



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Fuldskala forbrændingsforsøg med imprægneret træaffald

Miljøprojekt nr. 1936

Maj 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Lone Berg Frederiksen, Teknologisk Institut

Peter Bøgh Pedersen, Teknologisk Institut

Jan Hinnerskov Jensen, Teknologisk Institut

Thomas Mark Venås, Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-93529-94-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Forord	5
Sammenfatning og konklusion	6
English summary	8
Indledning og formål	10
1. Neddeling og prøvetagning af imprægneret træaffald	12
1.1 Prøvetagningspartiet	12
1.2 Neddeling af indsamlet imprægneret træaffald	14
1.3 Prøvetilberedning af delprøve til laboratorieprøver	15
1.4 Prøveforberedelse i laboratorie til kemiske analyser	16
1.5 Generelle betragtninger om prøvetagningen	16
1.6 Konklusioner omkring indsamling, prøvetagning og neddeling	17
2. Forsøgsplanlægning og forbrændingsforsøg	18
2.1 Forbrændingsforsøg og prøveudtagning.....	19
2.2 Konklusion	24
3. Arbejdsmiljø og driftsmæssige konsekvenser	25
3.1 Affaldscenter Skårup	25
3.2 Forbrændingsanlægget Renosyd.....	26
4. Analyseresultater	28
4.1 Kemiske analyseresultater.....	30
4.2 Massestrømsdata anvendt til LCA	36
4.3 Genfindingsanalyser	40
Referencer	42
Bilag 1 Flowdiagram for repræsentativ prøvetagning af imprægneret træaffald	43
Bilag 2 Oversigt over kemiske analysemetoder	44

Forord

Nærværende rapport er en beskrivelse af et fuldskala forbrændingsforsøg gennemført med henblik på at foretage en miljømæssig og samfundsmæssig økonomisk vurdering af den mest hensigtsmæssige håndtering af imprægneret træaffald. Forsøget blev udført af Teknologisk Institut hos affaldsvirksomheden Renosyd I/S i juni 2014. Rapporten indgår i en række undersøgelser vedrørende bedre ressourceudnyttelse, hvori såvel den miljømæssige som den samfundsøkonomiske konsekvens for forskellige scenarier vedr. affaldshåndtering af imprægneret træ, træ til genanvendelse, fjernvarmerør samt shredderaffald undersøges. Programledelsen af disse projekter er overordnet håndteret og koordineret af Deloitte.

Med afsæt i ressourcestrategien *Danmark uden affald*, der har som målsætning, at Danmark skal blive mere ressourceeffektivt, er behandlingsmulighederne for imprægneret træaffald i Danmark og udlandet undersøgt og sammenholdt med hinanden og den nuværende praksis for behandling af imprægneret træaffald. Nærværende undersøgelse omfatter således to forbrændingsforsøg, der afdækker to af disse scenarier. Det ene forsøg er gennemført som dedikeret forbrænding, dvs. forbrænding af udelukkende imprægneret træaffald. I det andet forsøg er der tale om medforbrænding, det vil sige, at det trykimprægnerede træ er blandet med almindeligt affald til forbrænding. I rapporten *Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald* er disse 2 scenarier (i rapporten benævnt scenarie 4 og 5) sammenlignet med miljøprofilen for den nuværende situation (scenarie 0), ét scenarie, hvor træet deponeres i Danmark (scenarie 1), et scenarie, hvor der anvendes en forgasningsproces (scenarie 2), samt et scenarie, hvor det forbrændes på træfyret kraftværk i Tyskland (scenarie 3).

Projektet er gennemført i samarbejde med Miljøstyrelsen, hvor Civilingeniør Thilde Fruergaard Astrup og Miljøingeniør Katrine Hauge Smith var kontaktpersonerne. Endvidere blev der nedsat en følgegruppe bestående af:

Leif Andersen Slot, Frøslev Træ
Bjarne Lund Johansen, Træinformation
Kirsten Bojsen, Vestforbrænding I/S
Hanne Johnsen, Dansk Affaldsforening
Kim Nytofte-Bæk, RGS90 A/S
Finn Pedersen, Marius Pedersen A/S
Morten Carlsbæk, DAKOFA
Svend-Erik Jepsen, Dansk Industri

Endvidere har følgende deltaget i følgegruppen:
Deloitte (programkoordinator)
Teknologisk Institut (faglig leverandør)

Teknologisk Institut, 2017

Sammenfatning og konklusion

Indledning

Denne rapport er udarbejdet af Teknologisk Institut, og omfatter tests og analyser af forbrænding af imprægneret træaffald. Med afsæt i ressourcestrategien *Danmark uden affald*, der har som målsætning, at Danmark skal blive mere ressourceeffektivt, er behandlingsmulighederne for imprægneret træ i Danmark og udlandet undersøgt. Der er tidligere gennemført en række undersøgelser af behandling af træaffald indeholdende imprægneret træ. Disse er nærmere beskrevet i delrapporten *Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald*.

Formålet med nærværende undersøgelse (fuldskalaforsøg) er at tilvejebringe datagrundlag til en livscyklusvurdering samt samfundsøkonomisk analyse af behandlingsscenarier, der beskriver henholdsvis dedikeret forbrænding og medforbrænding af imprægneret træ på et repræsentativt affaldsforbrændingsanlæg. Der er således udført to fuldskala forbrændingsforsøg med henholdsvis dedikeret forbrænding (dvs. forsøg, hvor der udelukkende blev brændt imprægneret træaffald) og 10 % medforbrænding sammen med en blanding af erhvervsaffald og dagrenovation (herefter omtalt som almindeligt forbrændingseget affald).

Forbrændingsforsøgene er udført som fuldskalaforsøg ved kraftvarmeværket Renosyd I/S, lokaliseret ved Skanderborg. Kraftvarmeværket producerer el og varme af det affald, der ikke kan genanvendes og værket er løbende udbygget, med særlig fokus på at eliminere emissioner i forbindelse med forbrændingsprocessen og sikre optimal energiudnyttelse. Ved valget af Renosyd til forbrændingsforsøgene anvendes et kraftvarmeværk, der følger BAT (Best Available Technology) inden for dette felt, og er karakteriseret ved at have et anlæg med en mindre forbrændingskapacitet.

Resultater og metode

Det imprægnerede træaffald, der anvendes til disse forsøg er indsamlet på Renosyds fem genbrugspladser (Galten, Hørning, Odder, Ry og Skanderborg). Opdelingen af almindeligt træaffald og imprægneret træaffald er således udført af brugerne af de fem genbrugspladser. For at sikre en tilstrækkelig stor mængde prøvemateriale til udførelse af de to forbrændingsforsøg blev der ligeledes indsamlet træaffald fra erhvervsvirksomheder, indeholdende en vis andel kreosotimprægnerede jernbanesveller samt telefon- og hegnspæle. Dette betød, at den samlede mængde af kreosotbehandlet træ udgjorde omkring 15-20 % af den samlede træaffaldsmængde. Den totale indsamlede mængde udgjorde 800 tons imprægneret træaffald.

Det imprægnerede træaffald blev afbrændt i to separate forsøg; det første forsøg med 10 % imprægneret træaffald og 90 % almindeligt forbrændingseget affald, og det andet forsøg med 100 % imprægneret træaffald. Forsøgene er foretaget på Renosyds forbrændingsanlæg i juni 2014. Under forsøgene blev der foretaget udtag fra alle affaldsmassestrømme fra forbrændingsanlægget, som sidenhen blev analyseret for tungmetaller (Cu, As, Cr, Cd, Pb, Zn, Se, Ti, Sn, Fe, Hg), polyaromatiske hydrocarboner (PAH), og dioxin/furan (PCDD/F). Alle kemiske analyser er udført af akkrediterede laboratorier i Tyskland og Danmark. Med udgangspunkt i de kemiske analyser, blev der opstillet masse- og elementstrømme, der dannede grundlag for livscyklusvurderingen (LCA'en) og den efterfølgende samfundsøkonomiske undersøgelse (SØK).

Forud for forbrændingsforsøgene blev der udført et repræsentativt prøveudtag for det indsamlede imprægnerede træaffald ved at anvende den anerkendte prøvetagningsteknik i faldende strøm. Prøveudtagningen blev foretaget med henblik på at tilvejebringe repræsentative kemiske analyser af metaller og PAH i træaffaldet. Prøveudtagningen blev udført på Affaldscenter Skråup.

Ved dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald ses en øget koncentration af metallerne kobber, krom og arsen i de forskellige affaldsstrømme fra forbrændingsprocessen sammenholdt med 10 % medforbrænding. Koncentrationen af alle øvrige metaller, samt PAH og PCDD/F er lavere for dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald, end for 10 % medforbrænding. Det understøttes af, at PAH- og PCDD/F koncentrationen i røggaskondensatet er højere ved 10 % medforbrænding end ved 100 % dedikeret forbrænding.

Ved at sammenholde rengasemissionerne ses, at dedikeret fyring med imprægneret træaffald ikke øger emissionerne af metaller i forhold til medforbrændingsscenariet med undtagelse af kobber.

Det imprægnerede træaffald, der er anvendt i forbrændingsforsøgene, er indsamlet på Renosyd I/S' genbrugspladser. Fraktionen vurderes at være repræsentativ for imprægneret træaffald indsamlet på landets genbrugspladser, men dette er ikke undersøgt nærmere. Konklusionerne baserer sig på en antagelse om, at brugerne af genbrugspladser har ensartede forudsætninger for at opdele imprægneret træaffald i de to nævnte fraktioner, og at der ikke er regionale forskelle i affaldssammensætningen.

For at sikre en tilstrækkelig mængde imprægneret træaffald til gennemførelse af forbrændingsforsøgene blev der suppleret med erhvervsaffald, der indeholdt en vis mængde kreosotbehandlet træ. Det skønnes, at op til 15-20 % af træaffaldet var kreosotbehandlet. Trods inklusionen af denne fraktion, ligger værdierne for kobber, krom og arsen i niveauer, der er i overensstemmelse med værdier fundet i tidligere nationale undersøgelser.

Der blev indledningsvist foretaget kemiske analyser af en stikprøve fra den samlede fraktion for indhold af kobber, krom og arsen (CCA). De fundne niveauer af CCA-indholdet stemmer overens med niveauer, der er fundet i andre analyser af imprægneret træaffald indsamlet på genbrugspladser, og understøtter vurderingen af, at den anvendte fraktion kan vurderes som repræsentativ. Der kunne ikke påvises koncentrationer af CCA i niveauer, der vil udløse en klassificering som farligt affald.

Konklusion

Med nærværende fuldskala forbrændingsforsøg er der tilvejebragt data, der er anvendt som input til livscyklusvurdering og samfundsøkonomisk vurdering af konsekvenserne ved de to affaldshåndteringsscenarier: 10 % medforbrænding af imprægneret træaffald henholdsvis dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald. Det er ved anvendelse af disse data vigtigt at være opmærksom på, at data stammer fra forbrændingsforsøg og ikke en stabil driftssituation. Data skal derfor betragtes som indikative.

English summary

Introduction

This report has been prepared by the Danish Technological Institute, and includes testing and analysis results for the incineration of impregnated wood waste. Based on the resource strategy “Denmark without waste” which is aiming to make Denmark more resource efficient, the disposing options for impregnated wood in Denmark and abroad were investigated. There have been made numerous studies in the past, dealing with the disposal of wood waste containing impregnated wood. These are described in the interim report “Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald” that can be translated into “Life Cycle Assessment of treatment of impregnated wood waste”.

The purpose of the present study (full-scale tests) is to provide a basic dataset to be used for a life cycle assessment and economic analysis of different treatment scenarios, based on direct incineration and co-incineration of impregnated wood waste in representative waste incineration plants. Two full-scale incineration trials based on direct incineration (incineration trials with impregnated wood resources only) and co-incineration (10% impregnated wood waste mixed with industrial and municipal waste) have been conducted.

Incineration tests were executed as full-scale tests at the combined heat and power (CHP) plant Renosyd I/S, located in Skanderborg, Denmark. The power plant produces electricity and heat from waste resources that cannot be recycled, and is currently being upgraded with focus on the reduction of emissions from waste incineration processes and ensuring most efficient energy utilization at the same time. By using the Renosyd CHP-plant for the waste incineration tests, we have chosen a plant that follows BAT (Best Available Technology) in this field. The plant is furthermore characterized by having a relatively small combustion capacity.

Results and methodology

The impregnated wood waste used for these experiments are collected on site of the five Renosyd recycling centers (located in Galten, Hørning Odder, Ry and Skanderborg). The wood waste is separated into impregnated and ordinary wood waste by the users of the recycling centers. In order to ensure a sufficient amount of sample material to conduct the two combustion tests, additional wood waste was collected from industrial businesses including railway sleepers, telephone and fence posts, that were impregnated with creosote. The total amount of creosote-treated wood was around 15-20% of the total test material. In total 800 tons of impregnated wood waste has been collected for this trial.

