

Projekt 957001A

Kunde affald danmark

Emne Bilag til 834-090813 "Notat vedr. omlægning af affaldsforbrændingsafgiften":  
**Forslag til operationelt formelsæt for "Dokumentationsmetoden"**

Fra Rambøll

Til affald danmark

Rambøll Danmark A/S  
Teknikerbyen 31  
DK-2830 Virum  
Danmark

Telefon +45 4598 6000  
Direkte +45 4598 8923  
Fax +45 4598 6700  
lst@ramboll.dk  
www.ramboll.dk

## 1. Indledning

Dette notat skal ses i sammenhæng med Rambøll's notat 834-090813, som kommenterer på forslag til omlægning af lovgivning om affaldsafgifter jf. følgende dokumenter:

- *Lovforslaget om omlægning af affaldsforbrændingsafgiften, J.nr.2008-231-0017, dateret 22. september 2008*
- *Skitse til lempelse for røggaskondensatorer, J.nr. 2008-101-0045, dateret 16. december 2008*

Lovforslaget indeholder ikke en tilskyndelse til energioptimering af affaldsforbrændingsanlæg. Tværtimod tilskyndes anlæggene indirekte til ikke at energioptimere anlæggene, fordi mange energioptimeringstiltag ikke længere vil være økonomisk forsvarlige.

Rambøll foreslår på denne baggrund, en model for afgiftslempelse, hvor affaldsfyrede anlæg opnår afgiftslempelse, såfremt deres energivirkningsgrad overstiger 85%.

Formålet med modellen er at sikre, at affaldsfyrede anlæg tilskyndes til at udnytte affaldets energiindhold bedst muligt til produktion af el og varme i overensstemmelse med grundlæggende principper om renere teknologi og begrænsning af CO<sub>2</sub>-udledning.

Dato 2009-03-10  
Ref 957001A/834-090237

Der er fra SKAT udtryk ønske om en operationel og håndgribelig formel for udregning af virkningsgraden, og dermed en eventuel afgiftslempelse.

Rambøll har allerede foreslået den tyske norm DIN1942 som grundlag for beregning af en eventuel afgiftslempelse. Denne metode er meget udførlig, og bruges ved garantimålinger af kedler, men har den ulempe af den afhænger af en lang række målinger (bl.a. luftmængde/temperatur, fødevand/friskdamp, bortkølet energi med fjernvarme ECO, etc.). Dette ville derfor kræve en beregningsmetode, et formelsæt samt supplerende måleudstyr, som tilpasses de konkrete forhold med deraf følgende godkendelsesprocedure for det enkelte anlæg.

I dette notat fremføres et alternativ til DIN1942 normen i form af en relativ simpel metode til beregning af energieffektiviteten, som kun afhænger af ganske få målinger. Metoden er givetvis ikke ligeså præcis som en egentlig DIN1942 eftervisning, men nøjagtigheden vurderes tilstrækkelig til at fange de væsentligste effekter på virkningsgraden. Nedenfor beskrives metoden.

## 2. Metode for en operationel udgave af dokumentationsmetoden

Der foreslås følgende formel for afgiftslempelse i form af reduktion af CO<sub>2</sub>-afgift og tillægsafgift ("dokumentationsmetoden"):

$$(1) \text{ Reduktion \%} = (\eta_{\text{målt}} / 85\% - 1) \times F$$

Formlen tilgodeser eksisterende anlæg med høj virkningsgrad og vil give incitament til etablering af anlæg med høj virkningsgrad (røggaskondensering, avancerede økonomisere, røglufo, etc.).

(2) Faktoren "F" fastsættes således, at røggaskondensering og andre energiop-timeringstiltag bliver nogenlunde afgiftsneutrale, for eksempel  $F=1,5$ .

$$(3) \eta_{\text{målt}} = (\text{GJ el,brutto} + \text{GJ varme,solgt}) / \text{GJ indfyret}$$

