



CO₂-opgørelse

Forbrænding af blandet affald 2009

11. nov. 2011

Kolofon

Titel:

CO₂-opgørelse
Forbrænding af blandet affald fra husholdning
og erhverv

Udgiver:

I/S Vestforbrænding
Ejbymosevej 219
2600 Glostrup

Dato:

11. november 2011

Version:

01

Forfatter(e):

I/S Vestforbrænding / Kim Crillesen,
november 2011 som led i projektet
"CO₂-opgørelse i den danske affaldsbranche".

URL:

www.dakofa.dk/portaler/klima/CO2opgorelse

Referencer:

Vejledning for CO₂-opgørelser i den danske
affaldsbranche – en vejledning, *affald
danmark* og Dakofa, København, oktober
2011

Denne CO₂-opgørelse er udarbejdet efter "Vejledning for CO₂-opgørelser i den danske affaldsbranche – en vejledning, *affald danmark* og Dakofa, København, oktober 2011 (www.dakofa.dk/portaler/klima/CO2opgorelse). Undertegnede erklærer hermed, at opgørelsen giver et retvisende billede af virksomhedens forhold.

Glostrup 22.12.2011

(sted), (dato)



Henrik Ørnebjerg
Produktionschef

(navn), (titel)

Indhold

FORMÅL	4
FAKTA	4
RESULTAT	5
EJERS VURDERING AF OPGØRELSEN	6
BESKRIVELSE AF ANLÆG/TEKNOLOGI/PROCES	7
BESKRIVELSE AF ANVENDTE DATA	8
Målinger	8
Energidata	9
Transportdata	9
Materialedata	10
Beskrivelse af udeladte data	10
DATATABEL	12
USIKKERHEDER	13
REFERENCER	15
BILAG	16

Formål

CO₂-opgørelse for forbrænding af blandet affald på Vestforbrændings anlæg i Glostrup er udført for at give den tekniske drift af anlægget og den overordnede administration et kvantitativt indblik i, hvorledes anlægget bidrager i forhold til drivhusgasproblematikken og for at etablere et teknisk grundlag for forbedrende tiltag og for information til borgere.

Fakta

Anlæg/teknologi/proces: I/S Vestforbrænding, Ejby Mosevej 219, 2600 Glostrup. Vestforbænding råder over 4 ristefyrede anlæg (anlæg 1,2,5,6) alle med "våd" røggasrensning, hvor røggassen vaskes for sure gasser, partikelfilter og dioxinfilter. Der anvendes overvejende de nye anlæg (anlæg 5,6), som er kraftvarmeanlæg med produktion af el og varme.

Ejer: 19 kommuner i Københavnsområdet: Albertslund, Ballerup, Brøndby, Egedal, Furesø, Frederikssund, Gentofte, Gladsaxe, Glostrup, Gribskov, Halsnæs, Herlev, Hillerød, Høje-Taastrup, Ishøj, København (nordvestlige del), Lyngby-Tårnbæk, Rødovre og Vallensbæk

Affaldstype: Blandt affald herunder industri- og andet erhvervsaffald, dagrenovationsaffald, småt brændbart fra genbrugsstationer, sorteret affald m.v.

Mængde: 520.000 tons blandet affald er den typiske årlige mængde modtaget og behandlet på forbrændingsanlægget.

År: Data stammer fra målinger udført i 2009.

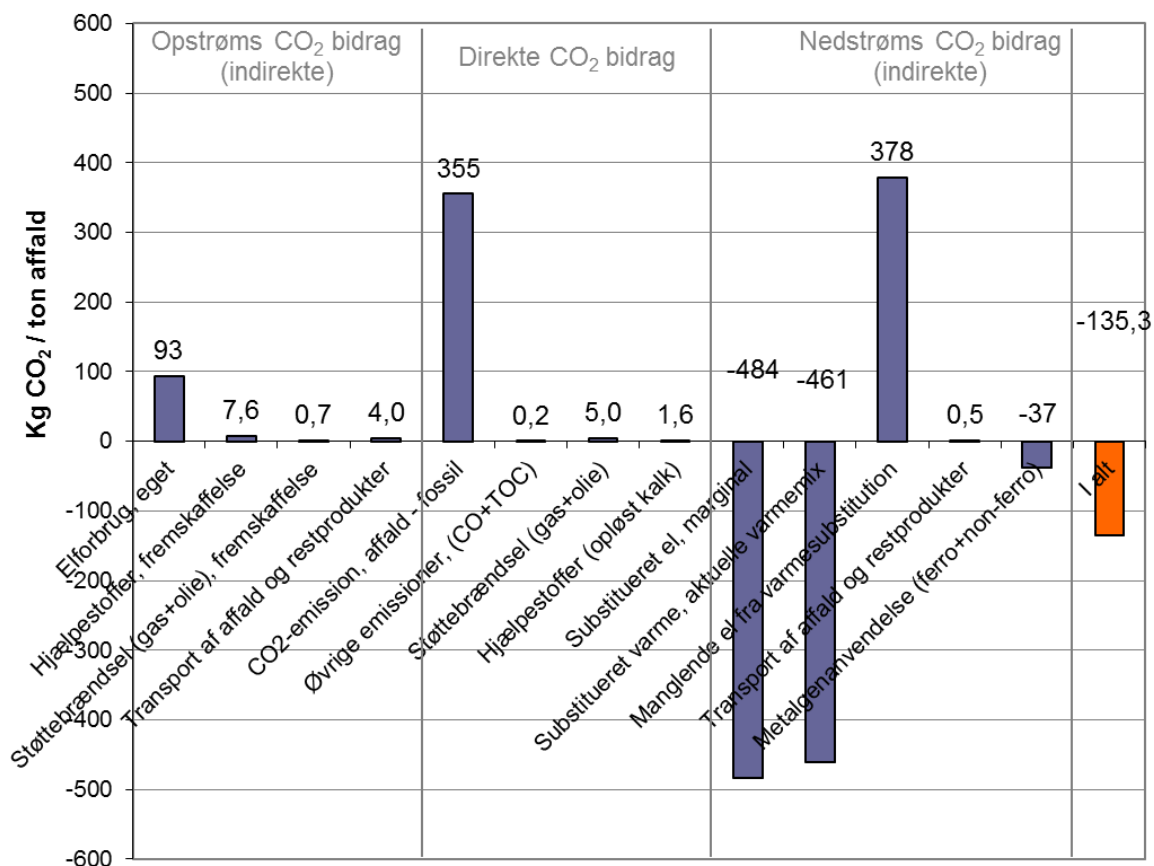
Resultat

Det overordnede resultat af Vestforbrændings CO₂ opgørelse, 2009 er vist i nedenstående figur. De forskellige bidrag er opdelt i indirekte opstrøms, direkte og indirekte nedstrøms bidrag. Det samlede resultat viser en CO₂-besparelse på 135 kg CO₂-ækv./ton affald (besparelser er vist som negative søjler).



