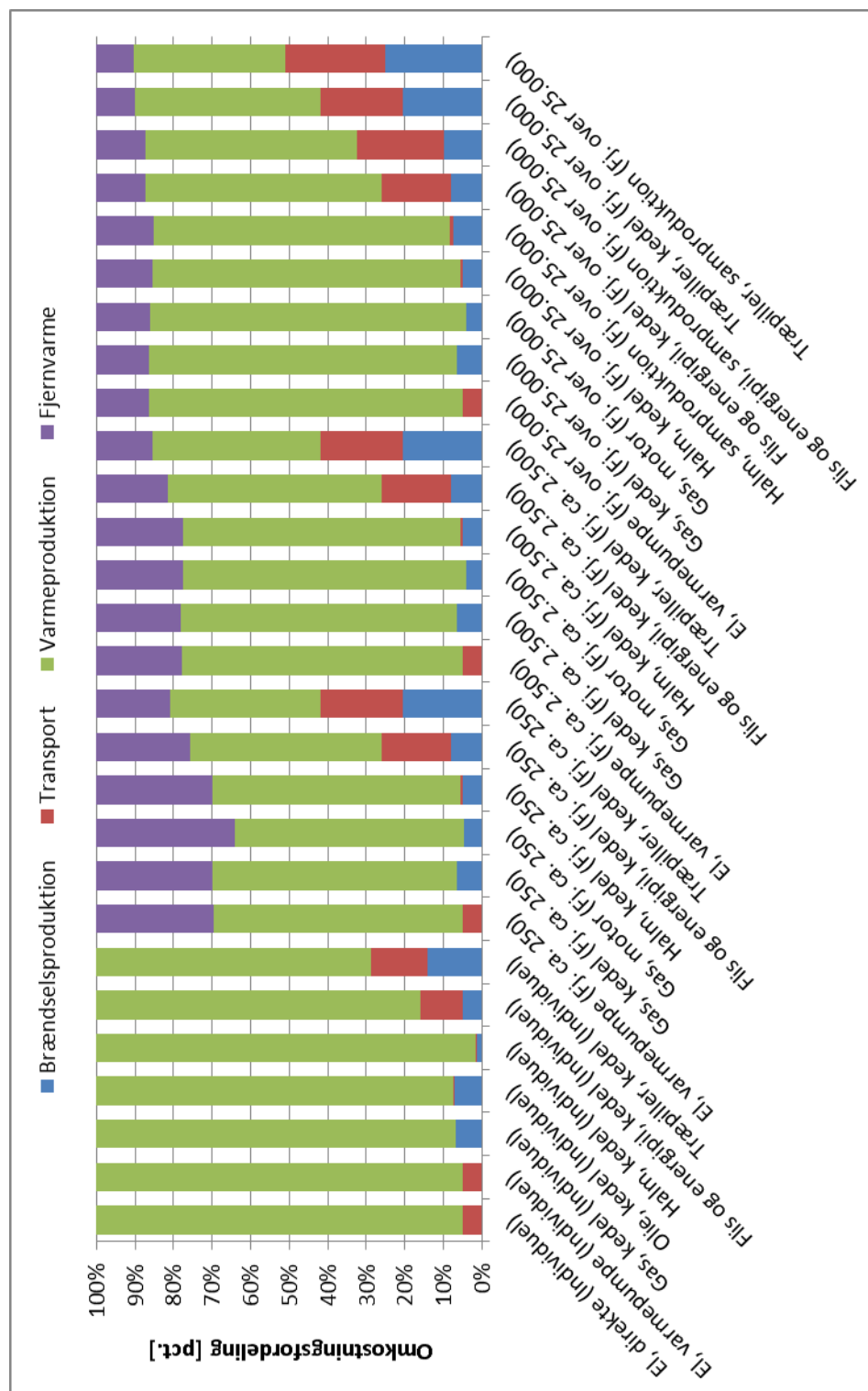
Figur 4.1 Samlede emissionsomkostninger pr. opvarmet bolig fordelt efter emissioner for året 2015.



Figur 4.2 Samlede emissionsomkostninger pr. opvarmet bolig fordelt efter emissioner for året 2025.



Figur 4.3 Omkostningsfordeling pr. opvarmet bolig fordelt efter brændselsproduktion, transport, varmeproduktion og fjernvarme for året 2015.



Figur 4.4 Omkostningsfordeling pr. opvarmet bolig fordelt efter brændselsproduktion, transport, varmeproduktion og fjernvarme for året 2025.