The impregnated wood waste was incinerated in two separate trials. The first (co-incineration) test was performed with 10% impregnated wood waste mixed with 90% ordinary combustible waste. The second (direct incineration) test was made with 100% impregnated wood waste. The test was conducted on Renosyd’s waste incineration plant in June 2014. During the incineration tests samples were taken from all process streams of the incineration plant and subsequently analyzed for heavy metals (Cu, As, Cr, Cd, Pb, Zn, Se, Ti, Sn, Fe, Hg), polyaromatic hydrocarbons (PAHs) and dioxin / furan (PCDD / F). All chemical analyzes were carried out by accredited laboratories in Germany and Denmark. Based on the chemical analysis, mass balances and flow charts for individual elements have been established, serving as the dataset for life cycle assessment (LCA) and the subsequent socio-economic study (SEC).

Prior to the incineration tests representative samples of the impregnated wood have been taken by applying the “falling stream” method, which is a recognized sampling technique. Sampling was carried out in order to make a representative chemical analysis of metals and PAH in the collected wood waste. Sampling was made on site of the recycling center in Skråup.

The direct incineration tests revealed an increasing concentration of the metals copper, chromium and arsenic in the different waste streams of the combustion process compared to the co-incineration tests. The concentrations of all other metals and PAH and PCDD/F were lower in the direct incineration tests compared to the co-incineration trials. These findings were supported by the PAH and PCDD/F concentration determined in the flue gas condensate that was higher in the co-incineration tests compared to the direct incineration trials.

Comparing the clean gas emissions of the incineration trials it can be concluded that direct incineration of impregnated wood does not increase the emissions compared to co-incineration, except copper emissions.

The impregnated wood waste used in the incineration tests were collected at Renosyd I/S recycling centers. The fraction used in this test is considered to be representative of impregnated wood waste collected in recycling centers across Denmark. This is based on the assumption that users of the recycling centers have similar qualifications to sort wood wastes into a fraction of impregnated and non-impregnated wood wastes, and that there are regional differences in the composition of waste.

To ensure a sufficient amount of impregnated waste wood to conduct the incineration study, additional creosote-treated industrial waste was collected and added to the test material. The fraction of creosote treated wood of the total amount of material used in the incineration tests was estimated to be at about 15-20%. Despite the inclusion of this material fraction, the amounts of copper, chromium and arsenic in the material were in accordance with levels determined in earlier national surveys.

An initial analysis of a random sample taken from the collected waste material was analyzed for copper, chromium and arsenic (CCA). The results have shown that the CCA content is matching the levels found in other studies of impregnated wood waste collected at recycling centers, and supports the assessment that the used fraction can be considered as representative. The determined concentrations of CCA were in any case below the threshold for the classification of hazardous waste.

Conclusion

The conducted full scale incineration tests provide data to be used for a life cycle assessment and socio-economic assessment of the two alternative treatment scenarios for impregnated wood: direct incineration vs. 10% co-incineration. It has to be noted that the data in this report has been retrieved from short-term incineration tests rather than from a stabilized process run. The data in this report should therefore be considered as indicative.

Indledning og formål

Betegnelsen imprægneret træaffald omfatter træ, der er behandlet med træbeskyttelsesmidler mod mikrobiel nedbrydning (svampe) og insektangreb. Fra 1889 og frem til 1950'erne var tjæreproduktet kreosot det dominerende træbeskyttelsesmiddel, og blev primært anvendt til jernbanesveller, elmast og marine formål¹. Herefter overtog imprægnering med især krom, kobber og arsen (CCA-imprægnering) markedet frem til 1990'erne, hvor imprægneringsmidler med krom og arsen (1992) og kreosot (1996) blev forbudt i DK. Det var dog stadig tilladt at importere produkter fra andre lande. Der vil således være arsen, kobber og krom i træaffald i mange år fremover. Det er ikke for nærværende muligt at udsortere dette træ fra det imprægnerede træaffald på en økonomisk og effektiv måde.

Til forskel fra CCA-imprægneret træ er det i dag tilladt at forbrænde neddelte kreosotimprægneret træ i godkendte forbrændingsanlæg² i Danmark. Ifølge gældende lovgivning skal CCA-imprægneret træ deponeres, hvis ikke det kan energiudnyttes på godkendte forbrændingsanlæg³. I praksis deponeres kun en mindre del af den samlede mængde imprægnerede træaffald i Danmark, mens størstedelen transporteres til Tyskland, hvor det energiudnyttes på forbrændingsanlæg, som er godkendte til forbrænding af imprægneret træaffald. På nuværende tidspunkt er der ingen danske anlæg, der er godkendt til forbrænding af CCA-imprægneret træ.

Med afsæt i ressourcestrategien *Danmark uden affald*, der har som målsætning, at Danmark skal blive mere ressourceeffektivt, er behandlingsmulighederne for imprægneret træ i Danmark og udlandet undersøgt. Der er tidligere gennemført en række undersøgelser af behandling af træaffald indeholdende imprægneret træ. Disse er nærmere beskrevet i delrapporten *Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald*.

Formålet med nærværende undersøgelse (fuldskalaforsøg) er at tilvejebringe datagrundlag for behandlingsscenarierne, der beskriver henholdsvis dedikeret forbrænding og medforbrænding af imprægneret træ på et repræsentativt affaldsforbrændingsanlæg. Der er således udført to fuldskala forbrændingsforsøg med henholdsvis dedikeret forbrænding (dvs. forsøg, hvor der udelukkende blev brændt imprægneret træaffald) og 10 % medforbrænding sammen med en blanding af erhvervsaffald og dagrenovation (herefter omtalt som almindeligt forbrændingsegnet affald). Der er i alt indsamlet 800 tons træaffald til forsøgene.

Ved begge typer forsøg er affaldsstrømmene fra forbrændingsprocessen (slagge/bundaske (ubrændbar rest), filteraske og røggaskondensat) blevet udtaget til nærmere analyse. Affaldsstrømmene er blevet analyseret for indhold af tungmetaller og udvalgte kemiske forbindelser. Ligeledes er der udført udvaskningsforsøg på slaggen, hvor der er foretaget standardiserede analyser på eluatet. Forud for forbrændingen blev der foretaget kemiske analyser af det imprægnerede træaffald for indhold af de metaller og organiske forbindelse, der er fokus for nærværende projekt.

¹ Andersen & Quistgaard, 2002

² Ifølge § 36 i Affaldsbekendtgørelsen (BEK nr. 1309 2012) kan kreosotbehandlet træ forbrændes på anlæg der er godkendt til at forbrænde denne affaldstype.

³ Ifølge § 34 i Affaldsbekendtgørelsen (BEK nr. 1309 2012) skal imprægneret træ deponeres, medmindre kommunalbestyrelsen efter en konkret vurdering finder, at det imprægnerede træ er egnet til materialenyttiggørelse eller er forbrændingsegnet.

Data opnået gennem de to fuldskalaforsøg indgår i livscyklusvurderingen for de forskellige håndteringsscenarier og alle scenarier er beskrevet i rapporten *Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald*.

1. Neddeling og prøvetagning af imprægneret træaffald

I denne rapport forstås imprægneret træaffald som træ imprægneret med krom, kobber og arsen (CCA), samt kreosotbehandlet træ. Det imprægnerede træaffald, der anvendes til disse forsøg, er indsamlet på Renosyds fem genbrugspladser (Galten, Hørning, Odder, Ry og Skanderborg). Opdelingen af almindeligt træaffald og imprægneret træaffald er således udført af brugerne af de fem genbrugspladser, hvilket betyder, at fejlsortering kan forekomme, idet det kan være vanskeligt at se forskel på de to træaffaldstyper. For at sikre en tilstrækkelig stor mængde træ til udførelse af forsøgene blev der ligeledes indsamlet træaffald fra erhvervsvirksomheder, indeholdende en vis andel kreosotimprægnerede jernbanesveller samt telefon- og hegnsplæ. Dette betød, at den samlede mængde af kreosotbehandlet træ udgjorde omkring 15-20 % af den samlede imprægnerede træaffaldsmængde. I perioden op til uge 4, 2014, stod Renosyd I/S således for indsamlingen af omkring 800 tons imprægneret træaffald, som blev opmagasineret på affaldscenter Skårup.

Korrekt prøvetagning af en stærkt heterogen prøvematrix i tons-skalaen, kræver en videnskabelig tilgang til prøvetagningen. Ved at anvende principperne i metodikken *Theory of Sampling* (TOS), sikres at prøvetagnings bias reduceres markant.

1.1 Prøvetagningspartiet

Til forbrændingsforsøgene i uge 24 og 25, 2014, på Renosyds affaldsforbrændingsanlæg i Skanderborg blev der anvendt 800 tons imprægneret træaffald. Fra denne mængde, som udgør det samlede prøvetagningsparti, blev der i uge 4, 2014, udtaget en repræsentativ prøve til efterfølgende kemiske analyser. Prøveudtagningen og de første trin af prøveforberedelsen foregik på Renosyds modtagecentral i Skanderborg.

Det imprægnerede træaffald var indsamlet, så det lå i en aflang mile, illustreret på figur 2, 3, 4 og 5. Placering af milen på affaldscenteret kan ses på figur 1 og er markeret med rødt. Den blå linje viser det indhegnede område, hvor prøveudtagningen og den første prøveforberedelse fandt sted.



FIGUR 1. OVERSIGTSKORT OVER AFFALDSCENTER SKÅRUP VED SKANDERBORG. DEN RØDE AFGRÆNSNING VISER OPMAGASINERINGSOMRÅDET FOR DE 800 TONS IMPRÆGNERET TRÆAFFALD, OG DEN BLÅ LINJE VISER OMRÅDET FOR NEDDELINGEN OG DEN REPRÆSENTATIVE PRØVEUDTAGNING

Det indsamlede imprægnerede træaffald (herefter kaldet milen) bestod af meterstore stykker af hegnsplæ, telefonplæ, jernbanesveller, bygningsaffald og lignende, se figur 2, 3, 4 og 5.



FIGUR 2. MILEN SET FRA SYDVEST



FIGUR 3. MILEN SET FRA VEST



FIGUR 4. MILEN SET FRA NORDVEST



FIGUR 5. NÆRBILLEDE AF MATERIALET

Prøveudtagningen og prøveforberedelsen er beskrevet i afsnit 1.2 til 1.4, og et flowdiagram over alle trin i den samlede proces kan ses i bilag 1.

1.2 Neddeling af indsamlet imprægneret træaffald

Hele milen på 800 tons blev neddelte i Renosyds egen shredder, der neddelte træaffaldet til under 30 cm. I forbindelse med denne neddeling blev søm og andet metal fjernet med magnet. Det neddelte træaffald blev anvendt til forbrændingsforsøgene.

I forbindelse med neddelingen af milen, blev der ved hjælp af en gummiged udtaget primære delprøver efter shredderen, idet gummigedens grab blev ført igennem hele tværsnittet af den frit faldende materialestrøm, hvilket er vist på figur 6. I alt blev der taget over 100 delprøver af ca. 75 kg hver.



FIGUR 6. UDTAGNING AF PRIMÆR DELPRØVE AF MATERIALESTRØMMEN EFTER SHREDDEREN

De udtagne primære delprøver blev akkumuleret i en primær mile på ca. 8.000 kilo, se figur 7.



FIGUR 7. DEN INDSMALEDE MÆNGDE AF DEN PRIMÆRE MILE PÅ 8000 KILO

1.3 Prøvetilberedning af delprøve til laboratorieprøver

Den samlede mængde af de primære delprøver blev kørt igennem en lejet shredder, som reducerede træstykkerne yderligere til omkring 5 – 10 cm. Ved hjælp af en gummiged blev der udtaget sekundære delprøver efter shredderen, idet gummigedens grab blev ført igennem hele tværsnittet af den frit faldende materialestrøm, vist på figur 8. I alt blev der taget over 200 delprøver af knap 10 kg hver.



FIGUR 8. UDTAGNING AF SEKUNDÆR DELPRØVE EFTER LEJET SHREDDER

De udtagne sekundære delprøver blev akkumuleret i en sekundær mile med et areal på ca. 2 x 10 meter og en højde på ca. 40 cm, illustreret ved figur 9.



FIGUR 9. DEN SAMLEDE MÆNGDE AF DEN SEKUNDÆRE MILE

Fra denne mile blev der med en skovl manuelt udtaget 50 tertiære delprøver fordelt over hele arealet og i varierende dybde. Den samlede mængde af tertiære delprøver på ca. 10 kg blev samlet i en lukket plasticspand, som blev sendt til videre prøveforberedelse ved Teknologisk Institut i Aarhus.

1.4 Prøveforberedelse i laboratorie til kemiske analyser

De 10 kg prøver fra den tertiære mile blev kørt igennem en kompostkværn, som reducerede træstykkerne til omkring 3-5 cm.

Fra de 10 kg blev der udtaget 2 kg ved manuel neddeling efter den såkaldte stripmixing metode. Her blev hele prøvemængden lagt ud i en aflang stak, idet stakken blev opbygget af flere lag. Herefter blev der udtaget delprøver ved at udtage et fuldt tværsnit af stakken.

De 2 kg blev kørt igennem en Retsch laboratoriemølle, hvorved træstykkerne blev reduceret til 1 mm.

De 2 kg blev afslutningsvis neddelte i to trin i en riffeldeler til analyseprøven på 500 g. Denne delmængde blev overført til analyselaboratoriet til de kemiske undersøgelser. Resultatet af de kemiske undersøgelser kan ses i kapitel 4 tabel 1 og 2.