VESTFORBRÆNDING

CO₂ opgørelse 2009



Forbrændingsanlægget i Glostrup har en *direkte* CO₂-belastning fra forbrænding af affald af fossil oprindelse (hovedsaglig produkter af plast oprindelse) på 355 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald, en direkte belastning fra forbrænding af gasolie og naturgas på støttebrændere og spidslastkedler på 4,99 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Hertil kommer en mindre (direkte) CO₂-belastning fra opløsning af kalksten ved neutralisering af spildevand og afsvovling samt emissioner af CO og CH₄ (methan) på i alt 1,74 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Den samlede direkte belastning udgør **362** kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald.

Den største *opstrøms* CO₂-belastning kommer fra anlæggets samlede energiforbrug (maskiner, pumper og motorer m.v.) på 93,5 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. De 3 øvrige opstrøms belastninger kommer fra transport af affald til anlægget (4,0 kg), fra produktion af olie og naturgas (0,67 kg) samt produktion af en række hjælpestoffer til drift af anlægget på i

alt 7,6 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Den samlede opstrøms belastning udgør **106** kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald.

Anlæggets *nedstrøms* aktiviteter bidrager med store CO₂-besparelser som følge af substitutionen af marginal-el fra kulkraft, og af varme. Varmen er et mix af varme produceret på 5 forskellige værker i Københavnsområdet jf. varmesubstitutionsmixet i bilag A-1 (kolonne "værkernes substitutions andel"). Den fortrængte varme fra HC Ørstedsværket (HCV) medfører dog samtidig en (utilsigtet) fortrængning af el fordi det er et modtryksværk og kun kan skrue ned for varmen ved samtidig at skrue ned for strømmen. Den manglende el forudsættes erstattet af marginal-el. For træpiller indfyret primært på Avedøreværket blok 2 (AVV2) er kul antaget marginal.

Elproduktionen medfører en besparelse på 484 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald, mens den producerede varme giver en besparelse på 461 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Derfra skal fratrækkes en belastning som hidrører fra produktion af marginal el til erstatning af den neddrogede el på HCV på 378 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Den samlede besparelse som følge af energisubstitutionen udgør 566 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald. Samtidig kommer der en besparelse på i alt 37,4 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald fra genvinding af magnetisk og ikke-magnetisk metal fra slaggerne, samt en belastning på 0,5 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald fra transport af restprodukter (slagge, flyveaske, gips). De indirekte nedstrøms besparelser udgør i alt **603** kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald.

For hele anlægget svarer dette for 520.000 tons affald behandlet pr. år til en direkte belastning på ca. 188.000 tons CO₂-ækvivalenter, en indirekte belastning på ca. 55.000 CO₂-ækvivalenter, og en indirekte besparelse på ca. 314.000 ton CO₂-ækvivalenter. Eller for hvert ton affald der brændes, spares 135 kg CO₂-ækvivalenter.

Ejers vurdering af opgørelsen

Som en konsekvens af det Københavnske varmesystem vil en del af den varme Vestforbrænding sender på markedet erstatte varme fra HCV(ca. 30%), som er et modtryksværk. Modtryksværker kan kun nedregulere varme-produktionen ved samtidig at nedregulere el-produktionen, da værket kun kan levere el og varme i et fast forhold. Da der bruges mere kul til fremstilling af el end til varme, vil belastningen fra produktionen af den manglende el (som i en konsekvens-LCA defineres som marginal-el) være flere gange større end besparelsen ved substitutionen af varme. Derimod vil el-produktionen substituere i forholdet 1:1 og derfor være meget mere "værd" end varmen.

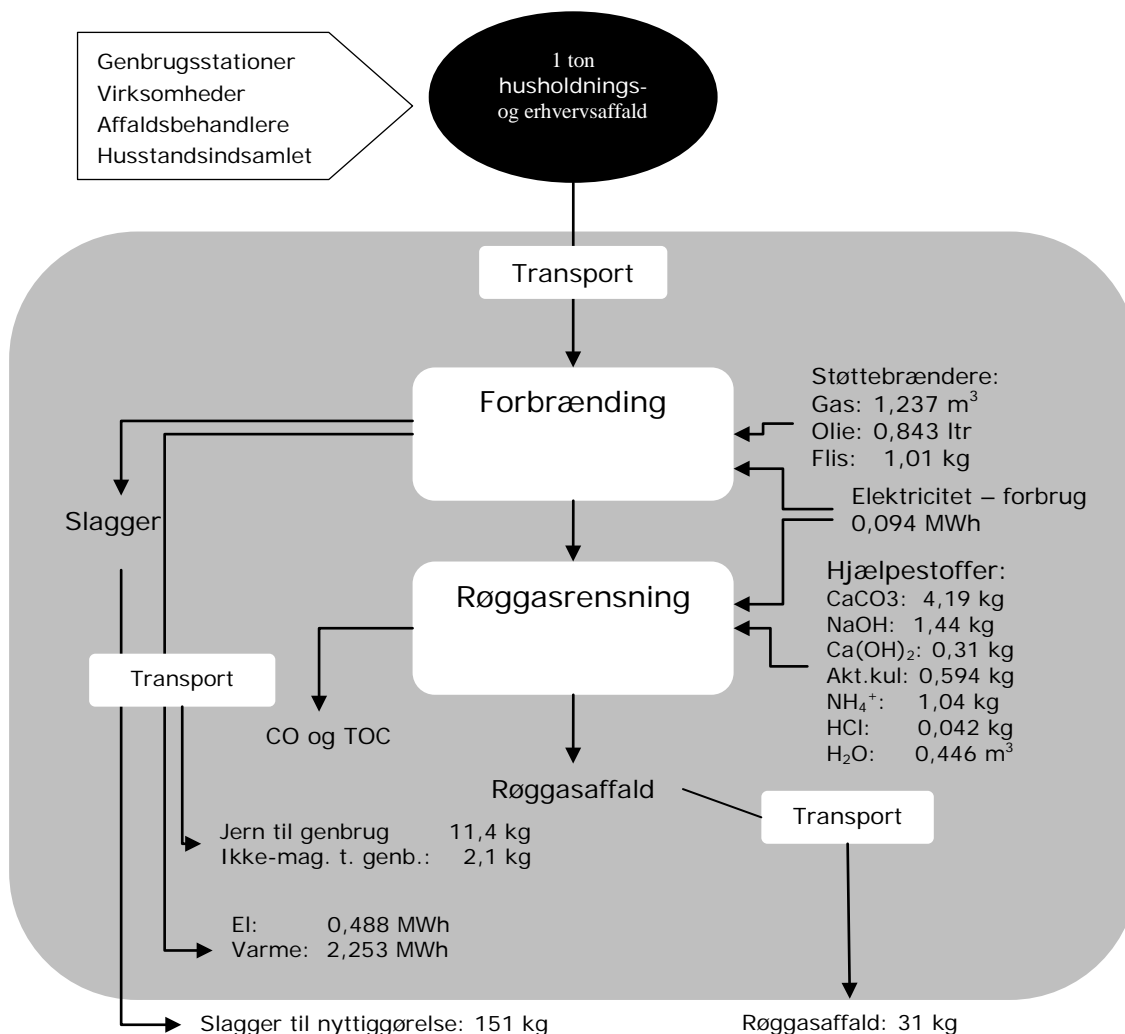
Vestforbrænding vil undersøge mulighederne for at øge el-produktionen, også selv om det bliver på bekostning af varmeproduktionen, da dette bortset fra omstruktureringer af det Københavnske varmenet, giver de største forbedringer i CO₂-balancen. Som nøgletal vil Vestforbrænding anvende 105, 360 og -600 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton affald for henholdsvis indirekte-opstrøms, direkte og indirekte-nedstrøms CO₂-belastninger.

Beskrivelse af anlæg/teknologi/proces

Blandet affald, som brændes på forbrændingsanlægget Vestforbrænding, er indsamlet fra Vestforbrændings opland: 19 kommuner i København og omegn.

- Dagrenovationsaffaldet fra alle husstande via kommunernes egne indsamlingsordninger ca. 240.000 tons
- Industriaffald fra private virksomheder ca. 76.000 tons
- Erhvervsaffald fra handel og kontor ca. 20.000 tons
- Småt brændbart fra de kommunale genbrugsstationer ca. 38.000 tons
- Storaffald ca. 20.000 tons
- Fra sorteringsanlæg ca. 29.000 tons
- Mellemlagret affald fra AV Miljø 46.000 tons
- Stort neddelte fra Frederikssund, 26.000 tons
- Andet affald ca. 25.000 tons

Alt affald ankommer med lastvogn og ledes direkte til silo uden forbehandling. Stort brændbart affald er neddelte inden det kommer til Vestforbrænding. Indholdet af stoffer af fossil oprindelse som plast m.v. udgør ca. 33% jf. DMU/Energistyrelsens udmeldinger.



Visuel beskrivelse af systemet med processer og materialestrømme ved forbrænding af affald. Det grå felt angiver de processer, som er medtaget i opgørelsen.

Fra siloen føres affaldet med grab til ovnanlæggene. Affaldet brændes primært på to nyere anlæg; anlæg 5 (Vølund) og anlæg 6 (Fisia Babcock), begge med kraft-/varmeproduktion. Vølund anlægget har recirkulering af røggas, SNCR, elfilter, våd røggasrensning med quench, HCl skrubber, SO₂ skrubber med direkte indsprøjtning af CaCO₃, samt indsprøjtning af aktivt kul før posefilter og endelig røggaskondensering. Anlæg 6 har SNCR, posefilter med forudgående indsprøjtning af aktivt kul, semi-quench, HCl skrubber samt SO₂ skrubber med indsprøjtning af lud.

Slaggen tages ud i et vådt slaggeudtag (slaggepusher). Den transporteres til oparbejdning hos eksternt firma, hvor metaller frasorteres til genvinding, og den resterende sorterede, modnede slagge nyttiggøres 100 % til bygge- og anlægsformål. Flyveasken blandes med slammet fra vandbehandling af røgvaskervandet til et fugtigt restprodukt, der sammen med gips fra røggasrensning sendes til nyttiggørelse på deponi i Norge (Langøya).

Fra ovnen ledes den varme røggas til kedlen. Den overhedeede damp anvendes til el-produktion på de to anlægs turbiner samt til fjernvarme. Da anlægget i princippet fungerer som et modtryksværk er forholdet mellem al og varme bestemt af anlæggets designdata. Et væsentligt forhold, vi forsøger at optimere på, er fjernvarmetemperaturen. Des lavere fjernvarmetemperatur vi kan levere (fremløb), desto mere el kan vi lave. Energiforhold med produktion af el og varme og den tilsvarende el og varme, som produktionen fortrænger, er beskrevet i næste afsnit, Energidata samt i Bilag A – "VF Substitutionsberegning THA-KC 100820".

Belastningen fra hjælpestoffer til rensning af røggassen er relativ stor. Forbruget af kalk til neutralisering af surt spildevand og til afsvovling bidrager til frigivelse af CO₂, men de største bidrag kommer fra fremstillingen af aktivt kul og lud til henholdsvis dioxinrensning og til afsvovling på anlæg 6.

Beskrivelse af anvendte data

Målinger

Alle elektricitetsforbrug; alle forbrug af olie og naturgas til støttebrændsel og spidslastdrift samt alle hjælpestofforbrug er målt af Vestforbrænding og rapporteret i grønt regnskab 2009. Den totale mængde CO₂ i røggassen er estimeret ud fra et C-indhold på 30 % i affaldet (Affaldsteknologi af T.H.Christensen/1998), mens drivhusgasserne metan (CH₄) og kulilte (CO) i røggassen er målt ved hjælp af eget kontinuert måleudstyr, som er kvalitetssikret via løbende justeringer og QAL kalibreringer via AMS-systemet. Mængden af restprodukter er ligeledes målt af Vestforbrænding og opgjort i grønt regnskab 2009. Mængden af sorteret slagge er opgivet af AFATEK, som står for håndtering og oparbejdning af slaggen.

Energidata

Ved forbrænding af affald er der antaget en CO₂-emissionsfaktor på 32,5 MJ/kg, som vurderet Energistyrelsen i deres nye forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet fra maj 2009. Substitueret el er antaget at være marginal-el, som igen er antaget at være baseret 100 % på kul. Samme forudsætning er antaget for egetforbrug af el. Derimod er varmesubstitutionen for den mængde varme, Vestforbrænding leverede til VEKS og CTR i 2009 baseret på den faktiske opgørelse af de aktuelle substituerede varmeleverancer i 2009. Varme-mixet skifter meget hen over året; der er anvendt en middelværdi for hele året. De 5 værker der substitueres er Avedøreværket blok 2 (AVV2) (biomasse/gas/olie), Avedøreværket blok 1 (AVV1)/Amagerværket blok 3 (AMV3) (kul), H.C. Ørstedsværket (HCV) (gas/olie) samt spidslastcentraler (olie).

I substitutionsberegningerne er Avedøreværket 1 og 2 samt Amagerværket 1 og 3 forudsat at være udtagsværker som kan skifte mellem modtryksdrift og kondensdrift, således at el og varme kan produceres uafhængigt af hinanden inden for visse rammer. Derimod forudsættes HC Ørstedsværket at være et modtryksværk, som kun kan producere el og varme i et fast forhold. I substitutionsberegningerne er det endvidere forudsat at træ (biomasse) er en begrænsende ressource. Det betyder, at sparet biomasse flyttes til et andet kraftværk, hvorved der (i sidste ende) spares kul på dette anlæg. Derfor antages kul at være marginal for træ.

Anderledes forholder det sig for biomasse til optænding af anlæg. Det antages at træstød/rødder ikke indgår på det almindelige marked for biomasse, men kun har begrænset anvendelse til bl.a. opstart, og at træstød/rødder her fortrænger gas som alternativt ville blive brugt. Forbrænding af biomasse til optænding af anlæg regnes således CO₂ neutralt.

Den mængde varme Vestforbrænding leverer til VEKS og CTR udgør ca. 65% af den totale mængde produceret varme. De resterende ca. 35% afsættes i Vestforbrændings eget fjernvarmenet. Der er antaget det samme substitutionsmix for denne varme. Denne forudsætning vil muligvis blive taget op til genovervejelse.

Som CO₂-emissionsfaktor for forbrænding af kul (marginal-el) er anvendt 862 kg CO₂/MWh (fra Ramses modelleringen fra maj-2010) + 15% til fremskaffelse = 991 kg CO₂/MWh jf. anbefalingen i affald danmarks Energinotat (ref. 2). Emissionsfaktoren anvendes til elforbrug og elproduktion. Emissionsfaktor for varmeproduktion beregnes på basis af det aktuelle varmenet i Københavnsområdet, ligeledes jf. anbefalinger i ref.2. For nærmere detaljer vedrørende fastlæggelsen af emissionsfaktorer, se bilag A. Se endvidere en oversigt over emissionsfaktorer sidst i notatet.

Transportdata

Belastningen fra transport af affald til forbrændingsanlægget er estimeret ud fra Vestforbrændings viden om antallet af tilkørte læs, antal tons, fordelingen mellem store og små biler og geografiske forhold. Transport af omdirigeret affald fra AV Miljø (AVM) er opgjort af transportøren; Emissionsfaktoren for diesellastbiler er fundet fra Ref. 2 (Astrup, T., Dahl, O & Wenzel, H.). Der er anvendt den samme for alle biler. Forbrug af diesel til transport af

restprodukter, slagger og gips er opgjort af transportøren. Se bilag B for detaljer.

Materialedata

CO₂-emissioner forbundet med fremskaffelse af hjælpestoffer er baseret på litteraturen kombineret med egne registreringer og produktblade.

Mængder af frasorterede magnetiske og ikke-magnetiske metaller er bestemt ud fra udtalelser fra branchens nuværende teknologiske formåen (BAT), som også AFATEKs entreprenør på området (DSV Miljø) lever op til.

Emissionsfaktoren for genanvendelse af aluminium er anvendt for alle ikke magnetiske metaller, da litteraturdata af emissionsfaktorer for øvrige letmetaller ikke var tilgængelige.

Beskrivelse af udeladte data

En række processer og data er udeladt i det det vurderes ubetydelige:

- transport af hjælpestoffer (<1 ‰)
- konstruktion af anlæg og maskiner (emissioner forbundet med konstruktion af anlæg og maskiner kendes ikke, men vurderes forsvindende, når det skal fordeles ud på samtlige ton i hele anlæggets levetid).
- Fremskaffelse af TMT (<1 ‰)
- Fremskaffelse af smøremidler, rengøringsmidler m.v. (<1 ‰)
- Fremskaffelse af biobrændsel (flis) til opstart og nedlukning (<1 ‰)
- Vedligeholdelse (CO₂ belastningen fra aktiviteter forbundet med vedligehold kendes ikke, men vurderes forsvindende). Energiforbrug til vedligehold indgår i egetforbrug af el.
- Mellemlagring af forbrændingsegnet affald (mellemlagring sker tørt, hvorfor omsætning med tilhørende metandannelse vil være minimal – dette underbygges af totalmåling af metan fra deponi inkl. mellemlager) (<1 ‰)
- Genanvendelse af slagger i anlægsarbejder som erstatning for grus, sand og jord er ikke medtaget, fordi disse aktiviteter og materialer erfaringsmæssigt ikke bidrager væsentligt i regnskabet (<1 ‰)
- Behandling og bortskaffelse af restprodukter og gips er ligeledes udeladt, idet CO₂-belastningen fra disse aktiviteter vurderes at være forsvindende (<1 ‰)

Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer for fjernvarme baseret på kul og naturgas samt blandinger af olie, halm og træflis er fra Ref. 2 (Energinotatet af Astrup, Dahl og Wenzel (2011)). Emissionsfaktorer for hjælpestoffer er ligeledes fra ref. 2 med undtagelse af få. Det fremgår af nedenstående, hvilke øvrige referencer, der er anvendt.

Indirekte-opstrøms	Direkte	Indirekte-nedstrøms
Emission factors	Emission factors	Emission factors
<p>kg CO₂-eq/enhed: (100% product)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Varmeproduktion: Se bilag A. ▪ Brændselmissioner: ¹⁾ <ul style="list-style-type: none"> Kul: 19,6 kg CO₂/GJ Naturgas: 5,8 kg CO₂/GJ Olie: 13,1 kg CO₂/GJ Træpiller: 19,6 kg CO₂/GJ (Se i øvrigt Bilag A) • Elforbrug og substitution af elektricitet (produceret el) – fremskaffelse og forbrænd.: ¹⁾ 991 kg CO₂/MWh prod. el • Fremskaffelse af gasolie, støttebrænder (anlæg 5): ¹⁾ 12 kg CO₂/GJ (se note) • Fremskaffelse af naturgas, støttebrænder (anlæg 1,2 og 6) ¹⁾: 6 kg CO₂/GJ (se note) • Fremskaffelse af kalk (CaCO₃): 0,0085 kg/kg ⁴⁾ • Fremskaffelse af hydratkalk (Ca(OH)₂): 0,92 kg/kg ⁴⁾ • Fremskaffelse af natronlud (NaOH): 3,6 kg/kg ⁴⁾ • Fremskaffelse af aktivt kul: 6,8 kg/kg ³⁾ • Fremskaffelse af ammoniak (NH₃): 2,2 kg/kg ⁶⁾ • Fremskaffelse af saltsyre (HCl): 0,9 kg/kg ⁵⁾ • Fremskaffelse af vand: 0,2 kg/kg ⁴⁾ • Transport af affald til anlægget: – se separat opgørelse, bilag B. 	<p>kg CO₂-eq/ton vv:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Affald-bio: 0 kg CO₂/GJ ▪ Affald-fossil: 32,5 kg CO₂/GJ (DMU/Energistyrelsen) (BV: 10,93 MJ/kg) ▪ CH₄-emission fra røggas: 25*CO₂ ▪ CO-emission fra røggas: 2*CO₂ ▪ Opløsning af kalk (CaCO₃) ved neutralisering og afsvovling: 0,4 kg/kg kalk ²⁾ (se note) ▪ Forbrænding af gasolie, støttebrænder (anlæg 5) ¹⁾: 74 kg CO₂/GJ ▪ Forbrænding af naturgas, støttebrænder (anlæg 1,2 og 6) ¹⁾: 56 kg CO₂/GJ 	<p>kg CO₂-eq/ton vv:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Brændselmissioner: ¹⁾ <ul style="list-style-type: none"> Kul: 95,1 kg CO₂/GJ Naturgas: 56,2 kg CO₂/GJ Olie: 77,7 kg CO₂/GJ Træpiller: 95,1 kg CO₂/GJ (Se i øvrigt Bilag A) • Manglende el fra varmesubstitution: ¹⁾ 991 kg CO₂/MWh mangl. el ▪ Genanvendelse af magnetisk metal fra slagger: 1,5 kg/kg ⁷⁾ ▪ Genanvendelse af ikke-magnetisk metal fra slagger: <ul style="list-style-type: none"> Al: 10 kg/kg Cu: 7,4 kg/kg Øvrige letmetaller som Cu. ⁷⁾ ▪ Transport af restprodukter væk fra anlægget: <ul style="list-style-type: none"> - Skibstransport ¹⁾: 0,016 kg CO₂/t/km - Lastbilstransport ¹⁾ <ul style="list-style-type: none"> <16 t: >16 t: 0,091 kg CO₂/t/km

1) Astrup, Dahl & Wenzel, 2011 (ref. 2).

2) Ved opløsning af kalk i surt vand produceres 0,4 kg CO₂ pr. kg CaCO₃.

3) Zwicky 2009 (EASEWASTE)

4) EDIP 2004 LCI database, 2004 (ref. 7)

5) Ecoinvent LCI database, version 3, 2007 (ref. 8)

6) Patyk & Reinhardt, 1997 (ref. 9)

7) Christensen, 2011 (ref. 1)

Datatabel

Nedenstående tabel sammenfatter alle medtagede opgørelser over CO₂-bidrag. Bidragene er opdelt i 3 kategorier; opstrøms indirekte, direkte samt nedstrøms indirekte bidrag. Belastninger er positive tal mens besparelser er negative tal. Alle tal i tabellen er pr. ton affald leveret til forbrænding (våd vægt (vv)). Affaldets gennemsnitlige brændværdi i 2009 er 10,93MJ/kg.

Indirekte-opstrøms	Direkte	Indirekte-nedstrøms
CO₂-bidrag (kg CO₂-eq/ton vv): 106	CO₂-bidrag (kg CO₂-eq/ton vv): 362	CO₂-bidrag (kg CO₂-eq/ton vv): -603
kg CO₂-eq/ton vv: <ul style="list-style-type: none"> • Fremskaffelse og leverance af elektricitet: 93,5 • Fremskaffelse af gasolie, støttebrænder (A5): 0,34 • Fremskaffelse af naturgas, støttebrænder (A1,2,6) + spidslast: 0,35 • Fremskaffelse af flis af stød og rødder, støttebrændere: 0,05 • Fremskaffelse af kalk (CaCO₃): 0,03 • Fremskaffelse af hydratkalk (Ca(OH)₂): 0,28 • Fremskaffelse af natronlud (NaOH): 2,60 • Fremskaffelse af aktivt kul: 4,05 • Fremskaffelse af ammoniak (NH₃): 0,57 • Fremskaffelse af saltsyre (HCl): 0,01 • Fremskaffelse af vand: 0,09 • Transport af affald til anlægget: 3,97 – se separat opgørelse, bilag B. 	kg CO₂-eq/ton vv: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forbrænding af affald (fossile del): 355 ▪ Forbrænding af gasolie, støttebrændere: 2,35 ▪ Forbrænding af naturgas, støttebrændere 2,76 ▪ Forbrænding af flis af stød og rødder, opstartsbrændere: 0,00 ▪ CH₄-emission fra røggas: 0,029 ▪ CO-emission fra røggas: 0,139 ▪ Opløsning af kalk (CaCO₃) ved neutralisering og afsøvling: 1,58 	kg CO₂-eq/ton vv: <ul style="list-style-type: none"> ▪ El-substitution: -484: ▪ Varme-substitution: -461 ▪ Manglende el fra varmesubstitution: 378 ▪ Genanvendelse af magnetisk metal fra slagger: -17,1 ▪ Genanvendelse af ikke-magnetisk metal fra slagger: -20,3 ▪ Transport af restprodukter væk fra anlægget: 0,51
Forbrug (enhed /ton vv):	Forbrug (enhed /ton vv):	Forbrug (enhed /ton vv):
Medtaget (enhed/ton vv): <ul style="list-style-type: none"> • Fremskaffelse af elektricitet: 0,094 MWh • Fremskaffelse af gasolie, støttebrænder (anlæg 5): 0,000844 m³ • Fremskaffelse af naturgas, støttebrænder (anlæg 1,2,6) + spidslast: 1,238 Nm³ • Fremskaffelse af flis af stød og rødder, støttebrændere: 1,01 kg • Fremskaffelse af kalk 	Medtaget (enhed/ton vv): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forbrænding af blandet affald: 1 ton ▪ Forbrænding af gasolie, støttebrænder (anlæg 5): 0,000844 m³ ▪ Forbrænding af naturgas, støttebrændere (anlæg 1,2,6) + spidslast: 1,238 Nm³ ▪ Forbrænding af flis af stød og rødder, støttebrændere: 1,01 kg ▪ CH₄-emission fra røggas: 	Medtaget (enhed/ton vv) <ul style="list-style-type: none"> ▪ El-substitution: 0,488 MWh ▪ Varme-substitution: 2,255 MWh ▪ Manglende el fra varmesubstitution: 0,381 MWh ▪ Genanvendelse af magnetisk metal fra slagger: 11,41 kg ▪ Genanvendelse af ikke-magnetisk metal fra slagger: 2,14 kg ▪ Fremskaffelse og forbrænding af diesel til

<p>(CaCO₃): 4,187 kg</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fremskaffelse af hydratkalk (Ca(OH)₂): 0,309 kg • Fremskaffelse af natronlud (NaOH, 50%): 1,44 kg • Fremskaffelse af aktivt kul (100% brunkul): 0,595 kg • Fremskaffelse af ammoniak (25%): 1,043 kg • Fremskaffelse af saltsyre (HCl): 0,042 kg • Fremskaffelse af vand: 0,447 m³ ▪ Transport af affald til anlægget: 1,46 l – se separat opgørelse, bilag B. ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0,0012 kg ▪ CO-emission fra røggas: 0,069 kg ▪ Opløsning af kalk (CaCO₃) ved neutralisering og afsvovling: 4,187 kg 	<p>transport af restprodukter væk fra anlægget: 0,187 l</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktion af slagger: 155 kg (w/w, våd) ▪ Produktion af flyveaske + slam: 29 (w/w, våd) ▪ Produktion af gips: 2,2 (w/w, våd)
<p>Ikke medtaget:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Indsamling af affald ▪ Konstruktion af anlæg og maskiner ▪ Fremskaffelse af flis til opstart af anlæg ▪ Varmeforbrug til opvarmning af administration ▪ Tab i fjernvarmenettet er ikke medregnet ▪ Transport af hjælpestoffer ▪ Fremskaffelse af smøremidler og rengøringsartikler ▪ Mellemlagring af forbrændingsegnet affald 	<p>Ikke medtaget:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vedligeholdelse af anlæg og maskiner • Udslip af sporgasser udover metan og kulilte 	<p>Ikke medtaget:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oparbejdning og genanvendelse af slagger ▪ Bortskaffelse af restprodukter

Usikkerheder

Som det fremgår af resultatet er der to helt dominerende forhold: Substitution af energi og belastningen fra forbrænding af fossilt kulstof. Det er derfor essentielt at forholde sig til usikkerhederne forbundet med disse to forhold. Energisubstitutionen består af 3 poster: el-substitution; varme-substitution samt manglende el fra varme-substitutionen.

Ved energisubstitutionen er forudsat, at energisystemet responderer på en ændring fra Vestforbrænding med en reduktion/forøgelse svarende til en gennemsnitlig brændselssammensætning. Ændringen vil imidlertid være afhængig af f.eks. markedspriser på el og brændsler.

Det har begrænset betydning, hvilket udtagsværk, der responderer, mens det har relativ stor betydning, hvis et modtryksværk responderer i stedet for et udtagsværk eller omvendt. Hvis et udtagsværk responderer i stedet for et modtryksværk, reduceres Vestforbrændings samlede CO₂-bidrag. På samme

måde har det meget stor betydning, og kan være afgørende for resultatets udfald, hvorvidt de forskellige værker er udtags- eller modtryksværker.

Antagelsen om, at biobrændsel er en begrænset ressource, gør opgørelsen mindre følsom over for de responderende anlægs valg af brændsel. Det har dog lidt betydning, hvorvidt de vælger at reducere naturgas eller anden brændsel. Da vi antager at biomasseressourcen er begrænset spares udledning af CO₂ ved substitution af varme produceret på biomasse. I Vestforbrændings tilfælde er netto besparelsen 33 kg CO₂/ton affald i forhold til, hvis biomasse betragtes som ubegrænset (se bilag A-2) (-459 i stedet for -426) kg CO₂/ton affald). Resultatet bliver desuden meget følsomt over for hvorvidt de responderende værker vælger at reducere biomasse frem for et andet brændsel.

Der vil desuden være noget usikkerhed forbundet med kortlægning af Københavns fjernvarmenet. Det være sig både ifbm. fordelingen imellem nettets værker og antagelsen af om fjernvarmenettets værker vil respondere på en øget fjernvarmeproduktion på Vestforbrænding med en reduktion af brændsel svarende til årets gennemsnitlige brændselsforbrug (marginalt fjernvarmemix svarer til årets gennemsnitlige fjernvarmemix).

Der er en vis usikkerhed vedrørende justering af antagelsen om, at varme-substitutionsforholdene skal betragtes ens, uanset om Vestforbrænding sender fjernvarmen i eget net eller i VEKS/CTR.

Affaldets indhold af fossilt kulstof er naturligvis afhængig af affaldssammensætningen, som ikke kendes i detaljer. I litteraturen ses mange forskellige bud. Energistyrelsen tal er valgt, idet det er det tal som er "officielt" i DK. Der arbejdes i øjeblikket på at udvikle målemetoder, der kan differentiere mellem fossilt og biogent kulstof. Opgørelsens nettoresultat er noget følsomt ifht. antagelsen om affaldets indhold af fossilt kulstof.

Referencer

(Ref. 1) Christensen, T.H. (2011): *affald danmark*'s vejledning: CO₂-opgørelser i den danske affaldsbranche – en vejledning, *affald danmark* og Dakofa, København, oktober 2011.
(www.dakofa.dk/portaler/klima/CO2opgorelse).

(Ref. 2) Astrup, T., Dahl, O & Wenzel, H. (2011): Fastlæggelse af energidata til brug i CO₂-opgørelser. Notat til *affald danmark* og Dakofa, København, oktober 2011.

(Ref. 3) Damgaard, A., Larsen, A.W., Christensen, T.H. (2009): Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 2009 773-780.

(Ref. 4) Møller, J., Fruergaard, T., Riber, C., Astrup, T., Christensen, T.H. (2008): Miljøvurdering af affaldsforbrænding og alternativer, 2008.

(Ref. 5) VEKS/CTR: Datateknologier til Produktion af Varme. Baggrundsrapport til Varmeplan Hovedstaden, Nov. 2009

(Ref. 6) VEKS/CTR: Substitutionsvarmemix for 2009 i det Københavnske varmenet.

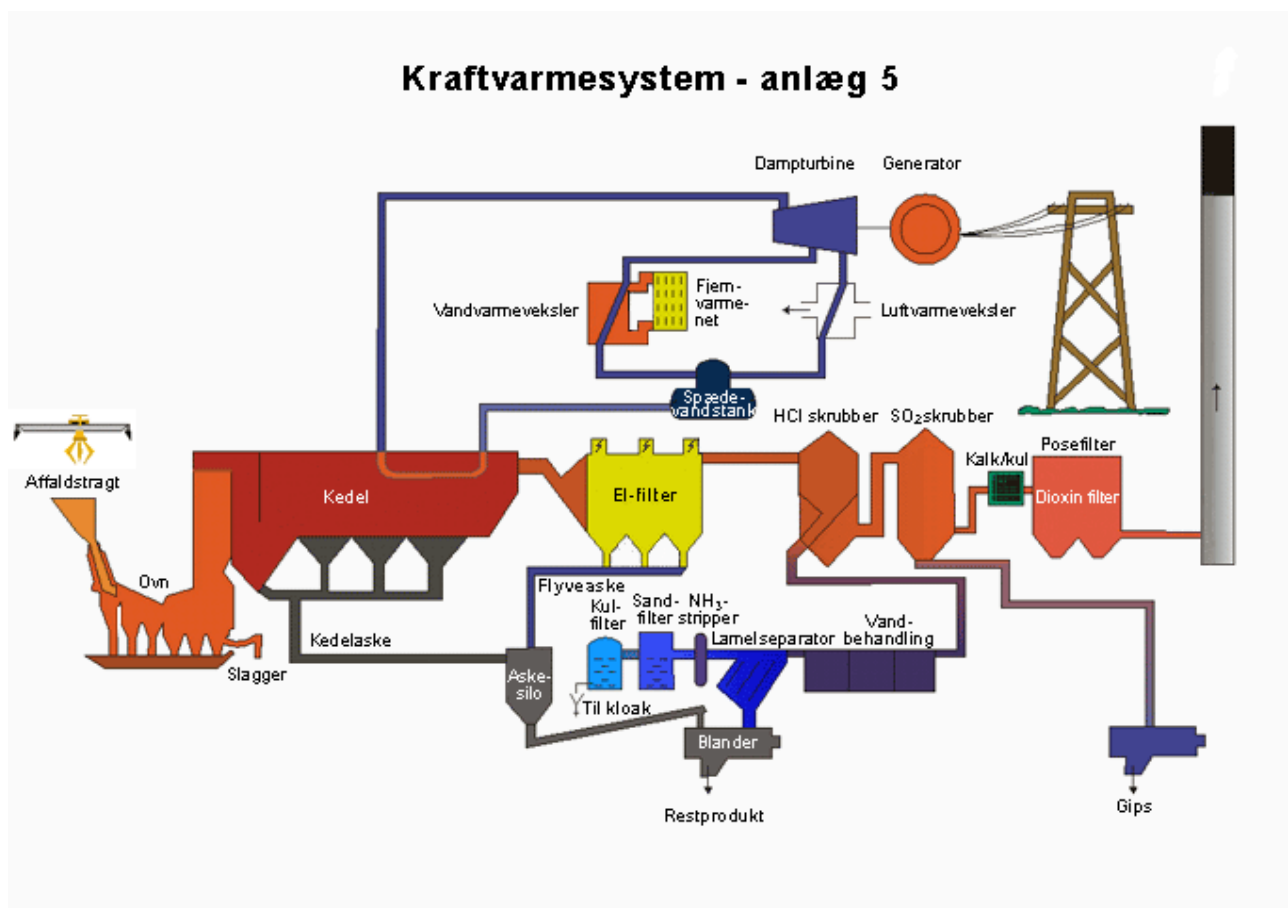
(Ref. 7) EDIP (2004): Environmental Design of Industrial Products. Lifecycle assessment database developed by the Danish Environmental Protection Agency in 1996, 2nd update, Copenhagen, Denmark 2004 in Astrup, T.H., Møller, J., Fruergaard, T. (2009): Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions, DTU.

(Ref. 8) Ecoinvent (2007). The Ecoinvent Database version 3, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Switzerland in Astrup, T.H., Møller, J., Fruergaard, T. (2009): Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions, DTU.

(Ref. 9) Patyk, A. and Reinhardt, G.A. (1997): Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen. (Fertiliser – Energy and Material Flow Balances) Verlag Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1997 in Astrup, T.H., Møller, J., Fruergaard, T. (2009): Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions, DTU.

Bilag

- A. Substitution af el og varme.
- B. Beregning CO₂ opgørelse for transport af affald til og fra anlægget.
- C. Vestforbrænding´s varme substitutionsmix 2009.



VESTFORBRÆNDING SUBSTITUTION AF EL OG VARME

Baseret på beregninger i THA notat af 11.juni 2010 "Substitutionsberegning AF/VF"

Beregning af el- og varmeproduktion og tilhørende substitution (KBH)

Affald indfyret	519.473	tons	GR2009		
Beregnet gnms. Brændværdi	10,93	GJ/tons	GR2009, Miljørederegelse		
Energiindhold	MWh/år	GJ/år			
	1.577.178	5.677.840			
	MWh/år	GJ/år	GJ	kg CO2/GJ	kg CO2
Energiproduktion, total (el+varme)	1.425.028	5.130.101	10	32,5	325
Varmer produceret	1.171.420	4.217.112			
El produceret	253.608	912.989			
Beregnet varmevirkningsgrad	74,27%				
Beregnet elvirkningsgrad	16,08%				

Varmebalance	andel af varme-substitution a)	MWh/tons affald pr. år	GJ/tons affald pr. år	AF værdier	
Varmer (affald)		2.255	8.118	7,29	90%
Varmer (AVV1/AMV3)	35,0%	-0.789	-2.841	-2,55	90%
Varmer (AVV2)	34,9%	-0.787	-2.833	-2,54	90%
Varmer (HCV)	29,2%	-0.658	-2.370	-2,13	90%
Varmer (Spidslast)	0,9%	-0.020	-0.073	-0,07	
Sum	100,0%	0	0		

a) Fra CTR/VEKS VF opgørelse, se fil "VF substitutionsvarmemix 2009 100302"

El-balance	Cm	MWh/tons affald pr. år	GJ/tons affald pr. år	AF værdier	
Elproduktion fra affaldsanlæg		0.488	1.758	1,58	90%
Fortrængt modtryks-el (HCV)	0,58	-0.382	-1.375	-1,23	90%
Kul kondens-el (marginalt)	(resteren)	-0.106	-0.383	-0,35	90%
Sum		0	0		

AVV1/AMV3 regnes ikke længere for et modtryksværk, selv om det i praksis kører således. Reelt er kondensværk. Derfor udgår substitutions-el for disse værker!

$$Cv = \frac{-\Delta P / \Delta Q}{P / Q}$$

tabt elproduktion i forhold til vundet varmeproduktion
forhold mellem elproduktion og varmeproduktion

De "valgte" Cv værdier er konservativt lave, og medfører, at den tabte elproduktion begrænses.

Beregning af, hvor meget energi, der skal leveres fra diverse brændselstyper:

Beregning af brændsler 1 (træ er antaget CO2 neutralt)

Brændsler	Uden fremskaffelse af brændsler ¹⁾			Med fremskaffelse ²⁾	
	GJ	kg CO2/GJ	kg CO2	kg CO2/GJ	kg CO2
Kul (AVV1) fortrængt el (kul)	-0,935	95	-89,0	110	-103,0
Olie (AVV2) fortrængt el (kul)	-0,186	78	-14,4	91	-16,9
Naturgas (fortrængt el (naturgas)	-0,404	56	-22,7	62	-25,1
Træpiller (fortrængt el	-0,297	0	0,0	0	0,0
Naturgas (fortrængt varme (naturgas)	-3,680	56	-206,8	62	-228,3
Olie (HCV) fortrængt varme (olie)	-0,508	78	-39,5	91	-46,1
Olie (Spids) fortrængt varme	-0,081	78	-6,3	91	-7,4
Kul kondens el (marginal-el)	-0,957	95	-91,0	115	-109,6
Sum	-7,048		-469,68		-536,25
			-417,43	0,89	-516,33

Beregning af brændsler 2 (kul er antaget marginal for træ)^{KC)}

Brændsler		Uden fremskaffelse af brændsler ¹⁾			Med fremskaffelse ²⁾	
		GJ	kg CO2/GJ	kg CO2	kg CO2/GJ	kg CO2
Kul (AVV1)	15,0	-0,94	95,1	-89,0	110,1	-103,0
Olie (AVV2)	13,1	-0,19	77,7	-14,4	90,8	-16,9
Naturgas (	5,8	-0,40	56,2	-22,7	62,0	-25,1
Træpiller (	19,4	-0,30	95,1	-28,2	114,5	-34,0
Naturgas (	5,8	-3,68	56,2	-206,8	62,0	-228,3
Olie (HCV - varme)		-0,51	77,7	-39,5	90,8	-46,1
Olie (Spidslast - varme)		-0,08	77,7	-6,3	90,8	-7,4
Kul kondens el (marginal-el)		-0,96	95,1	-91,0	114,5	-109,6
Sum		-7,05		-497,92		-570,27
KC) Forudsætning: Biomasse er en begrænset ressource (Henrik Wenzel)				-417,43	0,84	-516,33

Beregning per produceret energi

	MWh	kg CO2/MWh	kg CO2
Fjernvarme produceret (affald)	0,63	-96,4	-60
El produceret (affald)	0,14	-862,0	-117
Sum	0,76		-177

#) Justeret efter 95 kg/MWh+15% til fremskaffelse, jf. Fruergård, Astrup 2010 "Fastlæggelse af energidata til brug i CO2-opgørelser"

Baggrundsdata

	Subst. Andel ^{a)}	Elvirkningsgrad	varmevirkningsgra	Cm	Cv
Affaldsanlæg		0,16	0,738		
AVV1/AMV3	35,0%	0,36	0,22	0,60	0,12
AVV2	34,9%	0,38	0,40	0,62	0,12
HCV	29,2%	0,33	0,57	0,58	0,12
Spidslast	0,9%		0,90		
Kondens-el			0,40		

a) Fra CTR/VEKS VF opgørelse, se fil "VF substitutionsvarmemix 2009 100302"

GJ	Brændselsforbrug					Energiproduktion (GJ)	
	Kul	Olie	Naturgas	Halm	Træpiller	El	Varme
AVV1	10.692.674	247.727				3.987.450	2.446.091
AVV2		4.227.314	9.203.623	815.111	5.946.917	7.741.573	7.984.590
AMV3	11.419.045	228.819		767.789	267.946	1.229.083	4.332.436
HCV		729.673	5.288.176			317.971	4.264.263
Spidslast							
%	Kul	Olie	Naturgas	Halm	Træpiller	Sum	
AVV1	97,7%	2,3%				100%	
AVV2		20,9%	45,6%	4,0%	29,5%	100%	
AMV3	90,0%	1,8%		6,1%	2,1%	100%	
HCV		12,1%	87,9%			100%	
Spidslast							

Noter:

- Her er ikke medtaget CO2-emissioner relateret til fremskaffelse af brændslerne, kun afbrænding
- Her er CO2-emissionerne relateret til fremskaffelse af brændslerne medtaget
- Baseret på data fra Tabel 1 i Fruergård et al. (2009); data stammer IPCC guidelines
- Baseret på data fra Tabel 2 i Fruergård et al. (2009); data stammer fra diverse LCA databaser

fortrængt brændselsmængde (udtrykt i energi) fra den ekstra elproduktion der kan komme som følge af fortrængt varme (kondensværk)

BILAG B

Emission of CO2 dependent on fuel quality

Kilde: VOLVO (2006): "Emissions from Volvo's trucks"

Fuel	Carbon dioxide, kg/litre
Standard fuel (EN590)	~2.7
Class 1 diesel fuel	~2.6

Tabel 1.

Kilde: Volvo og Reference 1: Fruergaard, Ekvall, Astrup (2009): "Inc. & co-cumbustion of waste...", tabel 1, Waste Management & Research, 724-737.

GODSTRANSPORT	tons/år	ltr/år	km (retur)	km/ltr	antal læs	tons/læs	Kilde:	
Transport af affald til VF:								
- Sorteringsanlæg	20%	104.000	66.560	40	2,5	4.160	25	affaldsandel, dieselforbrug, km og fyldning antaget dieselforbrug og km er antaget dieselforbrug og km er antaget Svend Erik (AVM) 0,611013 ltr/ton
- Komprimatorbiler (renovationsaffald)	45%	233.999	534.855	40	3,5	46.800	5	
- containerbiler (GBS, industriaffald m.v.)		135.725	217.160	40	2,5	13.573	10	
- Mellemlagret affald, AVM		46.274	28.274	40	2,5	2364	19,58	
Transport af affald til anlægget		519.998	846.849					
CO2 emissionsfaktor								2,7 kg CO2/ltr. diesel
CO2 emission - Transport til anlægget								2.286 tons CO2/år
								4,40 kg CO2 pr. ton affald
Transport af slagger/restprodukter:								
- Slagger		80.494	69.174	54	2,0	2562	31,42	Lars Kristiansen, RGS90 0,859368 ltr/ton
- RGA/gips		16.360	27.195	42	2,0	1295	12,63	Lars Kristiansen, RGS90 1,662286 ltr/ton
Transport Intern								
- Total på VF			1.000					antaget
Transport af restprodukter væk fra anlægget		96.854	97.369					
CO2 emissionsfaktor								2,7 kg CO2/ltr. diesel
CO2 emission - Transport fra anlægget								263 tons CO2/år
								0,51 kg CO2 pr. ton affald
Transport TOTALT		616.852	944.218					
CO2 emission - Transport TOTALT								2.549 tons CO2/år
								4,90 kg CO2 pr. ton affald

Table 2

PERSONTRANSPORT		km (retur)	CO2 emissioner (tons/år)	Kilde:
Rejser med fly				
- Bestyrelse rundrejse	27 personer	2564	8,37	ALH, jf. excel-fil "regnskab kilometer 2009 - med fly" ALH, jf. excel-fil "regnskab kilometer 2009 - med fly"
- Øvrige rejser	1-3 personer	38490	6,65	
Rejser med skib, tog og bil mv.				
- ikke medregnet				
Transport TOTAL				
CO2 emission			15,0 tons CO2/år	

Table 3

ALLE AKTIVITETER - VESTFORBRÆNDING			Kilde:	
Forbrænding af affald, støttebrændsel og spidslaster		186.634 tons/år	98,6%	Grønt regnskab 2009
- heraf fra affald				
- heraf fra fossile brændsler (olie og naturgas)				
Sparet CO2 ved optænding på flis		297 tons/år		
Transport af affald og restprodukter		2.549 tons/år	1,3%	Se ovenfor, oplysninger fra DSV og AVM
Transport af personer (fly)		15 tons/år	0,01%	Opgørelse fra ALH
		189.198 tons/år		
Uden fly-transport		189.183 tons/år		

Varme substitutionsmix for Varmenet i Københavnsområdet i 2009

Kilde: VEKS/CTR

Paragrafferne henviser til Bilag B til "Aftale mellem I/S Vestforbrænding (VF) og Vestegnens Kraftvarmeselskab (VEKS) samt Centralkommunernes Transmissionsselskab I/S (CTR) vedrørende levering af fjernvarme til henholdsvis VEKS og CTR fra Vestforbrænding samt levering af reservelast fra GLC til KAS-Herlev."
Korrektionsfaktor fik er 0,98 iflg. aftalen § 5.3

Månedlig procentvis fordeling af de substituerede leverancer § 2.2

	Jan	feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
AVV2	0%	0%	0%	6%	43%	63%	73%	80%	75%	43%	0%	0%
AMV3	23%	20%	45%	65%	37%	27%	22%	17%	20%	45%	56%	38%
DAMP	74%	76%	53%	28%	20%	10%	5%	3%	5%	12%	43%	60%
SPIDS	3%	4%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%
I alt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Kilde: VF, Per Wulf, Teknik & Energi-chef; mail den 2. marts 2010.

Faktisk 2009	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Mængde i MWh	54.029	47.488	63.453	78.384	86.826	56.699	88.199	57.339	72.405	58.634	55.943	46.360
Gns. indtægt pr. MWh	200.000	44.444	15.385	0	0	0	0	0	0	17.857	52.632	0
Indtægt i mio. kr.	11.636	10.360	13.552	16.658	18.107	12.389	19.015	12.261	15.597	13.063	13.537	11.603

Kilde: VF-Intranet under "Områder"; "Indtægtsrapportering 2009"; "CTR - VEKS - Tal pr. måned".

VF substitutionsvarmemix 2009

Månedlig vægtet produktion i MWh

	Jan	feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
AVV2	0	0	0	4.703	37.335	35.720	64.385	45.871	54.304	25.213	0	0
AMV3	12.427	9.498	28.554	50.949	32.126	15.309	19.404	9.748	14.481	26.385	31.328	17.617
DAMP	39.981	36.091	33.630	21.947	17.365	5.670	4.410	1.720	3.620	7.036	24.055	27.816
SPIDS	1.621	1.900	1.269	784	0	0	0	0	0	0	559	927
I alt	54.029	47.488	63.453	78.384	86.826	56.699	88.199	57.339	72.405	58.634	55.943	46.360

Beregning af vægtet gennemsnit for 2009 af varme-substitutions-mix.

Total 2009	%-fordeling
267.531	34,9%
267.824	35,0%
223.342	29,2%
7.060	0,9%
765.757	100,0%
65,4%	0,0%