*Table 4.5 Samlede emissionsomkostninger i kroner pr. opvarmet bolig (18000 kWh) for året 2015, for mere detaljeret information henvises læseren til Bilag B.*

Emissions- omkostninger 2015	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	465			
Varmepumpe	145	189	168	151
Gas				
Kedel	422	546	484	434
Motor		1040	924	829
Olie				
Kedel	1002			
Halm				
Kedel	7305	2182	1939	1743
Samproduktion				833
Flis og energipil				
Kedel	1793	995	884	795
Samproduktion				546
Træpiller				
Kedel	1961	1240	1102	990
Samproduktion				668

Emissions- omkostninger 2025	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	510			
Varmepumpe	138	197	175	157
Gas				
Kedel	771	1208	1071	960
Motor		1339	1376	1232
Olie				
Kedel	1642			
Halm				
Kedel	6424	2118	1884	1694
Samproduktion				860
Flis og energipil				
Kedel	1475	1055	940	846
Samproduktion				585
Træpiller				
Kedel	1674	1422	1266	1139
Samproduktion				762

## 5 Diskussion

I nærværende afsnit diskuteres de mest relevante resultater, som den nærværende rapport har frembragt. Derudover har der i det forrige projekt været diskuteret en række andre emner, som det dog ikke har været nødvendigt at videreføre her. Læseren henvises derfor til rapporten i det forrige projekt, som gennemgår en række andre diskussioner og problemstillinger, som fx rigtigheden af samproduktionens virkningsgrad på kunstigt 125 pct.

### 5.1 Klima- vs. sundhedsskadelige omkostninger

Nedenstående diskussion er en fortsættelse af diskussionen i [1] om global opvarmning mod sundhedsskadelige omkostninger.

En sammenligning mellem klima- og sundhedsskadelige omkostninger er interessant idet, at det kan henføres til brændslet. Her er naturgas i sammenligning med biobrændslerne interessant, fordi udledningen af de sundhedsskadelige emissioner er væsentligt mindre end fra biobrændslerne, hvorimod udledningen af klimaemissionen er væsentligt større, jf. Figur 4.1 og Figur 4.2. De to brændselstyper repræsenterer kontrasten ift. de samfundsmæssige udgifter/omkostninger, der er ved udledning af hhv. klima- og sundhedsskadelige emissioner. Af de år, som de to figurer repræsenterer, er året 2025 mest interessant, hvor de forskellige omkostninger virkelig ses pga. stigninger i CO<sub>2</sub>-kvotepriserne.

I 2015 er omkostningerne ved individuel boligopvarmning med naturgas sat til omkring 420 kr. ved et årsforbrug 18.000 kWh varme. Her er de klima- og sundhedsskadelige omkostninger nogenlunde jævnt fordelt, mens dette ændres i 2025. I 2025 er de samlede omkostninger øget til ca. 770 kr., hvoraf ca. 90 pct. kan henføres til klimaudledning. Ændringen sker ved øgede kvotepriser og NO<sub>x</sub>-reducerende teknologier. For biobrændslerne er det omvendt, hvor de sundhedsskadelige omkostninger er overskyggende ift. klimaskadelig udledning. Begrundelsen herfor er, at fyring med biobrændsel betragtes som CO<sub>2</sub>-neutral. Ved individuel fyring med træpiller er omkostningen beregnet til 1950 kr. for 2015, og i 2025 falder omkostningen til 1670 kr. De sundhedsmæssige omkostninger udgør hhv. 96 og 88 pct. af omkostningerne.

Ovenstående fordelingstal viser polemikken i målet/ønsket om at begrænse den globale opvarmning ved at fremme biobrændsel til individuel opvarmning. Med inddragelse af de nye emissionskilder NMVOC, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PM<sub>2,5</sub> og NH<sub>3</sub> bliver omkostningsbilledet dog til fordel for naturgassen, idet specielt PM<sub>2,5</sub> medfører ekstraomkostninger for biobrændslerne. Individuel fyring med halm er det mest ekstreme eksempel, hvor omkostningen mere end fordobles.

Ses der på forholdene ved fjernvarme, er gaskedler de mest omkostningsneutrale i 2015, hvor de dog kommer op på niveau med biobrændslerne flis og energipil samt træpiller.