1.5 Generelle betragtninger om prøvetagningen

En afgørende forudsætning for opnåelse af en repræsentativ prøve er, at alle træstykker har den samme sandsynlighed for at blive udtaget. Med andre ord skal alle træstykker være tilgængelige for prøvetagning, hvilket ikke ville være muligt ved eksempelvis manuel udtagning fra milen, som udgjorde prøvningspartiet på de 800 tons. Tilgængeligheden er i det gennemførte forsøg opnået ved at køre hele partiet igennem en shredder og udtage primære delprøver fra afkastet, illustreret ved figur 6.

Udtagningen af den enkelte primære delprøve er også afgørende for det samlede resultat. Hvis åbningen på prøveudtageren eksempelvis er for lille til at kunne opfange de største stykker, eller hvis de mindste stykker tabes under udtrækning af prøven, vil nogle fraktioner blive systematisk underrepræsenteret. Hvis de undersøgte parametre er korrelerede til størrelsen af træstykkerne, vil der opstå en systematisk fejl. Det vurderes, at udtagningen med grab fra den frit faldende strøm ikke medfører nogen systematiske fejl, idet åbningen på grabben er mere end tre gange større end de største træstykker, og idet grabben føres igennem hele strømmen og ikke overfyldes.

Hvis heterogeniteten af de relevante parametre i materialet kendes, kan det nødvendige antal delprøver for opnåelse af en ønsket præcision beregnes. Heterogeniteten af de relevante parametre i træaffaldet var ikke kendt, men baseret på generel erfaring fra prøvetagning af andre bulk materialer er de opnåede antal delprøver i alle trin af prøvetagningen og prøveforberedelsen så høje, at et øget antal kun ville give en marginal forbedret præcision.

I planlægningen af prøveudtagningen og prøvetilberedningen på deponiet i Skårup indgik en række praktiske overvejelser så som kapacitet af shreddere og akkumulerede prøvemængder. Disse overvejelser er ikke beskrevet i rapporten, da de alene havde betydning for praktiske forhold som tidsforbrug og pladsforhold, men ikke for det faglige resultat af prøvetagningen.

1.6 Konklusioner omkring indsamling, prøvetagning og neddeling

Indsamling af imprægneret træaffald på landets genbrugspladser foregår ved, at brugerne selv sorterer det træ, de bringer til genbrugspladsen i forskellige fraktioner, herunder den fraktion der i rapporten benævnes imprægneret træaffald. Det bestemmes i kommunalt regi, hvordan indsamlingen af imprægneret træaffald skal ske i den pågældende kommune, men hver kommune har modtagecentraler for imprægneret træaffald.

De fem genbrugspladser, hvorfra træaffaldet, der er anvendt til forbrændingsforsøgene, er indsamlet, er placeret således, at de dækker både land- og bydistrikter. Der er således ikke noget, der taler mod, at dette område skulle adskille sig fra resten af landet, og på denne baggrund vurderes den indsamlede fraktion fra genbrugspladserne som repræsentativ. Ud over det indsamlede imprægnerede affaldstræ, er der omkring 15-20 % kreosotbehandlet træ i træaffaldet. Det vurderes, at dette er en større mængde, end der normalt vil findes i den indsamlede fraktion af imprægneret træaffald fra genbrugspladserne.

Det skal fremhæves, at fraktionering af træaffald på genbrugsstationerne foretages af lægpersoner, og derfor vil helt korrekt sortering ikke nødvendigvis ske. Dette betyder, at der i det imprægnerede træaffald kan forekomme både ikke-imprægneret træaffald, kreosotbehandlet træ og CCA-træaffald. Det har ikke været muligt at finde litteraturstudier, der kvantificerer mængden af ikke-korrekt sorteret indleveret træaffald på genbrugsstationer.

Prøvetagningen i de tre trin udgør en korrekt og anerkendt prøvetagningsteknik i faldende strøm, der sikrer, at alle elementer i den oprindelige mile af imprægneret træaffald har samme sandsynlighed for at blive udtaget. Det vil sige, at andelen af imprægneret træaffald gennem alle neddelingstrin kan betragtes som repræsentativ for indholdet af imprægneret træaffald i milen på de 800 tons.

2. Forsøgsplanlægning og forbrændingsforsøg

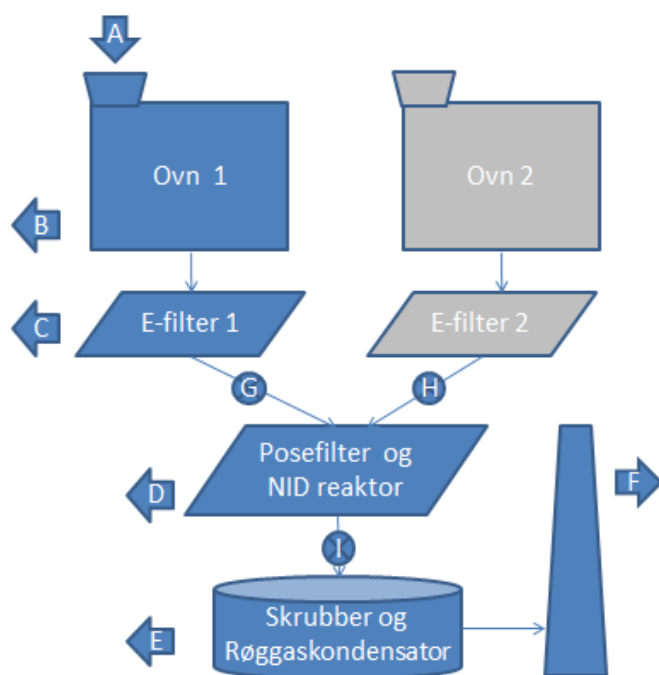
Forsøgsplanlægningen blev udført i tæt samarbejde med de driftsansvarlige og operatørerne hos Renosyd for at sikre, at der i alle affaldsstrømme kunne udtages repræsentative prøver, samt at de opstillede mål og metoder var realistiske og opnåelige.

Kraftvarmeværket har to ovne med forbrændingskapaciteter på henholdsvis 4 tons affald i timen, benævnt ovn 1 og 6 tons affald i timen, benævnt ovn 2. Der blev i forsøgsperioden udelukkende udført forsøg på ovn 1, mens ovn 2 opretholdt normal drift. Forsøgsperioden var opbygget omkring uge 24-25, 2014, hvor der blev foretaget en 10 % medforbrænding af imprægneret træaffald den første uge, og i den efterfølgende uge blev der foretaget forsøg med dedikeret forbrænding (100 % imprægneret træaffald). Hvert forsøg var en tre-dags kampagne, hvor der i denne periode blev udtaget prøver fra alle forbrændingsanlæggets affaldsstrømme. For at sikre, at der var stabile forbrændingsforhold i forsøgsperioden, blev en fortløbende indfyringsperiode på mellem 3 til 4 dage forud for forsøget med dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald etableret for at sikre stabil drift af ovnen. Denne periode gav også operatørerne mulighed for at opnå erfaring med indfyring af 100 % træaffald.

På figur 10 er der vist en skematisk oversigt over de forskellige udtag og målesteder af affaldsstrømmene i forbrændingsanlægget (B til F). Disse udtag beskrives i nedenstående.

Anlægget er konstrueret med tre røggasrensningstrin, hvorfra der blev udtaget prøver under forsøgene. Det første, elektrofilter [C], har et udtag, hvor det er muligt at udtage prøver af flyveaske fra renseprocessen. Den rensede røggas fra elektrofiltrene fra både ovn 1 [G] og ovn 2 [H] linjerne overføres til et posefilter. Ved posefilter-, afsvovlings- og NO_x-rensningstrinnet (NID-reaktor) genereres røggasrensningsaffald (RGA), der opsamles til deponering [D]. Som en del af røggasrensningen i posefilter tilsættes hydratkalk til neutralisering af sure røggasser. Der cirkulerer samlet omkring 10-20 tons materiale rundt i posefiltret, hvilket betyder, at partikelopholdstiden er mere end 1 uge, og det vil her ikke være muligt at udtage en repræsentativ prøve, der udelukkende beskriver forholdene for forbrændingsforsøgene. Der udtages i stedet emissionsbidrag af røggasstrømmen ved punkt [G] og [H] inden posefilter og punkt [I] efter posefilter, således at det er muligt ud fra resultaterne at foretage en beregning af mængder og koncentrationer af miljøfarlige kemiske forbindelser i RGA ved henholdsvis dedikeret forbrænding og medforbrænding.

Emissionerne målt ved punkt [G], [H] og [I] blev foretaget som isokinetiske målinger (der anvendes nøje udvalgte prober med korrekt størrelse baseret på beregninger af røggasflow). Måleudstyret blev tilkoblet et fortynderudstyr, som sikrer, at måleapparatet ikke overmættes, men sikrer nok prøver til analyse. Efter posefiltret blev der foretaget en rensning ved en skrubberproces og en kondensering af vanddampen, som blev sendt til Renosyds eget vandrensningssystem og derfra til den lokale recipient [E]. Der blev ligeledes udtaget prøver af denne reststrøm (i rapporten betegnet røggaskondensat) umiddelbart inden udløb til recipienten. Efter kondenseringstrinnet blev resten af røggassen (rengas) udledt til omgivelserne [F]. Røggasemissionerne blev monitoreret med online systemer under hele forsøgsperioden (indfyringen og selve forsøget) for både det dedikerede afbrændingsforsøg og for medforbrændingsforsøget. Under begge forsøgsopstillinger blev der udtaget akkrediterede målinger af røggasemissionerne fra skorstenen.



FIGUR 10. PRINCIPSKITSE AF RENOSYDS FORBRÆNDINGSANLÆG. DE TYNDE PILE VISER RØGGASSTRØMMEN, MEN DE KRAFTIGE PILE VISER AFFALDSSTRØMME UD AF ANLÆGGET. BOGSTAVERNE ER ALLE PRØVEUDTAGNINGSSTEDER. SE TEKSTEN FOR NÆRMERE BESKRIVELSE

2.1 Forbrændingsforsøg og prøveudtagning

I det følgende vil prøveudtagningsstederne blive gennemgået i henhold til principskitsen i figur 10.

Indfyring, prøveudtagningspunkt A

Det repræsentative prøveudtag af det indfyrede imprægnerede træaffald er beskrevet i kapitel 2. I forsøget med 10 % medforbrænding blev der ud over det indfyrede imprægnerede træaffald, også indfyret almindeligt forbrændingsegnet affald. Der er ikke udtaget repræsentative prøver fra denne fraktion, da dette ikke var inkluderet i projekteringen af opgaven. Indfyringsmængden i ovn 1 og 2 blev registeret i forbindelse med forbrændingsforsøgene.

Slagge, prøveudtagningspunkt B

Umiddelbart efter brændkammeret (ovnen) henholdsvis linje 1 og linje 2 er der *nedfald* af slagge til hver sit transportbælte. De to transportbælter føres sammen til en linje, som derefter ender i en fælles slaggecontainer. Inden slaggen lander på transportbæltet, er der mulighed for, ved at åbne en inspektionsluge ind til ovnen, at udtage den nedfaldne slagge. Det er denne luge i linje 1, der er benyttet til prøveudtagning, således at det forbrændte materiale i ovn 1 ikke har været i kontakt med linje 2 inden der udtages slaggeprøve.

Slaggen blev udtaget med et specialfremstillet trykluftkølet prøveudtagningsaggregat bestående af en kop og en 5 m lang hul jernstang, hvori den kølende trykluft transporteres ud til koppen (se figur 12). Kølingen er nødvendig, da varmetransporten i jernstangen ellers vil umuliggøre udtagelse af slaggeprøver ved op til 1100 °C. Slaggen udtages direkte i materialestrømmen fra ovnen i dens nedfald mod transportbåndet ud mod containeren, som opsamler alt slaggen. Figur 13 viser Renosyds medarbejder, der udtager delprøve af slagge. Ved at udtage slaggeprøven allerede her sikres det, at prøven ikke forurenes med ikke-oprenset slagge fra tidligere produktion. Når prøven er udtaget, hældes den ned i en jernspand til afkøling, jf. figur 11. Spanden lukkes med låg for at undgå kontaminering af slaggeprøven under nedkøling. Den nedkølede slagge overføres usorteret til en mere egnet plastikbeholder, hvorefter den afleveres til kemisk analyse. Det er således ubehandlet slagge, der foretages analyser på. Der udtages prøver med ca. 2 timers mellemrum, og delprøverne puljes og repræsenterer et dagsudtag. Der udtages prøver alle tre dage i hvert forsøg.



