

Forsøg med forbrænding af shredderaffald



Rapport

Af Jonas Nedenskov, november 2011, rev. Jan. 2013

Indhold

1.	Sammendrag	3
2.	Summary in english.....	3
3.	Indledning og baggrund	3
4.	Formål	4
5.	Affaldet	4
6.	Forsøget.....	5
6.1	Indfødning	6
6.2	Prøvetagning	6
6.2.1	Affaldet.....	6
6.2.2	Røggas	7
6.2.3	Slagger.....	8
6.2.4	Røgasrensningsaffald (RGA)	9
6.2.5	Spildevand	9
7.	Resultater	10
7.1	Affald.....	10
7.1.1	Sammensætning	10
7.1.2	Mængder og brændværdier	12
7.2	Slagger	12
7.2.1	Sortering	13
7.2.2	Analyse og kategorisering	14
7.3	Røggas	15
7.3.1	AMS-målinger.....	15
7.3.2	Præstationsmålinger.....	18
7.4	Røggasrensningsaffald (RGA).....	19
7.5	Spildevand	19
8.	Diskussion.....	19
8.1	Affaldet.....	19
8.2	Røggas	20
8.3	Slagger	21
8.4	Røggasaffald.....	22
9.	Konklusioner.....	22
10.	Oversigt over figurer og tabeller.....	23
11.	Referencer.....	23
12.	Bilag.....	24

1. Sammendrag

Denne rapport og forsøg er udarbejdet af Amagerforbrænding på vegne af AffaldDanmarks medlemmer. Formålet var at give myndighederne et beslutningsgrundlag for, hvorvidt en type shredderaffald, der levede op til nogle af Miljøstyrelsen opstillede kriterier kan anvises til forbrænding.

Rapporten beskriver det gennemførte forsøg, samt gennemgår resultaterne mhp. om shredder affald kan karakteriseres som forbrændingseget.

Forsøget er gennemført på én af Amagerforbrændings fire linjer, der hver har en kapacitet på 15 ton pr. time. 12,4% shredderaffald er medforbrændt sammen med almindeligt forbrændingseget affald.

Der blev under forsøget ikke konstateret nogen overskridelser af miljøkrav ifht. emissionerne til luft, vand eller affald. Forbrænding af shredderaffald begrænser ikke nyttiggørelsen af slaggerne. Det kan dog ikke afvises, at forbrænding af shredderaffald vil forhøje slaggens indhold af ikke udvaskbart kobber.

Det shredderaffald, der er gennemført forsøg med, kan karakteriseres som forbrændingseget.

2. Summary in english

This report and experimental work was carried out by Amagerforbrænding on behalf of the members of *waste denmark*, which is an association of stakeholders in the Danish waste treatment sector. The purpose was to provide the authorities with the needed knowledge to decide whether residues from shredding of scrap can be incinerated.

The report describes the experimental work and examines the results in the light of whether the shredder residues can be considered suitable for incineration.

The experiment was carried out on one of Amagerforbrændings four lines of 15 ton/h each. 12,4% shredder residues was co incinerated with normal waste (waste suitable for incineration).

During the experiment, all environmental demands were met. No unacceptable emissions were observed. Incineration of shredder residues do not limit the utilization of the bottom ash. The incineration of shredder residues might however increase the content of unleachable copper in the bottom ash.

The shredder residues examined in the experiment can be considered suitable for incineration.

3. Indledning og baggrund

I dag deponeres alt shredderaffald (SA) i DK på deponeringsenheder for farligt affald. Udvaskningstest af SA viser, at udvaskningen af DOC (opløst organisk kulstof) ligger lige

under eller over grænserne i Deponeringsbekendtgørelsen /1/, hvorfor fortsat deponering vil være vanskelig eller ikke mulig. Der er derfor behov for at finde et alternativ til deponering. Daværende miljøminister oplyste Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg ifbm. et spørgsmål i forlængelse af "AffaldsCamp`08", at der ikke kan træffes afgørelse om nedlukning af lossepladserne før, der er sikkerhed for, at det affald, der i dag deponeres, enten kan genanvendes, nyttiggøres eller forbrændes miljømæssigt forsvarligt. I relation til et forbud mod deponering af SA oplyste ministeren følgende: "Miljøstyrelsen vil vurdere, om f.eks. forbehandling af biler, nye regler for batterier og elektroniskrot betyder, at ikke alt SA længere skal klassificeres som farligt affald. Det vil betyde, at der skabes et bedre økonomisk incitament til at udnytte ressourcerne i affaldet frem for blot at deponere det. Forsøg med øget udsortering af metaller og efterfølgende forbrænding af SA kan gennemføres indenfor den eksisterende regulering."

Afgifterne på affald blev fra 2010 omlagt og forhøjet. Afgiften er udvidet til også at gælde farligt affald, og herunder SA. I 2012 vil taksten for farligt affald være 160 kr. pr. ton, og i 2016 vil den stige til 475 kr. pr. ton. Som følge heraf må man forvente, at SA-producenterne vil arbejde målrettet på, at udvikle deres sortering mhp. at kunne tilføre SA til affaldsforbrænding.

Det bør sikres, at metaller i SA genanvendes, energiindholdet udnyttes og, at mængden af affald til deponering minimeres.

Affalddanmarks medlemmer har på baggrund af ovenstående gennemført et forsøg med forbrænding af en del af SA på Amagerforbrænding. Det er denne delmængde, der refereres til, når der i det efterfølgende skrives shredderaffald (SA).

4. Formål

Formålet med forsøget er at vurdere om SA, der lever op til nogle af Miljøstyrelsen givne farlighedskriterier /8/ (se tabel 7.1.b) er forbrændingseget.

Indeværende rapport er tænkt til at give myndighederne et beslutningsgrundlag for at fastsætte regler for, hvornår SA kan karakteriseres som forbrændingseget affald.

Forsøget har ikke til formål at vurdere, hvorvidt forbrænding af SA giver langsigtede driftsproblemer i form af belægnings, korrosion eller lignende. En sådan undersøgelse vil kræve længere tids forbrænding af SA.

5. Affaldet

SA er restfraktionen fra neddeling af jern- og metalholdigt skrot i en shredder. Det er urent jern- og metalskrot som neddeles – f.eks. skrot fra genbrugsstationer 50-70% (barnevogne, brændeovne, cykler, hårde hvidevarer (excl. kølemøbler), plæneklippere, haveredskaber, havemøbler, etc.) og miljøbehandlede biler 10-20% (brændstof, olie, batterier, kofanger, glas mv. er fjernet). Den øvrige del stammer fra virksomheder mv. Den anførte fordeling er oplyst af Stenas, som værende repræsentativ for det metalskrot som de modtager, og dermed også for det SA, der er gennemført forsøg med her.

I shredderen sønderdeles skrottet, således at uønskede materialer (affald) kan fjernes fra jern og metal. I shredderen knuses affaldet indtil det når en størrelse, som kan passere gennem risten i shredderen. Efter shredderen kan skrottet udsorteres i tre hovedfraktioner:

- Magnetisk (jern + elmotorer)
- Tungt ikke magnetisk (metaller + affald (gummi, træ, glas, plastic, mv.))
- Let ikke magnetisk (affald (skumgummi, stof, plastic, mv.) + metaller)

De ikke-magnetiske fraktioner sorteres yderligere for ikke-magnetiske metaller. Herefter er SA tilbage.

Affaldet er således en uhomogen fraktion bestående af: Glas, gummi, træ, plastic, skumgummi, stofstykker, mv. Affaldet vil indeholde en rest af metaller, der ikke kan udsorteres grundet vedhæftning til andre materialer. De fleste dele er neddelt til størrelser under ca. 60 mm, men der forekommer lange emner (f.eks. slanger) < 1 meter.

Til forsøget er ovenstående proces modificeret således, at den fineste fraktion fra sorteretromlens cyklon ikke er medtaget i den affaldsfraktion, der er anvendt i forsøget.

6. Forsøget

Forsøget er planlagt ud fra et ønske om dels at simulere almindelig drift og samtidigt kunne isolere strømmene fra forsøget. Forsøget afviger fra almindelig drift, i det den ene af de to kraner har været manuelt betjent og tilkørslen har været styret af hensyn til forsøget. Dette blev gjort for at sikre, at kun et anlæg modtog SA og at dette skete i et kendt blandingsforhold. Hvilke strømme, der har kunnet isoleres er beskrevet i afsnittet om prøvetagning.