Ift. tidligere diskussion – hvor bl.a. PM<sub>2,5</sub> ikke var inkluderet i emissionsomkostningerne – var omkostningerne mellem naturgas og biomasse mere ens. De nye resultater viser derfor, at naturgas økonomisk set er mere favorabel end biomasse. Dette forudsat at man kun ser på emissionsomkostningerne, og at kvotepriserne fungerer fremadrettet. Det skal også pointeres, at elopvarmning har de laveste omkostninger, særligt varmepumperne.

## 5.2 Betydningen af udvidede grænser

I resultat fremstillingen ses det, at de udvidede grænseflader, hvor bl.a. udlandsproduktion og hertil hørende transport medtages, har betydning for biobrændsler i fjernvarmen. I sammenligningen med individuelle naturgaskedler ses det også, at naturgaskedlerne generelt har mindre emissionsomkostninger. Derfor er det relevant at diskutere, om en omstilling fra individuelle naturgaskedler til fjernvarme med biomassekedler er favorabel, når biomassen hentes fra udlandet. Generelt medfører det ekstra sundhedsomkostninger ift. gaskedlerne mod at reducere i udslippet til den globale opvarmning. Sidstnævnte effekt får dog mindre betydning, ved at biomassen både produceres og transporteres ved brug af fossile brændsler. En omstilling fra individuelle gaskedler til fjernvarme med træpillefyring vil kunne reducere det klimaskadelige udslip med ca. 2/3, hvilket skal holdes op mod den ekstra sundhedsomkostning, som omstillingen medfører.

## 6 Bibliografi

- [1] J. Hoen, »Miljøaftryk og energieffektivitet af forskellige forsyningsformer,« DGC, Hørsholm, 2015.
- [2] H. F. Christiansen og M. W. Fock, »Drivhusgasemission ved tilvejebringelse af fossile brændsler og biomassebaserede brændsler til energiformål,« Miljø- og Energiministeriet, København, 2000.
- [3] »Produktion,« Energistyrelsen, København, 2015.
- [4] »Nordsøen.xlsx,« DGC, Hørsholm, 2016.
- [5] »Energistatistik 2015,« Energistyrelsen, København, 2016.
- [6] F. Magelli, H. T. B. Karl Boucher, S. Melin og A. Bonoli, »An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe,« Sciencedirect, 2008.
- [7] S. Wittrup, »Ingeniøren,« 2014. [Online]. Available: <https://ing.dk/artikel/stort-energitab-ved-fremstille-traepiller-165888>.
- [8] »Danmarks olie- og gasproduktion 2014,« Energistyrelsen, København, 2016.
- [9] »Naturgas månedstatistik,« Energistyrelsen, København, 2016.
- [10] C. G. Corydon, »Energinet.dk,« 2016. [Online]. Available: <http://energinet.dk/DA/KLIMA-OG-MILJOE/Energinetdks-miljoepaavirkninger/Miljoepaavirkninger-ved-transport-af-gas/Sider/Energiforbrug-i-transmissionsnettet.aspx>.
- [11] »Bygningsreglement 2015,« Trafik- og Byggestyrelsen, København, 2015.
- [12] »Det danske træpillemarked 2014,« FORCE, Kgs. Lyngby, 2016.
- [13] »Brancheorganisation for den danske vejgodstransport,« [Online]. Available: <http://gammel.itd.dk/Miljo/Em.aspx?ID=168>.
- [14] »Miljødeklaration af 1 kWh el.xlsx,« Energinet.dk, 2016.
- [15] C. F. B. Nielsen, Interviewee, *Mail korrespondance - Andre emissioner til miljødeklarationen?*. [Interview]. 2016.
- [16] »Eldeklaration 2025.xlsx,« DGC, Hørsholm, 2016.
- [17] »Baggrundsdata til Miljørapport 2016.xlsx,« Energinet, Fredericia, 2016.
- [18] »Brændsler,« Energinet, Fredericia, 2015.
- [19] M. S. Andersen og J. Brandt, »Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner,« DCE, 2014.
- [20] »Noeglekatalog\_05\_01\_2016.xlsx,« Miljø- og Fødevareministeriet, København, 2016.
- [21] »Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet,« Energistyrelsen, København, 2016.
- [22] »Transportøkonomiske\_Enhedspriser\_1\_6.xlsm,« DTU, Lyngby, 2016.