FIGUR 11. PRØVEUDTAGNINGSAGGREGAT TIL UDTAGNING AF SLAGGEPRØVE DIREKTE FRA OVN, SAMT PRØVESPAND OG VARMERESISTENTE HANDBSKER



FIGUR 12. 5 METER LANG SLAGGEUDTAGNINGSAGGREGAT



FIGUR 13. IN SITU SLAGGEUDTAGNING

Elektrofilteraske, prøveudtagningspunkt C

Efter ovnen og slaggenedfaldet er der placeret et elektrofilter til opsamling af aske og støv. Elektrofilteret "bankes" (enten med en "spider" eller med trykluft), så den opsamlede aske falder ned i asketragtens bund. Herfra føres asken ud af elektrofilteret til en askecontainer vist på figur 15, som tømmes ca. hver 4. time, afhængigt af askemængden og videre ud i flyveaskesiloen. Fra askecontaineren blev der udtaget prøver med et til formålet designet askeudtagningsrør, vist i figur 14. Dette skete gennem en prøveudtagningsstuds fremstillet og monteret på askecontaineren til lejligheden. Efter prøveudtagningen afkøles asken i en jernspand med låg. Der udtages hver dag delprøver hver 2. time, og prøverne (4-5 styk) puljes dagligt i begge kampagner. Prøveudtagningen blev udført af Renosyds medarbejder som vist i figur 16.



FIGUR 14.
PRØVETAGNINGSSPAND TIL E-
FILTERUDTAG

RGA, affaldsstrøm D

Denne værdi fremkommer ikke som resultat af prøveudtagning ved posefiltre, men er en teoretisk beregnet værdi som beskrevet på side 19.

Røggaskondensat, prøveudtagningspunkt E

Røggaskondensatprøver blev udtaget med en fuldautomatisk prøveudtagningshane, vist på figur 17. I forbindelse med forsøgene blev enheden forprogrammeret til at udtage 2 dl røggaskondensat for hver 1 m³ røggaskondensat, som passerer gennem systemet. Der passerede gennemsnitligt ca. 40 m³ røggaskondensat gennem systemet pr. døgn, hvilket resulterede i 1,7 prøveudtag pr. time. Der blev udtaget delprøver over minimum 5 timer, hvorved der fremkom en puljet prøve på ca. 2 l til de kemiske analyser.



FIGUR 17. AUTOMATISERET UDTAG AF RØGGASKONDENSAT

Rengasemissioner, prøveudtagningspunkt F

Force var rekvireret til at forestå prøveudtagene i skorstenen efter akkrediterede metoder, beskrevet i bilag 2. Force foretog målinger med dobbeltbestemmelser for hvert forbrændingsforsøg. Prøveudtag af rengas blev foretaget på samme galleri som ses af figur 18, hvorfra Renosyds halvårslige præstationstest gennemføres.



FIGUR 18. RENOSYDS SKORSTEN MED GALLERIET HVORFRA PRØVEUDTAGNINGEN BLEV FORETAGET.

Røggasmålinger, prøveudtagningspunkt G

Umiddelbart efter elektrofilteret (monteret efter ovn 1), blev der foretaget målinger af røggassen. Der blev målt for NO, O₂, CO, TOC, samt foretaget temperatur- og flowmåling.

Opsamlingsmetode 1: Der blev opsamlet støv på filter til metalanalyse i gennemsnitligt 3 timer af gangen, uden at filtrene blev skiftet. Sammen med filterstøvopsamlingen opsamledes de semi-flygtige metaller i vaskeflasker. Opsamlingsmediet var en salpetersyre/brintoverilte-opløsning efter gældende røggasstandard (MEL 8a).

Opsamlingsmetode 2: Prøver til PCDD/F og PAH analyse opsamledes efter gældende standard, beskrevet i bilag 2, og opsamlingsperioden var ligeledes 3 timer. Prøveudtager med opsamlingsudstyr ved prøveudtagningssted G ses på figur 19



FIGUR 19. UDSTYR TIL OPSAMLING AF MATERIALE TIL PCDD/F OG PAH ANALYSER ER VED AT BLIVE RIGGET TIL AF MEDARBEJDER FRA TEKNOLOGISK INSTITUT

Røggasmålinger, prøveudtagningspunkt H

Umiddelbart efter elektrofilteret (monteret efter oven 2), blev der foretaget målinger af røggassen. Udtagningsstuds er vist på figur 20. Der blev målt for NO, O₂, CO, TOC, samt foretaget temperatur- og flowmåling.

Opsamlingsmetode 1: Der blev opsamlet støv på filter til metalanalyse i gennemsnitligt 3 timer af gangen, uden at filtrene blev skiftet. Sammen med filterstøvopsamlingen opsamledes de semi-flygtige metaller i vaskeflasker. Opsamlingsmediet var en salpetersyre/brintoverilte-opløsning efter gældende røggasstandard (MEL 8a).

Opsamlingsmetode 2: Prøver til PCDD/F og PAH analyse opsamledes efter gældende standard, beskrevet i bilag 2, og opsamlingsperioden var ligeledes 3 timer.



FIGUR 20. PUNKT H INDEN PRØVEUDTAGNINGSDYSTYR RIGGES TIL

Røggasmålinger, prøveudtagningspunkt I

Efter posefilter og NID reaktor, blev der foretaget målinger af røggassen. Der blev målt for NO, O₂, CO, TOC, samt foretaget temperatur- og flowmåling.

Opsamlingsmetode 1: Der blev opsamlet støv på filter til metalanalyse i gennemsnitligt 3 timer af gangen, uden at filtrene blev skiftet. Sammen med filterstøvopsamlingen opsamledes de semi-flygtige metaller i vaskeflasker. Opsamlingsmediet var en salpetersyre/brintoverilte-opløsning efter gældende røggasstandard (MEL 8a). Opsamlingsudstyret ses monteret i prøveudtagningspunkt I på figur 21.

Opsamlingsmetode 2: Prøver til PCDD/F og PAH analyse opsamledes efter gældende standard, beskrevet i bilag 2, og opsamlingsperioden var ligeledes 3 timer.



FIGUR 21. PRØVEUDTAGNINGSPUNKT I SES MONTERET MED VASKEFLASKER TIL METALOPSAMLING

2.2 Konklusion

Forsøgene har ikke haft indvirkning på den daglige drift af forbrændingsanlægget, med undtagelse af de prøvetagningsopgaver og indfyringsopgaver, der var direkte forbundet med forsøgene. Ligeledes gav indkøringsperioden forud for forsøgene ikke problemer i forhold til driften af forbrændingsanlægget.

For at sikre, at der ikke skulle opstå problemer i forbindelse med prøveudtagningen ved forsøgene, blev prøvetagningsudstyret afprøvet under daglig drift ved Renosyd.

Overordnet kan det konkluderes, at forsøgene fulgte forsøgsplanen uden afvigelser.

3. Arbejdsmiljø og driftsmæssige konsekvenser

I forbindelse med håndteringen af det imprægnerede træaffald, blev der foretaget et interview med den driftsansvarlige for affaldscenter Skårup og driftsansvarlige for forbrændingsanlægget, samt operatører begge steder. Formålet med interviewet var at undersøge, om der ville være særlige hensyn, der skulle tages i den daglige drift i tilfælde af, at imprægneret træaffald i fremtiden skulle indgå som del af forbrændingsmaterialet i forbrændingsanlægget.

3.1 Affaldscenter Skårup

Arbejdsmiljøundersøgelser ved affaldscenteret

I det følgende foretages en vurdering af konsekvensen for arbejdsmiljøet i forbindelse med håndtering af imprægneret træaffald på modtageanlæg affaldscenter Skårup. Affaldscenter Skårup er certificeret iht. ISO 14000 (Miljøledelsessystem).

Det imprægnerede træaffald, der modtages på modtageanlægget Skårup, modtages for hovedparten fra Renosyds fem genbrugspladser. Imprægneret træaffald håndteres til dagligt med gummihjulslæsser. For at kompaktere træaffaldet bliver de større genstande knust. Modtagelse af telefonpæle, jernbanesveller samt imprægneret træaffald fra forsyningsvirksomheder indvejes til deponi, inden træaffaldet videresendes til Tyskland. Dette foregår ved transport på lastbiler, og træaffaldet afdækkes med presenning inden transporten til Tyskland.

Der forekommer ingen fysisk håndtering af træaffaldet hverken på genbrugspladserne eller på modtageanlægget. Personalet på modtageanlægget opererer i entreprenørmaskiner med kabiner, der har overtryk, hvilket bevirker, at der ikke kommer støv ind udefra. Alle maskiner i maskinparken er udstyret med luftfiltre således, at støvkontaminering fra udemiljøet ikke kan forekomme.

Der var i forbindelse med neddelingsopgaven ingen episoder, der kunne identificeres som tæt på ulykkessituationer. Flytningen og neddelingen af materialet foregik med gummihjulslæsser. Der var ikke behov for særlig oplæring i forhold til neddelingsopgaven, da der foretages andre neddelingsopgaver for at kompaktere træaffald i forbindelse med transport til Tyskland, samt produktion af flis fra træbiomasse til salg i Danmark.

Der kan således ikke identificeres et område, som ville kunne give anledning til øget eksponering for personalet i forbindelse med en ændret anvendelse af træaffaldet.

Driftsmæssige konsekvenser for affaldscenteret

Der vil i forbindelse med forbrænding af træaffald ikke være driftsmæssige konsekvenser for affaldscenteret. I forbindelse med forsøgene blev der udført en omfattende neddeling af træaffaldet. Dette er ikke en opgave, der ville være relevant ved daglig drift. Hvis træaffaldet skal anvendes som brændsel i forbrændingsanlægget, ville der ikke være behov for at anbringe træaffaldet i deponi ved affaldscenteret, men det ville blive kørt direkte til forbrændingsanlæggets siloer, hvor større stykker træ ville blive neddelt inden indfyringen.

3.2 Forbrændingsanlægget Renosyd

Arbejds miljøundersøgelse ved forbrændingsanlægget

Renosyd anvender i den daglige drift op til 10 % træbiomasse som medforbrænding. Denne biomasse leveres direkte i siloen og tilsættes indfyringen gradvist. Indfyringsproceduren for anvendelse af træbiomasse vil ikke blive ændret ved substitution med imprægneret træaffald. Træaffaldet ville blive leveret i siloen, og store stykker træ ville blive kørt gennem neddeleren, der er placeret i forbindelse med indfyringen af biomassen. Neddeleren kan håndtere biomasser på omkring 2500 kg og længder på op til 4 meter, eksempelvis trærødder. Denne kapacitet gør det også muligt at håndtere neddelingen af eksempelvis jernbanesveller. Der er et sug på neddeleren, og genererer neddelingen støv, aktiveres et vandstøvlag over neddeleren. Der vil således ikke være fysisk håndtering af det imprægnerede træaffald. For det igangværende forsøg var materialet neddelt, hvorfor det ikke var nødvendigt at neddele forsøgs materialet i forbrændingsanlæggets neddeler.

I forbindelse med normaldrift vil der være få steder i produktionskæden med direkte mulighed for kontakt til reststrømmene. To gange årligt lukkes anlægget (planlagte driftstop) for at rense ovnene for slaggerester. Forud for renoveringen har ovnen ligget stille et par dage og indeholder derfor frisk luft. Renoveringen udføres med heldragt (støvdragt) og helmaske med frisk luft. Materialet, der fjernes fra siderne af ovnen, fjernes med tryklufthammer, og fjernet materiale iblandes slaggen. I forbindelse med efterfølgende transport til Affaldscenteret Skårup tilsættes slaggen vand for at forhindre støv. Slaggen transporteres til Affaldscenter Skårup til modning, og efterfølgende anvendelse til forskellige former for bygge- og anlægsarbejder, f.eks. konstruktion af veje.

RGA, der stammer fra elektrofilter- og posefilteraske, håndteres i et lukket driftssystem, og føres derfra via et lukket transportsystem til lastbil, der transporterer materialet til behandling og deponering i Norge. Da RGA materialet er stærkt basisk, er den eksisterende arbejdsproces omkring håndteringen af materialet sikret således, at der ikke forekommer mulighed for direkte personkontakt og dermed mulighed for eksponering til potentielle sundhedsskadelige forbindelser.

Som tilfældet med kalkstøvet er røggaskondensatet håndteret i et lukket system, hvorved det ikke er muligt at komme i kontakt til potentielle sundhedsskadelige forbindelser.

Ved gennemgang af forbrændingsanlægget og håndteringen af reststrømmene fra produktionen, er der ikke identificeret områder, hvor der foregår direkte kontakt med reststrømmene, hvor personalet ikke allerede har sikkerhedsprocedure i forbindelse med dette arbejde, og allerede anvender sikkerhedsudstyr i forbindelse med direkte kontakt af reststrømmene. For de øvrige reststrømme håndteres disse i lukkede systemer, og de udgør således ikke arbejdsmiljømæssige konsekvenser for anvendelse af imprægneret træaffald, som forbrændingsmateriale.

Driftsmæssige konsekvenser for forbrændingsanlægget

Tungmetaller indgår normalt ikke i de kemiske forbindelser i røggas og slagge, der kan øge korrosionen i kedler. Dog er $ZnCl_2$ og $PbCl$ kendte for at fremme korrosion i kedler. Der har ikke været foretaget kemiske undersøgelser af det indfyrede forbrændingsegnete affald, men ved at sammenholde resultaterne af slaggen fra henholdsvis 100 % og 10 % indfyring af imprægneret træaffald, er det muligt at finde niveauerne af Zn og Pb^4 .