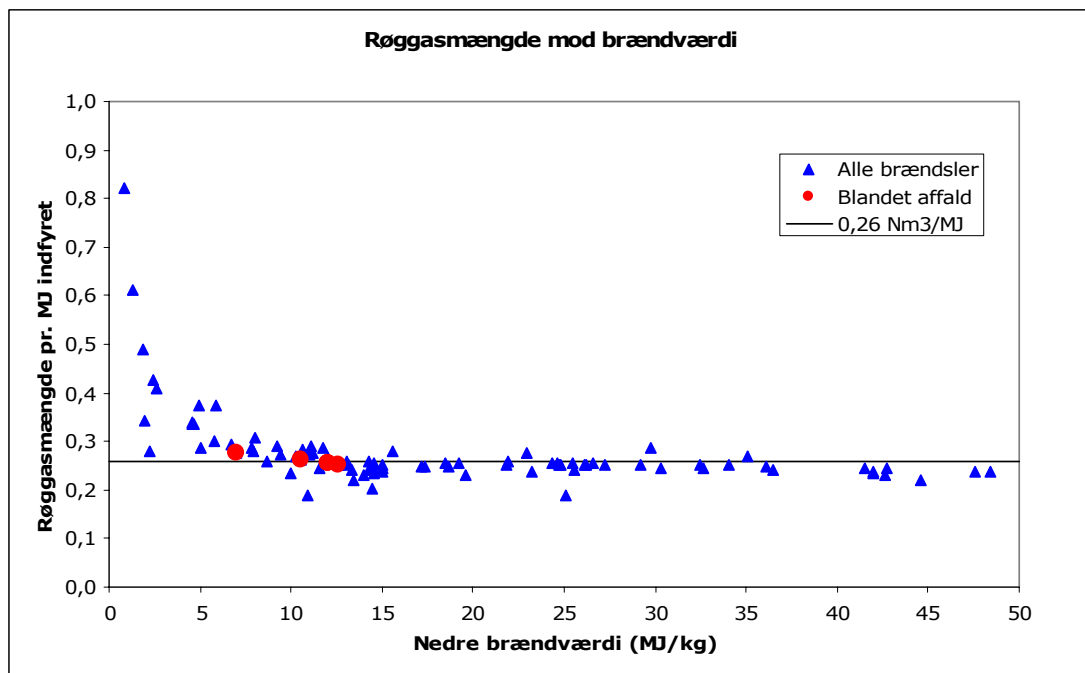
Rambøll foreslår, at der anvendes en tilnærmet metode til beregning af GJ indfyret ved at gøre brug af, at der for langt de fleste brændsler er proportionalitet mellem indfyret energi og røggasmængde omregnet til 0% O<sub>2</sub> og 0% H<sub>2</sub>O (dvs. svarende til støkiometrisk forbrænding og tør røggas).

Følgende tabel viser denne proportional (den tørre specifikke røggasmængde) for en række forskellige typer brændsler og affaldstyper:

Brændsel	Typisk brændværdi GJ/ton	Tør røggasmængde pr. MJ brændsel ved 0% O <sub>2</sub> (baseret på nedre brændværdi) [Nm <sup>3</sup> /MJ]	
		Typisk værdi	Normalt bånd

Halm	15	0,257	0,250 - 0,263
Træ-flis (40% H <sub>2</sub> O)	10	0,29	0,27-0,30
Træ, tørt	18	0,26	0,25-0,27
Kul	25	0,260	0,25-0,265
Fuel-olie	40,7	0,245	0,243-0,248
Naturgas (DK, Nordsø)	39,9	0,238	0,237-0,239
Blandet affald	11	0,26	0,25-0,28
Husholdningsaffald med lav brændværdi	6,7	0,275	-
Plastik	35	0,24	-

Dette er også illustreret for blandet affald og en lang række affaldsfraktioner og andre brændsler (spildevandsslam, organisk dagrenovation, naturgas, biogas, træ, kul, olie, papir, plastik mm.) i nedenstående figur.



Den tørre specifikke røggasmængde kan udregnes efter gængse, grundlæggende forbrændingstekniske formelsæt [fx Steinmüller Taschenbuch, Dampferzeugertechnik, zusammengestellt von Dr. Ing. U. Witte, Vulkan Verlag, 25. Auflage, 1992], og beror kun på brændslets kemiske sammensætning samt fysiske konstanter. Tilsvarende er der en nær sammenhæng mellem brændslets brændværdi og kemisk sammensætning.

Det interessante er, at en række forskellige brændsler giver nogenlunde samme specifikke røggasmængde. Det skyldes dog at mange brændsler har nogenlunde samme biologisk/geologisk oprindelse og sammensætning (hemicellulose, cellulose, etc.) men blot med forskelligt indhold af aske og frit vand. Omvendt kan røggasmængden anvendes til bestemmelse af indfyret energi, når brændsels-sammensætningen ikke kendes nøjagtigt, som for blandet affald.