- [23] »Biomasse og CO<sub>2</sub>,« Ea Energi Analyse, København, 2014.
- [24] »Metode- og datagrundlag til miljørapport,« Energinet, Fredericia, 2014.
- [25] »Technology Data for Energy Plants - Individual heating plants and energy transport,« Energistyrelsen; Energinet, København, 2013.
- [26] »Retningslinjer for miljødeklaration for el,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [27] »Tab i elnettet,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [28] »Energiforbrug i transmissionsnettet,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [29] »Årsgennemsnit,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [30] »Udledning af gas,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [31] »Er din varmeregning for høj?,« Energistyrelsen, København, 2015.
- [32] PlanEnergi; Teknologisk Institut; GEO; Grøn Energi, »Udredning vedrørende varmelagrings teknologier og store varmepumper til brug i fjernvarmesystemet,« Energiministeriet, København, 2013.
- [33] Varme Ståbi, København: Nyt Teknisk Forlag, 2012.
- [34] »Technology Data for Energy Plants - Generation of electricity and district heating, energy storage and energy carrier generation and conversion,« Energistyrelsen; Energinet, København, 2012 rev. 2014.
- [35] Ishøj Varmeværk og Ræhr Fjernvarme, Interviewees, *Tab i fjernvarmenettet - Rundspørge*. [Interview]. 2015.
- [36] »Benchmarking - statistik 2013/2014,« Dansk Fjernvarme, Kolding, 2014.
- [37] »Elproduktion,« Energinet, Fredericia, 2015.
- [38] »Miljødeklarering,« Energinet, Fredericia, 2015.
- [39] »Emission factors for stationary combustion greenhouse gases and main pollutants for the year 2013,« DCE, Roskilde, 2015.
- [40] »Exhaust emission factors for mobile sources greenhouse gases and main pollutants for the year 2013,« DCE, Roskilde, 2015.
- [41] T. Kvist, »Skadesvirkning ved forbrænding af forskellige brændsler,« DGC, Hørsholm, 2012.
- [42] »Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet,« Energi styrelsen, København, 2015.
- [43] Træ til energiformål, Videncenter for Halm- og Flisfyring, 1999.
- [44] Halm til energiformål, Videncenter for Halm- og Flisfyring, 1998.
- [45] Gasinfrastrukturen, København: Energistyrelsen, 2014.
- [46] Biogas i Danmark - status, barrierer og perspektiver, København: Energistyrelsen, 2014.
- [47] »Udledning af gas,« Energinet.dk, Fredericia, 2015.
- [48] J. Schweitzer og P. G. Kristensen, »Evaluation of the NO<sub>x</sub> emissions of the Danish population of gas boilers below 120 kW,« DGC, Hørsholm, 2014.



**Bilag A: Beregnede emissionsudledninger**

CO <sub>2</sub> -udledning 2015 [g/kWh]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	202			
Varmepumpe	63	82	73	66
Gas				
Kedel	215	317	281	253
Motor		256	227	204
Olie				
Kedel	296			
Halm				
Kedel	17	27	24	22
Samproduktion				13
Flis og energipil				
Kedel	22	30	27	25
Samproduktion				19
Træpiller				
Kedel	69	84	75	68
Samproduktion				53

CO <sub>2</sub> -udledning 2025 [g/kWh]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	84			
Varmepumpe	23	33	29	26
Gas				
Kedel	215	316	280	252
Motor		255	227	203
Olie				
Kedel	296			
Halm				
Kedel	15	24	22	20
Samproduktion				13
Flis og energipil				
Kedel	20	29	26	24
Samproduktion				18
Træpiller				
Kedel	61	82	74	67
Samproduktion				52

<b>SO<sub>2</sub>-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,042			
Varmepumpe	0,013	0,017	0,015	0,014
<b>Gas</b>				
Kedel	0,002	0,003	0,003	0,003
Motor		0,003	0,003	0,002
<b>Olie</b>				
Kedel	0,085			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,670	0,759	0,674	0,606
Samproduktion				0,164
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,075	0,079	0,070	0,063
Samproduktion				0,023
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,086	0,096	0,085	0,076
Samproduktion				0,031

<b>SO<sub>2</sub>-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,036			
Varmepumpe	0,010	0,014	0,012	0,011
<b>Gas</b>				
Kedel	0,002	0,003	0,003	0,002
Motor		0,003	0,003	0,002
<b>Olie</b>				
Kedel	0,085			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,587	0,719	0,639	0,574
Samproduktion				0,164
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,067	0,079	0,070	0,063
Samproduktion				0,023
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,078	0,097	0,086	0,077
Samproduktion				0,032