Resultaterne i tabel 5 viser, at Pb-koncentrationen i slaggen fra henholdsvis 100 % og 10 % forbrænding af imprægneret træaffald er stort set den samme, hvilket kunne indikere, at imprægneret træaffald og forbrændingsegnet affald har samme indhold af Pb, og dermed har forbrænding af imprægneret træaffald ikke betydning for ændring af korrosionsrisikoen. Tilstedeværelsen af bly i det imprægnerede træaffald kan ikke forklares entydigt, men det er kendt at bly tidligere var meget anvendt i forbindelse med maling, blandt andet som blyhvidt anvendt som farvepigment.

For Zn er koncentrationen dog lavere i slagge, der stammer fra 100 % forbrænding af imprægneret træaffald sammenholdt med slagge, der stammer fra 10 % medforbrænding, hvilket potentielt kan reducere risikoen for korrosion i kedlen.

Samtidig vil dannelse af KCl og HCl i forbindelse med forbrænding være medvirkende årsag til korrosion i kedler. For KCl er det primært mht. askebelægninger ved høje temperaturer i overhedersektionerne, at der vil ske øget korrosion, mens udkondenseret HCl er et problem i temperaturområder, der er lavere som for eksempel kanaler og filtre efter kedlen.

I træbiomasse er koncentrationen af både alkalimetaller (K og Na), samt koncentrationen af Cl lavere end i almindeligt forbrændingsegnet affald. Dette betyder, at der ved forbrænding af træbiomasse vil være ringe risiko for korrosion i kedlen. Dette forhold ændres ikke ved tilførsel af imprægneringsmidler, så der vil ikke være risiko for øget korrosion i kedlen. Dette betyder også, at der ikke kan identificeres områder i forbrændingsanlægget, som vil blive udsat for øget slidtage ved anvendelsen af imprægneret træaffald til forbrænding.

Den øvre brændværdi for imprægneret træaffald ligger, som det fremgår af resultaterne i tabel 4, på gennemsnitligt 17,4 MJ/kg TS. Dette er lidt højere end den øvre brændværdi for almindeligt forbrændingsegnet affald hos Renosyd I/S; 12 til 15 MJ/kg⁵. De driftsmæssige konsekvenser af dette forhold er ikke behandlet yderligere i nærværende rapport. Flere forsøg må gennemføres hvis et sikkert grundlag skal foreligge for den vurdering.

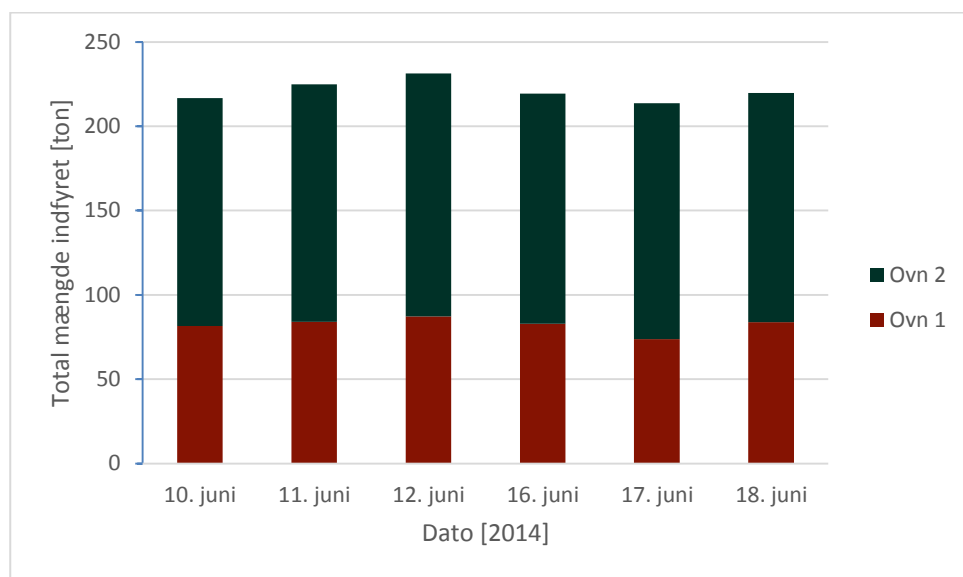
⁴ Bankiewicz, D., 2012

⁵ Værdier oplyst Af Renosyd I/S

4. Analyseresultater

De to forbrændingsforsøg blev hver udført i en periode af tre dage, hvor der i løbet af disse tre dage blev udtaget prøver fra de forskellige masse- og emissionsstrømme, som efterfølgende blev sendt til analyser ved akkrediterede laboratorier i Tyskland og Danmark. Der var valgt at arbejde med laboratorier som vurderes at være specialister inden for deres område, således at de kemiske analyser er udført efter gældende standarder eller akkrediterede metoder, jf. bilag 2.

For at sikre, at forsøgsdata var mindst muligt påvirket af systemerindring, blev der i en periode på minimum 96 timer op til hvert af forsøgenes start indfyret med samme brændselssammensætning, som der blev anvendt til forsøgene. Systemerindring skal forstås som at slagge, aske osv. ophobes i anlægget over tid, og derfor kræver det tid før systemet er rensat for kontaminering fra den normale drift. I forbindelse med gennemgangen af data anvendes samme opdeling i materiale og affaldsstrømme, som der blev anvendt i kapitel 2. Der henvises i øvrigt til principskitsen figur 10.



FIGUR 22. TOTALE MÆNGDER INDFYRET AFFALD (ALMINDELIGT FORBRÆNDINGSEGNET AFFALD OVN 2 OG FORSØGENE MED IMPRÆGNERET TRÆAFFALD OVN 1) I DE TO FORSØGSPERIODER. 10-12 JUNI VAR FORSØGET MED 10 % MEDFORBRÆNDING AF IMPRÆGNERET TRÆAFFALD, OG PERIODEN 16-18 JUNI VAR PERIODEN FOR DEDIKERET AFFALDSFORBRÆNDING MED IMPRÆGNERET TRÆAFFALD

Selve forsøgene blev udført i ovn 1 som tidligere beskrevet, mens almindelig drift blev opretholdt på ovn 2 gennem forsøgsperioden. Figur 22 viser den totale mængde indfyret affald i tons for de to ovne for de sammenlagte seks forsøgsdage. Tidspunkterne for prøveudtag ved de forskellige prøveudtagningsstationer er beskrevet i nedenstående tabel 1. Hvor der er udtaget mere end ét udtag, blev disse puljet forud for de kemiske analyser, således at resultatet af den kemiske analyse er et gennemsnit for prøverne.

TABEL 1 PRØVEUDTAGNINGSSKEMA FOR BEGGE FORSØGSDESIGN

		10. juni 2014 (10 % forbrænding)				
Udtagspunkt	Prøveudtagning	Klokkeslæt (for udtagning og pulje af prøver)				
B	Slagge	8:54	10:56	13:04	15:10	
C	E-filter+	8:39	11:02	13:00	15:03	
E	Røggaskondensat* [‡]	8:34	15:14			
		11. juni 2014 (10 % forbrænding)				
B	Slagge	8:40	10:15	12:30	14:35	
C	E-filter+	8:30	10:20	12:47	14:40	
E	Røggaskondensat *	8:25	9:30	10:11	12:27	14:42
		12. juni 2014 (10 % forbrænding)				
B	Slagge	8:41	10:25	12:31	14:40	
C	E-filter+	8:46	10:30	12:38	14:43	
E	Røggaskondensat #	8:50 – 14:45				
		16. juni 2014 (dedikeret forbrænding)				
B	Slagge\$	8:22-8:37	10:19	12:35	12:45	14:29
C	E-filter+1	8:40	10:33	12:42	14:36	
E	Røggaskondensat #	8:20- 14:45				
		17. juni 2014 (dedikeret forbrænding)				
B	Slagge\$	9:43	10:46	12:40	14:40	
C	E-filter+1	9:50- 10:15	10:53	12:47	14:42	
E	Røggaskondensat #	9:27- 15:02				
		18. juni 2014 (dedikeret forbrænding)				
B	Slagge\$	8:34	10:40- 10:46	12:35	14:17	
C	E-filter+1	8:43	10:43	12:49	14:26	
E	Røggaskondensat #	8:11-14:28				

* Røggaskondensat, 10. og 11. juni 2014. Røggaskondensatsprøver blev udtaget manuelt.

‡ Røggaskondensat, 10. juni 2014. Der blev forsøgt automatiseret prøveudtagning, men det virkede ikke, hvorfor der kun er udtaget en manuel prøve ved opstart og slut den dag.

Røggaskondensat, 12., 16., 17. og 18. juni 2014. Røggaskondensatsprøver blev udtaget automatisk én gang i timen efter programmering af anlæg.

\$Slagge, 16., 17. og 18. juni 2014. Der blev produceret ca. 1/3 mindre mængde slagge end normalt. Slaggen var til tider i klumper på størrelse med fodbolde, hvilket besværliggjorde prøveudtagningen betragteligt. For at sikre, at den udtagne slagge er relateret direkte til forsøgsudførelse, blev der udtaget direkte i brændkammeret for begge forsøgsudførelser. For nærmere beskrivelse henvises til beskrivelsen af prøveudtagningspunkt B, slagge.

+E-filterstøv, 10., 11. og 12. juni 2014. Mængden af støv var tilstrækkelig til, at der kunne udtages prøve med et langt jernrør, som blev presset ned gennem en specialfremstillet kugleventil. Jernrøret blev efter tilbagetrækning banket med hammer, således at støvet faldt ud i prøvebeholderen.

+1E-filterstøv, 16., 17. og 18. juni 2014. Der var meget lidt støv i forhold til de foregående dage, så metoden med jernrøret virkede ikke. Der blev fundet en egnet opstilling af askestøvsuger til udtagning af støvprøverne.

4.1 Kemiske analyseresultater

Indfuring, prøveudtagningspunkt A

Der er foretaget kemiske analyser for PAH og en række grundstoffer på den neddelte repræsentative prøve af indsamlet imprægneret træaffald. Resultaterne fremgår af tabel 2 og 3.

TABEL 2. ANALYSERESULTATERNE AF PAH-BESTEMMELSERNE I DET IMPRÆGNEREDE TRÆAFFALD. DER ER FORETAGET ÆGTE DOBBELTBESTEMMELSE. (LOQ – ANALYTISK KVANTIFICERINGSGRÆNSE; RSD – RELATIV STANDARDAFVIGELSE)

Komponent	CAS-nr.	Gns [mg/kg TS]	% RSD
Naftalen	91-20-3	1	30
Acenaphthylen	208-96-8	< LOQ	-
Acenaphthen	83-32-9	82	5
Fluoren	86-73-7	64	1
Phenanthren	85-01-8	240	2
Anthracen	120-12-7	76	11
Fluoranthren	206-44-0	181	5
Pyren	129-00-0	111	4
Benz(a)anthracen	56-55-3	36	7
Chrysen	218-01-9	25	8
Benz(b,j,k)fluranthener	205-99-2; 205-83-2; 207-08-9	15	6
Benz(a)pyren	50-32-8	6,1	6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	193-39-5	1,9	2
Dibenz(a,h)anthracen	53-70-3	0,7	8
Benzo(GH)perylene	191-24-2	1,7	6

For de lettere PAH'er vil de fundne koncentrationer, jf. tabel 2, sandsynligvis være lavere end det reelle indhold. Det skyldes, at der i forbindelse med neddelingen af materialet har været varmeudvikling, hvilket kan give anledning til et tab. Denne teoretiske fordampning af de lettere PAH'er blev ikke undersøgt i forbindelse med neddelingsproceduren. Det vurderes dog ud fra de fundne værdier af PAH-koncentrationer, at et potentielt tab af de lettere PAH-forbindelser ikke har betydning for klassificeringen af træaffaldet.

PAH-analyseresultaterne er anvendt til at beregne et teoretisk indhold af kreosotindholdet i træaffaldet. Analyseresultaterne er sammenlignet med et kreosotprodukt (Cresote Oil, A-14037 WEI C, Koppers, Nyborg, Danmark). Produktet er ligeledes analyseret for andel af PAH'er svarende til de forbindelser, der er fundet i det imprægnerede træaffald. Den vægtmæssige andel af PAH'er sammenfaldende med PAH-analysen af træaffaldet, udgjorde omkring 1/3 del af kreosotmængden. Omsættes dette til et teoretisk totalindhold af kreosot i træaffaldet er dette ca. 2500 mg/kg TS. Denne værdi kan som nævnt være underestimeret, grundet tab ved neddelingen, men omfanget af dette kan ikke vurderes med nærværende undersøgelse. Klassificeringen som farligt træaffald udløses ved et kreosotindhold på 1000 mg/kg TS, og således ligger resultatet over den grænseværdi, der eksisterer for klassificeringen af farligt affald. Kreosottræet blev vurderet af personalet på Affaldscenter Skårup til at udgøre omkring 15-20 % af det indsamlede imprægnerede træaffald.