Forsøget var planlagt til at forløbe over to uger med en fast andel af SA. Forsøget blev startet i uge 13 (tilførsel og blanding startet om mandagen og indfyring startet tirsdag), men måtte afbrydes om mandagen i uge 14 pga. nedbrud hos Stena (forsøgsrunde A). Der blev ikke foretaget nogen analyser udover AMS-målinger (AMS = Automatisk Målesystem = Amagerforbrændings egne kontinuerte målinger).

Forsøget blev genoptaget i uge 18 (forsøgsrunde B), hvor forsøget blev gennemført som planlagt. På baggrund af erfaringerne fra uge 13 blev det besluttet at køre med et SA-lager som buffer i tilfælde af nedbrud. Af samme årsag blev det også besluttet at nedjustere andelen af SA fra 15% til 12%. Resultater, diskussioner og konklusioner vil alene blive baseret på forsøgsrunde B. AMS-målingerne fra forsøgsrunde A findes i bilag 9.

Tidspunkterne for gennemførelse af forsøgsrunderne blev valgt ud fra, at der på de givne tidspunkter kun var tre af Amagerforbrændings fire anlæg i drift. Dette blev gjort mhp. at have tilstrækkelig plads i siloen til, at der kunne dedikeres et område til aflæsning og opblanding. Herved kunne det sikres, at der blev indfyret en kendt andel af SA, og at der ikke blev indfyret SA på de øvrige anlæg.

6.1 Indfødning

SA blev i dagtimerne aflæsset i dedikeret område af siloen. Herfra blev der blandet med øvrigt affald i forholdet 1:7. Opblandingen og indfødningen skete med manuelt betjent kran i dagtimerne. I den resterende del af døgnnet og i weekender blev indfødningen foretaget med kran i automatik fra det område, hvor der i dagtimerne var opbygget lager af det affaldet, der var blevet opblandet i løbet af dagtimerne.

Modtagelse af SA blev startet dagen før start af indfyring for at have tid til at opbygge et tilstrækkeligt lager af opblandet affald.

6.2 Prøvetagning

Når der gennemføres fuldskala forsøg på et forbrændingsanlæg er der flere hensyn, der skal tages, når der planlægges prøvetagning:

- Driften og kunderne skal generes mindst muligt.
- Hvilke delstrømme kan isoleres.
- Forsøgsbetingelserne skal i videst muligt omfang ligne normal drift, så forsøgets konklusioner kan overføres direkte til dagligdagens normale drift af forbrændingsanlægget.

I det efterfølgende vil det blive beskrevet, hvorledes prøvetagning er sket før og under forsøget.

6.2.1 Affaldet

Prøvetagning af affaldet er foretaget af Stena. Der blev gennemført to prøvetagninger:

Hver ½ time ca. 15 gange dagligt er der udtaget en stikprøve på ca. 1 kg fra en faldende strøm.

For prøve 1 er der for nogle parametres vedkommende analyseret på dagsprøver (en dagsprøve er sammenstukket af døgnets stikprøver). For andre parametre er der foretaget analyse på en prøve sammenstukket af tre døgnstikprøver. Det fremgår af afsnit 7.1.1, hvilken prøve der analyseret på.

Formålet med prøve 1 var alene at dokumentere, at de i miljøgodkendelsen /8/ givne farlighedskriterier ikke var overskredne. Prøven blev udtaget 7., 9. og 10. marts 2011 forud for forsøgsrunde A.

Prøve 2 er sammenstukket af 14 dages stikprøver. Prøvetagningsperioden er sammenfaldende med forsøget, og affaldssammensætningen af denne prøve svarer derfor til den gennemsnitlige sammensætning, som er indfyret under forsøgsrunde B.

På laboratoriet blev prøverne neddelt, og der blev analyseret på dels neddelt materiale og dels på den del af prøven, som ikke kunne neddeles. Totalindholdet er herefter beregnet som vægtet gennemsnit af de to delfraktioner.

6.2.2 Røggas

Prøvetagning af røggassen er gennemført som præstationsmålinger og AMS-målinger (rågas og rengas). Rågassen er røggassen efter forbrænding og før røggasrensning. Rengassen er røggassen efter røggasrensning.

Præstationsmålinger

Der blev gennemført to sæt præstationsmålinger, på anlæg 2, hvor der blev medforbrændt SA og på anlæg 4, der blev anvendt som referenceanlæg. Der blev gennemført samtidige målinger 5.-6. maj 2011 og 11.-12. maj 2011 på de to anlæg.

Analyserne for dioxin, furaner og polychlorerede biphenyler (PCB) er foretaget på to gange to samtidige prøver udtaget over 6 timer d. 6. og 11. maj 2011.

Analyser for øvrige parametre er foretaget på to gange tre forskudte prøver udtaget over hver én time d. 5. og 12. maj 2011.

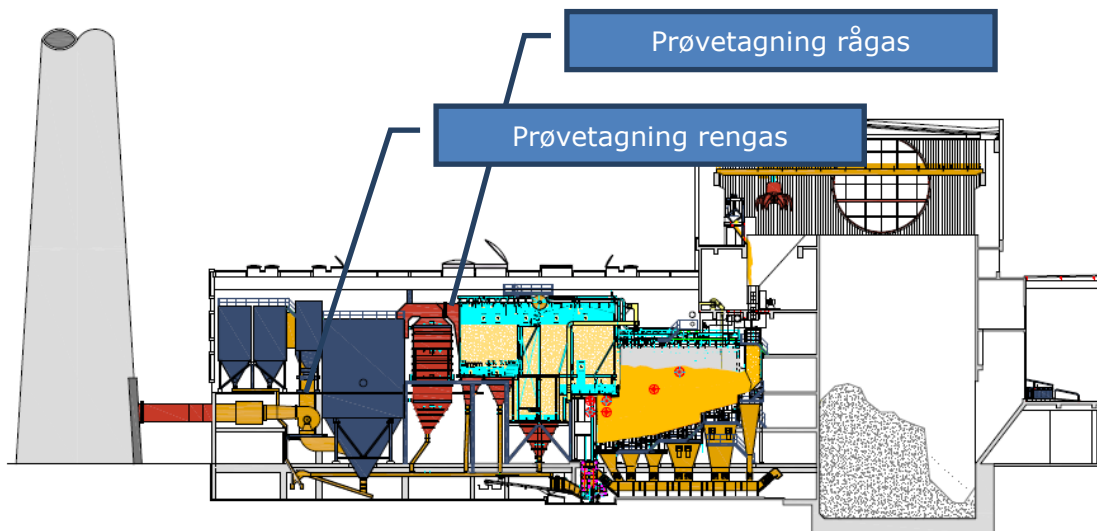
Prøverne er udtaget i røggaskanalen efter røggasrensning (SNCR, tør+semitør, aktivt kul og posefiltre).

AMS rågas

Der er foretaget kontinuert måling for saltsyre og svovldioxid på rågassen på alle anlæg; anlæg 2 med SA og anlæg 3 og 4 som referenceanlæg. Målingerne er foretaget hvert 15. sekund, men er her vist som 10 minutters middelværdier.

AMS rengas

Der er foretaget kontinuerede målinger for CO, TOC, SO₂, NO_x (NO og NO₂), NH₃, HCl og støv på rengassen (efter røggasrensningen) på alle anlæg; anlæg 2 med SA og anlæg 3 og 4 som referenceanlæg. Målingerne er foretaget hvert 15. sekund, men er her vist som 10 minutters middelværdier. Miljødøgnrapporter for samtlige primære og sekundære parametre findes i bilag 8 og 9.



Figur 6.2.a Tværsnit af Amagerforbrænding anlæg 1-4 (prøvetagningssted for rågas, AMS og præstationsmålinger)

6.2.3 Slagger

Der er blevet udtaget slaggeprøver tre gange jævnt fordelt over døgnet. Udtagningen er sket ved, at slaggen fra anlæg 2 er skiftet til nødbåndet svarende til ét skub med slaggepusheren.

Én gang i døgnet overførtes døgnets prøve til en samlet bunke for hele forsøget. Efter endt forbrændingsforsøg er den samlede prøvemængde (44,71 ton) overført til Meldgaard (30. maj 2011), hvor den er håndteret separat efter følgende procedure:

Efter ca. 5 måneders modning blev prøven sorteret, og der blev udtaget to prøver A og B til analyse som beskrevet i restproduktbekendtgørelsen /2/. Prøve A og B er udtaget således, at hvert stik er fordelt imellem de to prøver. Ved dobbeltbestemmelsen på prøve A er der udtaget to forskellige delmængder til analyse.

Bortset fra, at mængden er lavere end de normale slaggepartier på 5.000 ton, er slaggen fra forsøget behandlet i overensstemmelse med Meldgårds normale procedure, og prøven har således fået samme behandling som Amagerforbrændings øvrige slagge.

Der var kun mulighed for at isolere en del af strømmen fra forsøget. Den øvrige slagge genereret samtidigt med forsøget stammer således fra alle fire anlæg. Denne slagge indeholder mao. slagge fra forsøgsanlægget, og kan derfor ikke anvendes som reference til slaggen fra det anlæg, hvor der er gennemført forsøg. Der er derfor anvendt historisk data som referenceværdier.

Der foretages normalt ikke analyse for total-svovl på slaggen. Analyseprogrammet er derfor suppleret med total-svovl for slaggen fra forsøget. Der er foretaget analyse for total-svovl på én historisk slaggeprøve. Der var ikke mulighed for, at foretage yderligere analyser for total-svovl, da der ikke længere eksisterede historiske slaggeprøver. Den ene tilgængelige

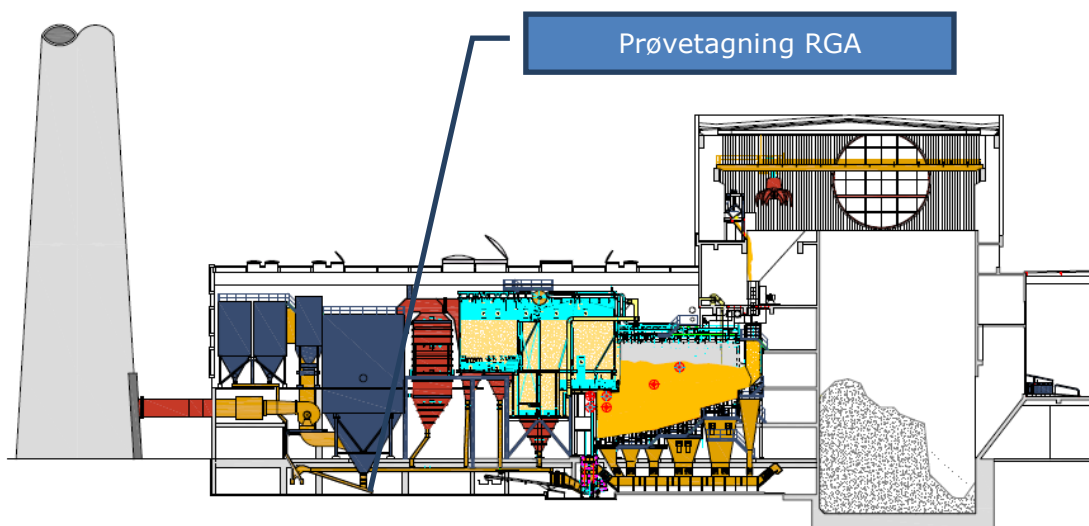
prøve stammede fra et slaggeparti, der i første omgang ikke kunne overholde kriterierne for kategori 3 /2/. Analysen for total-svovl er foretaget på prøve udtaget efter ekstra modningstid.

6.2.4 Røgasrensningsaffald (RGA)

RGA fra forsøgsanlægget blev kørt på egen redler og der blev udtaget tre prøver i døgnet under forsøget (én prøve kunne ikke udtages grundet fejl på redler). Der blev i alt udtaget 41 prøver á ca. 20 g.

Prøverne blev sammenstukket til én blandprøve for hele forsøget. Inden analyse blev prøven filtreret således, at partikler over 1 mm blev filtreret fra. Denne forbehandling er normal procedure for Amagerforbrændings RGA. Som kontrol af betydningen af forbehandling blev der gennemført tilsvarende analyser på en prøve, der ikke var blevet forbehandlet.

Der er anvendt historisk data som reference data. Alt historisk data er baseret på prøver, der har gennemgået den beskrevne forbehandling.



Figur 6.2b Tværsnit af Amagerforbrænding anlæg 1-4 (prøvetagningssted for røggasaffald).

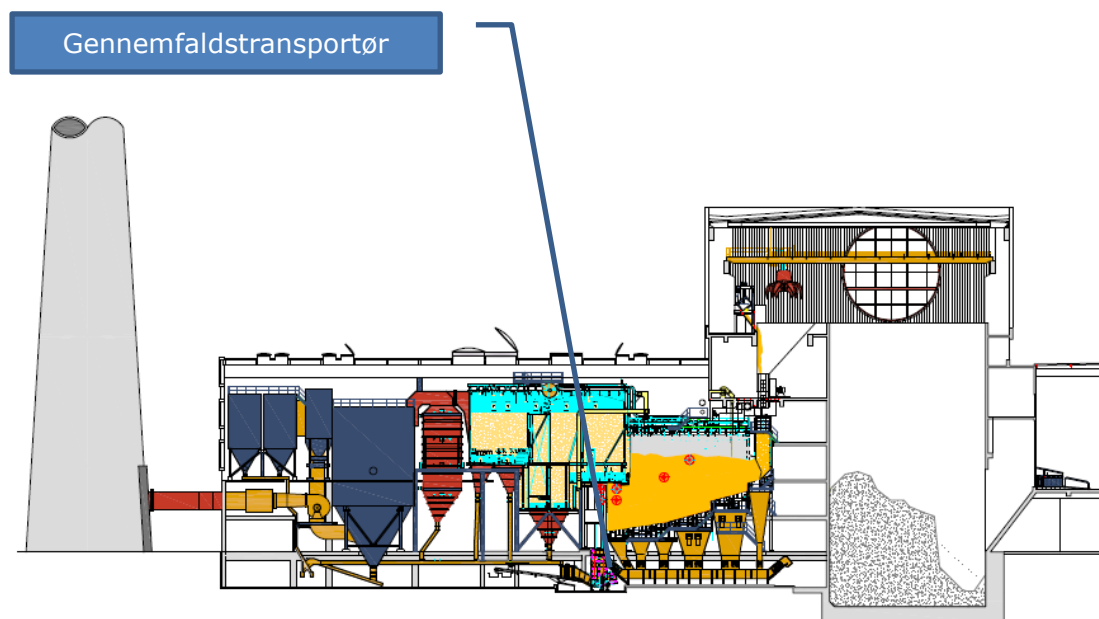
6.2.5 Spildevand

Amagerforbrænding har spildevand fra en vandfyldt gennemfaldstransportør. Vandet her fra blev tidligere tilsat flokkuleringsmiddel, udledt til sedimentationsbassin og pH-justeret med saltsyre inden det via pumpe blev udledt til marin recipient. Siden forsøget er denne praksis ændret således, at alt spildevand nu genbruges i processen.

I miljøgodkendelsen til forsøget er der stillet vilkår om, at der skal måles for dioxin. Målingen er ikke en del af forsøgets resultater, men er alene medtaget som egenkontrol. Når spildevandsstrømmen ikke er undersøgt nærmere, skyldes det dels, at spildevandsforholdene før og under forsøget er relativt anlægsspecifikke og dels, at Amagerforbrænding fremover ikke genererer spildevand.

Prøven blev udtaget som tidsproportional fra 16.-17. maj 2011. Da udledningen sker i pumpested svarer prøvetagningen til en flowproportional prøvetagning.

Der er ikke udtaget nogen referenceprøve, da spildevandsudledningen blev ændret mhp. afvikling umiddelbart efter, at forsøget blev afsluttet.



Figur 6.2.c Tværsnit af Amagerforbrænding anlæg 1-4 (gennemfaldstransportør)

7. Resultater

I dette afsnit er opstillet forsøgsresultater og referencedata. For en beskrivelse af kvalitetskontrollen af Amagerforbrændings egne målinger henvises til Amagerforbrændings kvalitetshåndbog for miljømålinger og rapportering /3/.

7.1 Affald

Som beskrevet i afsnit 6.2.1, er det prøve 2, der er udtaget af det affald, der er brugt i forsøget. Resultatet for prøve 1 er medtaget, da affaldet svarer til det, der er brugt i forsøget.

Analyseresultaterne for prøve 1 skulle desuden dokumenterer, at affaldet kunne overholde Miljøstyrelsens farlighedskriterier /8/ inden forsøget kunne sættes i gang.

7.1.1 Sammensætning

Analyserne er foretaget af Agrolab. Analyserapporter findes i bilag 1. I tabellen er alene medtaget de parametre, der har betydning for, hvorvidt SA er farligt eller ikke-farligt affald.

Del-prøve	Prøve 1					Prøve 2			
	A		B	C	D	2.-6. og 9.-13- maj 2011			
	7., 9. og 10. marts 2011		7. marts 2011	9. marts 2011	10. marts 2011				
	Neddelt	Ikke neddelt	Neddelt	Neddelt	Neddelt	Samlet	Neddelt	Ikke neddelt	Samlet
		5,97%				100%		<0,1%	100%
PCB₇	9,1	3,3				8,8	4,5	1,7	4,5
PAH	23,5	16,4				23,1	28,2	3,95	28,2
As	13	14				13,1	19	15	19
Cd		20	52	20	20	30,0	21	2,1	21
Cr		1.600	280	410	350	421,5	250	9.000	259
Cu		250.000	1.200	6.800	4.800 40.000	24.453,4	13.000	110.000	13.097
Zn		13.000	12.000	9.700	13.000	11.652,2	12.000	12.000	12.000
Pb		2.700	1.100	2.200	1.500	1.665,7	1.600	210	1.599
Ni		760	280	260	250	293,0	220	2.100	222

Tabel 7.1.a: Analyseresultater af affaldsprøver (mg/kg TS).

Værdierne for den samlede affaldsprøve findes i kolonnerne *samlet*. Værdierne er udregnet som et vægtet gennemsnit af den neddelte og ikke neddelte prøve. Ved beregning af det vægtede gennemsnit for prøve 2 er andelen af materiale, der ikke kunne neddeles, sat til 0,1% (oplyst af Agrolab til <0,1%). Hvor der er analyseret på døgnprøver, er indholdet udregnet som et gennemsnit af døgnprøverne. For delprøve D er der foretaget dobbeltbestemmelse for kobber. Der er her anvendt gennemsnittet af de to analyseresultater.

	Grænseværdi /8/	Prøve 1	Prøve 2
PCB ([PCB]=5×[PCB₇])	50	44	22
Arsen	1.000	13	19
Arsen+Cadmium+Chrom	30.000	465	299
Cadmium+Chrom	10.000	451	280
Bly	50.000	1.666	1.599
Cadmium	10.000	30	21
Chrom	1.000	422	259
PAH+Chrom+Arsen+Nikkel	1.000	751	528
Kobber+Nikkel	250.000	24.746	13.319
Nikkel	10.000	293	222
Zink+Arsen	50.000	11.665	12.019

Tabel 7.1.b: Farlighedskriterier i mg/kg. Fastsættelse af grænseværdierne er beskrevet i /8/.

7.1.2 Mængder og brændværdier

Vejninger af modtagne mængder er sket på Amagerforbrændings indvejningssystem. De indfyrede mængder er opgjort vha. Amagerforbrændings kranvægte. Modtagemønster fremgår af bilag 2 og indfyringsmønster fremgår af bilag 3.

Modtaget SA i alt	614,89 ton	12,4%
Indfyret i alt	4.958,79 ton	

Tabel 7.1.c: Indfyrede mængder under forsøgsrunde B.

		Prøve 1A (neddelt)	Prøve 2 (neddelt)
Nedre brændværdi	GJ/ton	13,6	14,8
Øvre brændværdi	GJ/ton	15,0	16,2
Askeindhold	%	34,8	35,1

Tabel 7.1.d: Brændværdier og askeindhold.

Brændværdier og askeindhold er bestemt af Agrolab. Analyserapporter findes i bilag 1.

7.2 Slagger

For slaggen ønskes det undersøgt, om SA har betydning for mulighederne for, at nyttiggøre slaggen. Herudover er det undersøgt, om forbrænding af SA har betydning for slaggens indhold af jern og ikke magnetiske metaller.

7.2.1 Sortering

D. 7. nov. 2011 blev slaggen sorteret med nedenstående resultat:

Totalvægt råslagge før modning	Totalvægt råslagge efter modning	Frasorteret			
		Stort jern	Småt jern	Ikke magn. metal	Sigterest
44,71 ton	46,40 ton	0,60 ton	1,80 ton	0,45 ton	1,00 ton
		51,7 kg/ton		9,7 kg/ton	

Tabel 7.2.a: Forsøgsresultater fra sortering af slagge (forsøgsrunde B).

Totalvægten før modning er målt på Amagerforbrændings indvejningssystem (tre vejninger), mens de øvrige vægte stammer fra frontlæsserens vejecelle. Totalvægten efter modningen er en sum af flere vejninger, mens øvrige vejninger fra frontlæsserens vejecelle er én vejning pr. fraktion.

Forskellen i de to totalvægte skyldes ændringer i vandindhold og relativ større usikkerhed på vejningen efter modning. Når sidstnævnte alligevel er valgt til at udregne jern- og metalmængderne pr. ton slagge, skyldes det ønsket om sammenlignelighed med historisk data.

Som referencedata er historisk data, der er baseret på Meldgaards registreringer ifbm. sortering af Amagerforbrændings slagge.

Produktionsperiode for slaggen	Totalvægt råslagge efter modning	Frasorteret jern	Frasorteret ikke magn. metal
Nov. 2008 – dec. 2009	78.788 ton	60,6 kg/ton	13,5 kg/ton
Jan. 2010 – dec. 2010	71.189 ton	54,3 kg/ton	12,0 kg/ton

Tabel 7.2.b: Historisk data fra sortering af Amagerforbrændings slagge.

Meldgaard har oplyst, at der ikke er sket ændringer i deres behandling, som kunne have betydning for effektiviteten for udsorteringen, og den historiske data må derfor antages at være sammenlignelig med forsøgsresultaterne. Dog kan ændringerne i affalds-sammensætningen over tid have betydning. Det skal desuden bemærkes at det historiske data, er baseret på meget større slaggemængder.

7.2.2 Analyse og kategorisering

Analysen af slagge er foretaget af Højvang¹ og Eurofins².

		Kategori /2/ 3	januar 2010-sept. 2010 ¹⁺²		Forsøgsresultater ^{1,3}			Ref. Feb. 2011 ^{2,3}
			Interval /9/ /9/	Middelv ærdi /9/				
					A	B		
TOC	% TS	3 ^{6/}	0,39-2,24	1,09	2,33		1,78	
Bly	mg/kg TS	>40	584-7.700	1.510	1.200		1.100	
Cadmium	mg/kg TS	>0,5	0,88-8,6	2,2	1,8		2.1	
Chrom, total	mg/kg TS	>500	82-230	126	87		96	
Chrom (VI)	mg/kg TS	>20						
Kobber	mg/kg TS	>500	2.000-6.200	3.310	8.100	14.000	13.000	
Nikkel	mg/kg TS	>30	55-190	109	160		190	
Zink	mg/kg TS	>500	2.200-8.600	4.020	4.500		6.300	
Arsen	mg/kg TS	>20	7-27	18	20		21	
Kviksølv	mg/kg TS	>1	0,01-0,09	0,05	<0,02		<0,20	
Svovl	mg/kg TS				8.800			17.000
<i>Eluat: L/S=2, ét trin, 24h</i>								
Klorid	g/l	0,15-3,00	0,830-2,000	1,418	1,200		1,300	
Sulfat	g/l	0,25-4,00	0,150-2,800	1,051	0,940		0,890	
Natrium	g/l	0,10-1,50	0,640-1,500	0,963	0,790		0,840	
Arsen	µg/l	8-50	1,4-7,4	4,87	6,1		4,9	
Barium	µg/l	300-4.000	0,35-110	69,4	133		145	
Bly	µg/l	10-100	0,5-32	4,075	0,4		3,0	
Cadmium	µg/l	2-40	0,04-0,2	0,058	0,15		0,133	
Chrom, total	µg/l	10-500	8,1-380	114	19		15	
Kobber	µg/l	45-2.000	195-1.900	973	550		315	
Kviksølv	µg/l	0,1-1	0,05-0,32	0,34	<0,2		<0,20	
Mangan	µg/l	150-1.000	0,005-2,4	0,37	<0,2		<0,2	
Nikkel	µg/l	10-70	1-13	6,25	5,0		4,9	
Selen	µg/l	10-30			3,7		2,9	
Zink	µg/l	100-1.500	5-90	17,3	8,7		13	

Tabel 7.2.c: Analyseresultater for slagge og kategorisering: Note 3: Analyserapporter findes i bilag 4.

7.3 Røggas

7.3.1 AMS-målinger

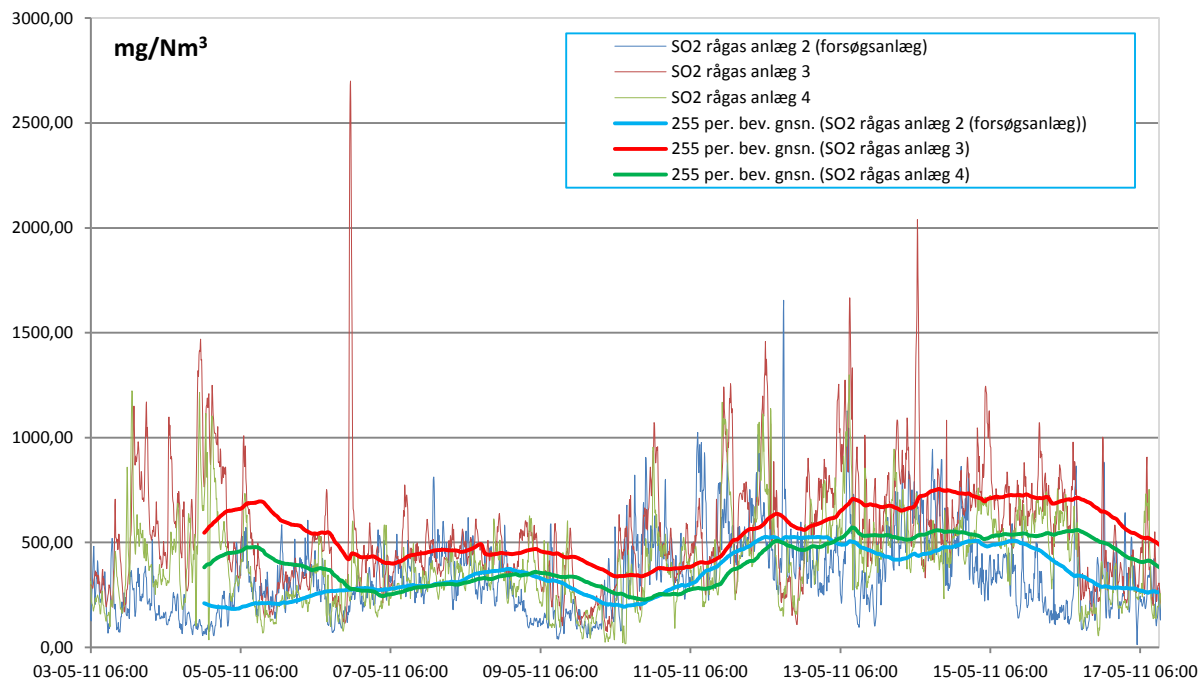
De maksimale halvtimes- og døgnmiddelværdier for forsøgsperioden var:

		Døgn- og B-krav	A-krav ³	Døgn-middelværdier		Halvtimes-middelværdier		
				Max	Antal over krav	Max	Antal over B-krav	Antal over A-krav
SO ₂	mg/Nm ³	60 ¹	210	25,5	0	66,6	1	0
HCl	mg/Nm ³	14 ¹	64	10,2	0	6,0	0	0
CO	mg/Nm ³	55 ²	105	2,3	0	89,9	-	0
TOC	mg/Nm ³	13 ¹	23	0,5	0	21,1	1	0
NH ₃	mg/Nm ³	14 ¹	34	0,9	0	2,3	0	0
NO _x	mg/Nm ³	240 ¹	440	171,0	0	184,1	0	0
Støv	mg/Nm ³	13 ¹	33	0,0	0	1,1	0	0

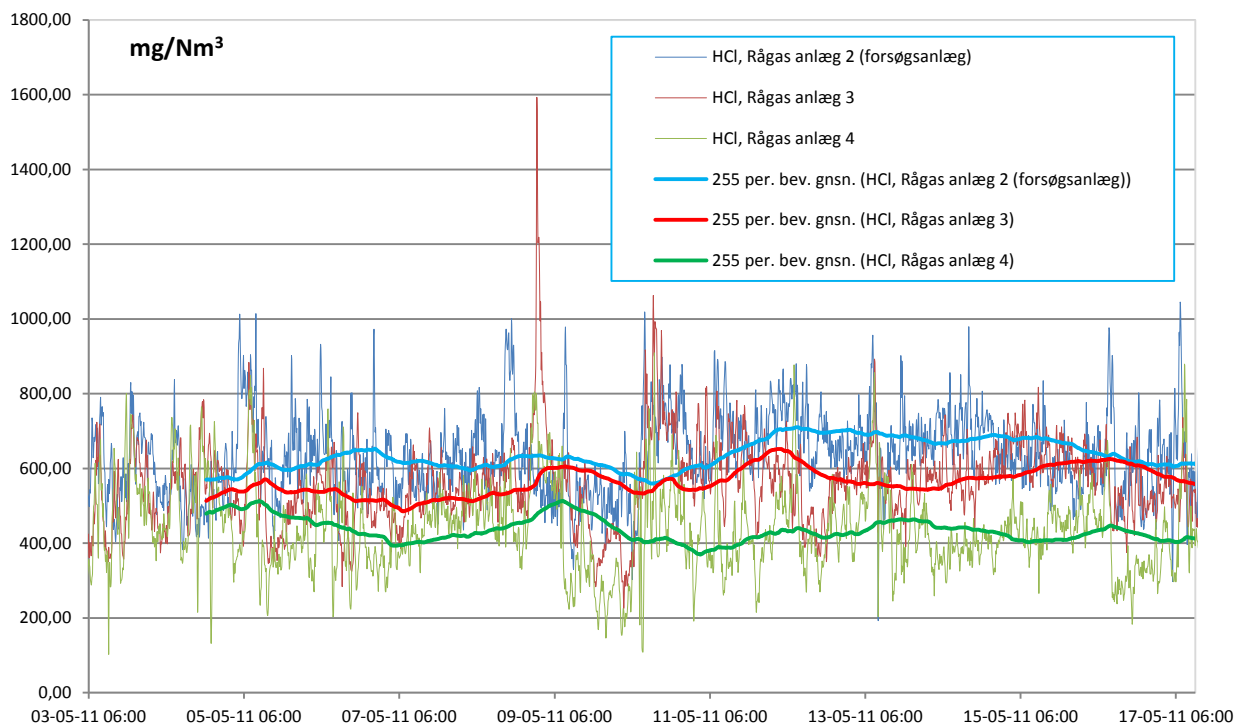
Tabel 7.3.a: Max halvtimes- og døgnmiddelværdier for røggas v. 1.013 mbar, 11% O₂. Konfidensintervaller er tillagt døgn- og halvtimeskrav. ¹Døgnmiddelværdierne skal altid overholde døgnkravet. B-kravet skal være overholdt 97% af driftstiden set over et kalenderår. ²Der findes ikke B-krav for CO. Værdien er alene et døgnkrav, der skal overholdes i 97% af driftstiden set over et kalenderår. ³Alle halvtimesmiddelværdier skal overholde A-krav under normal drift.

Nedenfor er AMS-målingerne vist som kurver baseret på 10 minutters middelværdier. I Bilag 8 findes døgnrapporter for forsøgsanlægget med halvtimesmiddelværdier for forsøgsperioden. Her i findes desuden CO, TOC, ammoniak, NO_x, støv, EBZ-temperaturer og sekundære parametre. Målingerne er ikke fradraget de respektive konfidensintervaller, idet disse i stedet er tillagt grænseværdierne.

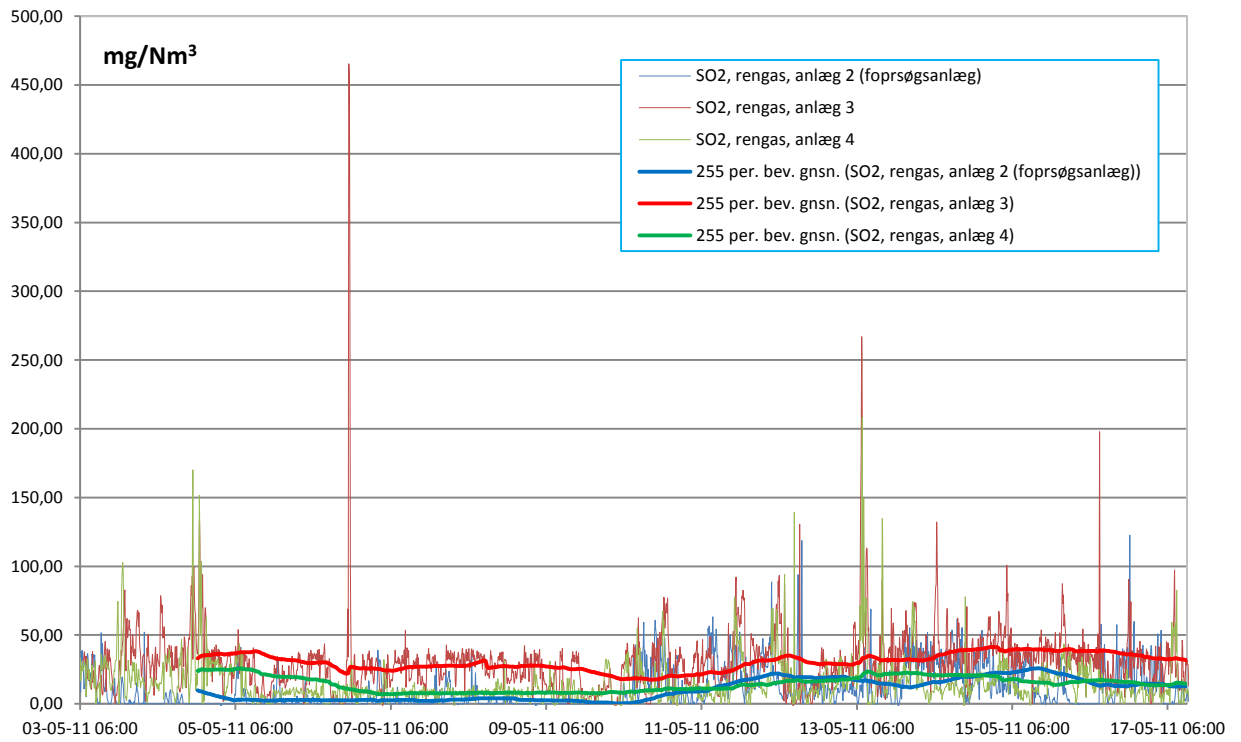
Der er vist kurver for svovldioxid for rågas (figur 7.3.a) og rengas (figur 7.3.c og figur 7.3.d), saltsyre for rågas (figur 7.3.b) og rengas (figur 7.3.e).



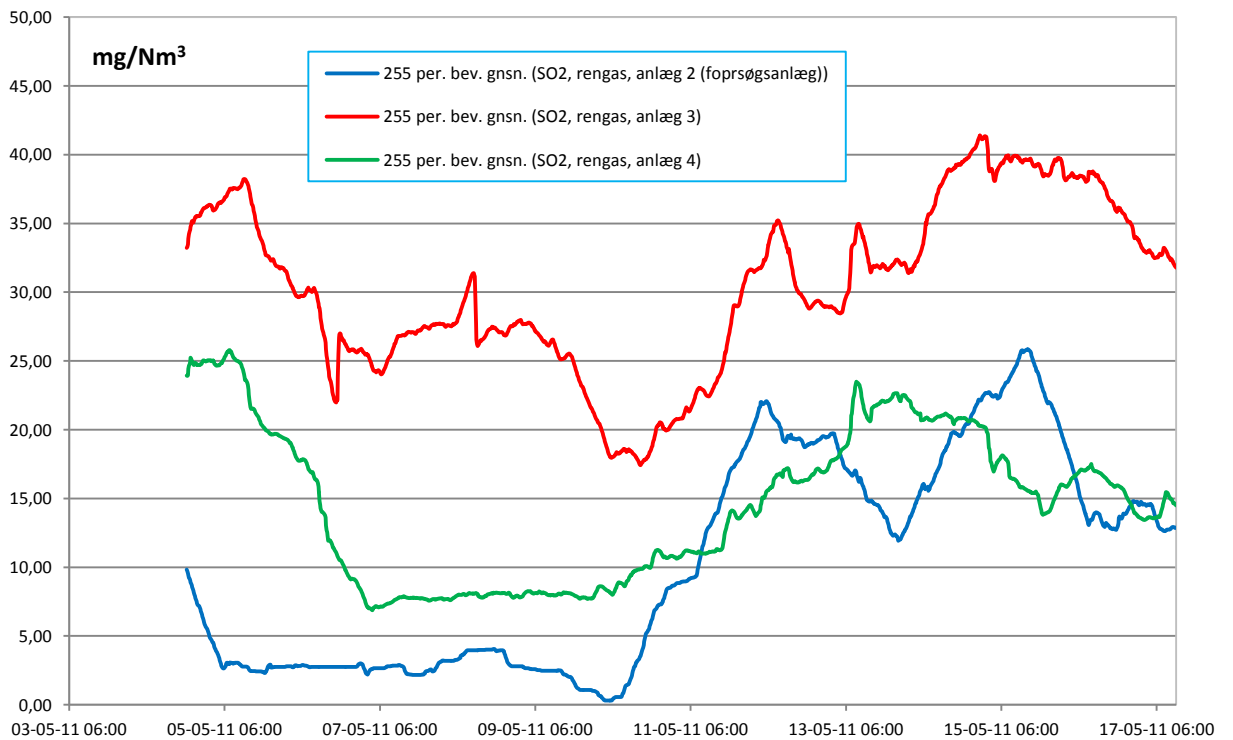
Figur 7.3.a: Rågasmålinger for svovldioxid (10 min. middelværdier m. trendkurver (bev. Gennemsnit)).



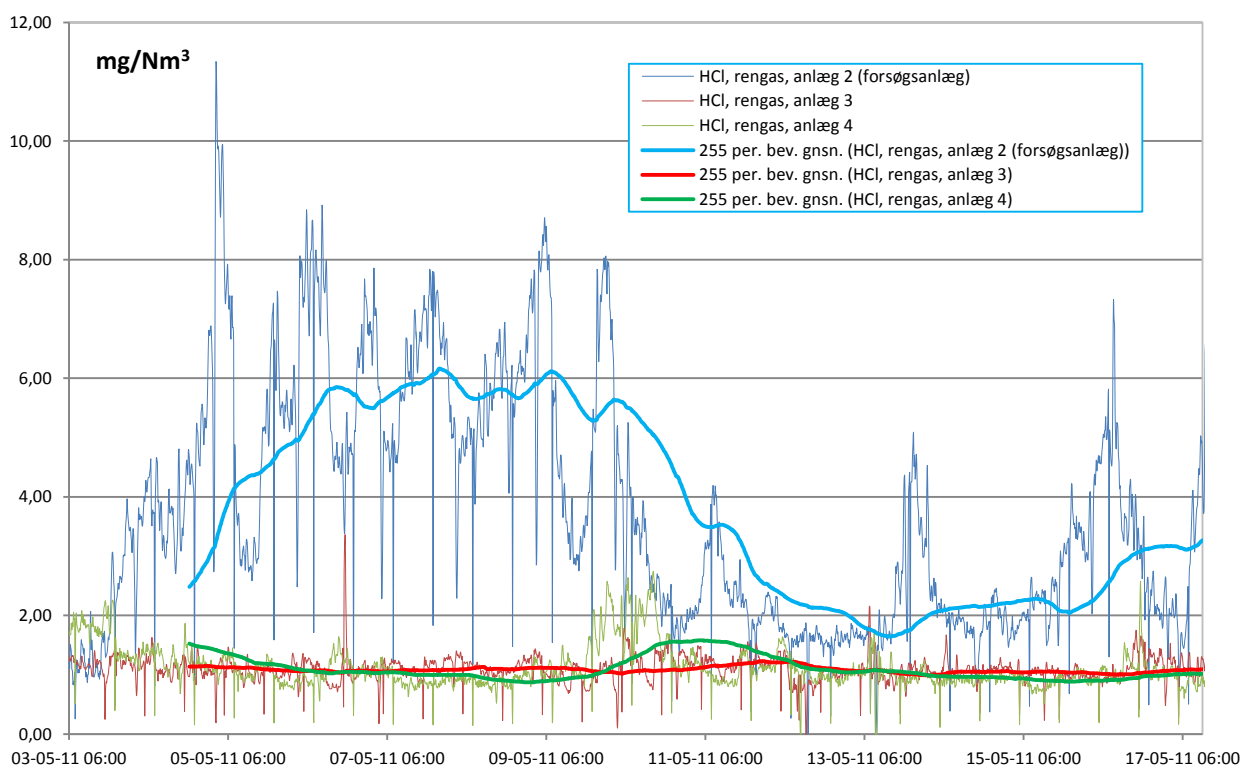
Figur 7.3.b: Rågasmålinger for saltsyre (10 min. middelværdier m. trendkurver (bev. Gennemsnit)).



Figur 7.3.c: Rengasmålinger for svovldioxid (10 min. middelværdier m. trendkurver (bev. gennemsnit)).



Figur 7.3.d: Rengasmålinger for svovldioxid (trendkurver bev. gennemsnit for 10 min. middelværdier). Samme figur som 7.3.c med alternativ skalering.



Figur 7.3.e: Rengasmålinger for saltsyre (10 min. middelværdier m. trendkurver (bev. gennemsnit)).

7.3.2 Præstationsmålinger

Målingerne er gennemført af Eurofins. I tabellen er opgivet gennemsnittet af analyseresultaterne for de enkelte måledage. Resultaterne for de enkelte prøver kan ses i analyserapporten, som findes i bilag 5. Hvor der er opgivet sum-parametre, kan analyseresultaterne for de parametre, der indgår i summen kan ses i bilag 5.

		5. maj 2011		12. maj 2011		Grænseværdi /6/
		Forsøgsanlæg	Reference	Forsøgsanlæg	Reference	
HF	mg/Nm ³	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2
CD+TI	mg/Nm ³	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,05
Kviksølv	mg/Nm ³	0,0052	0,015	0,0082	0,0019	0,05
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	mg/Nm ³	<0,007	<0,005	<0,008	<0,006	0,5
PAH /5/	µg/Nm ³	<0,03	<0,02	<0,02	<0,04	5

Tabel 7.3.b: Præstationsmålinger metaller og PAH for røggas v. 1.013 mbar, 11% O₂.

		6. maj 2011		11. maj 2011		Grænseværdi /6/
		Forsøgsanlæg	Reference	Forsøgsanlæg	Reference	
Dioxiner+furaner (I-TEQ /7/)	ng/Nm ³	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	0,1
PCB₇	µg/Nm ³	0,010	0,0011	0,012	0,010	-

Tabel 7.3.c: Præstationsmålinger, dioxiner, furaner og PCB for røggas v. 1.013 mbar, 11% O₂.

7.4 Røggasrensningsaffald (RGA)

Nedenstående analyser af røggasaffaldet er foretaget af Eurofins.

		Dec. 2010	Jan. 2011	Feb. 2011	Marts 2011	Apr. 2011	3.-17. maj 2011	
		Forbehandlet	Forbehandlet	Forbehandlet	Forbehandlet	Forbehandlet	Forbehandlet	Ikke forbehandlet
Svovl	mg/kg TS	45.000	44.000	41.000	38.000	38.000	43.000	42.000
Bly	mg/kg TS	1.400	1.900	1.900	2.500	2.400	3.800	3.500
Cadmium	mg/kg TS	79	88	91	94	96	140	130
Kviksølv	mg/kg TS	7,8	9,5	11	10	8,4	9,9	8,6

Tabel 7.4.a: Analyseresultater for røggasaffald(RGA): Analyserapporterne findes i bilag 7.

		Anlæg 2 (forsøgsanlæg)	Anlæg 3	Anlæg 4
Totalt kalkforbrug under forsøg	ton	70	82	93
Kalkforbrug pr. ton affald	kg/ton	13	15	17

Tabel 7.4.b: Kalkforbrug under forsøg.

7.5 Spildevand

I prøven blev dioxinindholdet målt til 0,004 ng/l (I-TEQ /7/). Der er i miljøgodkendelsen ikke opstillet nogen grænseværdi, men i BREF-noten for forbrændingsanlæg /4/ er der opstillet en grænseværdi for dioxin på 0,01 – 0,1 ng/l (I-TEQ). Spildevandsanalysen og prøvetagning er foretaget af Eurofins. Analyserapporten findes i bilag 6.

8. Diskussion

8.1 Affaldet

Det har ikke entydigt kunnet afdækkes /11/, hvorfor SA er karakteriseret som farligt affald. Det har derfor været nødvendigt at opstille nogle farlighedskriterier. Miljøstyrelse opstillede i miljøgodkendelsen /8/ til forsøget en række farlighedskriterier. De opstillede farlighedskriterier tager udgangspunkt i Affaldsbekendtgørelsens bilag 4 /10/ og Miljøstyrelsens forundersøgelser vedr. shredderaffaldets farlighed /11/.

De givne farlighedskriterier /8/ drejer sig alene om farlighed. Miljøstyrelsen har i valg af parametre er forudsat, at det er vurdering af affaldet, der skal sendes til forbrænding /8/.

Det tilladte indhold af metaller er imidlertid meget højt ifht. at der er tale om affald til forbrænding. Metalindholdet i forsøgets SA ligger da også langt under det, de 38% der er tilladt ifht. Farlighedskriterierne /8/. Summeres de metaller, der indgår i farlighedskriterierne fås der for de to affaldsprøver henholdsvis 3,9% og 2,7%.

PCB, chrom og nikkel er de parametre, der vurderes mest kritiske ifht. Farlighedskriterierne. I det hele taget udgør partikler af rene metaller et problem, når affaldets totalindhold skal bestemmes. F.eks. vil et lille stykke ledning i en prøve give et forkert billede af affaldets farlighed.

Der er ikke foretaget en grundlæggende karakterisering /1/ af den rest, der er sorteret fra, ifht. det der i dag deponeres. Det vides således ikke, om denne restfraktion er deponeringsegnet eller om der skal findes en anden behandlingsløsning til denne del af affaldet.

Brændværdier på 13,6 og 14,8 GJ/ton viser at SA udgør en energiressource. SA har uden problemer kunnet håndteres ifbm. indfødning.

Under forsøgsrunde A konstateredes belægninger på overhederne. Analyse af varmegennemgangstallene viste imidlertid, at belægningsdannelsen var startet før forsøget. I forsøgsrunde B kom der ingen belægninger. Belægningsdannelsen kunne således ikke henføres til forbrænding af SA. Analysen af varmegennemgangstallene er ikke medtaget i indeværende rapport.

8.2 Røggas

Det ses af resultaterne for svovldioxid i rågassen (figur 7.3.a), at der i forsøgets sidste halvdel er sket en stigning i affaldets indhold af svovl. Tendensen ses både for forsøgsanlægget og de øvrige anlæg. Tendensen kan således ikke tilskrives forbrænding af SA.

Det kan desuden ses, at bortset fra i starten af forsøget, så er affaldet indfyret sammen med SA på forsøgsanlægget og affaldet indfyret på anlæg 4 sammenligneligt affald. Årsagen, at der i starten er forskel, skal findes i, at blandingen er lavet dagen inden indfyringen er påbegyndt.

Anlæg 3 har fået en højere andel af erhvervsaffald med gipsrester (gips er ikke tilladt i affald til forbrænding, men forekommer i mindre varierende mængder). Dette ses ved, at svovldioxiden ligger højere i rågassen på anlæg 3 end for de øvrige anlæg. Dette stemmer overens med aflæsemønstret.

Rågassen på forsøgsanlægget (figur 7.3.b) viser, at der er et forhøjet indhold af saltsyre. Dette må formodes at skyldes, at SA indeholder PVC. På anlæg 3, der har modtaget en højere andel erhvervsaffald ses et forhøjet indhold af saltsyre ifht. Anlæg 4. Der er ikke foretaget totalanalyse af affaldets indhold af klor.

Sammenlignes svovldioxid for forsøgsanlæg og anlæg 4 (figur 7.3.c+d) ses, at svovldioxiden i rengassen følger indholdet i rågassen. Kalkdoseringens setpunkt for saltsyre er ikke overskredet i forsøget, hvorfor rågassens indhold af svovldioxid har været styrende for kalkdoseringen. Dette er årsagen til det lave svovldioxid i rågassen i starten af forsøget giver højt saltsyreindhold i rengassen. I forsøgets sidste del øges kalkdoseringen pga. øget svovldioxid i rågassen, hvilket resulterer i øget saltsyrefjernelse.

D. 16. maj kl. 18⁰⁰-18³⁰ gav svovldioxidindholdet en forhøjet halvtimesmiddelværdi på forsøgsanlægget. B-kravet blev overskredet. B-kravet skal overholdes i 97% af driftstiden. Driftstiden for forsøget er 339 timer, hvilket vil sige, at der skal være mindst 657 halvtimesmiddelværdier under og max 21 over B-krav. Miljøkravet er således overholdt. Årsagen er, at der er blevet blandet med affald med relativt højt indhold af gips. Dette underbygges af, at der på anlæg 3 ses den samme stigning i både rå- og rengas (figur 7.3.a og 7.3.c+d).

D. 13. maj kl. 10⁰⁰-10³⁰ er der en forhøjede halvtimesmiddelværdier for CO og TOC. Dette skyldtes en fejl på kondensatpumpe, der forårsagede et kortvarigt turbinetrip. De forhøjede værdier kan således ikke tilskrives forbrænding af SA.

Præstationsmålingerne (se tabellerne 7.3.b og tabel 7.3.c) er udført dels på forsøgsanlæg og dels på anlæg 4. Som tidligere nævnt har de to anlæg modtaget sammenligneligt affald, hvorfor det vurderes, at præstationsmålingerne på anlæg 4 kan anvendes som reference.

Af præstationsmålingerne ses, at samtlige grænseværdier /6/ er overholdte. Eneste parameter, der ligger over detektionsgrænsen er kviksølv og PCB.

Under den første målerunde ligger resultatet for kviksølv for forsøgsanlægget en faktor tre under referenceanlægget. Under den anden målerunde ligger referenceanlægget en faktor 4 under forsøgsanlægget. Der kan på baggrund af de opnåede resultater ikke påvises, at forbrænding af SA påvirker emissionen af metaller, PAH, HF eller dioxiner+furaner. Det skal bemærkes, at prøverne er udtaget efter røggasrensningen.

Analysen for PCB₇ er ligeledes udtaget efter røggasrensningen. Under første målerunde ligger referencemålingen en faktor 10 under forsøgsanlægget. Under anden målerunde ligger de to værdier på samme niveau. PCB i affaldet vil i vid udstrækning blive nedbrudt for derefter at blive gendannet og til sidst fjernet i røggasrensningen (indblæsning af aktivt kul). Tidligere undersøgelser har vist, at mere PCB bliver nedbrudt end dannet under forbrænding /12/. Disse undersøgelser konkluderer, at emissionen af PCB i vid udstrækning er uafhængig af indholdet i affaldet /12/. Dette stemmer udmærket overens med resultaterne fra forsøget.

8.3 Slagger

Slaggen fra forsøget er kategori 3 /2/ og genanvendelsesmulighederne er således ikke begrænset ved forbrænding af SA.

Kigges på parameterniveau bliver billedet mere uklart. Nogle parametre indikerer en forbedret slagge, mens andre indikerer en forringelse.

Totalindholdet af kobber er forhøjet. Mens udvaskningen af kobber synes upåvirket eller let forbedret. Det kan med andre ord ikke afvises, at forbrænding af SA kan øge totalindholdet af kobber. Det kan dog ikke afvises, at det forhøjede kobberindhold skyldes usikkerhed ved prøvetagning. Indeholder slaggeprøven et lille stykke ledning vil det påvirke resultatet meget kraftigt.

Udvaskning af barium synes let forhøjet men overholder stadig kravet for kategori 1 /2/. Resultatet er dog ikke markant højere, hvorfor det ikke kan konkluderes, at forbrænding af SA har en negativ effekt på udvaskbarheden af barium.

Udvaskning af bly synes let forbedret. Dette kan ikke umiddelbart forklares, da blyindholdet i SA ligger højere end for almindeligt forbrændingsegnet affald /13/.

Mængden af jern og ikke-magnetiske metaller, der kunne udsorteres af slaggen ligger lidt lavere end reference data. Om end datagrundlaget fra forsøget er relativt småt, så synes det ikke usandsynligt, at udsortering af jern og ikke-magnetiske metaller inden forbrænding kan ses på mængden, der kan udsorteres fra slaggen.

8.4 Røggasaffald

I røggasaffaldet ses et normalt niveau af svovl. Mens koncentrationerne af bly og cadmium er væsentligt forhøjede.

De forhøjede parametre skyldes dels en opkoncentrering i røggasaffaldet som følge af det lave kalkforbrug og dels et højere indhold.

Sammenholdes den forøgede fjernelse af svovldioxid med det lave kalkforbrug på forsøgsanlægget viser det, at der under forsøget en positiv effekt på den sure røggasrensning (Sor-bacal kombineret med en semitør røggasrensning) i form af bedre rensning og mindre røggasaffald. Den positive effekt kan skyldes et mere idéelt klor/svovldioxid-forhold og/eller bedre opblanding i silo.

Indholdet af kviksølv er normalt.

8.5 Spildevand

Analyse af spildevandet viste, at grænseværdien for dioxiner+furaner var overholdt. Der er på baggrund af de opnåede resultater ikke muligt at sige, om forbrænding af SA har nogen betydning for spildevandets kvalitet, da der ikke har kunnet foretages en referencemåling.

Amagerforbrændings spildevand stammede fra en vandfyldt gennemfaldstransportør. Undersøgelserne af spildevandet er her primært medtaget som egenkontrol.

9. Konklusioner

Forsøgets SA er ikke farligt affald. Ifht. De opstillede kriterier er parametrene PCB, nikkel og chrom de mest kritiske for om SA kan karakteriseres som ikke-farligt.

Kalkforbruget og mængden af røggasaffald reduceres. Denne positive effekt kan ikke entydigt henføres til forbrænding af shredderaffald, i det opblandingen i siloen også har stor betydning.

Slaggen fra forsøget er kategori 3 /2/. Det kan dog ikke afvises, at forbrænding af SA øger totalindholdet af kobber i slaggen. Udvaskbarheden af kobber påvirkes ikke. På trods af det forhøjede kobberindhold giver forbrænding af SA ingen begrænsninger i mulighederne for nyttiggørelse af slagterne fra affaldsforbrænding.

Samtlige miljøkrav til røggassen er overholdte. Der er ikke konstateret forøgelse af røggasemissioner.

Forbrænding af SA har ikke givet anledning til problemer ifht. overholdelse af miljøkrav og det giver ingen begrænsninger i mulighederne for nyttiggørelse af slaggen. Det må på denne baggrund konkluderes, at det SA, der er lavet forsøg med, kan karakteriseres som forbrændingsegnet.

10. Oversigt over figurer og tabeller

Figur 5.a	Principdiagram for Stenas shredder- og sorteringsanlæg
Figur 6.2.a	Prøvetagningssted for røggas
Figur 6.2.b	Prøvetagningssted for røggasaffald
Figur 6.2.c	Gennemfaldstransportør
Figur 7.3.a	Rågasmålinger for svovldioxid
Figur 7.3.b	Rågasmålinger for saltsyre
Figur 7.3.c	Rengasmålinger for svovldioxid
Figur 7.3.d	Rengasmålinger for svovldioxid (trendkurver m. alternativ skalering)
Figur 7.3.e	Rengasmålinger for saltsyre
Tabel 7.1.a	Analyseresultater, affald
Tabel 7.1.b	Farlighedskriterier for affald
Tabel 7.1.c	Indfyrede affaldsmængder
Tabel 7.1.d	Brændværdier og askeindhold
Tabel 7.2.a	Resultater for sortering af slagger
Tabel 7.2.b	Historisk data for sortering af Amagerforbrændings slagger
Tabel 7.2.c	Analyseresultater og kategorisering af slagger
Tabel 7.3.a	Max halvtimes- og døgnmiddelværdier
Tabel 7.3.b	Præstationsmålinger, metaller og PAH for røggas
Tabel 7.3.c	Præstationsmålinger, dioxiner, furaner og PCB for røggas
Tabel 7.4.a	Analyseresultater for røggasaffald
Tabel 7.4.b	Kalkforbrug under forsøg

11. Referencer

- /1/ Bekendtgørelse nr. 252 af 31. marts 2009 om Deponeringsanlæg.
- /2/ Bekendtgørelse nr. 1662 af 21. dec. 2010 om anvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder og om anvendelse af sorteret, uforurenede bygge- og anlægsaffald af.
- /3/ Amagerforbrændings Kvalitetshåndbog for Miljømålinger og Rapportering, Amagerforbrænding 2011.

- /4/ Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006
- /5/ Miljøstyrelsens vejledning 2/2001
- /6/ Amagerforbrændings miljøgodkendelse, 10. februar 2009
- /7/ Standard EN1948
- /8/ Amagerforbrændings miljøgodkendelse, 25. marts 2011, Tidsbegrænset tillæg for forsøg med forbrænding af shredderaffald.
- /9/ I/S Amagerforbrænding, Miljøforhold 2010, Resumérapport
- /10/ Bekendtgørelse nr. 224 af 7. marts 2011 om Affald – *Affaldbekendtgørelsen (nuværende gældende – bilag 4 er uændret ifht. den der var gældende da /8/ blev givet)*
- /11/ Forprojekt til analyse af shredderaffald ifht. farlighed, Miljøprojekt 1374, Miljøstyrelse 2011
- /12/ Journal of Hazardous Materials 190 (2011) 8-27: Automotive Shredder Residue (ASR): Reviewing Its Production from End-of-Life-Vehicles (ELV) and its Recycling, Energy or Chemicals' Valorisation.
- /13/ Affaldsteknologi, red. Thomas Højlund Christensen, Teknisk Forlag 1998

12. Bilag

- Bilag 1: Affaldssammensætning, analyserapporter
- Bilag 2: Modtagemønster
- Bilag 3: Indfyringsmønster
- Bilag 4: Slaggeanalyser
- Bilag 5: Præstationsmålinger for røggas
- Bilag 6: Analyse af spildevand
- Bilag 7: Analyse af røggasrensningssaffald
- Bilag 8: Døgnrapporter for AMS-målinger, forsøgsrunde B
- Bilag 9: Døgnrapporter for AMS-målinger, forsøgsrunde A