<b>NO<sub>x</sub>-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,158			
Varmepumpe	0,049	0,064	0,057	0,051
<b>Gas</b>				
Kedel	0,103	0,192	0,170	0,153
Motor		0,581	0,516	0,463
<b>Olie</b>				
Kedel	0,226			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,520	0,588	0,523	0,469
Samproduktion				0,453
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,517	0,592	0,526	0,472
Samproduktion				0,376
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,602	0,720	0,640	0,575
Samproduktion				0,437

<b>NO<sub>x</sub>-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,149			
Varmepumpe	0,040	0,058	0,051	0,046
<b>Gas</b>				
Kedel	0,046	0,176	0,155	0,137
Motor		0,363	0,485	0,432
<b>Olie</b>				
Kedel	0,226			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,455	0,557	0,495	0,444
Samproduktion				0,453
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,378	0,592	0,525	0,472
Samproduktion				0,375
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,433	0,724	0,643	0,578
Samproduktion				0,421

NMVOC-udledning 2015 [g/kWh]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	0,011			
Varmepumpe	0,003	0,004	0,004	0,003
Gas				
Kedel	0,016	0,013	0,011	0,010
Motor		0,387	0,344	0,309
Olie				
Kedel	0,055			
Halm				
Kedel	3,091	0,048	0,043	0,038
Samproduktion				0,006
Flis og energipil				
Kedel	0,053	0,042	0,037	0,034
Samproduktion				0,022
Træpiller				
Kedel	0,056	0,049	0,043	0,039
Samproduktion				0,024

NMVOC-udledning 2025 [g/kWh]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	0,011			
Varmepumpe	0,003	0,004	0,004	0,003
Gas				
Kedel	0,016	0,013	0,011	0,010
Motor		0,387	0,344	0,309
Olie				
Kedel	0,055			
Halm				
Kedel	2,704	0,046	0,041	0,036
Samproduktion				0,006
Flis og energipil				
Kedel	0,047	0,042	0,037	0,034
Samproduktion				0,022
Træpiller				
Kedel	0,051	0,049	0,043	0,039
Samproduktion				0,024

<b>CH<sub>4</sub>-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,084			
Varmepumpe	0,026	0,034	0,030	0,027
<b>Gas</b>				
Kedel	0,009	0,013	0,012	0,010
Motor		2,023	1,797	1,615
<b>Olie</b>				
Kedel	0,006			
<b>Halm</b>				
Kedel	1,547	0,178	0,158	0,142
Samproduktion				0,002
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,017	0,057	0,050	0,045
Samproduktion				0,011
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,018	0,061	0,054	0,049
Samproduktion				0,012

<b>CH<sub>4</sub>-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,070			
Varmepumpe	0,019	0,027	0,024	0,022
<b>Gas</b>				
Kedel	0,009	0,013	0,012	0,010
Motor		2,023	1,797	1,615
<b>Olie</b>				
Kedel	0,006			
<b>Halm</b>				
Kedel	1,353	0,169	0,150	0,135
Samproduktion				0,002
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,015	0,056	0,050	0,045
Samproduktion				0,011
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,016	0,061	0,054	0,048
Samproduktion				0,012

<b>N<sub>2</sub>O-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,003			
Varmepumpe	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Gas</b>				
Kedel	0,004	0,006	0,005	0,004
Motor		0,003	0,002	0,002
<b>Olie</b>				
Kedel	0,002			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,021	0,024	0,021	0,019
Samproduktion				0,004
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,019	0,020	0,018	0,016
Samproduktion				0,003
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,020	0,022	0,020	0,018
Samproduktion				0,004

<b>N<sub>2</sub>O-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0,004			
Varmepumpe	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Gas</b>				
Kedel	0,004	0,006	0,005	0,004
Motor		0,003	0,002	0,002
<b>Olie</b>				
Kedel	0,002			
<b>Halm</b>				
Kedel	0,018	0,023	0,020	0,018
Samproduktion				0,004
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0,017	0,020	0,018	0,016
Samproduktion				0,003
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0,018	0,022	0,020	0,018
Samproduktion				0,004

<b>PM<sub>2.5</sub>-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
El				
Direkte	0,003			
Varmepumpe	0,001	0,001	0,001	0,001
Gas				
Kedel	0,000	0,001	0,001	0,000
Motor		0,001	0,001	0,001
Olie				
Kedel	0,019			
Halm				
Kedel	1,089	0,074	0,066	0,059
Samproduktion				0,006
Flis og energipil				
Kedel	0,138	0,053	0,047	0,043
Samproduktion				0,019
Træpiller				
Kedel	0,140	0,058	0,052	0,047
Samproduktion				0,021