TABEL 3. ANALYSERESULTATER AF METALLER I DET IMPRÆGNEREDE TRÆAFFALD (LOQ – ANALYTISK KVANTIFICERINGSGRÆNSE; RSD – RELATIV STANDARDAFVIGELSE), SAMT LITTERATURVÆRDIER AF CCA-METALLERNE

Grundstof	Gennemsnit [mg/kg TS]	% RSD	Tølløse genbrugsstation ⁶ [mg/kg TS]	Spånplader ⁷ [mg/kg TS]
Arsen (As)	390	3	295	48
Cadmium (Cd)	0,15	7		
Krom (Cr)	460	7	325	84
Kobber (Cu)	660	11	1075	69
Jern (Fe)	1000	2		
Kviksølv (Hg)	<LOQ	-		
Bly (Pb)	5,7	22		
Selen (Se)	0,57	56		
Tin (Sn)	4,75	67		
Titanium (Ti)	22	19		
Zink (Zn)	170	17		

Analyseresultaterne for indhold af metaller i det imprægnerede træaffald ses i tabel 3. For de tre metaller; krom-, kobber- og arsen, kan værdierne for disse sammenholdes med værdier fra Tølløse genbrugsstation. Fraktionen fra Tølløse genbrugsstation er indsamlet CCA-imprægneret træaffald fra en indsamlingsordning⁶. Som det kan ses er der god overensstemmelse mellem de fundne værdier for arsen og krom, men værdien for kobber er 60 % af den fundne kobberværdi fra Tølløse genbrugsstation. Forfatterne til undersøgelsen på Tølløse genbrugsstation påpeger selv, at denne værdi er omtrent 50 % højere end forventet, og forklarer dette med at den kemiske sammensætning i CCA imprægneret træ kan variere, samt at der i puljen af imprægneret træaffald fra Tølløse er nyere imprægnerede materialer, der indeholder mere kobber, men intet arsen. En forventelig koncentration af kobber fra Tølløse ville have været 500 mg/kg TS, hvilket passer med det niveau, som er fundet i det imprægnerede træaffald fra Renosyd.

Der har i det imprægnerede træaffald, der er anvendt til indeværende forsøg, været anvendt træaffald indeholdende en formodentlig højere grad af kreosotbehandlet træaffald. Ved indsamlingen af den påkrævede mængde imprægneret træaffald til forsøgene og indkøringsperioderne, blev indleveret kreosotbehandlet træaffald fra virksomheder inkluderet i prøvematerialet. Kreosotbehandlet træaffald indleveret af borgerne på genbrugspladserne indgår som andet imprægneret træaffald. Den totale mængde af kreosotbehandlet træaffald blev skønsmæssigt vurderet til at udgøre mellem 15-20 % af den totale mængde træaffald. Det kan dog ses ved sammenligninger med værdierne fra Tølløse, at niveauerne fra CCA ligger lidt højere i træaffaldet, der indgår i forsøgene. Selvom værdierne for CCA identificeret ved Renosyd øges med 20 % for at fjerne en ”fortyndingseffekt” grundet en øget mængde af kreosotimprægneret træaffaldsfraktion, bliver koncentrationerne ikke så høje, at de ville udløse en klassificering som farligt affald. Dette understøtter argumentet om, at fraktionen indsamlet ved Renosyds genbrugspladser er repræsentativ for landet, mht. hvilke koncentrationer der forventelig vil kunne findes.

⁶ Rasmussen E. 2008

⁷ Hansen et al. 2008

I forbindelse med analyserne blev der foretaget brændværdianalyser, som fremgår af tabel 4. Resultaterne af disse viser, at brændværdien for det imprægnerede træ ligger i den lave ende i forhold til brændværdien for ren træbiomasse, hvor den nedre brændværdi ligger mellem 17 – 20 MJ/kg. Det skal antageligt forklares ved det forholdsmæssigt store askeindhold målt i det imprægnerede træaffald. For rent træ ligger den nedre brændværdi mellem 17 – 20 MJ/kg.

TABEL 4. ANALYSERESULTATER AF NEDRE BRÆNDVÆRDI OG ASKEINDHOLD FOR IMPRÆGNERET TRÆAFFALD

Brændværdi Mean ± Std [MJ/kg TS]	17,47 ± 0,1
Askeindhold Mean ± Std [% TS]	8,13 ± 0,5

Reststrømmeanalyser, prøveudtagningspunkt B, C, F og E

Der er i forbindelse med de kemiske analyser anvendt en konservativ betragtning. Det betyder, at der ved angivelse af resultater, som er under kvantificeringsgrænsen, anvendes kvantificeringsgrænsen for at sikre en "worst case" tilgang. Nedenstående ses resultaterne fra de kemiske analyser (jf. tabel 5. og tabel 7.). Det er disse værdier, der er anvendt i LCA'en. Som det kan ses af tabel 5, findes CCA-metallerne overvejende i E-filter asken. Ved at sammenholde den fundne koncentration af kobber slaggen ved 100 % dedikeret forbrænding og 10 % medforbrænding, kan det vurderes i hvor høj grad, mængden af kobber kommer fra CCA-træet eller fra det almindelige forbrændingsegnede affald. Forsøget med 100 % dedikeret forbrænding af CCA-træ viser et kobberindhold i slaggen på 2.333 mg/kg TS. 10 % af de fundne 2.333 mg/kg TS svarer til 233 mg/kg TS, men der er fundet 793 mg/kg TS kobber i slaggen fra 10% medforbrænding. Det kan således konkluderes, at ca. 560 mg/kg TS kobber i slaggen stammer fra det almindelige forbrændingsegnede affald. Samme metode benyttes til at vurdere mængden af kobber i E-filter asken, hvor det konkluderes at ca. 939 mg/kg TS kobber i E-filterasken stammer fra det almindelige forbrændingsegnede affald. Ved 10 % medforbrænding bidrager det imprægnerede træaffald dermed med ca. 44 % af kobberindholdet.

Hvis samme fremgangsmetode benyttes for krom og arsen vil det i begge tilfælde kunne konkluderes ud fra de foreliggende data fra forsøgene, at det imprægnerede træaffald tilsyneladende er ansvarlig for 100 % af det samlede bidrag af krom og arsen.

For PCDD/F findes de højeste koncentrationer ligeledes i E-filter asken. Det stemmer overens med den viden, der eksisterer på området, og er dermed som forventet. Resultaterne for PAH viser, at der ikke findes væsentlige koncentrationer i hverken slagge eller E-filter aske. Dette er helt som forventet, da disse under optimerede forhold afbrændes.

I forbindelse med slaggeanalyserne er der foretaget eluat-undersøgelser af den udtagne slagge. Resultaterne af disse undersøgelser, som er vist i tabel 5 er foretaget på ubehandlet slagge, dvs. slagge der ikke er sigtet, og heller ikke modnet. Normalt vil slaggen ligge 2-3 måneder forud for en prøvetagning til eluat-analyse, hvilket ikke er gjort i dette forsøg. Resultaterne skal derfor betragtes som "worst case", da den binding af slaggens tungmetaller, der sker i modningsprocessen, ikke har fundet sted, og udvaskningen af tungmetaller dermed er højere end fra modnet slagge.

TABEL 5. ANALYSERESULTATER AF METALLER OG ORGANISKE FORBINDELSER I SLAGGE, ELUAT OG ASKE FRA E-FILTER VED DEDIKERET FORBRÆNDING (100 %) OG MEDFORBRÆNDING (10 %). (LOQ – ANALYTISK KVANTIFICERINGSGRÆNSE; STD – STANDARDAFVIGELSE; N.A. IKKE ANALYSERET)

Prøveudtagningssted		B	B			C	C
		Slagge 100 %	Slagge 10%	Eluat 100%	Eluat 10%	Aske E-filter 100%	Aske E-filter 10%
		[mg/kg TS]	[mg/kg TS]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Kobber (Cu)	Gns.	2.333	793	0,36	0,05	9.367	1.867
	Std	416	630	0,03	0,07	2.155	306
Arsen (As)	Gns.	597	60	0,01	0,03	30.067	1.103
	Std	319	18	–	0,05	17.457	385
Krom (Cr)	Gns.	250	96	4,90	0,06	3.717	312
	Std	66	7	3,08	0,09	1.804	93
Cadmium (Cd)	Gns.	3	7	<LOQ	<LOQ	327	267
	Std	1	10	–	–	220	93
Bly (Pb)	Gns.	58	57	0,11	0,02	3.933	5.800
	Std	12	31	0,04	0,04	3.109	2.138
Zink (Zn)	Gns.	507	1.100	0,14	0,03	34.667	23.000
	Std	428	953	0,12	0,04	22.030	5.292
Selen (Se)	Gns.	0,3	0,4	<LOQ	0,01	8,8	9,1
	Std	-	0,1	–	0,02	1,0	1,4
Titan (Ti)	Gns.	6.867	15.500	<LOQ	<LOQ	5.200	6.133
	Std	1.343	12.574	–	–	458	1.097
Tin (Sn)	Gns.	26	74	<LOQ	<LOQ	643	923
	Std	18	21	–	–	491	170
Jern (Fe)	Gns.	38.333	28.333	<LOQ	<LOQ	22.833	15.500
	Std	6.028	4.933	–	–	10.128	11.758
Kviksølv (Hg)	Gns.	0,01	0,02	<LOQ	<LOQ	0,9	0,8
	Std	0,01	0,01	–	–	0,61	0,20
Organiske forbindelser		[µg/kg TS]	[µg/kg TS]			[µg/kg TS]	[µg/kg TS]
PCDD/F	Gns.	16	407	n.a.	n.a.	64.516	42.501
	Std	0	561	–	–	41.735	33.169
		[ng/kg TS]	[ng/kg TS]			[ng/kg TS]	[ng/kg TS]
PAH	Gns.	46	284	n.a.	n.a.	39	38
	Std	12	350	–	–	2,9	0,8

I tabel 6 fremgår de gennemsnitlige analyseresultater af målingerne i punkt F (måling af rengas), foretaget af FORCE som akkrediteret måling og anvendt til emissionsberegningerne. Måleresultaterne er på baggrund af totalemissionerne fra både ovn 1 og ovn 2.

TABEL 6 GENNEMSNITLIGE ANALYSERESULTATER AF ONLINE EMISSIONSMÅLINGER I PUNKT F FOR DE TO MÅLEDAGE (GNS. – GENNEMSNIT; SD-STANDARDAFVIGELSE)

		11-06-2014		17-06-2014	
		10% medforbrænding		100% forbrænding	
		Gns.	SD	Gns.	SD
Temperatur	°C	53	0	53	0
CO ₂	Vol % (tør)	9,43	0,16	8,86	0,20
O ₂	Vol % (tør)	10,17	0,16	11,01	0,22
H ₂ O	Vol %	12,31	1,24	12,49	0,49
CO	mg/m ³ (n,t)	5,7	3,4	10,7	1,2
CO	mg/m ³ (ref)	5,3	3,3	10,8	1,1
CO	ppm (tør)	4,6	2,7	8,7	1,1
Volumenstrøm	m ³ (n,t)/h	52333	577	58000	0
Volumenstrøm driftstilstand	m ³ /h	71000	0	78000	0
Prøvevolumen partikelfase	m ³ (n,t)	1,3618	0,0807	1,6999	0,1731
Prøvevolumen gasfase	m ³ (n,t)	0,1252	0,0104	0,1405	0,0139
(n,t) angiver tør gas ved normaltstanden (0°C, 101,3 kPa)					
(ref) angiver tør røggas ved normaltstanden (0°C, 101,3 kPa) og 11 % oxygen					

I tabel 7 fremgår det fra målingerne i målepunkt F, måling af rengas, at CO værdierne ligger under de emissionskrav, som gælder for tør røggas. Kravene for en 1/2 times sampling er 100 mg/Nm³, hvilket ligger over de fundne værdier. For de to kampagner ses der ikke signifikante forskelle i de målte værdier – med undtagelse af CO-værdierne. CO-værdierne er lidt højere for 100 % forbrænding, hvilket kunne indikere, at kedlen er bedre reguleret til forbrænding af forbrændingseget affald end dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald. Dette er dog ikke en forskel, der bør betragtes som væsentlig. CO er målt akkrediteret af Force og ikke af Renosyds SRO anlæg.