Af praktisk årsager – og for at muliggøre en overkommelig implementering – foreslås derfor at benytte ét tal for affald, der beskriver forholdet mellem indfyret energi og mængden af røggas. Der foreslås følgende:

$$(4) \text{ GJ indfyret} = \text{Nm}^3 \text{ tør røggas ved } 0\% \text{O}_2 / \underline{260} [\text{Nm}^3/\text{GJ}]$$

Man får brug for følgende målinger for det enkelte anlæg:

<b><math>V_{\text{røggas,våd,målt}}</math></b>	<b>[Nm<sup>3</sup>/timen målt i skorsten]</b>
<b>%H<sub>2</sub>O</b>	<b>[% målt i skorsten]</b>
<b>%O<sub>2</sub></b>	<b>[% på tør basis målt i skorsten]</b>

Disse målinger vil typisk allerede være tilgængelige på affaldsfyrede anlæg.

**$V_{\text{røggas,våd,målt}}$**  er det våde røggasmængde omregnet til normaltilstanden (standard temperatur og tryk, 0 °C and 1013 mbar, 101.325 Pa). Omregningen kræver tillige måling af tryk og temperatur. Røggasmængde, temperatur og tryk måles normalt kontinuerligt på forbrændingsanlæg af hensyn til dels grønt regnskab og dels omregning af emissioner til standardbetingelser.

Ilt (O<sub>2</sub>) måles ligeledes kontinuerlig på alle anlæg for at kunne omregne emissioner til referencebetingelser i henhold til gældende krav til dokumentation af driften som beskrevet i miljøgodkendelsen af anlægget (jf. forbrændingsbekendtgørelsen, Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 162 af 11/03/2003, "Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald"). På langt de fleste anlæg måles også indholdet af vanddamp (H<sub>2</sub>O) af samme hensyn.

Omregning af røggasmængden mellem tør og våd, samt korrektion til 0% ilt foretages med følgende formel:

$$(5) V_{\text{røggas,tør,0\%O}_2} [\text{Nm}^3/\text{timen}] = \frac{21 - O_{2,\text{målt}}}{21 - 0} \cdot (1 - \% H_2O / 100) \cdot V_{\text{røggas,våd,målt}}$$

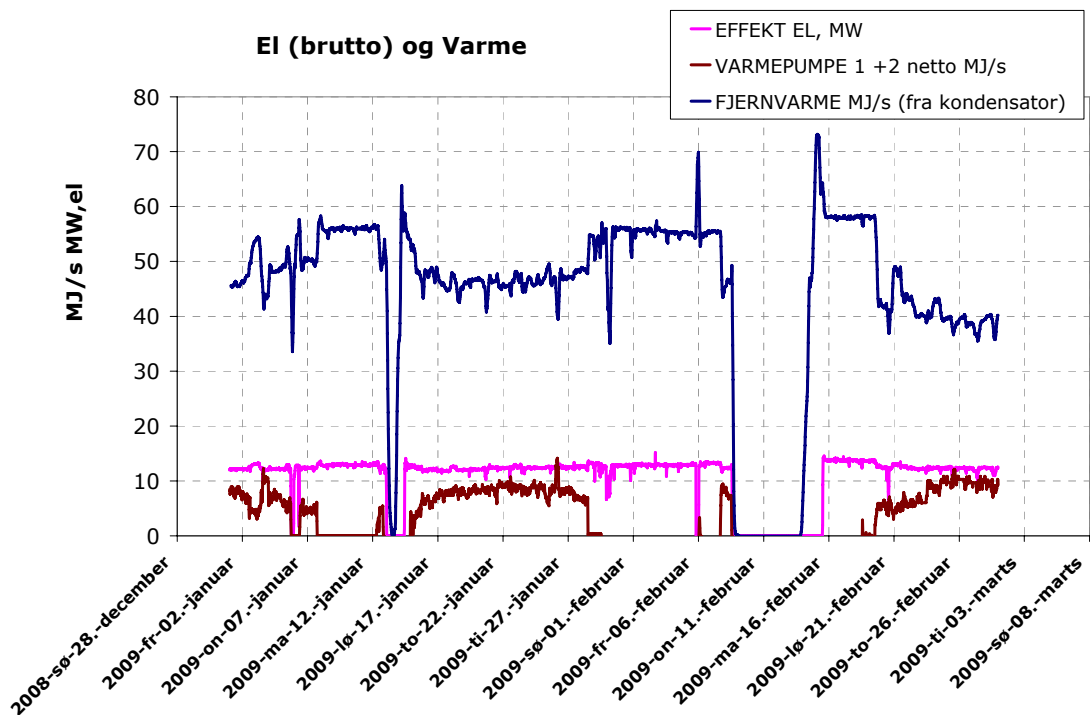
På timebasis bliver anlæggets virkningsgrad således:

$$(6) \eta_{\text{målt}} (\text{timebasis}) = (\text{GJ el, brutto} + \text{GJ varme, solgt}) / \text{GJ indfyret}$$

$$= ( \text{MWh, el brutto} / 3,6 + \text{GJ varme, solgt} ) / [ \text{V}_{\text{røggas, våd, målt}} \times (21 - \% \text{O}_2) / (21 - 0) \times (1 - \% \text{H}_2\text{O} / 100) / 260 ]$$

### 3. Test af dokumentationsmodellen på Vestforbrændings linie 5 (med/uden røg kondensering)

Der er indhentet driftsdata fra januar og februar 2009 for Vestforbrændings linie 5, for at undersøge om den fremførte formel (6) til beregning af virkningsgrad giver troværdige tal. En oversigt over el og varmeproduktion for linie 5 ses i Figur 1. Det bemærkes, at der er anført værdier både med og uden drift af varmepumpe dvs. kondensering.



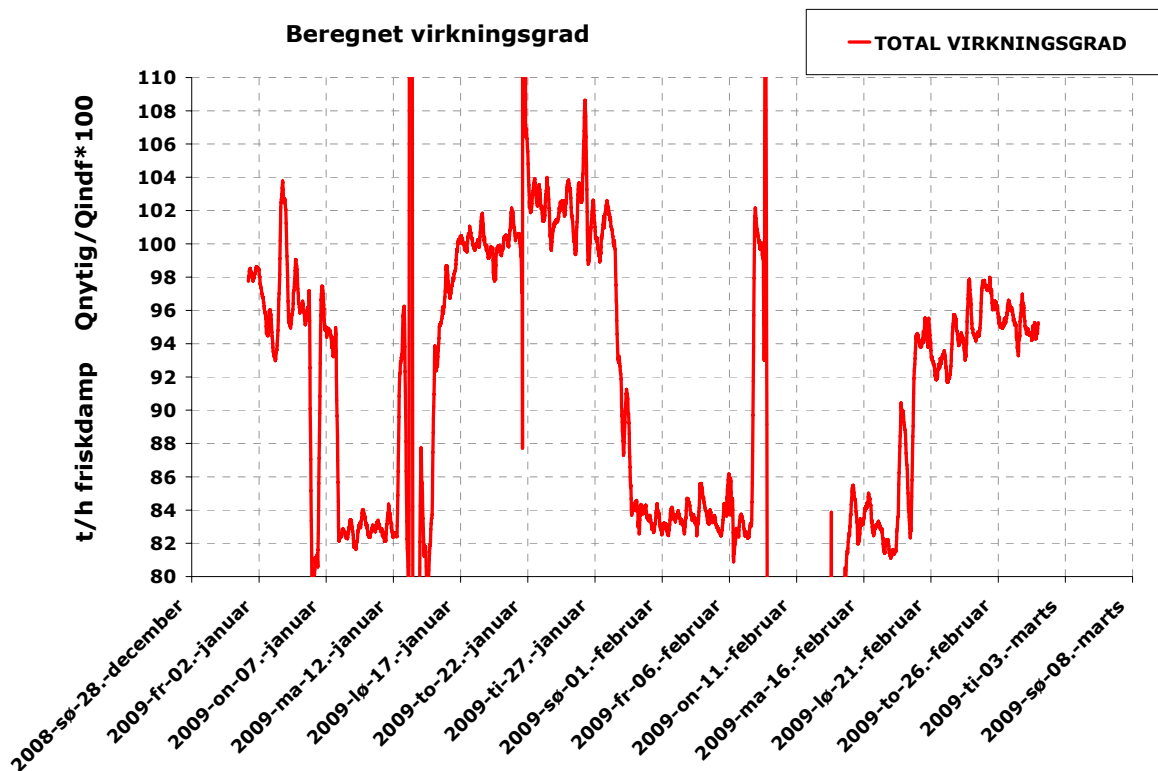
**Figur 1: El og varme (fordelt på kondensatore og varmepumper)**

Figur 2 viser dernæst den beregnede virkningsgrad for linie 5 udført med formel (6), på basis af det målte røggasmængde, ilt% og vand%.

I perioder uden brug af røggaskondensering (fx i starten februar) er virkningsgraden beregnet til 82-84%, og i perioder med tændt røggaskondensering (17-27 januar) er virkningsgraden på omkring 100-104%.

De nævnte tal virker troværdige, og i tråd med Vestforbrændings oplysning om at linie 5 har en virkningsgrad på ca. 85%, når røggaskondenseringsanlægget er slukket.

Den umiddelbare konklusion er, at beregning af indfyret effekt (og dermed virkningsgrad) på basis af røggasmængde omregnet til tør, iltfri basis giver en udmærket tilnærmelse til de aktuelle forhold.



**Figur 2: Beregnet virkningsgrad Vestforbrænding linie 5, jan-feb 2009**

#### 4. Diskussion

Fordelene ved den fremførte formel (4) omfatter:

- Den er enkel og operationel, da den tager udgangspunkt i målinger, som allerede eksisterer på - om ikke alle anlæggene - så langt størstedelen af dem.

- Den giver med god tilnærmelse et mål for indfyret energimængde for forbrændingsanlæg, som brænder blandet affald og brændsler med tilsvarende brændværdi.
- Den afhænger alene af brændslet og er dermed upåvirket af anlægs- og driftsmæssige tiltag på anlægget som fx ændringer i luftoverskud, indtrængning af falsk luft, tilført fluidiseringsluft i røggasrensning og indsprøjtning af vand i fyrrum eller røggasrensning, idet der omregnes til tør røggasmængde og 0% O<sub>2</sub>.
- I praksis kan måling af røggasmængden være behæftet med en vis usikkerhed, og der bør være krav til kvalitetssikring gennem rutinemæssig kontrol og kalibrering af denne måling. Desuden bør der foretages en løbende verifikation af, om den beregnede virkningsgrad er på et sandsynligt niveau.
- Den omtalte konstant (0,26 Nm<sup>3</sup>/MJ) er mindre præcis for meget våde brændsler, såsom slam. Det forslås derfor, at dokumentationsmetoden kun kan anvendes på anlæg, hvor brændslet som gennemsnit har en brændværdi > 5 GJ/ton. Derfor forslås en ændret tilgang for anlæg, der behandler affald med meget lav brændværdi, så de også tilskyndes til at udnytte energiindholdet bedst muligt.

#### 4.1 **Løbende verifikation af anlæg med dokumentationsmetoden**

Grundet de usikkerheder som hidrører fra måling af røggasmængde, og indvirkningen på virkningsgrad / mulig afgiftslempelse i dokumentationsmetoden, anbefales det at der udføres løbende kontrol/verifikation af røggasmængde samt øvrige parametre, som indgår i beregningen.

Detaljerne i denne verifikation samt håndtering af afvigelser kunne evt. præciseres i en bekendtgørelse, og dermed håndteres i detaljer på et senere tidspunkt. Det er nærliggende at anvende analoge principper, som allerede anvendes til kvalitetssikring af røggasemissionsmålinger, jf. normen EN14181 om kvalitetssikring af kontinuerligt målende systemer.

Derudover kunne der i det enkelte anlæg løbende og automatisk foretages kontrolberegninger ud fra andre målinger i styrings- og overvågningssystemet. Ved disse kontrolberegninger sikres, at røggasmængdemålingen giver troværdige værdier ved at der fastlægges grænser for, hvor stor afvigelse der må være mellem procesværdier beregnet ud fra forskellige målinger.

Konsekvensen af at falde udenfor disse grænser kan være, at anlægget falder tilbage til de ellers gældende regler – og anlægget må sørge for at få reetableret / kalibreret de relevante målinger, såfremt dokumentationsmetoden igen skal være gældende.

De nævnte validitetsområder kan evt. fastlægges efter nærmere anlægsspecifikke undersøgelser, når/hvis et affaldsanlæg godkendes til brug af dokumentationsmetoden.