<b>PM<sub>2.5</sub>-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
El				
Direkte	0,003			
Varmepumpe	0,001	0,001	0,001	0,001
Gas				
Kedel	0,000	0,001	0,001	0,000
Motor		0,001	0,001	0,001
Olie				
Kedel	0,019			
Halm				
Kedel	0,953	0,070	0,062	0,056
Samproduktion				0,006
Flis og energipil				
Kedel	0,124	0,053	0,047	0,043
Samproduktion				0,019
Træpiller				
Kedel	0,126	0,058	0,052	0,047
Samproduktion				0,021

<b>NH<sub>3</sub>-udledning 2015 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0			
Varmepumpe	0	0	0	0
<b>Gas</b>				
Kedel	0	0	0	0
Motor		0	0	0
<b>Olie</b>				
Kedel	0			
<b>Halm</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0

<b>NH<sub>3</sub>-udledning 2025 [g/kWh]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	0			
Varmepumpe	0	0	0	0
<b>Gas</b>				
Kedel	0	0	0	0
Motor		0	0	0
<b>Olie</b>				
Kedel	0			
<b>Halm</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0
<b>Træpiller</b>				
Kedel	0	0	0	0
Samproduktion				0

## Bilag B: Beregnede emissionsomkostninger fordelt efter emission

CO <sub>2</sub> -omk. 2015 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme		
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000	
El					
Direkte	200				
Varmepumpe	63	82	72	65	
Gas					
Kedel	213	314	279	250	
Motor		254	225	202	
Olie					
Kedel	293				
Halm					
Kedel	17	26	24	22	
Samproduktion				13	
Flis og energipil					
Kedel	22	30	27	25	
Samproduktion				19	
Træpiller					
Kedel	68	83	74	67	
Samproduktion				52	
<b>CO<sub>2</sub>-omk. 2025 [kr./Bolig]</b>					
		Individuel		Fjernvarme	
		1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El					
Direkte	266				
Varmepumpe	72	103	91	82	
Gas					
Kedel	679	995	883	793	
Motor		804	714	641	
Olie					
Kedel	934				
Halm					
Kedel	47	75	69	64	
Samproduktion				40	
Flis og energipil					
Kedel	62	90	83	76	
Samproduktion				57	
Træpiller					
Kedel	193	259	233	211	
Samproduktion				164	

<b>SO<sub>2</sub>-omk. 2015 [kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	70			
Varmepumpe	22	28	25	23
<b>Gas</b>				
Kedel	5	5	5	4
Motor		5	4	4
<b>Olie</b>				
Kedel	201			
<b>Halm</b>				
Kedel	1604	1257	1116	1003
Samproduktion				272
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	152	120	107	96
Samproduktion				31
<b>Træpiller</b>				
Kedel	165	142	126	113
Samproduktion				41

<b>SO<sub>2</sub>-omk. 2025 [kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	60			
Varmepumpe	16	23	20	18
<b>Gas</b>				
Kedel	5	5	5	4
Motor		5	4	4
<b>Olie</b>				
Kedel	201			
<b>Halm</b>				
Kedel	1403	1190	1058	950
Samproduktion				272
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	136	120	107	96
Samproduktion				31
<b>Træpiller</b>				
Kedel	149	143	127	114
Samproduktion				42



<b>NO<sub>x</sub>-omk. 2015 [kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	182			
Varmepumpe	57	74	66	59
<b>Gas</b>				
Kedel	198	221	196	176
Motor		669	595	534
<b>Olie</b>				
Kedel	427			
<b>Halm</b>				
Kedel	1013	684	608	546
Samproduktion				525
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	930	691	614	551
Samproduktion				439
<b>Træpiller</b>				
Kedel	1037	850	755	678
Samproduktion				516

<b>NO<sub>x</sub>-omk. 2025 [kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	172			
Varmepumpe	46	66	59	53
<b>Gas</b>				
Kedel	82	203	178	158
Motor		418	559	498
<b>Olie</b>				
Kedel	427			
<b>Halm</b>				
Kedel	887	648	576	517
Samproduktion				525
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	659	691	613	551
Samproduktion				439
<b>Træpiller</b>				
Kedel	711	855	760	682
Samproduktion				498

NMVOC-omk. 2015 [kr./Bolig]	Individuel	Fjernvarme		
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	2			
Varmepumpe	1	1	1	1
Gas				
Kedel	2	2	2	2
Motor		59	53	47
Olie				
Kedel	8			
Halm				
Kedel	473	7	7	6
Samproduktion				1
Flis og energipil				
Kedel	8	6	6	5
Samproduktion				3
Træpiller				
Kedel	9	7	7	6
Samproduktion				4

NMVOC-omk. 2025 [kr./Bolig]	Individuel	Fjernvarme		
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	2			
Varmepumpe	0	1	1	0
Gas				
Kedel	2	2	2	2
Motor		59	53	47
Olie				
Kedel	8			
Halm				
Kedel	414	7	6	6
Samproduktion				1
Flis og energipil				
Kedel	7	6	6	5
Samproduktion				3
Træpiller				
Kedel	8	7	7	6
Samproduktion				4

CH <sub>4</sub> -omk. 2015 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	2			
Varmepumpe	1	1	1	1
Gas				
Kedel	0	0	0	0
Motor		50	44	40
Olie				
Kedel	0			
Halm				
Kedel	38	4	4	4
Samproduktion				0
Flis og energipil				
Kedel	0	1	1	1
Samproduktion				0
Træpiller				
Kedel	0	2	1	1
Samproduktion				0

CH <sub>4</sub> -omk. 2025 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	2			
Varmepumpe	0	1	1	1
Gas				
Kedel	0	0	0	0
Motor		50	44	40
Olie				
Kedel	0			
Halm				
Kedel	33	4	4	3
Samproduktion				0
Flis og energipil				
Kedel	0	1	1	1
Samproduktion				0
Træpiller				
Kedel	0	2	1	1
Samproduktion				0

<b>N<sub>2</sub>O-omk. 2015</b> <b>[kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	1			
Varmepumpe	0	0	0	0
<b>Gas</b>				
Kedel	1	2	1	1
Motor		1	1	1
<b>Olie</b>				
Kedel	1			
<b>Halm</b>				
Kedel	6	7	6	6
Samproduktion				1
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	6	6	5	5
Samproduktion				1
<b>Træpiller</b>				
Kedel	6	7	6	5
Samproduktion				1

<b>N<sub>2</sub>O-omk. 2025</b> <b>[kr./Bolig]</b>	<b>Individuel</b>		<b>Fjernvarme</b>	
	<b>1</b>	<b>ca. 250</b>	<b>ca. 2.500</b>	<b>over 25.000</b>
<b>El</b>				
Direkte	1			
Varmepumpe	0	0	0	0
<b>Gas</b>				
Kedel	1	2	1	1
Motor		1	1	1
<b>Olie</b>				
Kedel	1			
<b>Halm</b>				
Kedel	5	7	6	5
Samproduktion				1
<b>Flis og energipil</b>				
Kedel	5	6	5	5
Samproduktion				1
<b>Træpiller</b>				
Kedel	5	7	6	5
Samproduktion				1

PM <sub>2.5</sub> -omk. 2015 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	8			
Varmepumpe	3	3	3	3
Gas				
Kedel	1	1	1	1
Motor		2	2	1
Olie				
Kedel	71			
Halm				
Kedel	4099	196	174	157
Samproduktion				20
Flis og energipil				
Kedel	520	141	125	112
Samproduktion				53
Træpiller				
Kedel	520	149	132	119
Samproduktion				53

PM <sub>2.5</sub> omk. 2025 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	8			
Varmepumpe	2	3	3	3
Gas				
Kedel	1	1	1	1
Motor		2	2	1
Olie				
Kedel	71			
Halm				
Kedel	3587	186	165	148
Samproduktion				20
Flis og energipil				
Kedel	466	141	125	112
Samproduktion				53
Træpiller				
Kedel	467	149	133	119
Samproduktion				53

NH <sub>3</sub> -omk. 2015 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	0			
Varmepumpe	0	0	0	0
Gas				
Kedel	0	0	0	0
Motor		0	0	0
Olie				
Kedel	0			
Halm				
Kedel	55	0	0	0
Samproduktion				0
Flis og energipil				
Kedel	156	0	0	0
Samproduktion				0
Træpiller				
Kedel	156	0	0	0
Samproduktion				0

NH <sub>3</sub> -omk. 2025 [kr./Bolig]	Individuel		Fjernvarme	
	1	ca. 250	ca. 2.500	over 25.000
El				
Direkte	0			
Varmepumpe	0	0	0	0
Gas				
Kedel	0	0	0	0
Motor		0	0	0
Olie				
Kedel	0			
Halm				
Kedel	48	0	0	0
Samproduktion				0
Flis og energipil				
Kedel	140	0	0	0
Samproduktion				0
Træpiller				
Kedel	140	0	0	0
Samproduktion				0

## Bilag C: Miljødeklaration

Emissions pr. kWh	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>
<b>Fuel – Wood and Simil.</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>g</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>
<i>10101, Public power, Combustion plants &gt;= 300 MW</i>	6,84	291,60	18,36	11,16	324	403	2,88	-	17,35
<i>10202, District heating plants, Combustion plants &gt;= 50 and &lt; 300 MW</i>	39,60	324,00	26,28	39,60	864	403	14,40	-	36,00
<i>20200, Residential plants, Pellet Boiler/Residential plants</i>	39,60	288,00	36,00	331,20	1080	403	14,40	43,2	104,40
<b>Fuel – Straw</b>									
<i>10101, Public power, Combustion plants &gt;= 300 MW</i>	176,40	450,00	2,81	1,69	241	360	3,96	-	4,00
<i>10202, District heating plants, Combustion plants &gt;= 50 and &lt; 300 MW</i>	468,00	324,00	26,28	108,00	1170	360	14,40	-	43,20
<i>20200, Residential plants, Residential plants</i>	468,00	324,00	2160,00	1080,00	14400	360	14,40	13,68	759,60
<b>Fuel – Gas oil</b>									
<i>20200, Residential plants, Residential plants</i>	82,80	187,20	54,00	2,52	155	266	2,16	-	18,00
<b>Fuel – Natural gas</b>									
<i>10105, Public power, Stationary engines</i>	1,80	486,00	331,20	1731,60	209	205	2,09	-	0,58
<i>10202, District heating plants, Combustion plants &gt;= 50 and &lt; 300 MW</i>	1,55	120,17	7,20	3,60	101	205	3,60	-	0,36
<i>20200, Residential plants, Residential plants</i>	1,55	92,16	14,40	3,60	72	205	3,60	-	0,36
<i>32004, Non-specified (Industry), Gas turbines</i>	1,55	172,8	5,76	6,12	17	205	3,60	-	0,18
<b>Fuel – Biogas</b>									
<i>10105, Public power, Stationary engines</i>	69,12	727,20	36,00	1562,40	1116	303	5,76	-	0,74
<b>Fuel – Bionaturalgas</b>									
<i>10105, Public power, Stationary engines</i>	1,80	486,00	331,20	1731,60	209	200	2,09	-	0,58
<i>10202, District heating plants, Combustion plants &gt;= 50 and &lt; 300 MW</i>	1,55	120,17	7,20	3,60	101	200	3,60	-	0,36
<i>20200, Residential plants, Residential plants</i>	1,55	92,16	14,40	3,60	72	200	3,60	-	0,36
<b>Fuel – Refinery gas</b>									
<i>10306, Petroleum refining plants, Process furnaces</i>	3,60	338,40	5,04	3,60	22	0	0,36	-	18,00

### Bilag C, Fortsat

<b>Emissions pr. kWh</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>
<b>Fuel – Diesel</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>g</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>	<b>mg</b>
<i>70302, Heavy duty vehicles, Rural</i>	1,69	1261,7	24,88	5,69	419,36	266	1,69	2,48	19,30
<i>80404, International sea traffic</i>	168,62	5719,0	210,49	6,52	685,76	266	6,73	-	76,39
<i>80600, Agriculture</i>	1,69	1619	157,5	3,89	1011,9	0	11,52	0,65	121,9
<i>80700, Forestry</i>	1,69	1047,5	87,19	2,16	722,16	0	11,59	0,65	72,22
<b>Fuel – Coal</b>									
<i>31400, Wood and Wood products</i>	2066	475,2	36,00	36,00	36,00	340,56	5,40	0,00	61,20
<b>Fuel – Residual oil</b>									
<i>80404, International sea traffic</i>	1760,4	7625,2	231,66	7,16	754,74	281	7,06	-	156
<b>Electricity production</b>									
<i>Declaration 2015</i>	40	150	10	80	110	192	3	-	3,10
<i>Declaration 2025</i>	34,31	141,77	9,98	66,53	151,91	80	3,37	-	3,37
<b>Gas transportation</b>									
<i>M/R stations</i>	1,54	151,19	7,20	3,58	100,78	0	3,58	0,00	0,36
<i>Escaped gas</i>	0,00	0,00	0,00	3,47	0,00	0	0,00	0,00	0,00
<i>Gas storage plants</i>	96,77	96,77	483,86	2032,19	0,31	0	0,01	0,00	0,01