TABEL 7 ANALYSERESULTATER AF METALLER OG ORGANISKE FORBINDELSER I RENGAS SOM SUM AF PARTIKEL OG GASFASE, SAMT RØGGASKONDENSAT VED DEDIKERET FORBRÆNDING (100 %) OG MEDFORBRÆNDING (10 %). (LOQ – ANALYTISK KVANTIFICERINGSGRÆNSE; STD – STANDARDAFVIGELSE)

Prøveudtagningssted		F	F	E	E
		Rengas 100% [mg/Nm ³ ved 11 % O ₂]	Rengas 10% [mg/Nm ³ ved 11 % O ₂]	Røggaskondensat 100% [mg/L]	Røggaskondensat 10% [mg/L]
Metaller	Gns.	0,00046	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Std	0,00065	-	-	-
Kobber (Cu)	Gns.	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
	Std	-	-	-	-
Arsen (As)	Gns.	0,00044	0,00096	< LOQ	< LOQ
	Std	0,00072	0,0013	-	-
Krom (Cr)	Gns.	< LOQ	0,0011	< LOQ	< LOQ
	Std	-	0,00078	-	-
Cadmium (Cd)	Gns.	0,0020	0,0083	< LOQ	< LOQ
	Std	0,00035	0,0037	-	-
Bly (Pb)	Gns.	0,010	0,019	< LOQ	< LOQ
	Std	0,0016	0,00073	-	-
Zink (Zn)	Gns.	0,000050	0,000096	< LOQ	< LOQ
	Std	0,000009	0,00003	-	-
Selen (Se)	Gns.	0,0010	0,026	< LOQ	< LOQ
	Std	0,00073	0,030	-	-
Titan (Ti)	Gns.	< LOQ	0,00055	0,55	0,27
	Std	-	0,00012	0,65	0,06
Tin (Sn)	Gns.	< LOQ	0,015	< LOQ	< LOQ
	Std	-	0,0036	-	-
Jern (Fe)	Gns.	< LOQ	0,00046	< LOQ	< LOQ
	Std	-	0,00042	-	-
Kviksølv (Hg)	Std	-	-	-	-
Organiske forbindelser		[ng/Nm ³]	[ng/Nm ³]	[mg/l]	[mg/l]
PCDD/F	Gns.	0,16	0,076	0,00012	0,00010
	Std	0,12	0,0036	0,00003	0,00003
		[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[mg/l]	[mg/l]
PAH	Gns.	0,49	1,1	0,00057	0,00056
	Std	0,042	0,027	0,00003	0,00002

I forbindelse med de kemiske analyser vil nogle forbindelser blive fundet i koncentrationer under metodens kvantificeringsgrænse (LOQ), men forbindelsen kan dog ses at være til stede. Da værdien for forbindelsen ikke kan identificeres, noteres der <LOQ. Skal der efterfølgende foretages en beregning af den totale mængde af forbindelser, skal det vurderes, om de forbindelser, der er sat til <LOQ, skal sættes til 0, hvilket vil kunne give en underestimering, eller om værdien for forbindelsen sættes til LOQ, hvilket vil kunne give en overestimering. Der er til afrapportering til LCA'en anvendt faktuelle koncentrationer for de kemiske forbindelser, hvor disse findes, og værdien for LOQ er medtaget i den samlede beregning hvor <LOQ er opgivet, ud fra en "worst-case" anskuelse. Dette betyder, at værdien på 0,16 ng/Nm³ for PCDD/F i tabel 7 for det detekterede forbrændingsforsøg (100 %) umiddelbart synes at ligge over grænseværdien, der er på 0,1 ng/Nm³ ved 11 % O₂, men anvendes en vægtet tilgang, og beregnes koncentrationen ud fra definerede standardbetingelser, ligger koncentrationen af PCDD/F langt under emissionskravene, som det fremgår af tabel 8. Ud fra hensynet til anvendelsen i LCA-analysen skulle de individuelle PCDD/F forbindelser ikke vægtes i forhold til deres toksicitet, som det er tilfældet, når der foretages præstationsmålinger.

TABEL 8 PCDD/F FORBINDELSER VÆGTET I FORHOLD TIL DERES TOKSICITET OG BEREGNET OG ANGIVET SOM BESKREVET I LUFTVEJLEDNINGEN

Prøveudtagningssted	F	F
PCDD/F	100 % medforbrænding	10 % medforbrænding
	[ng/nm ³ ved 11 % O ₂]	[ng/nm ³ ved 11 % O ₂]
I-TEQ(lower bound)	0,00254	0,00224
I-TEQ(upper bound)	0,00387	0,00375

4.2 Massestrømsdata anvendt til LCA

For at data kan anvendes som input til LCA'en er der foretaget omregning fra koncentrationen af de enkelte forbindelser i de forskellige strømme til angivelse i mængde pr. time og mængde per tons indfyret affald, jf. tabel 9 til 12. Disse tabeller indeholder de data, der er anvendt i LCA- rapporten.

I forbindelse med omsætning af de kemiske analysedata til dataværdier, der kunne indgå i LCA analyserne, var der behov for, at der blev foretaget estimater, hvor der ikke eksisterede data i forhold til de konkrete forsøg. Disse estimater er listet herunder.

1. Vandindhold i almindeligt forbrændingseget affald er estimeret til 25 %.
2. Slagge og E-filterasker mængder er estimeret – indholdet af aske i træet er grundlaget for, hvad der kan blive til slagge og partikler/støv. Densiteten på E-filteraske er anvendt til at estimere den totale masse af e-filteraske, der stammer fra Ovn 1. Når denne kendes kan den fratrækkes det totale askeindhold i brændslet, og den resterende del er slagge.
3. Askeindhold i almindeligt forbrændingseget affald er estimeret fra gennemsnitsværdi af totalmængder ind og ud i miljørapport fra Renosyd I/S til 17 % (askestrømme ud/affald ind).
4. Mængde af posefilteraske (D), som hovedsageligt består af kalk og aktivt kul er beregnet ud fra antagelser om, at der vil anvendes samme tilsætning pr. ton affald, som ved normal drift (data ekstraheret ud fra årstal fra miljørapport fra Renosyd I/S)⁸.

⁸ Renosyd I/S 2012

TABEL 9. MASSE- OG ELEMENTSTRØMME PR TIME, FORSØG I UGE 25 MED 100 % IMPRÆGNERET TRÆAFFALD. BOGSTAVERNE REFERERER TIL DEN SKEMATISKE OVERSIGT PÅ FIGUR 10.

Uge 25 [100 % træaffald]	Ovn 1				Ovn 2	Ovn 1 + ovn 2		
	A	B	C	G	H	D	E	F
Cu [g/h]	1.999	506	280	0,75	1,22	1,94	-	0,02
As [g/h]	1.181	130	910	0,94	1,29	2,23	-	-
Cr [g/h]	1.393	54,18	113	0,21	0,70	0,89	-	0,02
Cd [g/h]	0,45	0,59	9,94	0,09	0,23	0,32	-	-
Pb [g/h]	17,26	12,65	120	2,72	4,16	6,77	-	0,11
Zn [g/h]	515	111	1.052	10,40	16,26	26,13	-	0,53
Se [g/h]	14,39	0,06	0,26	0,02	0,03	0,05	-	0,00
Ti [g/h]	66,63	1.484	155	0,08	0,13	0,16	-	0,05
Sn [g/h]	1,76	5,73	19,62	0,46	0,38	0,38	0,45	-
Fe [g/h]	3.029	8.198	670	-	23,52	23,52	-	-
Hg [g/h]	-	0,00	0,03	0,33	0,02	0,35	0,00	-
PAH [g/h]	2.548	10,06	1,17	38,87	31,85	70,18	0,54	0,01
PCDD/F [µg/h]	N.A	3,43	1.960	28,97	252	177	104	0,02
Total masse [kg/h]	246	216	29,89	n.a.	n.a.	99,86	928	0,06

TABEL 10 MASSE- OG ELEMENTSTRØMME PR TIME (H), FORSØG I UGE 24 MED 10 % IMPRÆGNERET TRÆAFFALD (A10%) OG 90% ALMINDELIGT FORBRÆNDINGSEGNET AFFALD (A90%). BOGSTAVERNE REFFERER TIL DEN SKEMATISKE OVERSIGT PÅ FIGUR 10

Uge 24 [10 % træaffald]	Ovn1					Ovn 2	Ovn 1 + ovn 2		
	A10 %	A90 %	B	C	G	H	D	E	F
Cu [g/h]	210	N.A	263	178	0,40	0,40	0,80	-	-
As [g/h]	124	N.A	20,53	105	0,01	0,01	0,02	-	-
Cr [g/h]	146	N.A	32,37	29,98	0,25	0,25	0,45	-	0,06
Cd [g/h]	0,05	N.A	2,16	26,02	0,07	0,07	0,10	-	0,05
Pb [g/h]	1,81	N.A	19,00	548	1,45	1,45	2,32	-	0,58
Zn [g/h]	54,08	N.A	361	2.206	13,83	13,83	26,61	-	1,05
Se [g/h]	1,51	N.A	0,12	0,87	0,02	0,02	0,04	-	0,01
Ti [g/h]	7,00	N.A	5.198	596	0,15	0,15	0,41	-	0,71
Sn [g/h]	0,18	N.A	24,55	88,04	0,31	0,31	0,16	0,44	0,02
Fe [g/h]	318	N.A	9.516	1.528	3,79	3,79	6,70	-	0,89
Hg [g/h]	-	N.A	0,01	0,08	0,66	0,66	1,30	0,00	0,02
PAH [g/h]	268	N.A	95,14	3,61	248	77,19	324	0,76	0,00
PCDD/F [µg/h]	N.A	N.A	136	4.113	77,40	188	137	128	0,06
Total masse [kg /h]	434		338	96,30			96,86	1.337	0,03

For både tabel 9 og 10 gælder det, at værdien af Posefilter og NID reaktor (udtagningssted D) er beregnet ud fra formlen $(G+H) - (E+F) = D$ (se udtagningsstederne på figur 10). Da der i forbindelse med laboratorieanalyserne blev konstateret, at prøveopsamlingsmaterialet fra G, H og I ikke var intakt, var det nødvendigt at foretage justeringer ved beregningen af D. Ved at anvende data fra Renosyd for den totale årlige mængde borttransporterede askefraktion (summen af bidrag fra C og D) og modregne det teoretiske årlige bidrag fra C (mængde identificeret i forbindelse med forsøgene), er resultatet et teoretisk bidrag af aske fra D. Denne værdi er anvendt i de videre beregninger jf. tabel 11 og 12. Resultatet viser, at mængden af flyveaske i D (posefilter) er insignifikant sammenlignet med mængderne i E-filterasken. Dette betyder, at bidraget fra D til den samlede askefraktion er meget lille, og dermed er bidraget af de forskellige metaller og organiske forbindelser tilsvarende lave.

TABEL 11. MASSE- OG ELEMENTSTRØMME PR TON INDFYRET AFFALD I OVN 1, 100 % IMPRÆGNERET TRÆAFFALD. REF 100 % ER FRA RENOSYDS MILJØREDEGØRELSE 2012⁹. ”-” ANGIVER AT DE MÅLTE DATA LIGGER UNDER DETEKTIONSGRÆNSEN

Uge25 [100 % træaffald]						Ref 100 % affald
		Slagge	RGA	Røggaskondensat	Rengas	Rengas
Cu	[g/ton affald Ovn 1]	151	84,03	-	0,003	
As	[g/ton affald Ovn 1]	38,99	272	-	-	
Cr	[g/ton affald Ovn 1]	16,21	33,75	-	0,002	
Cd	[g/ton affald Ovn 1]	0,18	3,00	-	-	0,03
Pb	[g/ton affald Ovn 1]	3,78	36,60	-	0,0126	
Zn	[g/ton affald Ovn 1]	33,12	318	-	0,0618	
Se	[g/ton affald Ovn 1]	0,02	0,09	-	0,0004	
Ti	[g/ton affald Ovn 1]	444	46,46	-	0,0064	
Sn	[g/ton affald Ovn 1]	1,71	5,93	0,07	-	
Fe	[g/ton affald Ovn 1]	2.450	200	-	-	
Hg	[g/ton affald Ovn 1]	0,00	0,11	0,00	-	0,03
PAH	[g/ton affald Ovn 1]	3,01	11,89	0,09	0,0014	
PCDD/F	[µg/ton affald Ovn1]	1,03	592	3,21	0,0007	0,16
Total masse	[kg/ton affald Ovn1]	64,51	44,66	102,39	0,0064	0,01

TABEL 12 MASSE- OG ELEMENTSTRØMME PR TON INDFYRET AFFALD I OVN 1. 10 % IMPRÆGNERET TRÆAFFALD. REF 100 % ER FRA RENOSYDS MILJØREDEGØRELSE 2012¹⁰. ”-” ANGIVER AT DE MÅLTE DATA LIGGER UNDER DETEKTIONSGRÆNSEN

Uge 24 [10 % træaffald]						Ref 100 % affald
		Slagge	RGA	Røggaskondensat	Rengas	Rengas
Cu	[g/ton affald Ovn 1]	83,13	56,54	-	-	
As	[g/ton affald Ovn 1]	6,50	33,35	-	-	
Cr	[g/ton affald Ovn 1]	10,24	9,56	-	0,0090	
Cd	[g/ton affald Ovn 1]	9,00	8,25	-	0,0074	0,03
Pb	[g/ton affald Ovn 1]	6,01	173,70	-	0,0922	
Zn	[g/ton affald Ovn 1]	114,11	702,22	-	0,1661	
Se	[g/ton affald Ovn 1]	0,04	0,28	-	0,0009	
Ti	[g/ton affald Ovn 1]	1.644,70	188,58	-	0,1129	
Sn	[g/ton affald Ovn 1]	7,77	27,88	0,07	0,0038	
Fe	[g/ton affald Ovn 1]	3.010,97	484,71	-	0,1411	
Hg	[g/ton affald Ovn 1]	0,00	0,23	0,00	0,0037	0,03
PAH	[g/ton affald Ovn 1]	30,10	79,30	0,18	0,0011	
PCDD/ F	[µg/ton affald Ovn1]	42,90	1.314,0 2	11,87	0,0058	0,16
Total masse	[kg/ton affald Ovn1]	106,80	64,24	148,70	0,0038	0,01

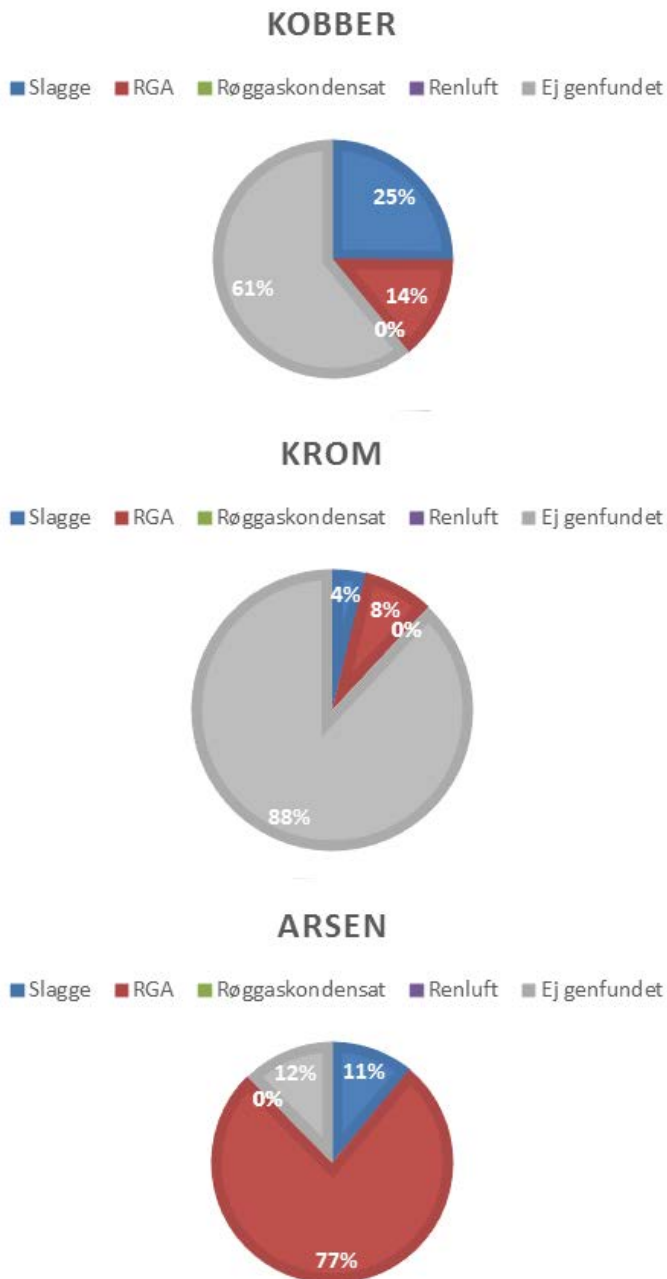
⁹ Renosyd I/S 2012

¹⁰ Renosyd I/S 2012

4.3 Genfindingsanalyser

Denne analyse er kun udført for forsøget, som indebar forbrænding af 100 % imprægneret træaffald. Det skyldes, at der i forbindelse med forbrænding af 10 % imprægneret træaffald ikke er foretaget kemiske analyser af de 90 % forbrændingsegnet affald, der indgår i indfyringen, og det derfor ikke er muligt at beregne den indfyrede mængde af kemiske metaller.

FIGUR 23 GENFINDINGSANALYSE FOR FORBRÆNDINGSFORSØGET MED 100 % INDFYRET IMPRÆGNERET TRÆAFFALD FOR KOBBER, KROM OG ARSEN I DE FIRE AFFALDSSTRØMME FRA FORBRÆNDINGSPROCESSEN SAMT ANDEL DER IKKE ER GENFUNDET, HVOR 100 % ER DET TEORETISKE INDHOLD I TRÆAFFALDET



Som det fremgår af figur 23 er genfindning af kobber, krom og arsen i de fire affaldsstrømme fra forbrændingsprocessen på mellem 12 % og 88 %, sammenholdt med koncentrationerne af de tre metaller i det indfyrede imprægnerede træaffald.

Det er ikke muligt at give en entydig forklaring på, hvorfor der i de fire affaldsstrømme ikke genfindes mere end 12-88 % af de indkomne metaller. Det skyldes formentlig en kombination af forskellige parametre, såsom forsøgets design og gennemførelse, usikkerheder forbundet med prøvetagning og analyser samt variation i forhold til affaldets sammensætning og mængden af indholdsstoffer.

Forsøgene har vist, at der ændres på affaldsstrømmene ved at gå fra 10 % medforbrænding til 100 % fyring med imprægneret træaffald. Ved 100 % forbrænding ses en øget koncentration af metallerne kobber, krom og arsen i de fire affaldsstrømme fra forbrændingsprocessen (jf. tabel 11 og 12) sammenlignet med 10 % medforbrænding, mens koncentrationen af alle øvrige metaller samt PAH og PCDD/F er mindre for 100 % forbrænding af imprægneret træaffald. Ligeledes ses det, at den højeste PAH- og PCDD/F-koncentration i røggaskondensatet findes ved 10 % medforbrænding.

Ved at sammenholde rengas (udtag F) emissionerne i tabel 11 og 12 ses en højere koncentration af kobber ved 100 % forbrændingsforsøget og en højere koncentration af krom ved 10 % medforbrændingsforsøget. Det bemærkes dog, at den totale genfindning af kobber og krom er henholdsvis 39 % og 12 %. Derfor er det vanskeligt at konkludere ud fra disse data.

Referencer

Affaldsbekendtgørelsen, BEK nr. 1309 af 18/12/2012

Andersson, M. & Quistgaard, N. (2002): Håndtering af imprægneret træaffald. Arbejdsrapport nr. 38, Miljøstyrelsen.

Bankiewicz, D., (2012): Corrosion behaviour of boiler tube materials during combustion of fuels containing Zn and Pb. Published by Painosalama Oy. ISSN 159-8205

Hansen, V., Cramer, J., Hasler, B., Larsen, A. & Bruun Poulsen, P. (2008): Miljø- og samfundsøkonomisk analyse af indsamling og behandling af imprægneret træaffald. Miljøprojekt nr. 1208, Miljøstyrelsen.

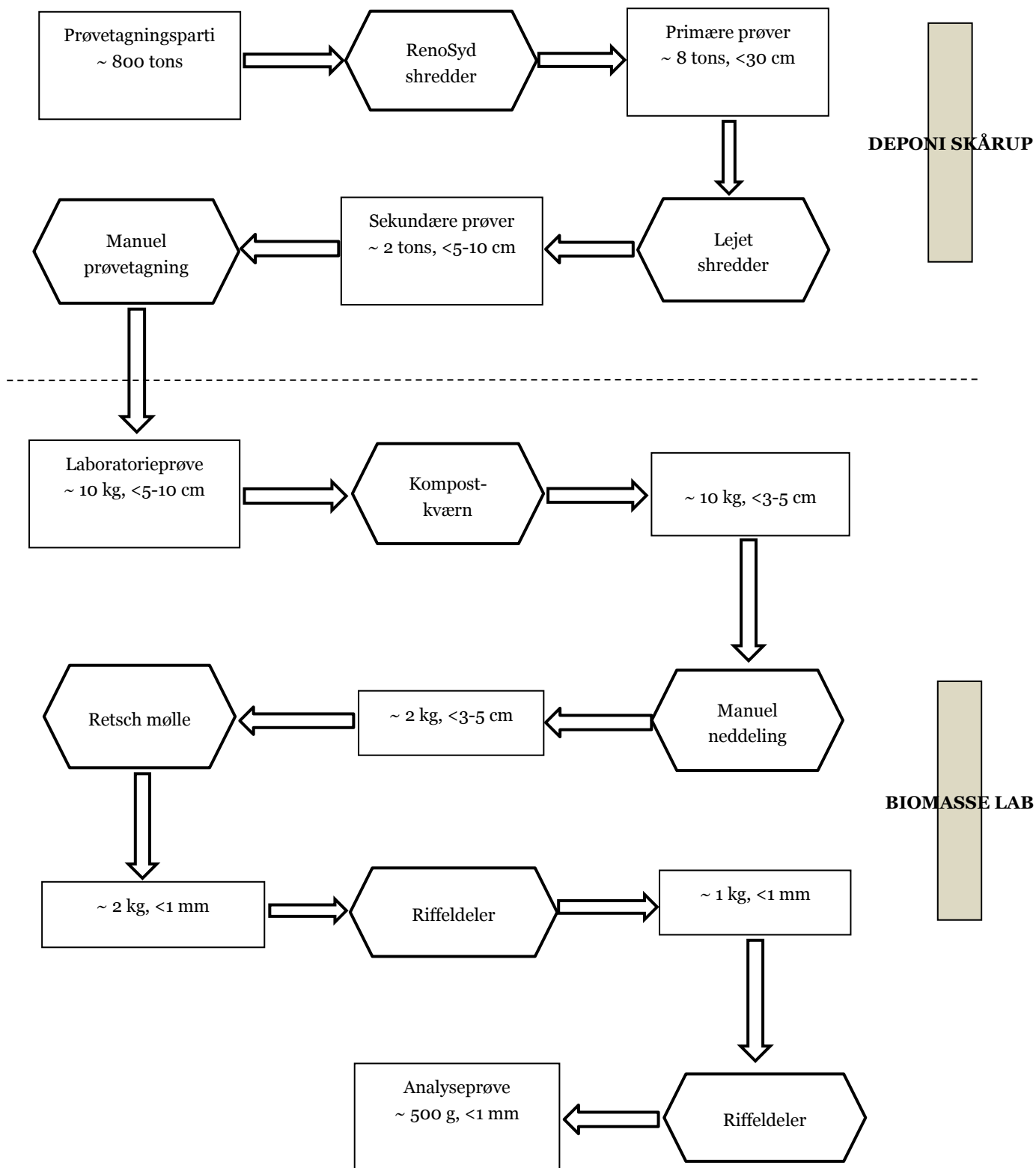
Rasmussen, E. (2008): Nyttiggørelse af trykimprægneret træ - Nyttiggørelse af trykimprægneret træ ved metalekstraktion. Miljøprojekt Nr. 1207, Miljøstyrelsen

Renosyd I/S (2012): Miljøredegørelse (MEL 8a)

Teknologisk Institut (2016): Livscyklusvurdering af behandling af imprægneret træaffald, Miljøprojekt nr. xx, Miljøstyrelsen

Bilag 1 Flowdiagram for repræsentativ prøvetagning af imprægneret træaffald

træaffald



Bilag 2 Oversigt over kemiske analysemetoder

Prøvetype	Analysemetoder	Akkrediteret metode	Laboratorie
Filter- og absorptionsvæsker fra røggas fra opsamlingspunkter F, G, H og I	Metalanalyser ved ICP/MS	UT022 DS/EN 14385	Kemisk og Mikrobiologisk laboratorie Teknologisk Institut
Røggaskondensat fra opsamlingspunkt E		DS 259	
Aske fra opsamlingspunkt C		DS/EN 15290	
Slagger fra opsamlingspunkt B	Metalanalyser ved ICP/MS/OES AAS cold vapour	DS 204/ SM 3120/ EN13656 SM3112	Eurofins Miljø A/S
Slaggeeluat fra slagge fra opsamlingspunkt B	Metal analyser ved ICP/MS	DS 287 DS/EN 27888 SM 17. udg. 4500-Cl SM 17. udg. 4500-SO4 DS/EN ISO 10304-2 IC DS/EN ISO 17294m.	
Filter fra røggas fra opsamlingspunkt F, G, H og I	PCDD/F ved HR/GC/MS	EN 1948	Eurofins Miljø A/S
Materialeanalyser fra opsamlingspunkter B, C og E		Eurofins akkrediteret metode	
Materiale fra alle opsamlingspunkter B, C, G, H, I; E og F		Eurofins akkrediteret metode	

Som det kan ses af ovenstående tabel er der analyseret i henhold til gældende standarder inden for områderne. De benyttede kemiske laboratorier er akkrediteret til at udføre analyserne.

I forbindelse med prøveforberedelsen til PCDD/F målingerne blev filtrene anvendt til PCDD/F målingerne sendt til Eurofins A/S for at blive spiket i henhold til EN 1948.

Fuldskala forbrændingsforsøg med imprægneret træaffald

Denne rapport indeholder en beskrivelse af et fuldskala forbrændingsforsøg gennemført med henblik på at tilvejebringe data til at foretage en miljømæssig og samfundsmæssig økonomisk vurdering af den mest hensigtsmæssige håndtering af imprægneret træaffald.

Der er udført to fuldskala forbrændingsforsøg med henholdsvis dedikeret forbrænding (dvs. forsøg, hvor der udelukkende blev brændt imprægneret træaffald) og 10 % medforbrænding sammen med en blanding af erhvervsaffald og dagrenovation.

Forud for forbrændingsforsøgene blev der udført et repræsentativt prøveudtag for det indsamlede imprægnerede træaffald. Prøveudtagningen blev foretaget med henblik på at tilvejebringe repræsentative kemiske analyser af metaller og PAH i træaffaldet.

Ved dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald ses en øget koncentration af metallerne kobber, krom og arsen i de forskellige affaldsstrømme fra forbrændingsprocessen sammenholdt med 10 % medforbrænding. Koncentrationen af alle øvrige metaller, samt PAH og PCDD/F er lavere for dedikeret forbrænding af imprægneret træaffald, end for 10 % medforbrænding.

Det er ved anvendelse af rapportens data vigtigt at være opmærksom på, at data stammer fra forbrændingsforsøg og ikke en stabil driftssituation.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk