



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Kontrol med Afbrænding af Affald

Miljøprojekt nr. 1870, 2016

Titel:

Kontrol med Afbrænding af Affald

Forfattere:

Peter Bøgh Pedersen
Maj Frederiksen

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

Foto:

Teknologisk Institut

Illustration:

Teknologisk Institut

År:

2016

Kort:

Teknologisk Institut

ISBN nr.

978-87-93435-88-9

Ansvarsfraskrivelse:

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

Indhold	3
Forord	6
Sammenfatning og konklusion	7
Summary and conclusion	7
1. Ordforklaring	11
2. Introduktion	13
2.1 Baggrund for projektet	13
2.2 Projektets formål.....	14
2.3 Kemiske komponenter og partikler.....	15
2.4 Denne rapport	15
3. Spørgeskemaundersøgelser	16
3.1 Spørgeskemaundersøgelse blandt danske kommuner	16
3.2 Opfølgning på kommuneinterviews i forhold til samarbejde med skorstensfejere	20
3.2.1 Telefoninterviews.....	20
3.2.2 Spørgeskemaundersøgelse	21
3.3 Spørgeskemaundersøgelse blandt skorstensfejere.....	23
3.4 Konklusion på spørgeskemaundersøgelserne	25
4. Design af opsamler	26
4.1 Overvejelser omkring design	26
4.2 Designforslag.....	26
4.3 Valg af adsorptionsmateriale.....	28
4.4 Konklusion på design af opsamler	29
5. Forsøgsdesign	30
5.1 Indledende test af <i>ORM</i> -design.....	30
5.2 Indledende test af skorstensrør.....	30
5.3 Valg af materiale til afbrændingskampagnerne.....	30
5.4 Beskrivelse af teststand	31
5.4.1 Træk.....	31
5.4.2 Temperaturprofiler	31
5.4.3 Kontinuert måling af CO ₂ , CO, OGC og NO _x	31
5.4.4 Partikelmåling efter NS 3058 (norsk støvmåling).....	31
5.4.5 Støvmåling efter DIN plus (tysk støvmåling)	31
5.4.6 Bestemmelse af polycykliske aromatiske hydrocarboner	32

5.4.7	Bestemmelse af dioxin	33
5.5	Partikelkarakterisering	33
5.5.1	DustTrak – massekoncentration	33
5.5.2	Rotating disk diluter	34
5.5.3	Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS).....	34
5.5.4	P-Trak.....	34
5.6	Afbrændinger	34
5.7	Konklusion på forsøgsdesign.....	36
6.	Laboratorieanalyser	37
6.1	Prøvetyper	37
6.2	Beskrivelse af analysemetoder	37
6.2.1	Indledende vurdering og håndtering af prøver	37
6.2.2	Partikulær emission i luft opsamlet på filtre	37
6.2.3	Dioxiner og PAH'er i luftprøver	37
6.2.4	Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) samt screeningsanalyser	38
6.2.5	Metaller	38
6.2.6	Klorid.....	38
6.3	Begrænsninger og forbehold	38
7.	Resultater fra afbrændinger	39
7.1	Afbrændingerne	39
7.2	Temperaturresultater fra afbrændingerne	40
7.3	Resultater fra laboratorieanalyser.....	41
7.3.1	PAH-analyser	41
7.3.2	Dioxin	42
7.3.3	ICP-MS resultater for askeprøver	42
7.3.4	ICP-MS resultater for sodprøver og <i>ORMe</i>	43
7.4	Partikelkarakterisering	43
7.5	Konklusion på afbrændingsforsøgene og efterfølgende analyser	47
8.	Test i privat skorsten	48
9.	Diskussion	50
9.1	Spørgeskemaundersøgelser og vidensdeling	50
9.2	Design af <i>ORM</i>	50
9.3	Valg af adsorptionsmaterialer og deres virkemåde	51
9.4	Udførelse af afbrændinger	52
9.5	Støvopsamlinger	52
	Referencer	54

Bilag 1	Spørgeskema udsendt til samtlige kommuner	55
Bilag 2	Miljøpræventivt tilsyn – ydelser tilbudt af skorstensfejere	58
Bilag 3	Spørgeskema til kommuner angående samarbejde med skorstensfejerne	64
Bilag 4	Spørgeskema til skorstensfejerne.....	66
Bilag 5	Metalindhold og klorindhold i askeprøver.....	68

Forord

Dette er afslutningsrapporten for projektet ”Kontrol med Afbrænding af Affald” under Miljøstyrelsens tilskudsordning ”Program for Grøn Teknologi 2013”. Projektet blev gennemført i perioden januar 2014 til december 2015 og havde det overordnede formål at udvikle en metode til entydig identificering af kemiske komponenter fra ulovligt afbrændt affald i brændeovne.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Esbjerg Kommune, Odense Kommune, Skive Kommune, Vejle Kommune, Skorstensfejermestrene Kim Laue Christensen, René Dahl Nielsen og Martin Holm Andersen, Mikrolab Aarhus A/S og Teknologisk Institut. Denne rapport giver et samlet overblik over det arbejde, der er udført i løbet af projektet.

Projektets styregruppe bestod af:

- Christina Egsvang Føns, styregruppeformand, Esbjerg kommune
- Carsten Emil Jespersen og Christoffer Kirk Strandgaard, Odense Kommune
- Benny Kim Hansen, Skive Kommune
- Dorthe Hamann, Vejle Kommune
- Kim Laue Christensen, Skorstensfejermester, Faaborg-Midtfyn Kommune
- René Dahl Nielsen, Skorstensfejermester, Favrskov Kommune
- Martin Holm Andersen, Skorstensfejermester, Odense Kommune
- Vagn Aagaard Hansen, Mikrolab Aarhus A/S
- Brian Kristensen, Miljøstyrelsen
- Peter Bøgh Pedersen, projektleder, Teknologisk Institut.

Teknologisk Institut

Aarhus, december 2015

Sammenfatning og konklusion

Miljøstyrelsen anbefaler at fyre med tørt, rent træ i brændeovne og aldrig benytte affald, reklamer og behandlet træ. Afbrænding af denne type af materialer er ulovlig, og i de tilfælde, hvor de på trods heraf afbrændes, kan der ud over partikler udledes en lang række miljø- og sundhedsskadelige stoffer. Kommunerne har tilsynspligt med landets brændeovne og dermed også pligt til at agere overfor ulovlig affaldsafbrænding. Den ulovlige afbrænding kan dog være uhyre svær at afsløre, medmindre en borger tages på fersk gerning. Derfor har nærværende projekt haft til formål at udvikle løsninger, som kan afdække de tilfælde, hvor der er foretaget ulovlig afbrænding af affaldstræ eller af andre typer af ulovlig brændsel i private brændeovne; både bagudrettet igennem indsamling af sod- og askeprøver og fremadrettet igennem en *Opsamler til Registrering af Miljøskadelige forbindelser*. Projektet har således haft fokus på at udvikle to elementer:

- Udvikling af analysemetoder til sod- og askeprøver
- Udvikling af en *Opsamler til Registrering af Miljøskadelige forbindelser* (herefter forkortet *ORM*).

Formålet med udviklingen af analysemetoderne til sod- og askeprøver samt *ORM*en var at give kommunerne en simpel metode til detektering af ulovlig affaldsafbrænding i private brændeovne. I løbet af projektet er der blevet udviklet analysemetoder til analyse af sod- og askeprøver, og der er blevet designet og produceret to udgaver af en *ORM* til brug i brændeovnsskorsten. Flere forskellige adsorptionsmaterialer er testet i *ORM*ene under kontrollerede brændeovnsafbrændinger af både rent træ og ulovligt brændsel. Følgende materialer har været afbrændt: rent birketræ, CCA-træ (kobber-, krom- og arsenimprægneret træ), kreosottræ (gamle jernbanesveller og telefonpæle), malet træ, træ med rester af PCB-holdig fugemasse, lak og maling, en kombination af mælkekartoner, gavepapir og reklamer, palletræ samt laminattræ. Gennem de kontrollerede afbrændingsforsøg er der opnået erfaring med afbrænding af forskellige materialetyper, både fyresteknisk og kemisk.

Igennem projektet er der opnået viden om partikeludledning fra afbrænding af forskellige materialetyper, idet nanopartikelemissionerne fra afbrændingerne er blevet undersøgt. Afbrænding af flere typer af ulovligt brændsel gav anledning til markant højere massekoncentration af partikler end afbrænding af rent træ. Det viste sig desuden muligt at benytte indholdet af kobber i askeprøver til at identificere afbrænding af CCA-imprægneret træ. Til gengæld var det ikke muligt at identificere relevante kemiske forbindelser (polyaromatiske hydrocarboner eller metaller) i de benyttede adsorptionsmaterialer fra *ORM*ene til entydig identifikation af afbrænding af ulovligt affald.

Udover selve udviklingsarbejdet har en vigtig del af projektet været at indsamle informationer fra kommuner og skorstensfejere angående omfanget, karakteren og håndteringen af affaldsafbrænding i Danmark.

En spørgeskemaundersøgelse blandt landets kommuner gav en indikation af, at der flere steder er problemer med afbrænding af flere forskellige fraktioner ulovligt brændsel. Antallet af sager i forhold til antallet af brændeovne i de enkelte kommuner, og hvor lang tid der bliver brugt på den enkelte sag, varierer fra kommune til kommune. Det er et fåtal af kommunerne, der er villige til at betale over 2.000 DKK for en analyse ved brug af en *ORM*. Flertallet af kommunerne har

samarbejdet med kommunens skorstensfejere i forbindelse med informationskampagner rettet mod borgerne, og samarbejdet vurderes generelt som positivt. Undersøgelserne har desuden været med til at sætte fokus på den ulovlige afbrænding i kommunerne.

En spørgeskemaundersøgelse blandt danske skorstensfejere viste, at antallet af borgerne, der ifølge skorstensfejerne benytter ulovligt brændsel i de enkelte skorstensfejerers distrikter, varierer. Dog oplever de fleste af de adspurgte skorstensfejere ganske få henvendelser om røggener på grund af ulovlig afbrænding. En stor del af skorstensfejerne vælger at håndtere sager omkring afbrænding af ulovligt brændsel uden at inddrage kommunen.

Summary and conclusion

The Danish Environmental Protection Agency recommends fuelling wood burning stoves with dry, clean wood and never to use household waste, catalogues or wood that has been treated (e.g. pressure treated, painted or lacquered). Burning these types of materials in private wood burning stoves is prohibited and can, besides emissions of particles, lead to emission of a number of compounds, which are harmful to the environment and the human health. The municipalities are obliged to supervise the wood burning stoves and are thus responsible for acting upon illegal burning of waste. However, this can be extremely difficult unless the authorities are there to catch the citizens in the act. Thus, the aim of the present project has been to develop solutions to disclose cases of illegal burning of waste wood or other prohibited types of fuel in private wood burning stoves; both retrospective through collection of soot and ash samples and prospectively using a collection unit designed for registration of harmful compounds. The focus of the project has been:

- Development of analysis methods for soot and ash samples
- Subsequent development of a collection unit for registration of environmentally harmful compounds (*ORM* unit for short)

By developing analysis methods for soot and ash samples in addition to the *ORM* unit the aim was to provide the municipalities with a simple detection method for disclosing illegal burning of waste materials in private wood burning stoves.

During the project, analysis methods for soot and ash samples have been developed in addition to the development and production of two different designs of the *ORM* unit for use in the chimneys of wood burning stoves. Several adsorption materials have been tested in the *ORM* units under controlled conditions where clean wood and selected types of prohibited fuel have been burned in wood burning stoves. The following materials have been burnt under controlled conditions: clean birch wood, CCA-wood (copper, chrome and arsenic impregnated wood), creosote wood (old railroad sleepers and telephone poles), painted wood, wood with remains of PCB containing joint filler, paint and lacquer, a combination of milk cartons, gift wrapping paper and catalogues, pallet wood and laminate wood. Experience with burning of different material types, both in terms of firing techniques and chemical emissions, has been gained through the controlled firing experiments.

In the project, the nanoparticle emissions from the burnings have been investigated, and knowledge on emissions from burning different types of material has been obtained. The burning of several types of the prohibited solid fuels gave rise to significantly higher mass concentrations of particles than burning clean wood. Furthermore, it proved possible to use the content of copper in ash samples to identify whether CCA wood had been used in the burner or not. However, it proved impossible to use the chemical compounds (polycyclic aromatic hydrocarbons or metals) identified in the adsorption materials used in the *ORM* units for unambiguous identification of burning of prohibited materials.

An important part of the project, in addition to the development work described above, has been to collect information from Danish municipalities and chimney sweepers on the extent, character, and handling of burning prohibited fuel in Denmark.

A survey conducted among the Danish municipalities indicated that several municipalities face problems with citizens burning various types of prohibited materials in their wood burning stoves. The number of cases in relation to the number of wood burning stoves found in the municipalities and the average processing time of each case varies across the municipalities. Only a handful of the municipalities are willing to pay more than 2,000 dkk for an analysis of an ORM. The majority of the municipalities collaborate with the chimney sweepers in their municipality regarding information campaigns targeting the citizens and the municipalities consider the collaboration beneficial. As a side effect of the survey, the focus on the problem in the municipalities has increased.

A complementary survey was performed among the Danish chimney sweepers. The results of the questionnaire showed that the experiences of the chimney sweepers varies significantly with respect to the percentage of the citizens who use prohibited fuel in their district. However, the majority of the chimney sweepers get few or no complaints from neighbours regarding smoke issues from burning prohibited materials. Furthermore, a large percentage of the chimney sweepers chose to handle cases regarding fuelling with prohibited materials without involvement of the municipality. Additionally, the chimney sweepers noted an increased interest from the municipalities on the matter following the surveys and this is considered a very positive side effect of the conducted survey that the awareness of the problem in the municipalities has increased.

1. Ordforklaring

TABEL 1
FORKALRING AF FAGORD OG FORKORTELSER

Ord/forkortelse	Forklaring
CCA	Forkortelse for kobber-krom-arsen, som er tre grundstoffer, der benyttes til nogle typer træimpregnering.
CO	Kulilte eller kulmonoxid. Dannes ved ufuldstændig forbrænding. Forhøjede niveauer af CO i indåndingsluften kan føre til forgiftning – i værste fald med døden til følge. Dette er hovedsageligt et problem, når CO kan ophobe sig i lukkede rum. CO-indholdet i røggassen kontrolleres under afbrændingsforsøgene i laboratoriet.
CO ₂	Kuldioxid. Dannes ved afbrænding af organisk materiale, når der er nok ilt til stede. CO ₂ -indholdet i røggassen kontrolleres under afbrændingsforsøgene i laboratoriet.
Dioxin	Dioxin er en samlet betegnelse for en større gruppe af klorholdige giftstoffer, som dannes under forbrænding af organisk materiale, når der er klor til stede. Betegnelsen dioxin dækker oftest også over furaner, da disse kemisk er meget lig dioxiner. Dioxin er yderst skadeligt for mennesker. Afbrænding af træ, og især affaldstræ, udgør en betydelig kilde til udledning af dioxin i Danmark.
DustTrak	Måleudstyr, der kontinuerligt detekterer partikelmasse for partikler større end ca. 100 nm (nanometer) og op til ca. 15 µm (mikrometer).
GC-MS	Gas chromatography–mass spectrometry. Analytisk metode, der kan benyttes til at identificere forskellige substanser i lave koncentrationer i en prøve.
ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry. En type af massespektrometri, som benyttes til bestemmelse af hovedsageligt metaller.
NO _x	Kvælstofilter. Et biprodukt ved forbrændingsprocesser, herunder fx afbrænding i en brændeovn. NO _x kan have en negativ indvirkning på menneskers sundhed, når de indåndes. NO _x -udledningen måles under afbrændingsforsøgene i laboratoriet.
OGC	Organic Gaseous Carbon. Organisk materiale på gasform. OGC-udledningen måles under afbrændingsforsøgene i laboratoriet.
ORM	<i>Opsamler til Registrering af Miljøskadelige forbindelser</i> . Den opsamler, der udvikles i projektet til at detektere specifikke forbindelser ved

Ord/forkortelse	Forklaring
	afbrænding af affald i brændeovne.
PAH	Polyaromatiske hydrocarboner. En gruppe af forbindelser, der blandt andet findes i olie, kul og tjære. PAH'er emitteres som partikler og gasser til luften i forbindelse med forbrænding af fx brænde. Brændeovne peges på som en af synderne for et øget totaludslip af PAH'er i Danmark i perioden 2000-2006.
PCB	Polyklorede bifenyler. En gruppe af klorholdige stoffer, som er skadelige for miljøet og mennesker. Inden et forbud mod brugen af PCB trådte i kraft i 1977, blev PCB blandt andet benyttet i byggematerialer såsom fugemasse.
P-Trak	Måleinstrumentet, der kontinuerligt detekterer partiklantal i størrelsesintervallet 20-1.000 nm.
PUR	Polyuretan. Et polymermateriale, der oftest ikke smelter, når det varmes op. Kendes blandt andet som engangsvaskeklude. Benyttes som adsorptionsmateriale i dette projekt.
Silikonefilm	Tynd siliciumholdig polymerfilm, der benyttes som adsorptionsmateriale i dette projekt.
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer. Måleudstyr, der giver både en præcis partikelstørrelsesfordeling og en antalskoncentration af nanopartikler. Dog er udstyret begrænset med hensyn til tidlig opløsning, idet en måling tager adskillige minutter.
SorbiCell	Porøst materiale, som konventionelt benyttes til opsamling af fremmedstoffer fra vand. Materialer er i dette projekt benyttet som adsorptionsmateriale i <i>ORMe</i> . Leveres som små rødlige kugler.
VOC/SVOC	Semi-volatile organic compounds (på dansk: semiflygtige organiske forbindelser). Samling af organiske forbindelser, der hovedsageligt findes på dampform ved stuetemperatur og en atmosfæres tryk.
XAD2	Polymerisk adsorptionsmateriale, som er benyttet som adsorptionsmateriale i <i>ORMe</i> i dette projekt. Leveres som små, hvide kugler.

2. Introduktion

2.1 Baggrund for projektet

Gennem en længere periode har landets ca. 755.000 brændeovne tiltrukket opmærksomhed pga. deres betydelige bidrag til partikeludledningen herhjemme. Senest har der været fokus på omfanget af partikeludledningen fra de københavnske brændeovne. I en ny undersøgelse fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) vurderes det, at tidligere estimater har været for høje. På trods af en kraftig sænkning af estimatet af partikeludledningen fra brændeovne i København, så estimeres det, at individuel opvarmning i husholdninger (hvilket hovedsageligt vil sige brændeovne) er kilde til 24 % af de fine partikler (PM_{2,5}, hvilket vil sige partikler med en diameter under 2,5 mikrometer), der udledes i hovedstaden [1], hvilket er sammenligneligt med partikeludledningen fra vejtrafikken [2].

I Danmark gælder brændeovnsbekendtgørelsen, der blandt andet sætter regler for, hvor mange sundhedsskadelige partikler nye såvel som ældre brændeovne, der videresælges, må udlede [3]. Derudover er der på europæisk plan stor fokus på emissioner og energieffektivitet af brændeovne og kedler [4], og der blev i 2015 vedtaget et EU-regulativ [5], der indebærer, at blandt andet brændeovne skal leve op til strengere energieffektivitetskrav og grænser for udledning af partikler, OCG, CO og NO_x. Regulativet træder i kraft fra 2022.

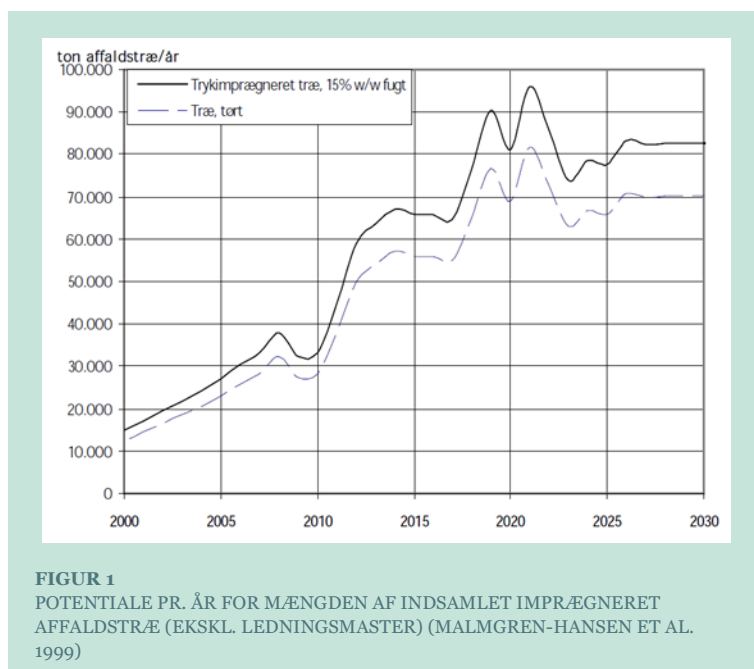
I de tilfælde, hvor der afbrændes affald, kan der ud over partikler udledes en lang række miljø- og sundhedsskadelige stoffer. Kommunerne har tilsynspligt med landets brændeovne og dermed også pligt til at agere overfor ulovlig affaldsafbænding. Den ulovlige affaldsafbænding kan imidlertid være uhyre svær at afsløre, medmindre en borger tages på fersk gerning. Ved interview med ti kommuner nævner otte af kommunerne sager, der karakteriseres som alvorlige. I sagerne er der stærke formodninger om gentagen afbrænding af affaldstræ, men kommunerne kommer til kort, når det drejer sig om bevisbyrden. Den ulovlige afbrænding er til stor gene for naboer og nærmiljø, og afbrænding af affaldstræ indebærer en betydelig risiko for emission af miljøfarlige kemiske forbindelser og tungmetaller til miljøet.

Kendte typer af affaldstræ og -materialer, som kommunerne og skorstensfejerne oplever, at borgere afbrænder, omfatter:

- Imprægneret træ (brædder fra gamle terrasser, telefonpæle, CCA-træ, jernbanesveller)
- Byggematerialer, som fx træ med rester af maling (fx gamle døre), lakeret træ og fugemasserester (potentielt indeholdende PCB (polyklorerede bifenyl))
- Aviser, ugeblade, mælkekartoner, gavepapir, reklamer
- EU-paller
- Spånplader, laminattræ indeholdende lim, MDF-plader
- Gamle møbler
- Plastmaterialer.

Den direkte konsekvens af afbrænding af affald er en lokalforurening af nærmiljøet med metaller eller miljøfarlige forbindelser, som PCB, dioxin og benzo[a]pyren. Idet miljøpåvirkningen ikke kan ses, har det sjældent nogen stor vægtning i konsekvensovervejelserne ved borgerens valg af afbrændingsmateriale. Da prognosen for mængden af CCA-behandlet affaldstræ (se Figur 1) er stigende, og da nogle borgere føler sig fristet til at fyre med forhåndenværende materiale i

brændeovne, vil der være en potentiel risiko for, at store mængder af bl.a. tungmetaller ender i nærmiljøet.



Ved at udvikle en teknologi, der kan understøtte kommunernes indsats mod afbrænding af affaldsfraktioner, vil det være muligt at begrænse omfanget af affaldsafbrændinger markant og dermed begrænse udledningen af miljøskadelige kemiske forbindelser og tungmetaller til nærmiljøet. Begrænsningen vil betyde en mærkbar forbedring af luftkvaliteten især i tætbefolkede områder. Når både kommuner og skorstensfejere involveres i udviklingen af løsningen, sikres anvendeligheden af den udviklede teknologi.

2.2 Projektets formål

Projektet har haft til formål at udvikle løsninger, som kan afsløre de tilfælde, hvor der er foretaget en ulovlig afbrænding af affald i private brændeovne både bagudrettet igennem indsamling af sod- og askeprøver og fremadrettet igennem en *Opsamler til Registrering af Miljøskadelige forbindelser*. Projektet har således fokuseret på at udvikle to elementer:

1. Udvikling af analysemetoder til sod- og askeprøver
2. Udvikling af en *Opsamler til Registrering af Miljøskadelige forbindelser (ORM)*.

Formålet med udviklingen af analysemetoderne til sod- og askeprøver samt *ORM*en var at forsyne kommunerne med en simpel metode til detektering af ulovlig affaldsafbrænding i private brændeovne.

For at kunne udvikle en *ORM* er der indledningsvis blevet indsamlet viden med fokus på metoder til detektion af udvalgte og særlig kritiske kemiske forbindelser og tungmetaller. Kommunerne, som har tilsynspligt på området, skulle kunne benytte analyserne og *ORM*en i afgørelser, hvor der er formodning om ulovlig affaldsafbrænding. Derudover har en vigtig del af projektet været at indsamle informationer fra kommuner og skorstensfejere angående omfanget og karakteren af affaldsafbrænding i Danmark.

2.3 Kemiske komponenter og partikler

I projektet vil der på Teknologisk Institut blive foretaget testafbrændinger af forskellige typer af affaldstræ. Testafbrændingerne foregår under kontrollede forhold i en ældre brændeovn. De kemiske forbindelser eller grundstoffer, der efterfølgende analyseres for, afhænger dels af typen af affaldstræ, dels af hvilke prøver der undersøges (askeprøver, sodprøver, ORMene). Den følgende liste beskriver de forbindelser, grundstoffer og partikler, som har interesse i dette projekt, samt under hvilke forhold de forventes at blive fundet:

- PAH'er, polyaromatiske hydrocarboner, er en gruppe af forbindelser, der blandt andet findes i olie, kul og tjære. PAH'er emitteres som partikler og gasser til luften i forbindelse med forbrænding af fx brænde. Der vil således blive analyseret for PAH'er i adsorptionsmaterialer fra ORMene samt sodprøverne fra samtlige afbrændinger.
- Dioxiner. Opsamling af dioxiner kræver specialudstyr, og der forventes ikke at blive analyseret for dioxiner i ORMene eller i aske- og sodprøverne. Der vil dog blive benyttet specialudstyr til dioxinbestemmelse fra de afbrændinger, hvor der forventes at være forhøjet dioxinudledning (når der er klor til stede ved afbrændingen), således at der opnås viden om størrelsen af denne forurening. Dette er fx relevant for afbrænding af træ med fugemasse indeholdende PCB.
- Tungmetaller. Disse forventes især at blive fundet i aske- og sodprøver fra trykimprægneret træ, hvor der oftest benyttes kobber, krom og arsen. Nogle af de mere flygtige metaller kan muligvis findes i ORMene.
- Partikler. Ud over de kemiske analyser vil der blive foretaget kontinuerte målinger af nanopartikelemissionen (størrelses- og antalsfordelinger) og af massen af de fine partikler (fx PM_{2,5}) under afbrændingerne. Der er stor fokus på og bekymring for partikelforurening, og brændeovne er en signifikant kilde til partikelforureningen i Danmark. Det er således interessant at undersøge, hvorledes afbrændingen af affaldstræ påvirker partikelemissionen.

2.4 Denne rapport

I nærværende rapport beskrives projektets udførelse samt de væsentligste resultater.

Kapitel 3 omhandler de foretagne spørgeskemaundersøgelser. Der er i samarbejde mellem Teknologisk Institut og de deltagende kommuner blevet foretaget en spørgeskemaundersøgelse blandt landets kommuner. Spørgeskemaet havde til formål at indsamle viden om de danske kommuners oplevelser med og håndtering af afbrænding af ulovligt affald i brændeovne. Desuden udførte skorstensfejermestrene i samarbejde med Teknologisk Institut en spørgeskemaundersøgelse blandt danske skorstensfejere omkring deres vurdering af afbrænding af affald samt af skorstensfejernes samarbejde med kommunerne.

Kapitel 4 og 5 omhandler henholdsvis arbejdet med design af opsamlerne (ORMene) og forsøgsdesignet benyttet til de kontrollerede afbrændinger af ulovligt affald. Kapitel 6 beskriver de laboratorieanalyser, der er benyttet til bestemmelse af fx metalindhold og PAH'er i adsorptionsmaterialerne fra ORMene, sodprøver og askeprøver.

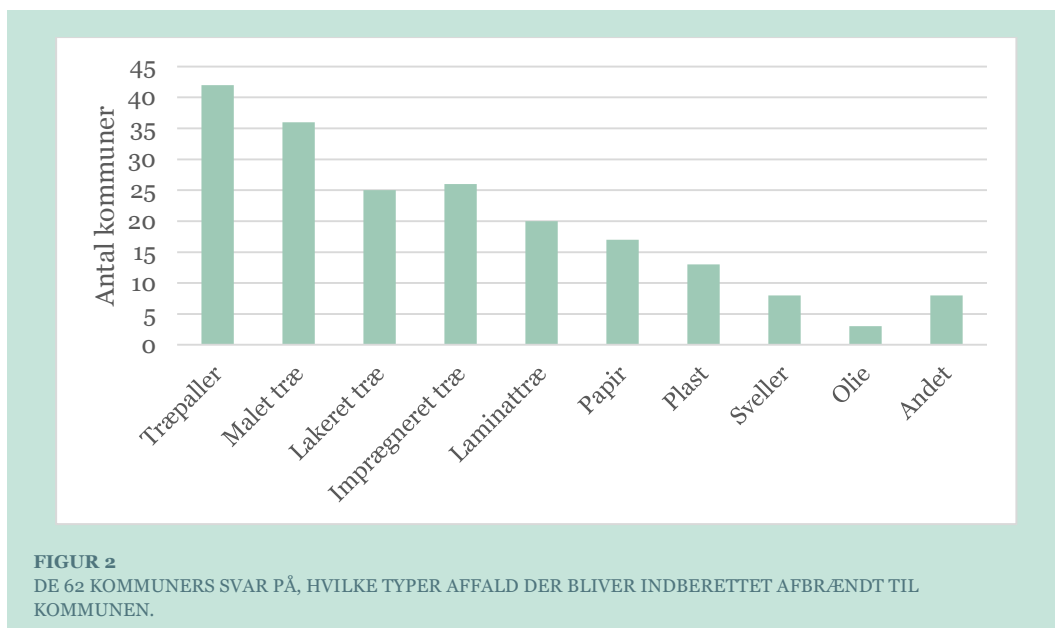
Kapitel 7 beskriver resultaterne fra de fysiske (temperatur, partikler m.m.) og kemiske analyser (metalindhold, PAH'er, dioxin m.m.) fra de kontrollerede afbrændingsforsøg, og kapitel 8 beskriver forsøg og resultater fra en målekampagne foretaget i en privat brændeovnsskorsten. Rapporten afsluttes med en diskussion af projektets resultater i kapitel 9.

3. Spørgeskemaundersøgelser

3.1 Spørgeskemaundersøgelse blandt danske kommuner

For at skabe et overblik over ulovlig affaldsafbænding i brændeovne i Danmark, hvordan disse sager bliver behandlet i kommunerne, og hvordan kommuner og skorstensfejere arbejder sammen, blev der udformet et spørgeskema til landets kommuner. Spørgeskemaet blev sendt ud til Teknik og Miljø, Teknisk Forvaltning, Miljøafdelingen eller lignende relevante afdelinger i landets 98 kommuner, og der blev modtaget svar fra 62 kommuner. Således er der opnået en svarprocent på godt 63 %, hvilket antages at give et forholdsvis retvisende billede af situationen i landet. Spørgeskemaet kan ses på Bilag 1: *Spørgeskema udsendt til samtlige kommuner*.

Kommunerne blev adspurgt om, hvilke typer af affald der bliver indberettet afbrændt i deres kommune. Svarene er grafisk illustreret i Figur 2, hvor det kan ses, at der især er et problem med afbrænding af diverse typer af affaldstræ. Der er dog også en del kommuner, der har kendskab til afbrænding af papir, plast og olie. Under kategorien andet har enkelte kommuner noteret, hvilken type af andet affald der afbrændes. Enkelte kommuner har oplevet indberetninger på afbrænding af biomasse, frø, gulvtæpper, ledninger eller presenninger.

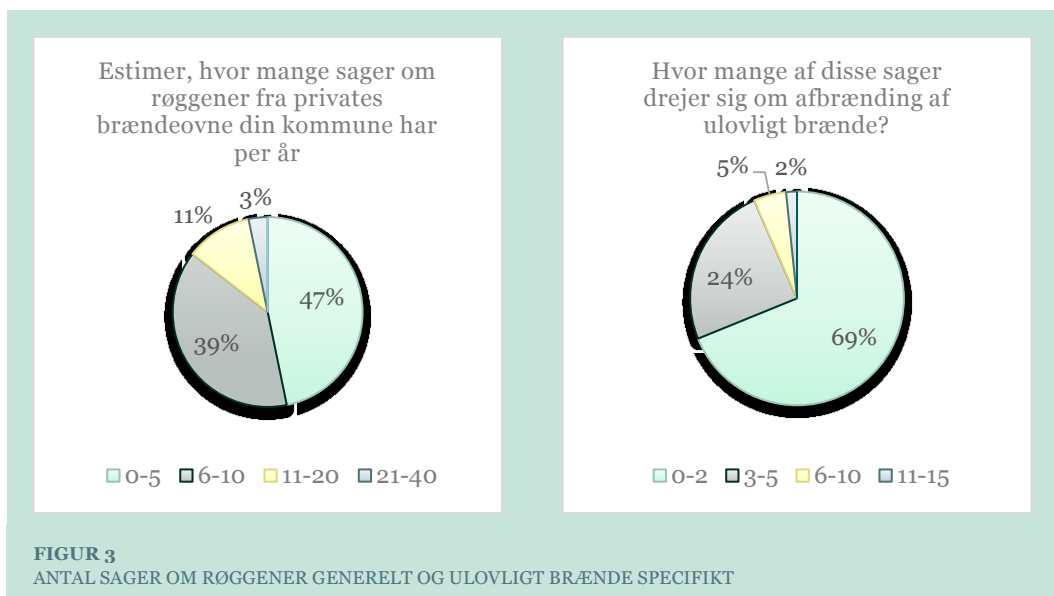


Svarmulighederne for en række af de øvrige spørgsmål var udformet som intervaller. For at kunne bruge tallene fra disse spørgsmål i forhold til de reelle tal, er de forskellige grupperinger blevet tildelt en middelværdi. Der skal derfor tages forbehold for en vis usikkerhed, alt efter om respondentens svar har været i den ene eller anden ende af de enkelte intervaller. Det er dog blevet vurderet, at denne middelværdi kan give et fint billede af sammenhængene.

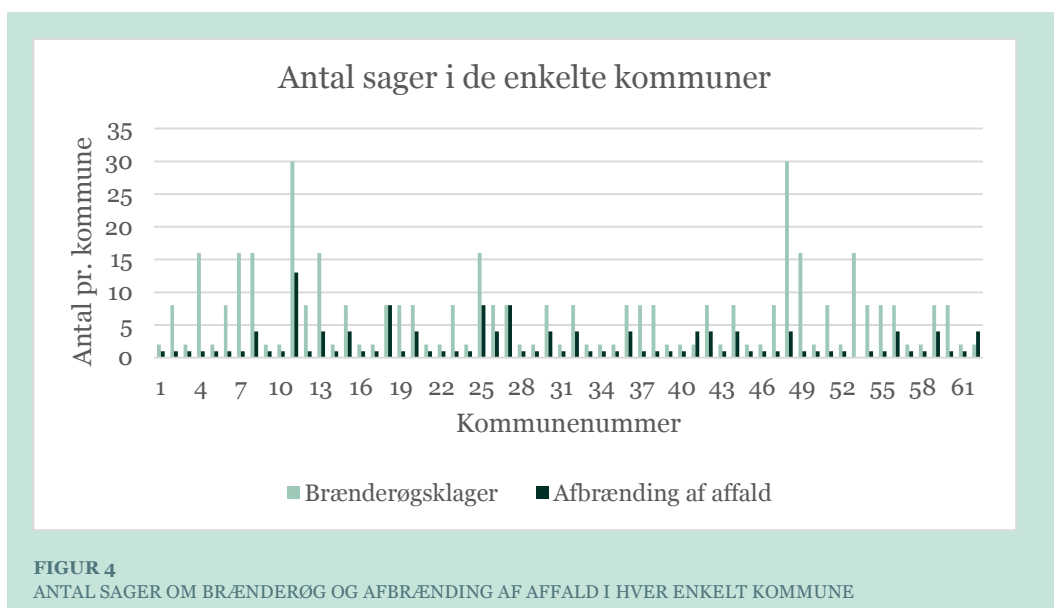
Ud fra de data, der er indsamlet, kan det ved tildeling af middelværdier for de antal brænderøgsklager, der tilgår kommunen, vurderes, at der i Danmark er mellem 400-500 klager om brænderøg årligt. Disse tal er dog usikre, da svarene er angivet i intervaller, og det reelle tal kan

derfor være både højere og lavere, men tallet vurderes at være et retvisende estimat af antallet af klager, og det stemmer godt overens med tal fra Miljøstyrelsen, som angiver, at der er omkring en klage om året per 10.000 indbyggere. [6]

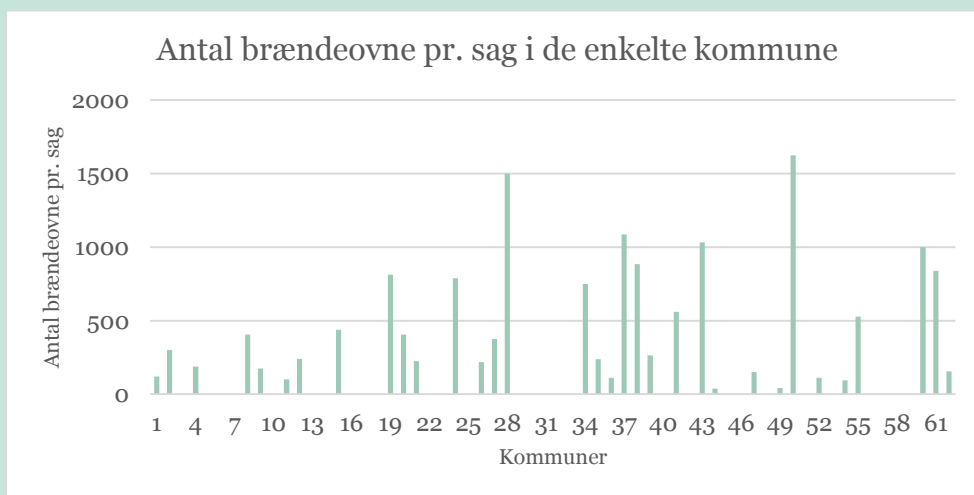
Nedenfor i Figur 3 er kommunernes svar på de to punkter: ”Estimer, hvor mange sager om røggenere fra privates brændeovne din kommune har per år” samt ”Hvor mange af disse sager drejer sig om afbrænding af ulovligt brænde?” grafisk illustreret. Få kommuner har over ti sager om generelle røggenere om året. Desuden ses det, at langt over halvdelen af kommunerne svarer, at de kun har mellem nul og to sager, der drejer sig om røggenere på grund af afbrænding af affald. Der er dog også kommuner, der har over ti sager om året på grund af røggenere fra afbrænding af ulovligt brænde.



I Figur 4 er antallet af sager på grund af røggenere fra privates brændeovne samt antallet af klagesager omhandlende afbrænding af affald i brændeovne sammenholdt for hver kommune. Der er både kommuner, hvor sager over affaldsafbænding dækker alle eller en stor del af sagerne, og kommuner, hvor disse sager udgør en meget lille andel af det samlede antal brændeovnssager. Antallet af sager over afbrænding af affald varierer fra 0-2 sager pr. år og op til 11-15 sager pr. år.

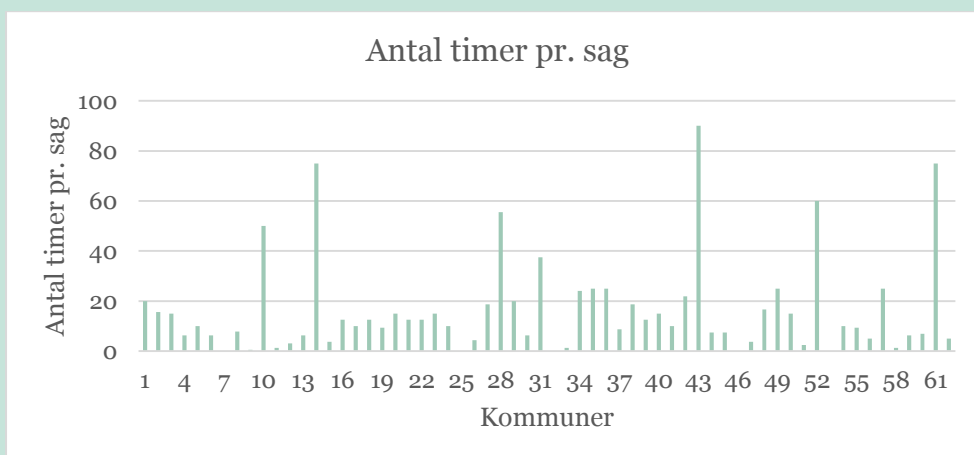


Ud fra svarene leveret af kommunerne er det beregnet, hvor mange brændeovne der er per klagesag hos hver af kommunerne, og data er plottet for kommunerne i Figur 5. En del kommuner har ikke været i stand til at angive antallet af brændeovne i kommunen, så for disse kommuner er antal brændeovne pr. klagesag ikke beregnet. Dette ses som manglende data i plottet. Ud fra figuren kan det vurderes, at en stor del af kommunerne har 600-1600 brændeovne pr. sag og dermed er der en relativ lille del af det samlede antal, som ender som en klagesag. Grafen viser dog også, at der er stor forskel på, hvor mange sager der er pr. brændeovn, hvilket kan skyldes geografiske forskelle, såsom tætheden i beboelse (byområde eller landdistrikt) og usikkerheder i besvarelserne.

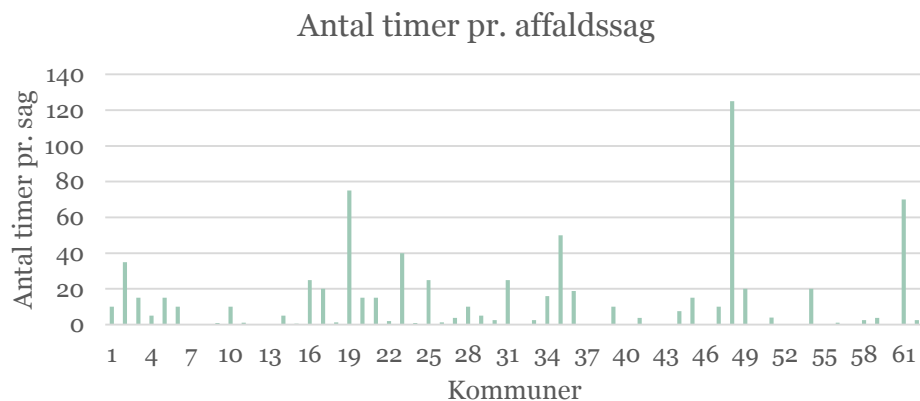


FIGUR 5
SØJLEDIAGRAM, DER VISER DET BEREGNEDE ANTAL AF BRÆNDEOVNE PR. KLAGESAG I HVER ENKELT KOMMUNE

Der er udarbejdet en oversigt over timer pr. sag. Der er beregnet middelværdier for besvarelserne for bedre at kunne vise data. Det kan ses på grafen (Figur 6), at der anvendes op til 90 timer pr. sag og ned til under ti timer pr. sag. Grafen afslører altså et stort spænd på sagsbehandlingstiden i de enkelte kommuner. Der er desuden udarbejdet en graf for timer pr. affaldssag, der ligeledes er baseret på middelværdier af besvarelserne. Her ses en stor forskel i den tid, der bruges pr. affaldssag i kommunerne.

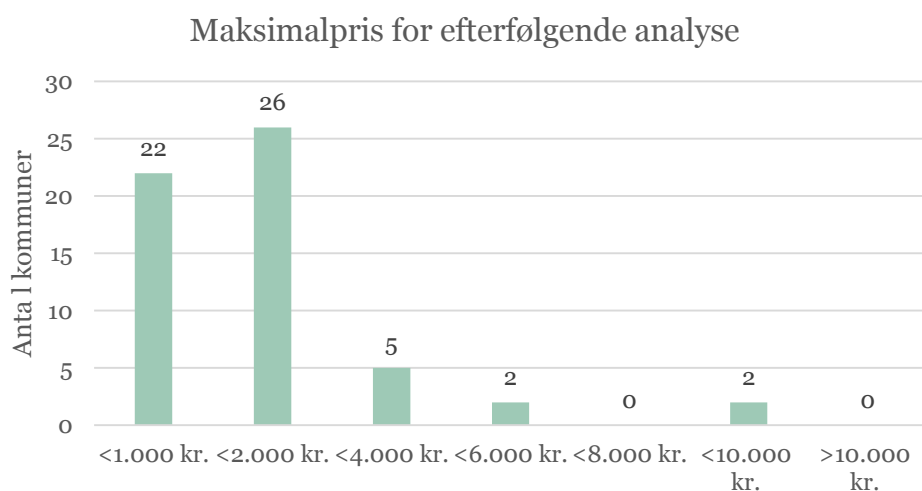


FIGUR 6
SØJLEDIAGRAM, DER VISER DET BEREGNEDE ANTAL TIMER BENYTTET PR. KLAGESAG OVER BRÆNDEOVNE GENERELT I HVER ENKELT KOMMUNE



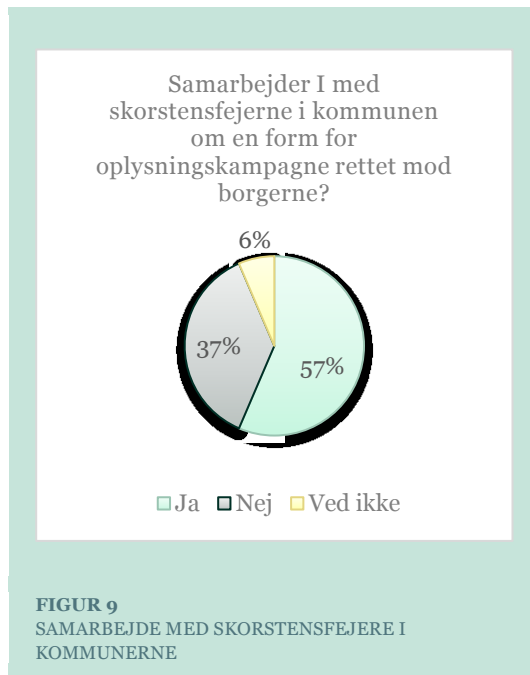
FIGUR 7
SØJLEDIAGRAM, DER VISER DET BEREGNEDE ANTAL TIMER BENYTTET PR. KLAGESAG OMHANDLENDE AFFALSAFBRÆNDING I HVER ENKELT KOMMUNE

Der blev i spørgeskemaet spurgt ind til, hvor meget en kommune ville være villig til at betale for at få foretaget en analyse, som ville kunne bevise, at der var forekommet afbrænding af ulovligt brænde i brændeovnen. 22 af kommunerne har svaret højest 1.000 kr. 26 kommuner har svaret under 2.000 kr.



FIGUR 8
MAKSIMALPRIS KOMMUNERNE ER VILLIGE TIL AT BETALE FOR ANALYSE AF ORM

Kommunerne blev desuden adspurgt om deres samarbejde med skorstensfejerne i forbindelse med oplysningskampagner rettet mod borgerne (se Figur 9). 57 % af kommunerne bekræftede, at de havde et sådant samarbejde.



Samarbejdet mellem kommunerne og skorstensfejerne blev af begge parter fundet meget interessant. Det fremgik både af resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen blandt kommunerne og af erfaringsdelingen ved de afholdte projektmøder. Det blev således på opfordring fra de i projektet deltagende kommuner valgt at udbygge spørgeskemaundersøgelsen med mere fokus på samarbejdet mellem kommunerne og skorstensfejerne. Flere kommuner betragtede samarbejdet med skorstensfejerne som en ressource for kommunerne med hensyn til fordeling af arbejdsmængden i forbindelse med håndtering af afbrænding af ulovligt brændsel. Der er dog også kommuner, hvor samarbejdet med skorstensfejerne ikke fungerer optimalt.

Skorstensfejerlaugets fagtekniske udvalg har desuden udarbejdet en liste over de ydelser, de tilbyder til kommunerne i forbindelse med miljøpræventive tilsyn. En liste over disse ydelser kan ses i Bilag 2.

3.2 Opfølgning på kommuneinterviews i forhold til samarbejde med skorstensfejerne

Der blev fulgt op på populationen af kommuner, der havde svaret ja til, at de samarbejder med skorstensfejerne i kommunen om en form for oplysningskampagne rettet mod borgerne i den oprindelige spørgeskemaundersøgelse. Ni ud af disse 35 kommuner blev udvalgt baseret på geografisk placering, således at der var to kommuner fra hver region bortset fra Nordjylland, hvor der kun var en enkelt. Et telefoninterview blev foretaget med en repræsentant fra hver af de ni kommuner.

3.2.1 Telefoninterviews

Baseret på svarene fra de gennemførte telefoninterviews kan det generelt siges, at alle kommuner får noget ud af samarbejdet med skorstensfejerne. Udbyttet set fra kommunernes side varierer dog. De kommuner, som alene kontakter skorstensfejeren for at indhente konkrete oplysninger om den aktuelle borger, får mindst ud af samarbejdet i forhold til den mængde tid, kommunen bruger på røgklager. I de kommuner, hvor samarbejdet giver det største udbytte, har skorstensfejeren den egentlige dialog med den borger, som der klages over. Borgerne er desuden glade for dialogen, fordi de som regel kender skorstensfejeren, som samtidig kan rådgive dem. Ofte er skorstensfejeren mellemkomst nok til at bringe sagen i orden.

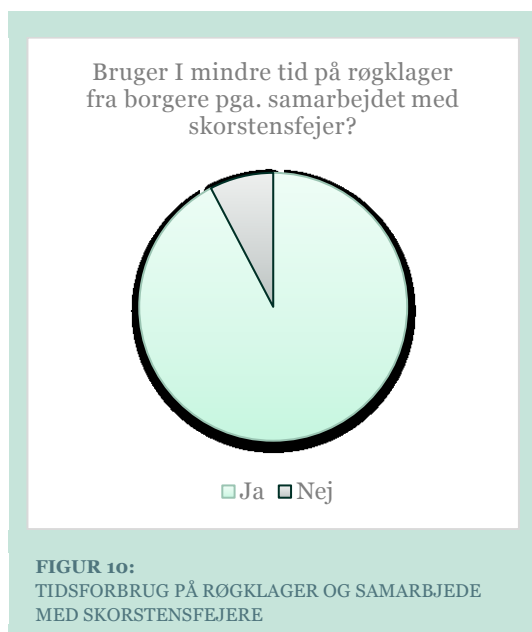
Røgklagerne opstår tit på grund af nabostridigheder, eller fordi borgeren reelt ikke ved, at han eller hun foretager sig noget ulovligt – disse sager kan skorstensfejeren som oftest selv klare og vedrører i udgangspunktet ”engangsklager”. Anderledes forholder det sig med gentagelsessager, dvs. sager, hvor den samme borger gentagne gange er involveret i klagesager. Her er myndigheden/kommunen dybere involveret, og skorstensfejeren er således inddraget i mindre grad.

Der er ingen af de interviewede kommuner, der betaler skorstensfejeren særskilt for deres ydelser i denne forbindelse, uanset hvor formaliseret samarbejdet er. Nogle af kommunerne har desuden glæde af at bruge skorstensfejeren som en form for ”ekstra øje”. Skorstensfejeren er på arbejde på andre tider af døgnet end den kommunalt ansatte, og han kan dermed registrere eventuelle ulovlige forhold ”uden for normal arbejdstid”. De kommuner, som samarbejder tæt med skorstensfejeren, oplever samarbejdet som udelukkende positivt.

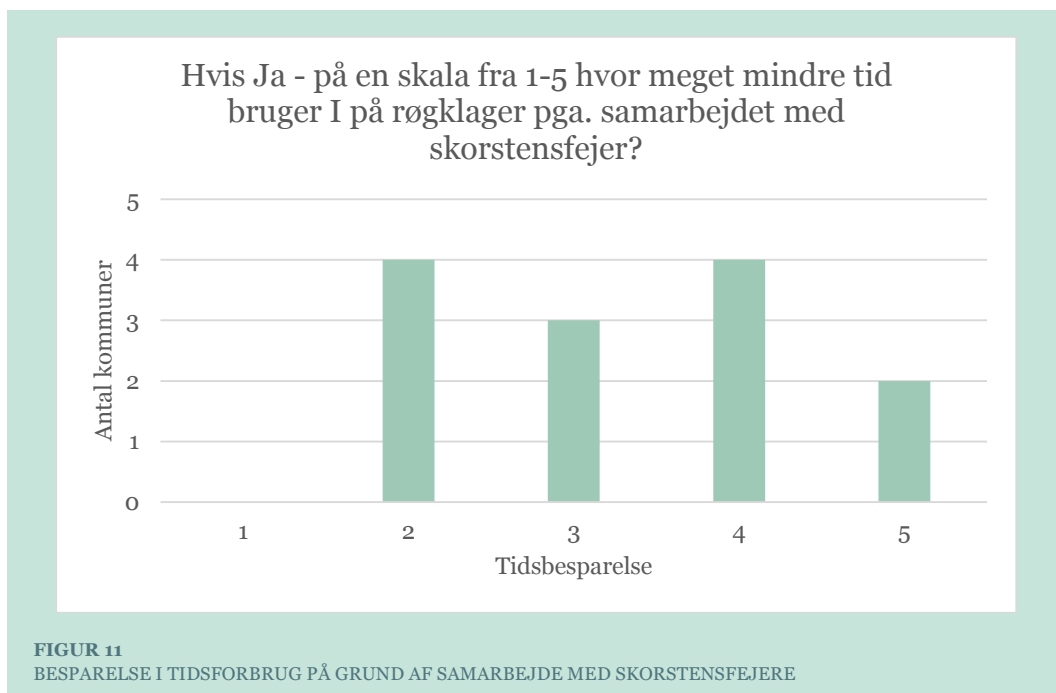
Baseret på de foretagne telefoninterviews konkluderes det, at samarbejde mellem skorstensfejer og kommune vurderes som positivt. Der er mulighed for at indgå i konstruktive samarbejder om røgklager, hvor skorstensfejernes rolle er dels at rådgive og hjælpe borgeren, dels at være kommunens faglige sparringspartner. Dette gælder primært for ”engangsklagesager”. For gentagelsessager viser undersøgelsen, at myndigheden i højere grad selv behandler sagerne og i mindre omfang inddrager skorstensfejeren i dialog og samarbejde.

3.2.2 Spørgeskemaundersøgelse

De kommuner, der havde svaret positivt på, at de havde et samarbejde med skorstensfejeren, men som ikke var del af telefoninterviewundersøgelsen, fik tilsendt et nyt spørgeskema omhandlende deres samarbejde med kommunens skorstensfejere. Spørgsmålene i spørgeskemaet var af samme karakter som de telefoniske, og komplimenterer derfor den forudgående undersøgelse til at give et mere fyldestgørende billede. Spørgeskemaet kan ses på Bilag 3. 14 ud af 25 kommuner har givet svar. 86 % af de adspurgte svarer, at de bruger mindre tid på røgklager pga. samarbejdet med skorstensfejeren (se Figur 10).



På en skala fra 1-5 omkring hvor meget mindre tid der bruges på røgklager pga. samarbejdet, scorer de kommuner, der har svaret bekræftende på samarbejdet med skorstensfejeren, 3,2. Ingen har givet laveste karakter, men der er dog en vis spredning på opfattelsen af, hvor meget tid samarbejdet sparer kommunerne.



I forhold til om de respektive kommuner betaler for samarbejdet med skorstensfejer, er svarene fordelt anderledes end ved de foretagne telefoninterviews. Her har ni ud af de 14 kommuner ikke en særskilt betaling for samarbejdet. To kommuner har svaret ja til, at de har særskilt betaling. Tre kommuner har svaret "andet" og uddybet, at der kun er særskilt betaling ved større afrapporteringer, eller hvis røgklagen resulterer i et ekstra tilsyn.

Adspurgt om, hvorvidt kommunen har en formel aftale om samarbejdet med skorstensfejeren på skrift, svarer en enkelt kommune ja, mens fire kommuner har svaret andet, og ni kommuner har svaret nej. Det er altså ikke normen blandt de adspurgte kommuner at have en formel, skriftlig aftale med kommunernes skorstensfejerere.

De adspurgte kommuner er meget tilfredse med samarbejdet med skorstensfejerne, hvilket kan ses i Figur 12. Ingen kommuner giver karakter under 8 på en 10-trinsskala, hvor 10 er bedst, når de bliver adspurgt om deres tilfredshed med samarbejdet.



De to sidste spørgsmål i spørgeskemaundersøgelsen var: ”Hvori består skorstensfejers opgave i forbindelse med røgklager?” og ”Hvordan behandler I jeres røgklagesager?”. Spørgsmålene lægger op til åbne, udefinerede svar og er derfor svære at visualisere. Ved gennemlæsningen er der identificeret to typer af samarbejde med skorstensfejerne:

- Skorstensfejeren fungerer som vejleder for kommunen, således at skorstensfejeren primært bistår med viden og vejledning til kommunen.
- Skorstensfejeren fungerer som vejleder i relation til borgeren, og skorstensfejeren har den direkte borgerkontakt.

Ved at opdele kommunernes samarbejde med skorstensfejerne i to typer kan svarene sammenlignes i forhold til hele datasættet. Derved kan det undersøges, hvilken af de to typer der på det foreliggende grundlag er bedst.

I de kommuner, hvor skorstensfejeren primært benyttes som vejleder for kommunen, er den gennemsnitlige scorer 2,43 på spørgsmålet om, hvorvidt de bruger mindre tid på røgklager, hvilket er under gennemsnitsscoren på 3,2. De scorer 8,43 i spørgsmålet om, hvor tilfredse kommunen er med samarbejdet med skorstensfejerne, hvilket igen er en lille smule under gennemsnittet på 8,86.

I de kommuner, hvor skorstensfejeren bruges som vejleder i relation til borgeren, giver de scoren 4 til spørgsmålet om, hvorvidt de bruger mindre tid på røgklager. Dette er over gennemsnittet på 3,2. Disse kommuner scorer i gennemsnit 9,2 i spørgsmålet om, hvor tilfreds kommunen er med samarbejdet med skorstensfejerne, hvilket ligeledes er over gennemsnittet.

På det foreliggende grundlag er der altså tendens til, at det er de kommuner, som bruger skorstensfejerne som vejleder i relation til borgeren, der får mest ud af samarbejdet, når der ses på kommunens administration af røgklager defineret som ”engangsklager”.

3.3 Spørgeskemaundersøgelse blandt skorstensfejere

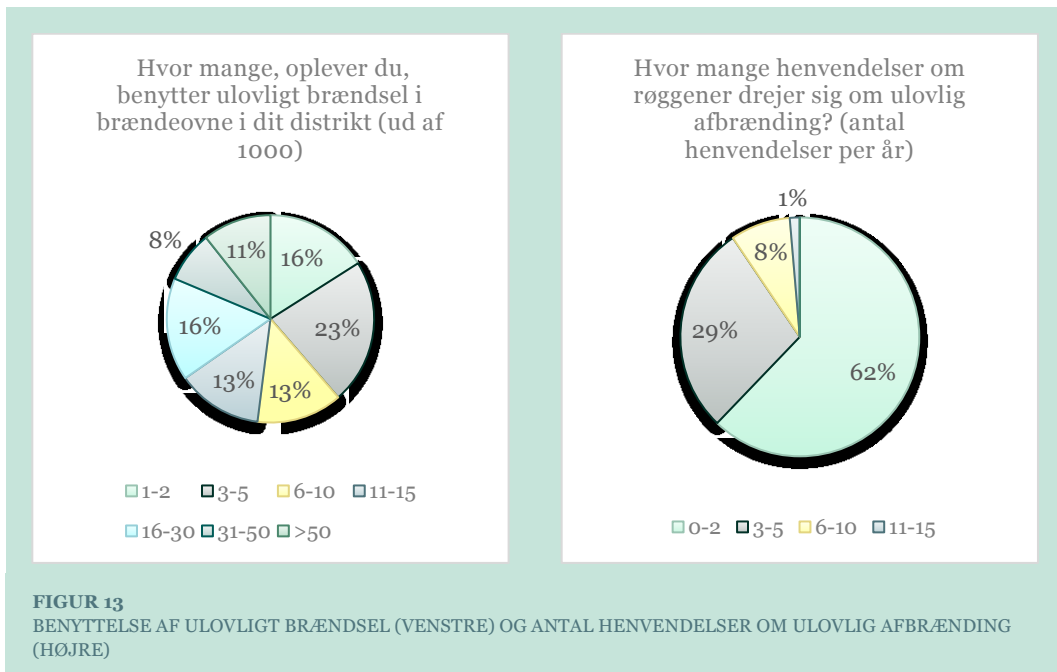
Parallelt med udarbejdelse og indsamling af spørgeskemaer fra kommunerne blev der udarbejdet et spørgeskema, som blev distribueret til danske skorstensfejere. Spørgeskemaet havde fokus på omfanget af forkert afbrænding samt ulovlig affaldsafbrænding, som det opleves af skorstensfejerne, og det kan ses i Bilag 4: *Spørgeskema til skorstensfejerne*. Der blev blandt andet spurgt ind til:

- Antal af formodede sager om året
- Hvad skorstensfejerne gør, når de oplever uregelmæssigheder
- Om ulovlig affaldsafbrænding opleves gentagne gange hos de samme borgere.

Spørgeskemaet blev uddelt ved diverse arrangementer for skorstensfejere, som de tre skorstensfejemestre, der har deltaget i dette projekt, deltog i. Der blev modtaget 75 besvarelser, og alle besvarelserne var anonyme.

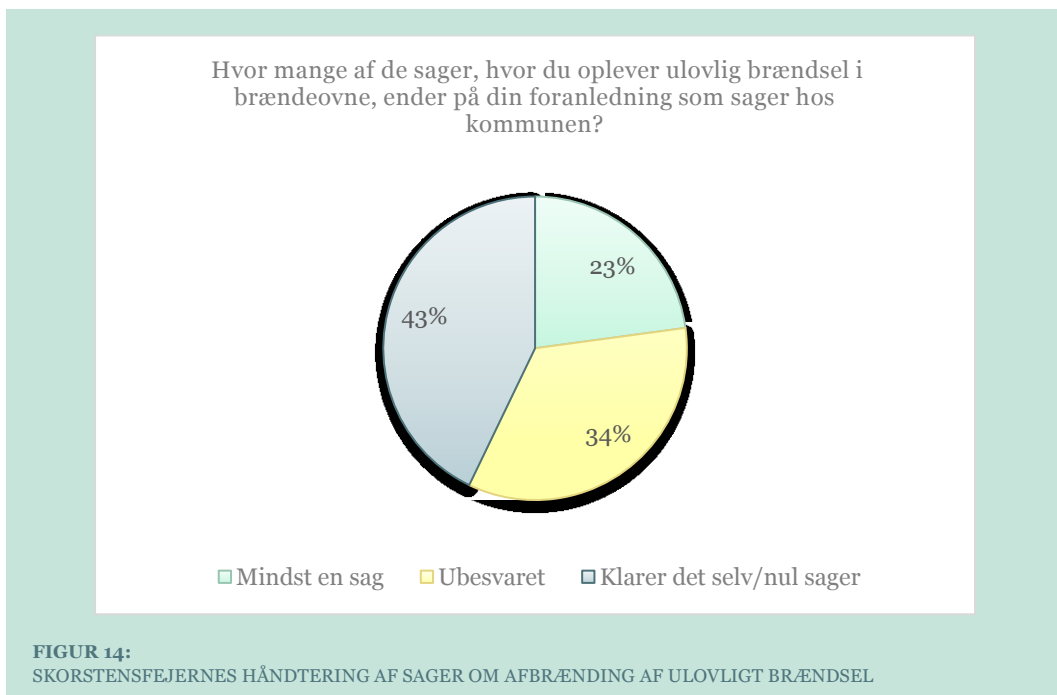
I Figur 13 fremgår skorstensfejernes oplevelser af benyttelse af ulovligt brændsel samt antallet af henvendelser fra borgere om røggener grundet ulovlig afbrænding. Der er stor spredning på skorstensfejernes oplevelser af, hvor stor en andel af borgerne der benytter ulovligt brændsel. En del skorstensfejere (16 %) oplever kun op til 1-2 borgere pr. 1.000 borgere (0,1-0,2 %), der afbrænder ulovligt brændsel i deres distrikt. Samtidig har 11 % af skorstensfejerne, der har deltaget i undersøgelsen, svaret, at over 50 ud af 1.000 (over 5 %) af brændeovnsbrugerne i deres distrikter benytter ulovligt brændsel.

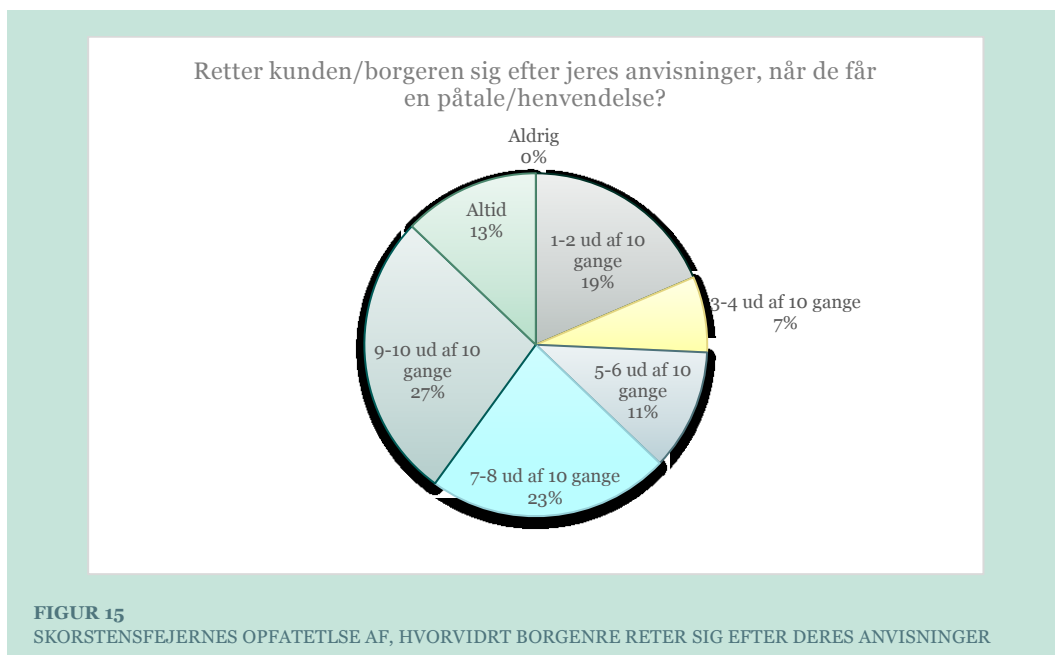
De fleste af de deltagende skorstensfejere oplever ganske få henvendelser om røggener grundet ulovlig afbrænding (Figur 13, højre). Der er dog distrikter, hvor der er 6-10 henvendelser (8 %) eller helt op til 11-15 henvendelser (1 %).



Der blev spurgt ind til, hvor mange sager der bliver givet videre fra skorstensfejeren til kommunen. 34 % af de adspurgte skorstensfejere har ikke ønsket at svare, hvorvidt de sender klager videre. Desuden ses det, at en meget stor andel af skorstensfejere enten ikke har nogen sager eller vælger at klare de sager, de har, uden at involvere kommunen. Dette er i god overensstemmelse med den generelle opfattelse, der er opnået gennem dialog med skorstensfejere i løbet af projektet. Mange skorstensfejere har gode erfaringer med at tage en snak med borgeren uden at inddrage kommunen. Borgerne tager generelt godt imod råd fra skorstensfejere og en ikke-formel snak er oftest nok til at borgeren ændrer sin ulovlige adfærd.

Dog er der skorstensfejere, der oplever, at kunderne sjældent retter ind efter deres anvisninger. Dette ses i Figur 15, hvor de adspurgte skorstensfejere har vurderet, hvorvidt kunderne retter ind efter deres anvisninger, når kunden har fået en henvendelse eller påtale.





3.4 Konklusion på spørgeskemaundersøgelserne

Samlet giver den oprindelige spørgeskemaundersøgelse blandt kommunerne en indikation af, at der flere steder er problemer med afbrænding af flere forskellige fraktioner affaldstræ. Der er stor variation over, hvor mange sager de enkelte kommuner har pr. brændeovn i kommunen, samt hvor lang tid der bliver brugt på den enkelte sag. Det er et fåtal af kommunerne, der er villige til at betale over 2.000 DKK for en analyse af en ORM. Flertallet af kommunerne har samarbejde med kommunens skorstensfejere angående informationskampagner rettet mod borgerne.

På opfordring fra de i projektet deltagende kommuner blev der sat fokus på samarbejdet mellem kommunerne og skorstensfejere. Der blev således gennemført telefoninterviews og spørgeskemaundersøgelse blandt de kommuner, der havde et samarbejde med kommunens skorstensfejere omkring oplysningskampagner. Det viste sig, at samarbejdet generelt vurderes som positivt. Der er mulighed for at indgå i konstruktive samarbejder om røgklager, hvor skorstensfejernes rolle er dels at rådgive og hjælpe borgeren, dels være kommunens faglige sparringspartner. Desuden observeres en tendens til, at det er de kommuner, som bruger skorstensfejere som vejleder i relation til borgeren, der får mest ud af samarbejdet, når der ses på kommunens administration af røgklager defineret som "engangsklager".

En spørgeskemaundersøgelse blev foretaget blandt danske skorstensfejere. Resultaterne viste, at det varierer, hvor stor en andel af borgerne skorstensfejere oplever benytter ulovligt brændsel i deres distrikter. Dog oplever de fleste af de deltagende skorstensfejere ganske få henvendelser om røggener grundet ulovlig afbrænding. En stor del af skorstensfejere vælger at håndtere sager om afbrænding af ulovligt brændsel uden at inddrage kommunen.

4. Design af opsamler

4.1 Overvejelser omkring design

Indledningsvis i projektet blev der gjort forskellige tanker om et muligt design af *Opsamler til Registrering af ulovligt afbrændte Materialer* eller *ORM*. Idéen var, at *ORM*en skulle kunne placeres i skorstenen fra en brændeovn, således at de unikke kemiske komponenter fra de ulovligt afbrændte materialer ville blive opfanget på vej op gennem skorstenen.

Der var flere praktiske hensyn, der skulle tilgodeses:

- Let montering af *ORM* i en skorsten
- Ingen forstyrrelse af trækket i skorstenen
- Robust design i forhold til vejrlig
- Robust design i forhold til temperatur og flow i skorsten
- Passende adsorptionsmateriale i forhold til opsamling af ønskede komponenter
- Mulig plombering af setup
- Hjemmel til indsættelse af *ORM*

En vigtig faktor var, at *ORM*en skulle være robust nok til at kunne sidde i en skorsten i flere måneder, mens den indsamlede de unikke kemiske komponenter fra de ulovligt afbrændte materialer. Materialevalget for *ORM*en faldt derfor på rustfrit stål, da det var det bedste bud på et lettilgængeligt, billigt materiale, som kan holde til fugtigt, blæsende og iskoldt vejr.

Et andet aspekt af robustheden var i forhold til de indre forhold i selve skorstenen. Temperatur og flow er begge parametre, som kan variere en del afhængigt af afbrændingsmønsteret.

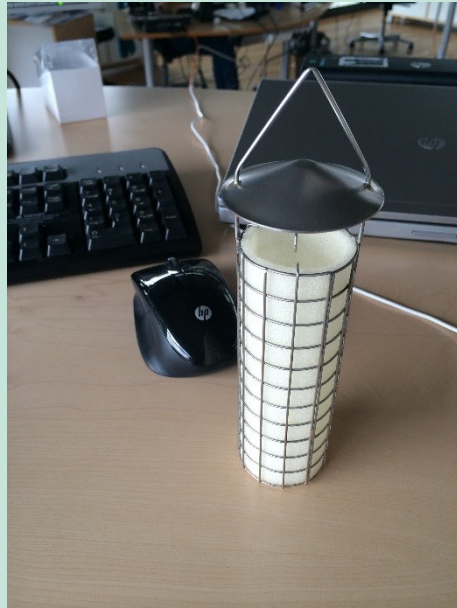
Af praktiske årsager skulle løsningen kunne monteres relativt let i den øverste del af skorstenen af enten skorstensfejeren eller den kommunalt ansatte. Det endte i første omgang med et simpelt ophæng, som kunne benyttes sammen den allikerist, der findes på de fleste skorstene. *ORM*en skulle være tilpas lille og uanseelig til, at den ikke ville forstyrre trækket op gennem skorstenen signifikant og derved påvirke selve forbrændingen i brændeovnen. Hvis dimensionerne af *ORM*en blev for store, ville den således kunne være skyld i en dårligere forbrænding, hvilket ikke var acceptabelt. Det gav anledning til to forskellige typer *ORM*e, som blev afprøvet i projektet.

Valg af adsorptionsmaterialer bliver gennemgået i næste afsnit.

Der blev overvejet løsninger til en form for plombering af *ORM*-setuppet, men endelige løsninger hertil blev udskudt, til der var mere viden om design af *ORM* og selve virkningen af *ORM*en. Kommunernes hjemmel i forhold til at isætte en *ORM* i private borgeres brændeovnsskorstene blev drøftet med Miljøstyrelsen. Konklusionen blev, at denne del ville der blive set på, såfremt en passende løsning var tilgængelig.

4.2 Designforslag

Der blev udfærdiget flere designforslag: heriblandt et større gitterbaseret design (*ORM*₁, vist i Figur 16) og et mindre ”teæg”-lignende design (*ORM*₂, vist i Figur 17), som var de designs, der blev testet i målekampagnerne.



FIGUR 16

PÅ FOTOGRAFIET SES *ORM1* MED PUR-MATERIALE I. ØVERST PÅ *ORM1* ER MULIGHED FOR OPHÆNG, DER ER EN 'HÆTTE' TIL BESKYTTELSE MOD REGN, DET STORMASKEDE TRÅDNET HOLDER PUR-MATERIALET PÅ PLADS, MEN MATERIALET ER SAMTIDIG LETGENNEMTRÆNGELIGT FOR RØGGASSEN. I DET INDRE AF TRÅDNETCYLINDEREN ER DET MULIGT AT FASTGØRE EN SILIKONEFILM.



FIGUR 17

BILLEDET VISER VERSION 2 AF *ORM*, *ORM2*. SELVE *ORMEN* BESTÅR AF ET FINTMASKET TRÅDNET, SOM GØR DET MULIGT FOR ADSORPTIONSMATERIALET AT KOMME I KONTAKT MED RØGGASSEN MEN SAMTIDIG HOLDER ADSORPTIONSMATERIALET INDE, OG I BUNDEN ER DER ET AFTAGELIGT SKRUELÅG. ØVERST ER DER MULIGHED FOR OPHÆNG

ORM1. Med det meget åbne gitterbaserede design er tanken, at røggassen i skorstenen let kan bevæge sig omkring og igennem *ORM*en og derved adsorptionsmaterialet. For både PUR og silikonefilm gælder, at røggassen har fri adgang til materialeoverfladerne, og relevante kemiske komponenter let kan adsorbere til materialerne.

'Hætten' til beskyttelse mod regn er udformet, så regndråber vil løbe af uden at ramme adsorptionsmaterialerne nedenfor, og er samtidigt placeret så højt over øverste kant af trådnettet, at hætten og PUR ikke danner en "luftprop" i *ORM*en. Dette er testet i de indledende forsøg af testdesignet.

ORM2. Trådnettet i *ORM2*-designet er tættere, hvilket giver mulighed for at benytte grove pulvere, små perler af materiale eller lignende, så andre adsorptionsmaterialer end PUR og silikonefilm kan benyttes. Et gængs laboratorieadsorptionsmateriale, som netop kommer i form af små perler, er XAD2, som har stor affinitet overfor bl.a. PAH'er.

Over en lang periode vil røggassen komme i kontakt med adsorptionsmaterialet inde bag trådnettet, og fysisk gældende love om diffusion vil bevirke, at stoffer med affinitet for adsorptionsmaterialet med tiden vil akkumuleres i materialet.

4.3 Valg af adsorptionsmateriale

De to design af *ORM* gjorde det muligt at afprøve forskellige typer adsorptionsmateriale. *ORM1* giver mulighed for at benytte PUR samt silikonefilm som adsorptionsmateriale. *ORM2* kan derimod benyttes til grove pulvere, som beskrevet ovenfor.

Flere adsorptionsmaterialer blev i første screening fravalgt, da egenskaber såsom "uegnet i fugtige miljøer" gjorde materialet uegnet til montering i en skorsten i vinterhalvåret. Dette gælder fx aktivt kul, hvor fugt vil sætte sig på kullene og forhindre opsamling af stoffer fra røgen. Aktivt kul er ellers meget velegnet til opsamling af VOC og SVOC.

Mange af adsorptionsmaterialernes største begrænsning er deres manglende varmeresistens. De fleste af materialerne er funktionsduelige i temperaturer op til godt 50°C, såsom fx PUR der normalt kan klare op til ca. 80 °C. Idet temperaturen afhængigt af fyringsmønster kan nå op på 200 °C i peakperioder øverst i skorstenen, udgør det en seriøs barriere for de fleste adsorptionsmaterialer. Da adsorptionsmaterialerne i dette projekt skulle benyttes i temperaturintervaller og under fysiske forhold (fugtighed, flow, m.m.), som kan ligge langt fra materialernes "normale" virkeområde, blev det besluttet at teste flere forskellige materialer.

Følgende adsorptionsmaterialer blev valgt til testbrug:

- PUR (til brug i *ORM1*)
- Silikonefilm (til brug i *ORM1*)
- XAD2 (til brug i *ORM2*)
- SorbiCell (til brug i *ORM2*, blev tilføjet omkring halvvejs i projektet).

PUR. Adsorptionsmaterialet er opskummet fleksiblet polyurethan, svarende til almindeligt tilgængelige skumklude. Materialet er billigt og lettilgængeligt. Det porøse materiale er godt til adsorbering af partikler. Temperaturmæssigt kan PUR normalt klare op til omkring 80 °C, men der fås også typer, som kan klare lidt højere temperaturer, hvilket kendes fra PUR-isolationsmateriale i fjernvarmerør.

Silikonefilm. Silikonefilmen bestående af polysiloxaner har relativt stor vejr- og varmebestandighed [7], hvilket er en stor fordel i denne sammenhæng. Silikonefilmen er især velegnet til adsorption af partikler.

XAD2 (Amberlite XAD2 polymeric resin) er et kendt adsorptionsmateriale, som er kommercielt tilgængeligt til bl.a. kemiske analyser. Materialet er velegnet til bl.a. PAH-opsamling. Materialet forefindes på 'pulverform' som små perler, hvilket indsnævrer opbevaringsmulighederne af materialet i en *ORM*.

Adsorptionsmaterialet i SorbiCell fra Sorbisense er oprindeligt beregnet til vandige miljøer. Materialet er derfor i overført betydning egnet til 'fugtige' miljøer som i en skorsten. Materialet er udviklet [8] til adsorption af specielt VOC'er/flygtige opløsningsmidler, olie- og tjærestoffer (PAH'er), samt tungmetaller, hvilket meget godt matcher de ønskede egenskaber i dette projekt. Materialet kommer i form af små perler.

4.4 Konklusion på design af opsamler

Der er blevet udviklet to forskellige designs af opsamleren. Den ene er velegnet til pulverbaserede opsamlingsmaterialer, mens den anden er velegnet til fx en silikonefilm eller fleksibelt PUR-materiale.

Fire forskellige opsamlingsmaterialer (adsorptionsmaterialer) blev udvalgt til brug i afbrændingstestene. Af disse er to fleksible film: PUR- og silikonefilm, og to er på pulverform: XAD2 og SorbiCell.

5. Forsøgsdesign

5.1 Indledende test af ORM-design

Inden brændeovnstestene blev iværksat, blev der foretaget indledende studier af den foreløbige ORMs indvirkning på flowet i en skorsten. Dette blev foretaget ved at sende røg (fra røgelsespinde) op gennem et plexiglasrør med samme diameter som en gennemsnitlig dansk skorsten. (Det vurderes af skorstensfejere, at omkring 50 % af det samlede antal stålskorstene i Danmark er Ø15-16. Skorstene med støbt foring er typisk Ø17-20.)

Studierne viste, at ORM-designet ikke influerede væsentligt på flowet igennem røret, og at ORM-designet derved ville være fysisk passende til brug i en virkelig skorsten.

5.2 Indledende test af skorstensrør

Der blev inden opstart af målekampagnerne testet kemisk sammensætning af normale spiorør til brug som skorstensrør. Testen blev gennemført for at sikre, at spiorørene ikke indeholder for store mængder af bl.a. krom, som er en af de essentielle metaller, der skal testes for i fx CCA-træ. For store mængder krom i skorstensrørene vil potentielt kunne give en afsmittende effekt på partiklerne i røggassen, som derfor vil kunne indeholde forholdsmæssigt større mængder krom, end reelt til stede i selve røggassen.

Den kemiske analyse viste, at spiorørene havde et relativt højt kromindhold. Det var dog ikke muligt at få helt detaljerede kemiske indholdsspecifikationer på spiorørene, så det kunne evalueres, hvilke usikkerheder og variationer der måtte være på sporstofferne i spiorørene. Alternativerne til spiorørene var rustfrit stål, som ligeledes har et højt indhold af krom eller jern, som risikerer at give markant afsmitning af jern.

Det blev vurderet, at spiorør var det mest almindelige skorstensrør benyttet i en dansk husstand, og det blev derfor besluttet, at lave testforsøg med afbrænding af rent træ med en spiorørsskorsten og analysere de relevante prøver (sod, ORM, aske) for kromindhold for at se, hvorvidt der var en betydelig afsmitning. Resultaterne viser, at der er en afsmitning, men det blev vurderet, at afsmitningen var på et niveau, som kunne accepteres. Dog har der været ekstra opmærksomhed på og taget ekstra forbehold for resultaterne af kromanalyserne.

5.3 Valg af materiale til afbrændingskampagnerne

Det er vigtigt for projektet at se bredt på formodede og potentielle materialer, som med stor rimelighed kan forventes afbrændt i private brændeovne. På baggrund af indsamlet viden og gennem dialog med kommuner og skorstensfejere er følgende materialer udvalgt til testforsøgene:

- CCA-træ (kobber-, krom- og arsenimprægneret træ)
- Kreosottræ (gamle jernbanesveller og telefonpæle)
- Malet træ
- Træ med rester af PCB-holdig fugemasse
- Mælkekartoner/gavepapir/reklamer
- Rent træ (birk) – referencemateriale.

Det er planlagt at foretage tre målinger på hver af de ovenstående affaldstyper. Ved at foretage tripliktmålinger kan der tages højde for udsving i de forskellige analyseparametre og dermed give en fornemmelse af variationerne.

Derudover vil der blive foretaget singlemålinger af

- Laminattræ
- Palletræ.

5.4 Beskrivelse af teststand

En Morsø 1440 brændeovn er benyttet til afbrændingsforsøgene. Denne ovn blev udvalgt, da det er en forholdsvis almindelig model af ældre dato, som derfor antages at svare til en typisk brændeovn i et dansk hjem. I dette projekt er der benyttet en uisoleret skorsten, der kun er 3 meter lang. En uisoleret skorsten er valgt, da det betyder en relativ let udskiftning af skorstenen imellem måleserierne (udskiftningen er nødvendigt for at undgå kemisk kontaminering af fx sodprøverne). Desuden sikres en forholdsvis let integration af temperaturfølere, som skal bores ind for hver halve meter i skorstenen. Der findes et stort antal uisolerede skorstene i Danmark, hvorfor laboratorieafbrændinger foretaget med en uisoleret skorsten vurderes at være relevante.

5.4.1 Træk

Ved prøvning efter standarden EN 13240 bliver der påført mekanisk træk i skorstenen, således at trækket bliver 12 Pa. Efter den norske standard NS 3058 kører ovnen med naturligt træk i en isoleret skorsten, der er 3,5 meter over ovnen. Her bliver trækket normalt lidt over de ovennævnte 12 Pa. Den uisolerede skorsten betyder et lidt mindre træk, da røggastemperaturen her bliver lavere. At trækket er lavere kan godt betyde en lidt dårligere forbrænding, men meget af dette bliver der kompenseret for ved at åbne lidt mere for luftspjældene.

5.4.2 Temperaturprofiler

Der er bestemt temperaturprofil i skorstenen, således at temperaturen er målt kontinuerligt for hver halve meter op igennem skorstenen. Der er således målt temperatur i syv punkter. Derudover er den strålingsbeskyttede røggastemperatur målt efter forskrifterne i EN 13240. Dermed måles temperaturen også i studsene, midt i skorstenen og i udløbet øverst oppe i skorstenen, hvilket svarer til de tre steder, hvor der udtages sodprøver.

At røggastemperaturen efter EN 13240 skal måles strålingsbeskyttet har ikke haft megen indflydelse her, da der blev set en god overensstemmelse med de to ikke-strålingsbeskyttede følere, der er placeret umiddelbart før og efter den strålingsbeskyttede føler.

5.4.3 Kontinuert måling af CO₂, CO, OGC og NO_x

Følgende måleprincipper er anvendt til bestemmelse af CO₂, CO, OGC og NO_x:

- Måling af CO₂ og CO er foretaget med måleprincippet infrarød (IR)
- Måling af OGC er foretaget med måleprincippet flame ionization detector (FID)
- Måling af NO_x er foretaget med måleprincippet chemiluminescence (CLD).

Den benyttede måleopstilling er vist i Figur 18.

5.4.4 Partikelmåling efter NS 3058 (norsk støvmåling)

Der er foretaget gravimetrisk partikelmålinger efter NS 3058, som er foretaget i fortyndingstunnel. Målingerne udtages på 2 planfiltere (et forfilter og et backupfilter) ved en temperatur på maksimalt 35 °C. Partiklerne måles over hele nedbrændingsperioden (for hver påfyring). Filterholderen benyttet til støvopsamlingen er vist i Figur 19.

5.4.5 Støvmåling efter DIN plus (tysk støvmåling)

Der er foretaget gravimetrisk støvmåling efter DIN plus-forskriften, også kendt som tysk støvmåling. Der måles med opvarmet filter, og der måles i perioden fra 3 til 33 minutter efter påfyring. Proben benyttet til støvmålingen er vist i Figur 20.



FIGUR 18
INSTRUMENTER TIL MÅLING AF CO, CO₂, OGC OG NO_x



FIGUR 19
NS 3058 PLANFILTERHOLDER BENYTTET TIL OPSAMLING AF STØV

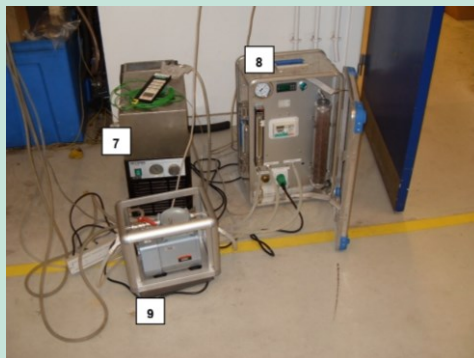
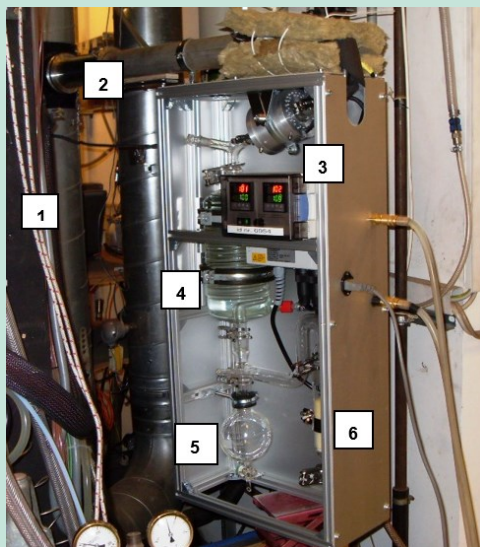


FIGUR 20
DIN PLUS STØVMÅLER FRA WÖHLER

5.4.6 Bestemmelse af polycykliske aromatiske hydrocarboner

Polyaromatiske hydrocarboner (PAH) er en gruppe forbindelser, der emitteres som partikler og gasser til luften i forbindelse med afbrænding af fx træ. Det anvendte måleudstyr til bestemmelse af PAH'er er vist i Figur 21 og er beskrevet mere detaljeret i det følgende.

Fra røggaskanalen (1) udsuges en delmængde af røggassen via en opvarmet glassonde, som er anbragt i et varmeisoleret stålør (2). Den udsugede røggas passerer et opvarmet kvartsulfilter, som er anbragt i en ovn (3). Her udskilles partikler og organiske substanser, som måtte være hæftet til partiklerne. Gasformige stoffer passerer filteret, hvorefter de bliver afkølet i en glasrørssvaler (4). Vand- og tjæredampe kondenserer i svaleren, hvorefter kondensatet løber ned i glaskolben (5). Røggassen, som stadig indeholder flygtige bestanddele (VOC), passerer en glaskolbe (6), som er fyldt med polyuretanskum (PUF) eller XAD₂. Her udskilles de sidste flygtige organiske komponenter. Udsugning, køling og konditionering af røggasprøven sker vha. udstyr, som er vist i billedet til højre i Figur 21. Efter hver måling skylles prøvetagningsudstyret med acetone og toluen. På laboratoriet ekstraheres filter og PUF, hvorefter ekstrakterne, kondensatet og skyllevæsken analyseres for PAH ved hjælp af GC/MS.



FIGUR 21
 VENSTRE: PAH-MÅLEUDSTYR. 1) RØGGASKANAL, 2) OPVARMET PRØVETAGNINGSSONDE (GLAS), 3) OVN MED PARTIKELFILTER, 4) VANDKØLET GLASRØRSSVALER, 5) KONDENSBEHOLDER, 6) ADSORPTION AF VOC (PUF)
 HØJRE: TILBEHØR TIL PAH-MÅLEUDSTYR. 7) KØLEAGGREGAT FOR VAND, 8) GASVOLUMEN – KONDITIONERINGS- OG MÅLEMODUL, 9) VACUUMPUMPE

5.4.7 Bestemmelse af dioxin

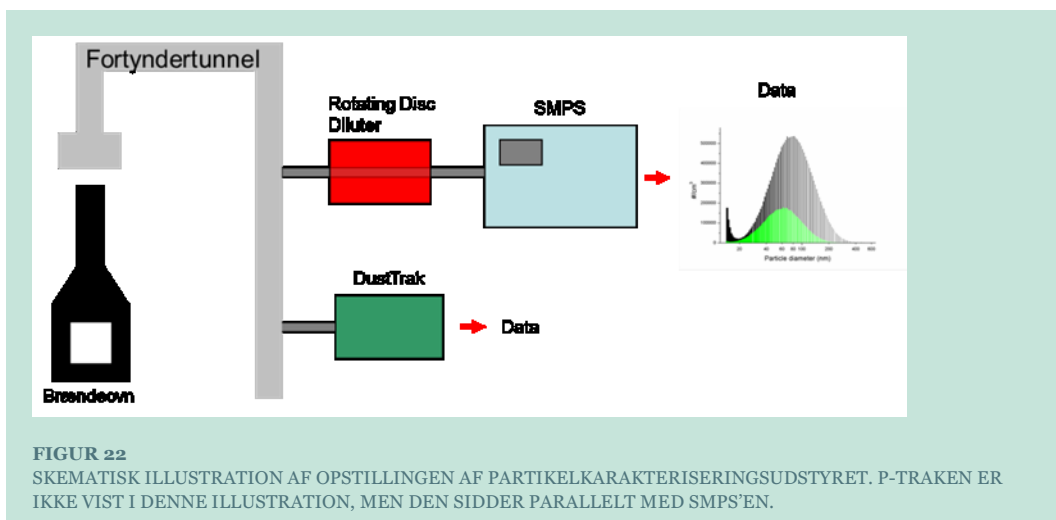
Dioxin måles med samme udstyr, som anvendes til PAH-målingerne, se afsnit 5.4.6. Benævnelsen dioxin anvendes generelt for både dioxiner og furaner, idet de to grupper har stort set samme kemiske opbygning og derfor sammenlignelige egenskaber. Normalt vil det således være underforstået, at bestemmelsen af dioxin dækker over 17 dioxiner og furaner (PCDD og PCDF).

5.5 Partikelkarakterisering

Samtlige partikelmålinger er foretaget, efter at røggassen er suget ind i en fortyndertunnel, der fortynder røggassen 25-30 gange. Den eksakte fortyndingsfaktor beregnes for hver fyring ud fra de målte afbrændingsparametre under den aktuelle fyring. Tre forskellige typer af karakteriseringsudstyr er benyttet: DustTrak til kontinuert massekoncentrations-bestemmelse, SMPS til antalskoncentration og størrelsesbestemmelse, P-Trak til kontinuert antalskoncentrationsbestemmelse. En skematisk repræsentation af opstillingen er vist i Figur 22.

5.5.1 DustTrak – massekoncentration

Til opgaven er anvendt DustTrak DRX, model 8533, fra TSI. Instrumentet kan måle online-partikelkoncentrationen i 5 størrelsesfraktioner: PM₁, PM_{2,5}, PM₄, PM₁₀ og PM_{total} i masseområdet 0,001 til 150 mg/m³. Massekoncentrationen er logget hvert 10. sekund i samtlige størrelsesfraktioner. Massebestemmelsen er baseret på laserdiffraction. Udstyret detekterer partikelmasse for partikler større end ca. 100 nm (nanometer) og op til ca. 15 µm (mikrometer) i koncentrationsområdet 0,001 – 150 mg/m³.



Proben til DustTraken sidder i fortyndertunnelen, så der måles på røggas, der er fortyndet cirka 30 gange. Til bestemmelse af massekoncentrationerne i den ufortyndede røggas benyttes den beregnede fortyndingsfaktor i fortyndertunnelen. Isokinetisk sampling er approksimeret baseret på et gennemsnitligt forventet flow i fortyndertunnelen.

5.5.2 Rotating disk diluter

En såkaldt rotating disk diluter ("roterende skivefortynder") fra Matter Aerosol er benyttet til at fortynde røggassen yderligere inden partikelkarakterisering med SMPS og P-Trak (se de følgende afsnit). Instrumentet har justerbar fortyndingsratio, og fortyndinger på 15 gange og 30 gange er benyttet.

5.5.3 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)

En SMPS model 3080 (TSI) med nanoDMA (Differential Mobility Analyzer) model 3085 (TSI), hvor partiklerne udvælges efter deres størrelse i 110 størrelsesfraktioner er benyttet. Partiklerne tælles i en CPC (Condensation Particle Counter), model 3776 (TSI), og man kan således aflæse partikelantalskoncentrationen (antal/cm³) samt partiklernes størrelsesfordeling. Måleudstyret giver en præcis partikelstørrelsesfordeling og en antalskoncentration. Da instrumentet tæller enkelte partikler og ikke måler den totale masse, kan indholdet af nanopartikler bestemmes meget præcist, selv i lave koncentrationer på trods af eventuel tilstedeværelse af større partikler.

Der er målt i størrelsesintervallet fra 14 nm til 720 nm og koncentrationsområdet ~10³-10⁹ partikler/cm³ med en tidsopløsning på 3 minutter og 30 sekunder.

5.5.4 P-Trak

En P-Trak model 8525 fra TSI Inc er benyttet til at opnå kontinuert logning af partikelantal med målepunkt hvert sekund. Dette udstyr er benyttet til at supplere data fra SMPS'en, som kun giver en måling hver 3 minutter og 30 sekunder. Instrumentet detekterer partikler i størrelsesintervallet 20-1.000 nm i koncentrationsområdet fra 1 til 500.000 partikler/cm³.

Detektionen er baseret på optisk detektion. For at kunne detektere de små partikler optisk, passerer partiklerne igennem et kammer, hvor der kondenseres alkohol (isopropylalkohol) på partiklerne, så de vokser, inden den optiske måling foretages.

5.6 Afbrændinger

Målekampagner er udført med én type rent træ (birketræ) og syv forskellige affaldstyper. En oversigt over de afbrændte materialer samt antallet af afbrændinger, der er foretaget af hver type brænde, kan ses i Tabel 2.

TABEL 2
OVERSIGT OVER DE FORSKELLIGE TYPER AF BRÆNDE OG ANTALLET AF AFBRÆNDINGS-DAGE, DER ER BENYTTET TIL HVER TYPE MATERIALE

Brænde	Beskrivelse af materialet	Antal afbrændinger
Rent træ	Birketræ med kontrolleret vandindhold	3
Malet træ	Træ med rester af maling	3
CCA-træ	Trykimprægneret træ med indhold af kobber, krom og arsen	3
Kreosottræ	Træ fra jernbanesveller, som er imprægneret med tjærestoffer (kreosot)	3
Vinduestræ	Træ fra vinduesrammer med rester af maling og fuger med indhold af PCB. For at være sikker på, at samtlige afbrændinger indeholdt fuger med PCB, blev et lille stykke fuger med et kendt indhold af PCB tilsat til hvert påfyring	3
Mælkekartoner	Mælkekartoner fyldt med reklamer, aviser og gavepapir	3
Laminatræ	Laminatræ fra møbler	1
Palletræ	Træstykker skåret af en palle	1

Hver afbrænding består af en optænding, en forfyring og tre eller fire påfyringer (charges). Cirka 1,6 kg materiale er benyttet til hver optænding, forfyring og påfyring. Billeder af en optænding samt kresosottræ til en enkelt påfyring er vist i Figur 23. For mælkekartonerne var det dog ikke muligt at få så meget materiale ind i brændeovnen til anden og tredje påfyring grundet et stort askelag. I disse afbrændinger blev der således kun benyttet omkring 1,2 kg og 0,8 kg materiale til anden henholdsvis tredje påfyring. Desuden blev optændingen til mælkekartoner foretaget med rent træ, da det ikke var muligt at benytte de hårdt pressede/fyldte mælkekartonerne til at få gang i ilden.



FIGUR 23
OPTÆNDING MED MINDRE STAVE AF KREOSOTTRÆ (VENSTRE) OG KREOSOTTRÆ TIL EN PÅFYRING (HØJRE)

5.7 Konklusion på forsøgsdesign

En opstilling til måling på diverse parametre under afbrændingen af ulovligt brændsel er udviklet. En Morsø 1440-brændeovn er benyttet til afbrændingsforsøgene. Adskillige typer af monitoreringsudstyr er koblet på brændeovnen, så blandt andet CO₂-, CO-, OGC- og NO_x-koncentrationerne, temperatur ved forskellige højder i skorstenen samt partikeludledningen kan monitoreres. Opsamlingsudstyr til fx PAH- og dioxinbestemmelse, filteropsamling til norsk og tysk støvbestemmelse er desuden koblet på brændeovnen.

Derudover er det testet, at *ORMene* ikke forstyrrer trækket i skorstenen signifikant, så resultaterne fra afbrændingerne ikke forventes at være væsentligt påvirket af installationen af *ORMene*. Syv typer af affaldstræ/ulovligt brændsel er blevet udvalgt til afbrændingerne: malet træ, CCA-træ, kreosottræ, vindustræ, mælkekartoner i kombination med gavepapir og reklamer, laminattræ samt palletræ. Derudover er rent birketræ udvalgt som referencemateriale.

6. Laboratorieanalyser

Teknologisk Instituts Kemisk og Mikrobiologisk Laboratoriums konventionelle analysemetoder er anvendt til analyser af luftprøverne.

For de øvrige prøvetyper er der udviklet skræddersyede løsninger i forhold til håndteringen og den indledende prøvepræparation. Dette er nærmere beskrevet nedenfor.

6.1 Prøvetyper

Der er modtaget følgende prøvetyper på laboratoriet:

- Glasfiberfiltre fra opsamling af total støv i luft
- Opsamlingsmedier til PAH'er og dioxiner i luft
- *ORMe*: PUR-skum (*ORM1*), silikonefilm(*ORM1*), XAD2 (*ORM2*), og SorbiCell (*ORM2*)
- Filtre fra aftørring af sod og aske.

Og følgende faste prøver:

- Prøver af forskellige typer træ
- Askeprøver.

6.2 Beskrivelse af analysemetoder

6.2.1 Indledende vurdering og håndtering af prøver

Før prøvepræparation og udtagelse af delprøver til analyserne af de forskellige opsamlingsmedier, adsorbenter eller faste prøver blev der foretaget en vurdering af, om prøverne var jævnt eksponeret. For prøverne af polymererne XAD2 og SorbiCell blev hele prøven ekstraheret, da disse absorptionsmedier tydeligvis ikke var jævnt eksponeret. Dette er helt analogt med konventionelle opsamlingsmedier til opsamling af luftprøver, hvor hele prøven også udtages til ekstraktion og analyse. For adsorbenterne bestående af PUR-skum og silikone blev der udtaget delprøver, da disse var anbragt som hele, frie flader i *ORM1*. Se illustrationerne på Figur 16 og Figur 17 på side 27. Hvor det var nødvendigt, blev de faste prøver neddelte, og en homogen delprøve blev udtaget inden analyserne.

Visse af prøverne er puljet til én samlet prøve eller flere prøver til analyse.

Prøverne, som enkeltprøver eller puljede prøver, af opsamlingsmedier samt faste prøver af træ og aske er analyseret efter nedenstående analysemetoder.

6.2.2 Partikulær emission i luft opsamlet på filtre

Filtrene (glasfiberfiltre af typen GF/B) blev efter akklimatisering vejlet på mikrovægt før og efter eksponering med eksterne og interne blindfiltre i henhold til metode Norsk Standard NS 3058-2. Detektionsgrænse: 0,02 mg/filter

6.2.3 Dioxiner og PAH'er i luftprøver

Opsamlingsmedierne af filtre, PUF, XAD2 samt kondensat/skyl fra hver prøve analyseres samlet.

Medierne ekstraheres med solvent, oprenses og analyseres med højtopløselig GC/MS (HR/GC/MS) med de relevante standarder for de enkelte stoffer.

Detektionsgrænse: 0,002 – 0,1 ng/prøve.

Analyserne er udført hos en af Teknologisk Institut godkendt underleverandør. Enkelte af analyserne af PAH'er i luftprøverne er dog udført på Teknologisk Institut ved GC/MS.

6.2.4 Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) samt screeningsanalyser

Prøverne eller delprøverne udtages til solventekstraktion. De enkelte prøver eller delprøver analyseres enkeltvis eller puljes og analyseres som én prøve. De specifikke analyser for EPA PAH udføres ved GC/MS med de relevante standarder for de enkelte stoffer.

Screeningen for flygtige og semiflygtige organiske stoffer udføres ligeledes ved GC/MS. Påviste stoffer identificeres ved hjælp af massespektrene i NIST-biblioteket og bestemmes semikvantitativt beregnet overfor intern standard af naphthalen-d₈.

Detektionsgrænse: 1 mg/kg.

6.2.5 Metaller

Delprøver af de enkelte prøver analyseres enkeltvis eller puljes og analyseres som én prøve. Analysen for det totale indhold af metallerne bestemmes ved ICP/MS eller ICP/OES efter prøvepræparation med syre i mikrobølgeovn.

Detektionsgrænse: 0,05 – 5 mg/kg.

6.2.6 Klorid

Delprøver af de enkelte prøver analyseres enkeltvis eller puljes og analyseres som en prøve. Et vandigt ekstrakt af prøverne analyseres for det totale indhold af vandopløseligt klorid ved ionkromatografi.

Detektionsgrænse: 0,05 – 5 mg/kg.

6.3 Begrænsninger og forbehold

Resultaterne er forbundet med betragtelig usikkerhed på grund af prøverne i den form, de forelå, og dette gælder specielt for filtrene fra aftørring, der består af både partikler på filtrene og løse partikler. Usikkerheden for de puljede prøver er specielt høj, da det er vanskeligt i praksis at opdele prøverne ensartet.

Resultaterne bør generelt *ikke* betragtes som kvantitative, men bør blot anvendes som information om indholdsstoffer samt eventuelt til sammenligning af de relative mængder imellem prøverne.

7. Resultater fra afbrændinger

I dette kapitel vil de fyringsmæssige erfaringer fra de forskellige afbrændinger blive gennemgået, hvorefter der vil blive evalueret på temperaturresultaterne fra afbrændinger. Herefter vil der i afsnit 7.3 blive gennemgået resultater af laboratorieanalyserne, inden der i afsnit 7.4 vil blive set på partikelmålingerne foretaget under afbrændingerne. Kapitlet afsluttes med en opsummering af de væsentligste resultater.

7.1 Afbrændingerne

Afbrændingerne i projektet er foretaget under kontrollerede forhold. Diverse parametre er blevet logget og kontrolleret undervejs, så afbrændingerne er reproducerbare. Timing af påfyring er blevet bestemt ud fra tre parametre: visuel bedømmelse af flammer/gløder i ovnen, temperaturen og CO₂-niveauet.

CCA-træ brændte generelt ikke for godt, men forbrændingen var efter en indkøringsperiode til at styre.

Kreosottræ brændte uventet pænt under hele afbrændingen, og kreosottræet gav ikke anledning til ukontrollerede energiidviklinger eller stor udledning af gasser og partikler.

Malet træ 'opførte' sig uregerligt og var ikke let at foretage kontrollerede fyringer på. Det malede træ gav anledning til voldsom røgudvikling og var tæt på at ødelægge flere måleinstrumenter pga. højt indhold af bl.a. partikler. Partiklerne i røgen gav desuden anledning til en klistret masse, som satte sig på optikken i måleudstyret og klistrede filtrene til.

Tilsvarende var der udfordringer forbundet med at foretage kontrollerede fyringer på vinduesrammer med rester af PCB-holdig fugemasse. Dette skyldes højst sandsynligt, at de fleste vinduesrammer var malede, så det også her er det malede træ, der giver anledning til stor røgmasse og mængde af partikler. Der sås samme tilklistring af måleudstyr og filtre i denne målekampagne som ved det 'almindelige' malede træ.

Mælkekartoner fyldt med reklamer og gavepapir var svære at holde ild i, så det var nødvendigt at sætte ild til materialet igen ved de sidste påfyringer. Dette skyldes primært, at temperaturen var lav i forhold til temperaturen for de øvrige materialer under sidste påfyring. Papirmaterialet gav desuden anledning til så meget aske, at det ikke var muligt at påfyre den ønskede mængde materiale på 1,6 kg i de sidste påfyringer. Der var simpelthen ikke plads i brændkammeret til mere end 0,8-1,2 kg brændsel til sidst.

Laminatræet brændte uregelmæssigt, men var ellers til at styre under afbrændingerne.

Det rene birketræ og palletræet gav ingen anledning til problemer under afbrændingerne.

De udviklede og testede *ORMe* gav ikke anledning til signifikante ændringer i trækket i skorstenen og ledte således ikke til en væsentlig forstyrrelse af trækket i skorstenen. Øvrige parametre som dannelse af gasser og partikler mm. er heller ikke observeret ændret som følge af installation af *ORM*. Desuden viste holderne til adsorptionsmaterialerne og selve adsorptionsmaterialerne (se

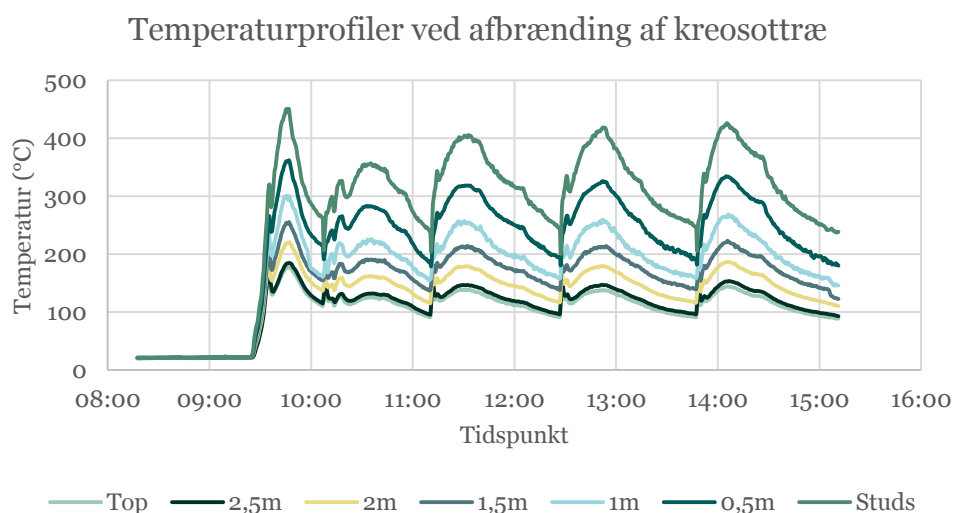
Figur 24) ingen tegn på, at de ikke kunne klare forholdene i skorstenen. Der er således udviklet en ORM, som fysisk er egnet til installation i en skorsten.



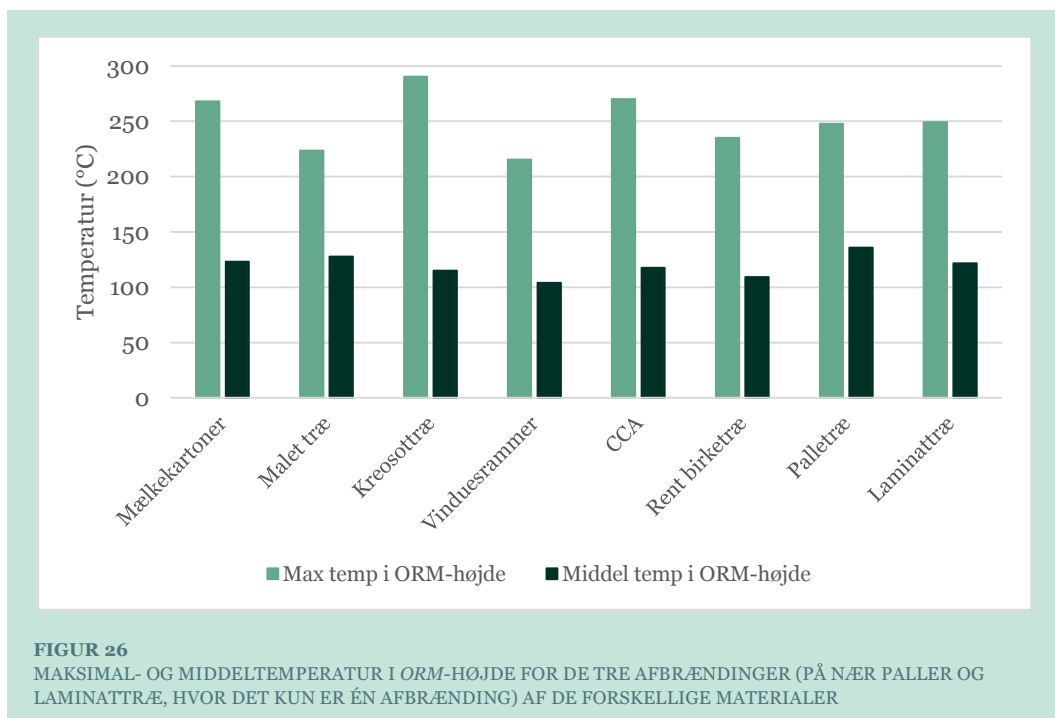
FIGUR 24
FOTOGRAFIER AF TRE ORM EFTER AFBRÆNDING AF MALET TRÆ. ADSORPTIONSMATERIALERNE ER (FRA VENSTRE MOD HØJRE): SILIKONEFILM, PURSKUM OG XAD₂. HOLDERNE OG ADSORPTIONSMATERIALERNE ER HOVEDSAGELIGT SORTE PÅ GRUND AF OPSAMLING AF SODPARTIKLER.

7.2 Temperaturresultater fra afbrændingerne

I Figur 25 er temperaturprofilerne i syv forskellige højder i skorstenen vist. Der ses fem større toppe i temperaturprofilerne. Disse svarer til optænding, forfyring, påfyring 1, påfyring 2 og påfyring 3. Mønstret er det samme for samtlige afbrændinger udført i dette projekt. Dog er der lidt forskelle i maksimal- og middeltemperaturen for de forskellige materialer, hvilket er illustreret i Figur 26 for den højde, som ORMene sidder i (2,5 meter oppe i skorstenen). Den maksimale temperatur i denne højde varierer mellem 215 °C (vinduesrammer) og 290 °C (kreosottræ). Maksimaltemperaturen er den højeste temperatur registreret i løbet af alle måledagene for det pågældende materiale. Middeltemperaturen ligger mellem 104 °C og 136 °C for de forskellige materialer.



FIGUR 25
EKSEMPEL PÅ TEMPERATURPROFILERNE FOR EN UD AF DE TRE DAGE MED AFBRÆNDING AF KREOSOTTRÆ. TEMPERATUREN ER MÅLT OG PLOTTET FOR SYV FORSKELLIGE HØJDER. ORMEN ER PLACERET 2,5 METER OPPE I SKORSTENEN



7.3 Resultater fra laboratorieanalyser

7.3.1 PAH-analyser

Analysen for 15 specifikke PAH'er er udført på sodprøver og adsorptionsmaterialer fra ORMe. De 15 PAH'er er: naphthalen, acenaphylen, acenaphthen, fluoren, phenanthren, anthracen, fluoranthren, pyren, benzo(a)anthracen, chrysen/triphenylen, benzo(bjk)fluoranthener, benzo(ae)pyren/perylene, indeno(123.cd)pyren, dibenzo(ah)anthracen, benzo(ghi)perylene.

For de enkelte adsorptionsmaterialer (PUR, silikonefilm, XAD2 og SorbiCell) er resultaterne fra afbrændingerne af affaldstræet blevet sammenlignet med resultaterne fra afbrænding af det rene træ. Sammenlignet med afbrændingen af det rene træ har det generelt ikke været muligt at finde markante forskelle i koncentrationerne af de 15 PAH'er fra afbrændingerne af affaldstræet. Det eneste adsorptionsmateriale, der skiller sig ud, er silikonefilmen efter afbrænding af mælkekartoner. Her ses op til 20 gange højere koncentrationer af enkelte PAH'er (dibenzo(ah)anthracen og benzo(ghi)perylene).

En række af de øvrige PAH'er ses i ca. tre-fem gange højere koncentrationer for mælkekartonafbrændingerne sammenlignet med referencen fra afbrænding af rent træ. De forhøjede koncentrationer er dog ikke så høje, at de vurderes at kunne benyttes til positiv identifikation eller blot indikation af mulig afbrænding af denne type materiale. En væsentlig faktor ved denne vurdering er, at det ikke kan afvises, at de lave temperaturer set under specielt de sidste påfyringer ved afbrænding af mælkekartonerne kan være medvirkende årsag til de forhøjede PAH-koncentrationer.

Koncentrationer af de 15 PAH'er blev også bestemt i sodprøverne. Sammenlignet med sodprøverne fra afbrænding af det rene træ har det generelt ikke været muligt at finde markante forskelle i koncentrationerne af de 15 PAH'er i sodprøverne fra afbrændingerne af affaldstræet. Udover bestemmelsen af de 15 specifikke PAH'er blev der også foretaget semikvantitative bestemmelser af flygtige og semiflygtige organiske stoffer igennem screeningsforsøg. Det har ikke været muligt at konkludere noget entydigt på disse resultater, da det varierer fra prøve til prøve, hvilke stoffer der er fundet, og koncentrationerne er generelt lave.

7.3.2 Dioxin

Der er foretaget måling af dioxinindhold i røggassen på udvalgte materialetyper. De udvalgte materialetyper er rent træ (til reference), CCA-træ, kreosottræ og vinduesrammer med PCB-holdig fuge. Prøver til dioxinbestemmelse er indsamlet af Teknologisk Instituts akkrediterede energilaboratorium, mens selve dioxinbestemmelserne er udført ifølge EN1948 hos GfA Eurofins. Til opgivelse af resultaterne er de beregnede værdier for den toksiske ækvivalens for de fundne dioxiner benyttet. Disse værdier giver en samlet toksikologisk information om de fundne blandinger af dioxiner. Resultaterne er vist i Tabel 3 for de udvalgte materialetyper.

TABEL 3
DIOXINRESULTATER. KONCENTRATIONERNE ER OPGIVET SOM DEN ØVRE OG NEDRE BEREGNED VÆRDI AF WHO'S PCDD/PCDF TOKSISKE ÆKVIVALENS (TEQ) I MG PER KUBIKMETER UFORTYNDET RØGGAS

Afbrændingsmateriale	WHO(2005)-PCDD/F TEQ lower bound (ng/m ³)	WHO(2005)-PCDD/F TEQ upper bound (ng/m ³)
Rent træ	2,47	2,49
CCA-træ	2,27	2,29
Kreosottræ	0,544	0,569
Vinduesrammer (inkl. PCB-holdig fuge)	435	435

Som det kan læses af Tabel 3 udleder afbrænding af vinduesrammer med PCB-holdig fuge markant større mængder dioxin end de øvrige typer af materiale. Dette indikerer, at afbrændingen af PCB-holdigt materiale (og sandsynligvis andre materialer med et højt klorindhold) ville kunne identificeres ud fra udledningen af dioxin. Dog kræver målinger af dioxin stort og relativt dyrt specialudstyr, som ikke umiddelbart kan sættes op hos en borger. Resultaterne er således ikke direkte relevante for udviklingen af et værktøj til identifikation af afbrænding af ulovligt brændsel, men det giver en indikation af problemet med afbrænding af klorholdigt materiale (her PCB-holdig fuge).

7.3.3 ICP-MS resultater for askeprøver

Der er foretaget ICP-MS på askeprøver for alle typer afbrændt materiale, dvs. CCA-træ, kreosottræ, malet træ, vinduesrammer med PCB-fuge, gavepapir/mælkekartoner/reklamer, pallettræ, laminattræ og rent træ. I analysepakken indgår følgende metaller: kobber (Cu), krom (Cr), arsen (As), bly (Pb), kviksølv (Hg), kadmium (Cd). Desuden blev der analyseret for jern (Fe) og titanium (Ti) i askeprøverne fra malet træ, da jern og titanium ofte indgår som farvepigmenter i røde og hvide malinger. For vinduesrammer med PCB blev der desuden analyseret for klor (Cl). Metallerne er valgt på baggrund af formodet fremkomst i fx CCA-træ, maling og generel miljøforurenende effekt. Analyseresultaterne kan ses på Bilag 5: *Metalindhold og klorindhold i askeprøver*.

Overordnet kan følgende konkluderes:

- Kviksølv ligger under detektionsgrænsen i samtlige prøver
- Analyserne på asken fra kreosottræ viser ingen udslag på metallerne
- Malet træ: Der blev tilføjet analyser af jern og titanium i asken fra det malede træ. Den fundne litteratur gav dog ingen anledning til at fokusere på jern eller titanium, og analyserne viste heller ikke overbevisende høje koncentrationer af disse metaller. Der er fundet lettere forhøjede mængder af kobber, krom og bly i asken fra malet træ sammenlignet med asken fra rent træ (birk). Dog er usikkerheden på grund af naturlig variation og forskelligheder mellem afbrændinger så høj, at de lettere forhøjede koncentrationer ikke er høje nok til at kunne benyttes som evidens for afbrænding af malet træ.

- CCA-træ: Der er fundet store mængder kobber i asken fra afbrænding af CCA-træ. Denne parameter i asken vil kunne benyttes som evidens for afbrænding af *ikke-rent træ*. Der er for stor usikkerhed på de øvrige parametre (kviksølv, kadmium, bly, krom og arsen) til at de vil kunne benyttes entydigt.
- Mælkekarton/gavepapir/reklamer: Analyserne giver udslag for kobber og krom, men ikke i overbevisende grad. De forhøjede mængder skyldes muligvis tryksværte eller farve i gavepapiret/reklamerne. Resultatet er behæftet med stor usikkerhed, da der kun er foretaget analyse på en enkelt askeprøve fra afbrænding af mælkekartoner/gavepapir/reklamer.
- Vinduesrammer med PCB-holdig fuge. Her er der fundet stort indhold af klor. De undersøgte metaller er ikke fundet i bemærkelsesværdige koncentrationer.
- Laminattræ viser ingen udslag i hverken udgangsmaterialet eller i asken mht. indhold af metaller.
- Palletræ viser ligeledes ingen udslag i hverken udgangsmaterialet eller i asken mht. indhold af metaller.

7.3.4 ICP-MS resultater for sodprøver og ORMe

Der er udvalgt sodprøver og adsorptionsmaterialer til analyse for metalindhold. Det skal bemærkes, at alle disse resultater er semikvantitative, da aflejring af sod på inderside af et skorstensrør og sampling af denne, ikke er opgivet sammen med en given luftmængde, hvorfor der ikke kan oplyses et nøjagtigt resultat i form af antal mg/m³. Analyseresultaterne herfor skal i stedet forstås som "internt sammenlignelige". Det vil sige, at det er muligt at foretage relative sammenligninger mellem de forskellige prøver. "Er der markant mindre eller mere kobber i denne sodprøve i forhold til den anden sodprøve?" "Er der markant mindre eller mere arsen adsorberet i ORM-silikone i forhold til ORM-XAD2"?

Ingen af analyserne viste markante udslag for metaller i forhold til de øvrige prøver som følge af brug af et bestemt adsorptionsmateriale eller en udtaget sodprøve.

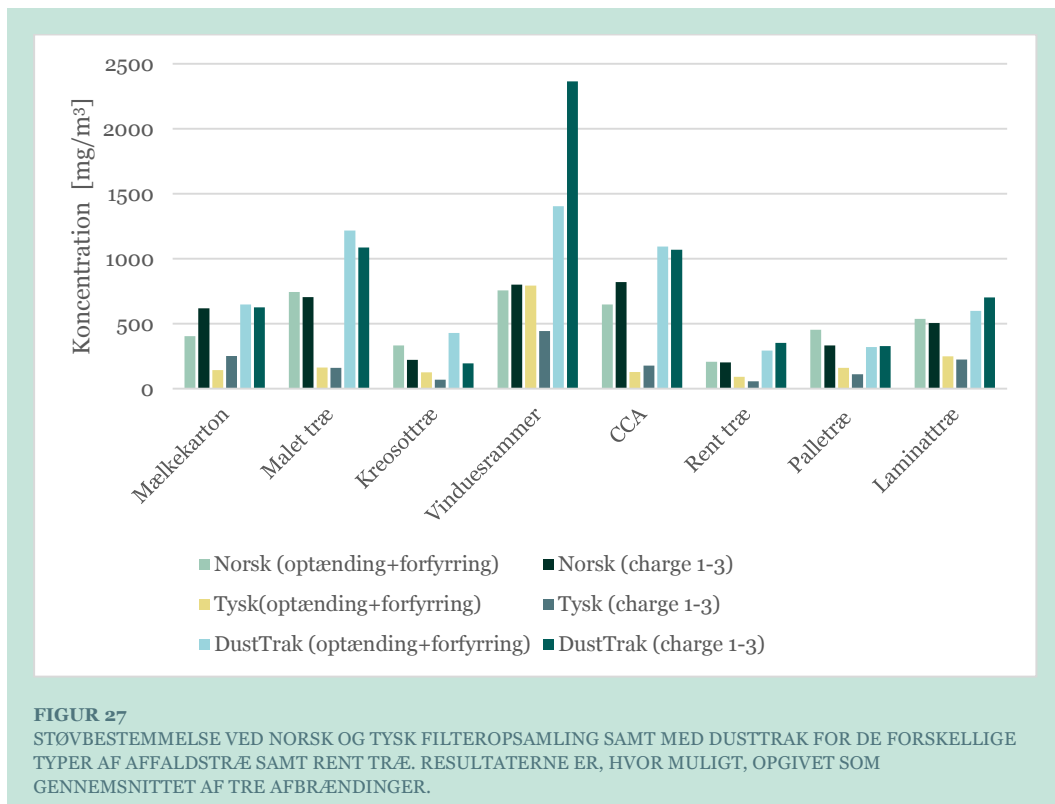
7.4 Partikelkarakterisering

Ved siden af de kemiske opsamlinger og analyser blev der foretaget støvopsamlinger samt onlinekarakterisering af partikelemissionerne fra samtlige afbrændinger. Støv blev opsamlet efter norsk (i afkølet røggas) og tysk (i den varme røggas) metode som beskrevet i afsnit 5.5 Partikelkarakterisering. Onlinepartikelkarakterisering har fokuseret på massekoncentration, antalskoncentration og partikelstørrelse. Fordelen ved onlinemetoderne er, at de giver data med tidsopløsning, så der kan ses variationer i emissionerne (størrelse og koncentrationer) undervejs i afbrændingerne.

Resultaterne fra støvopsamlingerne (norsk og tysk) samt onlinemålingerne af massekoncentrationen af de udledte partikler bestemt ved brug af DustTrak er sammenlignet i Figur 27. Alle resultaterne er omregnet til milligram per kubikmeter (afkølet) skorstensluft (mg/m³), så data kan sammenholdes. Figuren viser gennemsnitsværdier for optænding, forfyring og tre påfyringer fra tre dages afbrændinger (mælkekarton, malet træ, kreosottræ, vinduesrammer, CCA-træ og rent træ) eller værdierne for en dags afbrændinger (laminattræ og palletræ). DustTrak til onlinebestemmelse af massekoncentrationen af partikler blev koblet fra nogle dage for ikke at forvolde skade på udstyret. Det var især et problem under afbrændingerne af malet træ, vinduesrammer og CCA-træ. Under disse målekampanjer blev der målt meget høje partikelniveauer, og der var tendens til, at partiklerne klistrede til optikken i udstyret. For ikke at ødelægge måleudstyret, såsom DustTrak og Wöhler-sonden til tysk støvopsamling, blev disse frakoblet i perioder. Således stammer DustTrak-resultaterne fra disse afbrændinger kun fra en enkelt dags afbrænding. Dette var også tilfældet for støvbestemmelsen efter tysk standard for nogle af målingerne, hvor filtrene blev meget klistrede og satte sig fast på proben (se Figur 28). Desuden havde DustTrak generelt i løbet af målingerne problemer med de høje partikkelkoncentrationer.

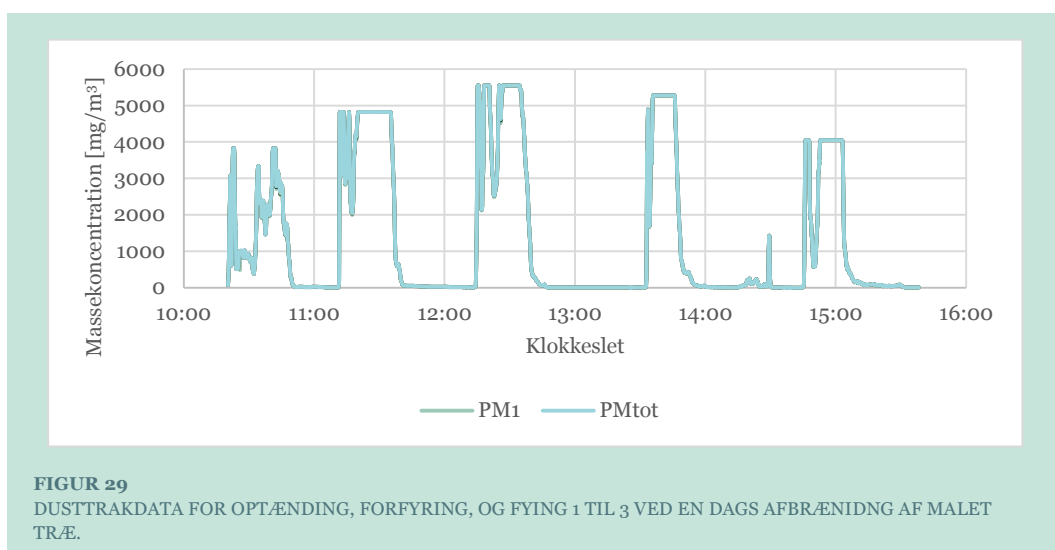
Dette medførte, at udstyret flere gange gik i mætning i kortere eller længere perioder. Datateknisk betyder det, at de viste gennemsnitsværdier for DustTrak-målingerne overordnet set er for lave i forhold til de reelle værdier.

Det ses i Figur 27, at flere typer af ulovligt brændsel afbrændt i disse forsøg viser markant højere støvkonzentrationer end afbrænding af rent træ. Dette gør sig gældende for samtlige støvbestemmelsesteknikker for mælkekartoner, malet træ, vinduesrammer, CCA-træ og laminattræ. Støvkonzentrationerne for palletræ og kreosottræ ligger lidt højere eller på niveau med koncentrationerne målt for rent træ.



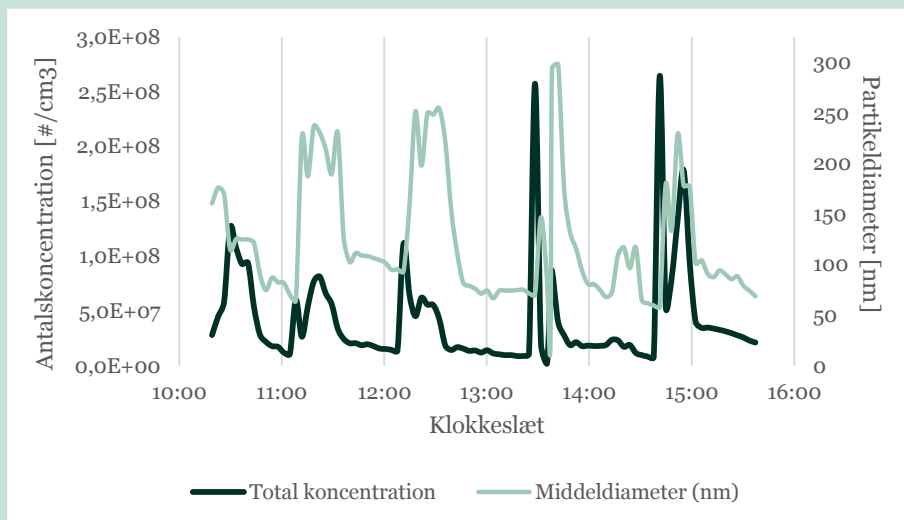
Da DustTrak logger data kontinuert, er det muligt at få et grafisk billede af, hvordan massekoncentrationen af de emitterede partikler ændrer sig i løbet af afbrændingsforløbet. Figur 29 viser et eksempel på massekoncentrationen bestemt med DustTrak som funktion af tiden under afbrænding af malet træ.

Der ses fem brede toppe svarende til (fra venstre mod højre): optænding, forfyring og de tre fyringer. Massekoncentrationen af partiklerne stiger kraftigt umiddelbart efter påfyring af brænde og forbliver høj i en længere periode, hvorefter der følger en periode med lav massekoncentration indtil den næste påfyring. Grafen viser koncentrationen for både PM₁ og PM_{tot} svarende til henholdsvis partikler med diameter under 1 µm og samtlige partikler op til ca. 15 µm. De to grafer ligger stort set lige oven i hinanden, hvilket indikerer, at samtlige emitterede partikler er under 1 µm i diameter. De flade toppe, der ses i grafen, skyldes, at DustTrak er gået i mætning. Dette sker ved forskellige massekoncentrationer for de forskellige stadier i afbrændingen, da fortyndingen af skorstensluften er forskellig i de forskellige stadier.



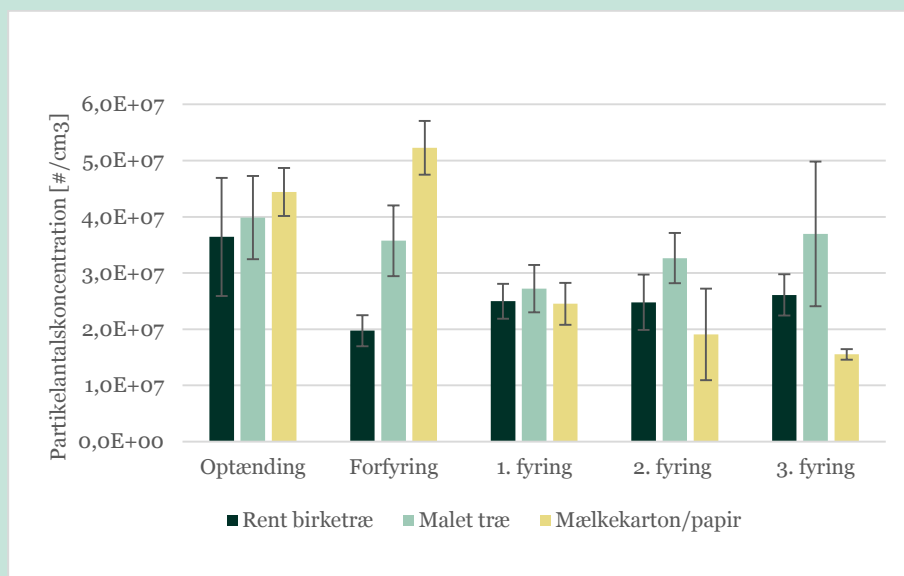
Antalskoncentrationen og middeldiameteren af de emitterede partikler blev målt ved brug af SMPS (se afsnit 5.5.3 *Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)* for mere information om udstyret). Data for en dags afbrænding af malet træ er vist i Figur 30. I lighed med DustTrak-grafen ses fem toppe svarende til de fem stadier i afbrændingen. Det ses, at når der påfyres, så stiger antalskoncentrationen og partikeldiameteren markant. Middeldiameteren af partiklerne er i størrelsesordenen knap 50 til 300 nm.

Middelpartikelstørrelsen observeret ved afbrænding af de forskellige typer af affaldsbrændsel varierer lidt. Generelt er middelpartikelstørrelserne ved afbrændingen af affaldstræ lidt større end ved afbrænding af rent birketræ.



FIGUR 30
 SMPS-DATA FOR EN DAGS AFBRÆNING AF MALET TRÆ. BÅDE ANTALSKONCENTRATIONEN OG
 MIDDELDIAMETEREN AF PARTIKLER ER VIST I GRAFEN.

Figur 31 viser antalskoncentrationerne for udvalgte typer af affaldstrø (malet træ og mælkekarton) samt rent træ. I optændingsperioden er det svært, inden for usikkerheden på målingerne, at skelne mellem de tre typer brændsel. Under forfyringen ses til gengæld en tydelig og markant stigning i antalskoncentrationen for de to typer affald, hvor de fyldte mælkekartoner udleder 2,5 gange flere partikler end rent birketræ. I de følgende tre fyringer ligger antalskoncentrationerne relativt ens og stabilt. At der ses et fald i den målte udledte partikelantalskoncentration for mælkekartonerne tillægges det forhold, at der, som nævnt i afsnit 7.1 *Afbrændingerne*, kun kunne indfyres med reducerede mængde på grund af det store ophobede askelag.



FIGUR 31
 PARTIKELANTALSKONCENTRATIONER IFØLGE SMPS-MÅLINGER. MÅLINGERNE ER FORETAGET I TRIPLIKAT
 (OVER TRE DAGE) OG USIKKERHEDEN PÅ MÅLINGERNE ER ANGIVET SOM STANDARDAFVIGELSEN PÅ DE TRE
 MÅLINGER.

På baggrund af ovenstående observationer konkluderes det, at den øgede massekoncentration observeret ved afbrænding af ulovligt brændsel til dels skyldes øget partikelstørrelse og ikke kun et øget antal partikler.

7.5 Konklusion på afbrændingsforsøgene og efterfølgende analyser

Afbrændinger er foretaget under opsatte og veldefinerede kontrollerede forhold, så det er muligt at reproducere dem. Der er ligeledes opnået erfaring med afbrænding af forskellige affaldstyper (både fyringsteknisk og kemisk) under kontrollerede forhold.

Der er udviklet en *ORM*, som fysisk er egnet til installation i skorstene. Adskillige forskellige adsorptionsmaterialer er blevet testet i løbet af projektet, og der er foretaget kemiske analyser på disse. Det har dog ikke været muligt at identificere kemiske forbindelser i de benyttede adsorptionsmaterialer benyttet i *ORM*ene til entydig identifikation af afbrænding af ulovligt affald. Der er udviklet på kemiske analysemetoder og således foretaget analyser på aske- og sodprøver. Det har vist sig, at askeprøver fra CCA-træ indeholder markant forhøjede koncentrationer af kobber. Askeprøver kan altså benyttes til at identificere afbrænding af CCA-imprægneret træ.

Analyser af partikeludledningen fra afbrænding af de forskellige affaldstyper viste, at der er markant højere massekoncentrationer af emitterede partikler fra flere typer af ulovligt brændsel end fra afbrænding af rent træ. Dette gør sig gældende for samtlige støvbestemmelsesteknikker for mælkekartoner, malet træ, vinduesrammer, CCA-træ og laminattræ, mens støvkoncentrationerne for palletræ og kreosottræ ligger lidt højere eller på niveau med koncentrationerne målt for rent træ.

8. Test i privat skorsten

Sideløbende med de sidste målekampagner blev der iværksat en testkampagne i en privat skorsten under naturlige forhold for at undersøge flere delelementer af funktionen af *ORM*, herunder indvirkning på daglig drift og træk i skorstenen, og *ORM*'ens virkemåde i forhold til benyttede adsorbenter. Skorstensfejermester René Dahl Nielsen udlånte sin private brændeovnsskorsten til formålet. Fordelen ved at benytte denne skorsten var, at der var mulighed for at notere diverse parametre såsom brændemængde, røgtemperatur, luftfugtighed og fyringstid. Der blev fyret som normalt i den angivne periode. Mængden af træ blev vejret, og vægten blev noteret, ligesom den samlede fyringstid per dag blev noteret. Der blev benyttet tørt, rent brænde.

Skorstenen er seks meter høj, 15 cm i diameter og isoleret. Brændeovnen er af typen Hvam 3120 fra POLL med IHS (intelligent heat system), hvilket vil sige, at den har en lambdasonde, der måler iltmængden, så ovnen selv regulerer primært, sekundært og tertiært spjæld til indtag af luft. Desuden har ovnen PLC-styring med en temperaturføler, hvilket også benyttes til reguleringen. Brændeovnen er installeret primo 2014 og er altså væsentlig nyere og mere intelligent end den brændeovn, der er benyttet til de kontrollerede afbrændinger hos Teknologisk Institut.

Over en samlet periode på 21 dage blev brændeovnen benyttet 18 dage og i alt i 112,5 time. Perioden var medio februar til primo marts 2015. I alt blev der i perioden afbrændt 142,1 kg træ. I afbrændingsperioden varierede røgtemperaturen omkring *ORM*en mellem 200 °C til 500 °C ved påfyldning af nyt brænde.

Figur 32 viser fotografier af de to *ORM*e efter afbrændingerne i den private skorsten. På billedet til højre ses resterne af PUR-skummet i *ORM*1. Skummet er krympet og forkullet, hvilket tyder på, at temperaturen har været for høj i forhold til hvad PUR-skummet kan klare. XAD2-materialet var blevet forholdsvis mørkt, men der var ikke tegn på, at materialet ellers havde ændret fysisk karakter.

Der blev foretaget analyser for PAH'er i det benyttede XAD2-materiale. Der blev ikke fundet forhøjede værdier af PAH'er i forhold til indholdet i XAD2-prøverne fra de kontrollerede laboratorieafbrændinger. Da der kun var afbrændt rent træ i brændeovnen og temperaturen i *ORM*-højde sandsynligvis var højere end i laboratorieafbrændingerne, var dette heller ikke forventet. Som konklusion har testen i en privat skorsten vist, at der kan være ekstra udfordringer med høje temperaturer i isolerede skorstene, hvilket også var forventet. Desuden har de kemiske analyser vist resultater, som er sammenlignelige med analyser foretaget på *ORM*e fra kontrolleret laboratorieafbrændinger af rent træ.



FIGUR 32
FOTOGRAFIER AF DE TO ORME EFTER AF HAVE SIDDET I EN PRIVAT SKORSTEN I 21 DAGE I LØBET AF VINTEREN 2015

9. Diskussion

9.1 Spørgeskemaundersøgelser og vidensdeling

Resultaterne af spørgeskemaundersøgelserne giver mulighed for at estimere omfanget af problemet med afbrænding af ulovligt brændsel i danske brændeovne: Resultaterne giver samtidig indblik i, hvordan samarbejdet mellem kommuner og skorstensfejere er, og de giver vigtig viden om danske skorstensfejeres tilgang til og håndtering af røgklager. Svarprocenten har været høj, og resultaterne antages generelt at give et retvisende billede af situationen i Danmark. Der er dog visse usikkerheder forbundet med undersøgelserne, idet flere svarmuligheder var angivet som intervaller, ligesom der ikke er indhentet information fra samtlige kommuner eller skorstensfejere. Desuden er der risiko for, at respondenterne ikke har haft adgang til nok data til at give et helt retvisende billede af situationen i deres kommune eller distrikt. Resultaterne bør derfor kun benyttes indikativt.

De udsendte spørgeskemaer har ifølge de deltagende kommuner og skorstensfejermestre ført til øget fokus på problemet med afbrænding af affald i kommunerne. Denne konklusion bygger blandt andet på, at skorstensfejernes fagtekniske udvalg i perioden efter udsendelsen af spørgeskemaer til kommunerne har modtaget flere henvendelser fra kommuner angående dette emne.

De kommuner, der har deltaget i projektet, er blevet opmærksomme på forskellige muligheder for samarbejde med skorstensfejere, og projektet har ifølge projektets partnere blandt skorstensfejere og kommunerne generelt skabt mere samarbejde.

9.2 Design af ORM

En vigtig forudsætning for designet af *ORM*en var, at den ikke måtte forstyrre trækket eller på anden måde influere betingelserne i skorstenen. Med de to viste designforslag er dette opnået. Den lidt større *ORM1* er tilpas åben i designet til, at den ikke forstyrrer flowet i skorstenen signifikant. Tilsvarende er *ORM2* så lille, at den heller ikke forstyrrer trækket på nogen nævneværdig måde til trods for dens mere kompakte design.

Med valg af rustfrit stål som materiale til *ORM*ene er der fundet en robust casing, som kan holde til vejrliget og til de temperaturer, der er målt i skorstenene.

Udformningen af de to *ORM*e gør det muligt at benytte forskellige typer af adsorptionsmateriale. Valget af større porøse materialer som PUR og silikonefilm gav mulighed for opsamling af partikler. Det har den fordel, at det, ud over opsamling af selve partiklerne til kemisk analyse, samtidig vil være muligt at ekstrahere på partiklerne for at trække andre mere flygtige stoffer ud. PURs meget porøse struktur gjorde materialet velegnet til afprøvning som adsorptionsmateriale, og materialet viste sig forholdsvis brugbart. Som ved de andre adsorptionsmaterialer er det høje temperaturer, der er med til at gøre PUR mindre egnet. Silikonefilm anvendes til tider som membran i membraninlet-massespektrometri. Den inerte egenskab sammen med silikonefilmens forholdsvis høje temperaturresistens gjorde materialet interessant i denne sammenhæng. Silikonefilmen er desuden hydrofob, hvilket gør den selektiv overfor visse type af flygtige stoffer, man kunne forvente at se i røggassen.

Den mindre *ORM* gav mulighed for at afprøve forskellige adsorptionsmaterialer på pulverform (små kugler), som i dag er kendt fra forskellige laboratorieapplikationer. Valget af XAD2 begrundes

i XAD2's kendte egenskaber som adsorptionsmateriale overfor bl.a. PAH'er. Undervejs i projektet blev der desuden skabt kendskab til SorbiCell og materialets store affinitet overfor PAH'er, flygtige opløsningsmidler og tungmetaller samt andre specifikke kemiske komponenter. Dette førte til, at SobiCell blev udvalgt til test som adsorptionsmateriale undervejs i projektet. Dog var SorbiCell udviklet og kun benyttet i forbindelse med opsamling i vandige miljøer. Det var derfor på ren testbasis, at SorbiCell blev afprøvet i røggas. Det viste sig dog, at SorbiCell på flere områder har overlegne egenskaber rent adsorptionsmæssigt i forhold til XAD2.

9.3 Valg af adsorptionsmaterialer og deres virkemåde

Trods velovervejede valg af adsorptionsmaterialer har forsøgene ikke vist tilstrækkelig stor varians i opsamlingen af kemiske komponenter, så der entydigt kan identificeres afbrænding af ulovligt affald på baggrund af de kemiske analyser af adsorptionsmaterialerne. Dette kan skyldes flere faktorer. Det er oplagt at overveje adsorptionsmaterialernes egnethed. Den største udfordring er de noget højere temperaturer i skorstenens top end forventet ved projektets begyndelse. Den målte temperatur ved stabil afbrænding passer meget godt med den forventede. Det uventede er temperaturen i peakperioderne, typisk de første minutter efter påfyring, hvor temperaturen er markant højere end forventet.

De høje temperaturer fører til, at adsorptionsmaterialerne bliver 'ristet', hvilket influerer på minimum tre måder. For det første kan det ødelægge adsorptionsmaterialet, hvilket bevirker nedsat funktion i forhold virkemåde over en længere periode. For det andet risikeres det, at det ødelagte adsorptionsmateriale selv danner forbindelser i lighed med dem, der ønskes analyseret for efterfølgende, hvilket kan påvirke analyseresultatet. For det tredje er adsorption en ligevægtsbetragtning. Partikler og flygtige komponenter vil kunne blive fanget i porerne under deres færd med røggassen, men ligeledes blive frigivet igen fra adsorptionsmaterialet ved forhøjede temperaturer.

For XAD2 og SorbiCell er diffusion den overvejende faktor. I begge tilfælde vil temperaturen influere på ligevægtsbetragtningerne, idet højere temperaturer bl.a. øger diffusionsraten. Partiklerne og de flygtige komponenter får simpelthen tilført energi nok til at kunne vriste sig fri af adsorptionsmaterialet igen. Dette bevirker en øget sandsynlighed for, at en stor fraktion af indfangede partikler og flygtige forbindelser vil forlade adsorptionsmaterialet, inden det bliver indsamlet til kemisk analyse, hvorved mængden af opsamlet materiale kan blive for lav i forhold til detektionsgrænserne.

En helt anden betragtning på den manglende varians, som er detekteret ud fra de analyserede adsorptionsmaterialer grundlæggende kan skyldes, at de afbrændte materialer simpelthen ikke udleder tilstrækkeligt med unikke kemiske komponenter til, at der ved opsamling og efterfølgende analyse kan detekteres en tilstrækkelig stor forskel. Dette er en grundpræmis for forsøgene og vil derfor, ligegyldig hvilket adsorptionsmateriale der vælges, være en show-stopper for konceptet.

Den naturlige varians i rent træ, afbrændingsmønstre, vejrforhold, træets fugtighed, mængde af påfyret træ, placering/stabling af påfyret træ, luftforhold (ilttilførsel gennem primært, sekundært og tertiært spjæld), træk gennem skorstenen og dennes isoleringsgrad, tidspunkt for påfyring af træ i forhold til, om der er flammer eller gløder m.fl. er nogle af de faktorer, som vil indvirke på dannelsen af partikler og flygtige komponenter. Denne varians kan sagtens betyde en faktor 10 i forskel på de målte parametre. For at være sikker på, at der ikke er borgere, som på baggrund af analyserne kan blive anklaget for afbrænding af ulovligt materiale, når det måske i virkeligheden drejer sig om ikke-optimal afbrænding af rent træ, er der opereret med en sikkerhedsmargen på en faktor 100 mellem koncentrationer af mindst en kemisk forbindelse fra affaldsafbrænding og rent træ. Det kan selvfølgelig overvejes, om denne arbitrære grænse skal justeres, men resultaterne fra de kemiske analyser viste ikke overbevisende reproducerbarhed (forskelle imellem de tre

afbrændinger af den samme type materiale), som umiddelbart kunne tillade at grænsen bliver sænket.

Overordnet viste de udvalgte adsorptionsmaterialer gode tegn. Det har dog på baggrund af de opnåede erfaringer i projektet ikke været muligt at nå frem til en prototype på en *ORM*, som vil kunne benyttes til identificering af afbrænding af ulovligt brændsel, som det var tiltænkt fra projektets begyndelse.

9.4 Udførelse af afbrændinger

Selve afbrændingerne af affaldsmaterialerne virker umiddelbart som en simpel og ligetil opgave. Men for at kunne reproducere resultater og kunne genskabe de konkrete afbrændingsforhold i relation til eventuelle kommende efterprøvninger har det været nødvendigt at standardisere afbrændingerne i det omfang, det har været muligt og givet mening i forhold til den konkrete opgave.

Teknologisk Institut råder over et energilaboratorium, i hvilket der dagligt foretages standardiserede afbrændinger, hvoraf mange kan holdes op mod gældende europæiske standarder. Eksperterne i energilaboratoriet kan styre deres afbrændinger, så brændeforholdene i brændeovnene standardiseres og optimeres. I indeværende projekt har opgaven været en hel anden, idet brændslerne har været ukendte rent fyringsteknisk, og samtidig har det ikke været målet at optimere afbrændingen, men at foretage en 'tilpas realistisk' afbrænding, som den foregår ude ved borgeren. Oven i dette skulle afbrændingerne foretages reproducerbart. Det har stillet store krav til håndteringen af materialerne, til setuppet, til måleudstyret og til dokumentationen undervejs.

Derudover er der gjort grundige overvejelser i forhold til, hvad det har krævet af ekstra måleudstyr og brug af materialer (som fx hvilken type skorstensrør, der var egnet). Dette har bl.a. ført til indsættelse af temperaturføler hver halve meter op gennem skorstenen, så det har været muligt at tegne et billede af temperaturudviklingen op igennem skorstenen. Tanken med dette var at evaluere på, hvor de forskellige typer (semi-)flygtige komponenter kondenserede, således at det kunne medvirke til beslutningen om den optimale højde for placeringen af *ORM*en i skorstenen.

Som tidligere nævnt blev brug af spiorør valgt som skorstensrør på trods af risikoen for afsmitning af krom fra disse. Krom er et af de sporstoffer, der helt konkret blev analyseret for i projektet, idet kromindholdet i CCA-træ forventedes at være en sikker parameter at detektere efter. *ORM*ene er fremstillet i rustfrit stål, som også indeholder krom, men der blev ikke konstateret afsmitning af krom i et omfang, som ændrede på vurderingen af analyseindholdet i prøverne. Skorstensrøret blev udskiftet efter hver målekampagne, så der ikke var mulighed for kontaminering af fx sodprøverne de forskellige materialer i mellem.

9.5 Støvopsamlinger

Det blev valgt i setuppet at benytte støvopsamling efter både norsk og tysk metode. Norsk metode er støvopsamling på den afkølede røggas, mens tysk støvopsamling foregår i den varme røggas. Dette vil give en naturlig forskel i resultaterne, idet en del flygtige forbindelser ikke vil være kondenseret ud og derfor ikke vil blive set i den varme opsamling. Sammen med disse to anerkendte støvopsamlingsmetoder blev der koblet onlinpartikkelmasseudstyr (DustTrak) på, så de tidlige variationer kunne følges hen over hele afbrændingsforløbet. Det ses af Figur 27, at onlinemålingen ser nogle flere partikler end de traditionelle filtermetoder. Dog er onlinemåleresultaterne ikke helt fyldestgørende, idet det benyttede instrument flere gange var i mætning på grund af høje partikkelkoncentrationer, hvorfor de viste resultater er minimumsværdier.

Der blev også foretaget måling af partikelantalskoncentrationen og partikelstørrelsesfordelingen undervejs i afbrændingerne. Disse målinger blev foretaget for at supplere massekoncentrationsmålingerne. Massekoncentrationsmålingerne i form af filteropsamlinger giver et billede af, hvor

meget 'partikulært materiale' (store partikler) der kommer fra en afbrænding. Ved at undersøge størrelsesfordelingen af partiklerne var det muligt at opnå et retvisende billede af, hvor mange fine og ultrafine partikler, der dannes under afbrændingsprocesser – også med ulovlige materialer, et emne, som kun er sparsomt belyst.

Referencer

- [1] Ingeniøren, 16. september 2015: ” Kæmpe fejlskud: Brændeovne i København forurener kun en brøkdel af, hvad forskerne troede”
- [2] Ingeniøren, 21. september 2015: ” Brændeovne udleder totalt set lige så mange partikler som bilerne i København”
- [3] BEK nr 46 af 22/01/2015 (Brændeovnsbekendtgørelsen)
- [4] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/labelling/household_en.htm
- [5] http://www.ecee.org/ecodesign/products/Lot_20_local__room_heating__products/CELEX_32015R1185_EN_TXT.pdf
- [6] Orientering nr. 9, 2015: ”Dialog med kommunerne om brændeovne”, udgivet af MST (2015)
- [7] http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Kemi/Kunststoffer,_polymerkemi,_plast_og_gummi/silikoner
- [8] http://www.sorbisense.dk/index.php?action=text_pages__show&id=40&menu=20

Spørgeskema til "Kontrol med afbrænding af affald"

Svarfrist 23. september 2014

Alle spørgsmål herunder vedrører kun din kommune.

Kommunens navn: _____

Afdeling: _____

Udfyldt af: _____ (frivillig)

Telefonnummer: _____ (frivillig)

E-mail: _____ (frivillig)

Estimer, hvor mange sager om røggener fra privates brændeovne din kommune har per år? (sæt kryds)

0-5	6-10	11-20	21-40	> 40

Hvor mange af disse sager drejer sig om afbrænding af ulovligt brænde? (Eksempler på ulovligt brænde er: trykimprægneret træ, byggematerialer, plastrester, træ med malingsrester, husholdningsaffald, palletter, aviser/gavepapir/reklamer/mælkekartoner, olie/spildolie, kreosottræ m.fl. - jf. bekendtgørelse om biomasse) (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-20	> 21

I hvor mange tilfælde ender sagen med en henstilling? (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-20	> 21

I hvor mange tilfælde ender sagen med en indskærpelse? (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-20	> 21

Har du kendskab til, at en eller flere af jeres sager om ulovlig afbrænding af affald er endt med en politianmeldelse? (kryds af)

Ja [] Nej [] Hvis ja, antal: _____

Mangler I redskaber til at løfte bevisbyrden i sager med gentagne forseelser i forhold til indskærpelse/politianmeldelse? (kryds af)

Ja [] Nej []

.....
 Hvor mange af de sager, I har, er gengangere fra den samme adresse? (sæt kryds)

0	1-2	3-4	5-6	> 7

Hvor mange sager må henlægges/opgives, fordi bevisbyrden ikke kan løftes? (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-20	> 21

Hvor mange timer i gennemsnit bruger I årligt på røgklager (generelt)?

Antal: _____ timer

.....
 Hvis muligt, hvor mange timer bruger I i gennemsnit årligt på klager vedrørende afbrænding af affald i privates brændeovne?

Antal: _____ timer

.....
 Hvilke typer affald bliver indberettet afbrændt til kommunen? (sæt gerne flere kryds)

- Træpaller []
- Malet træ []
- Lakeret træ []
- Imprægneret træ []
- Laminattræ []
- Reklamer/mælkekartoner, papir []
- Plast []
- Jernbanesveller/telefonmaster []
- Benzin/olie []
- Andet: [] (tilføj gerne type)

Hvor mange private brændeovne har I i kommunen? (Hvis du ikke har konkret viden herom, venligst prøv at estimere antallet)

Antal: _____ styk

.....
Hvor mange genbrugsstationer er der i kommunen? (sæt kryds)

0	1	2-3	4-5	6-7	8-9	> 10
---	---	-----	-----	-----	-----	------

Hvor mange kg/ton affaldstræ bliver afleveret på genbrugsstationerne/år i din kommune? (estimat er ok)

.....
I projektet "Kontrol med afbrænding af affald" støttet af Miljøstyrelsen arbejdes der på at udvikle en anordning, som kan afsløre ulovligt afbrændte materialer i private brændeovne. Hvis dette skal være en attraktiv løsning for jeres kommune, hvad må prisen for efterfølgende analyse så være¹? (sæt kryds)

< 1.000 kr.	< 2.000 kr.	< 4.000 kr.	< 6.000 kr.	< 8.000 kr.	< 10.000 kr.	> 10.000 kr.

Deltager kommunen aktivt i informationskampagner mod ulovlig afbrænding af affald i private brændeovne?

Ja [] Nej [] Ved ikke []

Uddyb evt., hvilke tiltag I har:

.....
Har I et brændeovnsregulativ i kommunen, eller planlægger I at udforme et?

Har et regulativ: Ja [] Nej [] Planlægger et [] Intet behov []

.....
Samarbejder I med skorstensfejerne i kommunen om en form for oplysningskampagne rettet mod borgerne? Ja [] Nej [] Ved ikke []

.....
Mange tak for din hjælp! Vi vil nu bruge dine input i vores videre arbejde.

¹ Der vil muligvis efter dette projekt blive forsøgt udviklet et analyse-kit, som kommunerne selv kan benytte uden at skulle indsende prøver til analyse hos et laboratorium. Det forudsættes dog, at målet for indeværende projekt nås.

Miljøpræventivt tilsyn



Navn		Dato	
Adresse		Turnummer	
Postnr. - By		BBR. Nr.	

Skorsten		Ildsted	
Fabrikat		Fabrikat	
Skorstenslysning	cm Ø	Nominel ydelse	kw
Skorstenshøjde	meter	Brændsel	Ildstedstype
Længde aftræk	meter	<input type="checkbox"/> Træ	<input type="checkbox"/> Brændeovn
Aftrækslysning	cm Ø	<input type="checkbox"/> Træpiller	<input type="checkbox"/> Pillebrændeovn
Skorstenstype	Skorstenens højde	<input type="checkbox"/> Træbriketter	<input type="checkbox"/> Åben pejs
<input type="checkbox"/> Muret skorsten	<input type="checkbox"/> Lavere end rygning	<input type="checkbox"/> Træflis	<input type="checkbox"/> Pejseindsats
<input type="checkbox"/> Elementskorsten	<input type="checkbox"/> Højere end rygning	<input type="checkbox"/> Brunkul	<input type="checkbox"/> Fastbrændsel/håndfyret
<input type="checkbox"/> Stålskorsten	Skorstenens placering	<input type="checkbox"/> Energiløst	<input type="checkbox"/> Fastbrændsel/stoker
<input type="checkbox"/> Stålføring	<input type="checkbox"/> i rygning	<input type="checkbox"/> Andet	<input type="checkbox"/> Stokerunit
<input type="checkbox"/> Isokernføring	<input type="checkbox"/> på tagflade		<input type="checkbox"/> Halmfyr
<input type="checkbox"/> Isodorføring	<input type="checkbox"/> på tilbygning		<input type="checkbox"/> Andet
<input type="checkbox"/> Balanceret aftræk			
<input type="checkbox"/> Andet			

Tilførsel af forbrændingsluft	<input type="checkbox"/> Kun en mulighed for tilførsel af luft	<input type="checkbox"/> Flere muligheder for tilførsel af luft
<input type="checkbox"/> Lodret balanceret aftræk	<input type="checkbox"/> Kanal fra det fri til ildsted	<input type="checkbox"/> Andet
<input type="checkbox"/> Splitaftræk	<input type="checkbox"/> Udeluftventil	<input type="checkbox"/> Ikke til stede

Ildstedets egnethed (til brændsel)
<input type="checkbox"/> Ildstedet er egnet til det pågældende brændsel
<input type="checkbox"/> Ildstedet er ikke egnet til det pågældende brændsel (se bemærkning)

Skorstenens egnethed (til brændsel)
<input type="checkbox"/> Skorstenen er egnet til det pågældende brændsel
<input type="checkbox"/> Skorstenen er ikke egnet til det pågældende brændsel (se bemærkning)

Skorstenens egnethed (til ildsted)
<input type="checkbox"/> Skorstenen er egnet til det pågældende ildsted
<input type="checkbox"/> Skorstenen er ikke egnet til det pågældende ildsted (se bemærkning)

Bemærkninger	
---------------------	--

<input type="checkbox"/> Anlægget er godkendt Anlæg er opført så det uden hindringer kan renses og vedligeholdes på forsvarlig vis. Endvidere er det eftersat, at kravene i Hygningsreglement 2010, og i relevant omfang BTV 22 og BTV 32 er overholdt. Kunden er vejledt i anvendelsen og vedligeholdelse af fyringsanlægget og vigtigheden af kvaliteten af det anvendte brændsel, så der opnås mindst mulig miljøbelastning.	SKORSTENSFEJER
---	----------------

Vurdering	1 - Optimalt 2 - Middel 3 - Opfylder krav 4 - Bør forbedres til næste fyringssæson 5 - Bør forbedres straks
------------------	---

Skorsten/aftræk - ildsted - brændsel

Ildstedets tæthed	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Ildstedets udmuring	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Skorsten/aftræks tæthed	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Skorstenens højde	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Skorstenens lysnag	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Bygningens tæthed/trykforhold	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--------------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Brændselskvalitet - størrelse og renhed	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Brændselskvalitet - fugtindhold	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Beløgninger i aftræk og ildsted	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Anvendelse

Opbevaring af brændsel	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
-------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Vedligeholdelse af ildsted	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
-----------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Optænding	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Påfyring - tidspunkt/mængde	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
------------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Dagfyring	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Natfyring	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Samlet vurdering af fyringsanlæg, brændsel og anvendelse	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
---	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Anvendelse

Opbevaring af brændsel

Træ bør fældes om vinteren hvor saftindholdet er mindst.

Umiddelbart efter fældningen bør træet saves i passende længde og flækkes til passende størrelse.

Træet bør herefter opbevares under tag.

Da træet udtørres af vinden bør opbevaringen være så luftig som muligt.

Vedligeholdelse af ildsted

Ud over almindelig rengøring kræver moderne ildsteder ingen vedligeholdelse. Dog bør man holde øje med pakningssnore og udmuring, og forny defekte dele.

Optænding

Den rencste og mest effektive optænding er den såkaldte "topdown".

I bunden af brandkammeret lægges 2 til 3 styk brænde med en diameter på ca. 5 cm. Her ovenpå lægges 2 - 3 optændingsblokke og overst i bålet lægges ca. 1 kg optændingspinde med en diameter på 1 til 3 cm.

Tændblokkene tændes, alle lufttilførsler åbnes helt, eventuelt åbnes fyrslagen på klem. Når ilden har godt fat i bålet lukkes lågen og efter 15 til 20 minutter når flammerne er små kan der lukkes ned for luften.

Påfyring - tidspunkt/mængde

Når bålet er brændt ned til et glødelag på 1 til 2 cm i tykkelsen er det ved tiden at fyre på. Lågen åbnes langsomt så der ikke trækkes røg ud i stuen. Mængden der påfyres skal svare til ovnens effekt: $\text{kW delt med } 4 = \text{påfyringsmængden i kg}$. Lufttilførselen øges igen de første ca. 20 minutter.

Dagfyring

Hvis den indfyrede brændselsmængde og den tilførte luftmængde passer til ildstedet skal man påfyre en gang hver time, hvis ovnen brænder mere end to timer mellem hver påfyring kan der ikke opnås en tilfredsstillende forbrænding.

Natfyring

Samme betingelser som dagfyring.

Skorsten/aftræk – ildsted - brændsel

Ildstedets tæthed

En betingelse for at ildstedet kan fungere optimalt er at det er tæt, således at lufttilførselen til forbrændingen foregår udelukkende via de reguleringsanordninger ildstedet er udstyret med, fra fabrikantens side.

Vær især opmærksom på pakningsnøre ved fyrlåge og askeskuffe.

Ildstedets udmuring

For at beskytte ildstedet mod for høje temperaturer og samtidig frembringe en høj temperatur i forbrændingen er de fleste ildsteder i dag udstyret med en eller anden form for udmuring.

Udmuringen bør udskiftes når den ikke længere udfylder sin funktion, eller vanskeliggør rensning af ildstedet.

Skorstenens tæthed

Hvis skorstenen skal virke optimalt er det nødvendigt at den er tæt, ellers vil der suges falsk luft ind gennem utæthederne som nedsætter skorstenens funktion.

Aftrækkets tæthed

For at sikre at det undertryk som skorstenen skaber overføres til forbrændingskammeret i ildstedet, skal aftræksrøret være tæt ved samlinger, renselemme og tilslutninger ved skorsten og ildsted.

Skorstenens højde

Bygningsreglementet foreskriver, at skorstenen skal være så høj at den skaber det fornødne træk til ildstedet og at den giver en så god røgspredning i atmosfæren at det ikke giver gener for nærmiljøet.

Hvor høj den skal være afhænger af det enkelte ildsted, men som tommelfingerregel bør den aldrig være kortere end 3 meter og bør gå 0,8 meter over tagets højeste punkt.

Skorstenens lysning

Bygningsreglementet foreskriver at skorstenslysningen skal svare til ildstedets indfyrede effekt. 15 cm Ø er passende til de fleste ildsteder der fyres med biobrændsel. Dog undtaget masseovne og halmfyr.

Lufttilførsel (bygningens tæthed)

Det rum som ildstedet er opstillet i skal have tilført erstatningsluft der svarer til den mængde røg det udledes gennem skorstenen, ca. 14 m³ pr. kg træ der forbrændes i ildstedet.

Bygningsreglementet foreskriver, at det skal ske gennem en udeluftventil, eller gennem en kanal der føres direkte til forbrændingskammeret.

Der bør altid være mulighed for at tilføre luften fra tryksiden af huset (vindsiden) da der i læsiden af huset ikke tilføres luft, men fjernes luft gennem åbninger i bygningen. Vær opmærksom på åbentstående vinduer.

Lufttilførsel (bygningens trykforhold)

Der skal altid være overtryk i det rum som ildstedet er opstillet i, i forhold til trykket i ildsted og skorsten.

Anvendelse

Opbevaring af brændsel

Træ bør fældes om vinteren hvor saftindholdet er mindst.

Umiddelbart efter fældningen bør træet savnes i passende længde og flækkes til passende størrelse.

Træet bør herefter opbevares under tag.

Da træet udtørres af vinden bør opbevaringen være så luftig som muligt.

Vedligeholdelse af ildsted

Ud over almindelig rengøring kræver moderne ildsteder ingen vedligeholdelse. Dog bør man holde øje med pakningssnore og udmuring, og forny defekte dele.

Optænding

Den rene og mest effektive optænding er den såkaldte "topdown".

I bunden af brandkammeret lægges 2 til 3 styk brænde med en diameter på ca. 5 cm. Her ovenpå lægges 2 - 3 optændingsblokke og øverst i bålet lægges ca. 1 kg optændingspinde med en diameter på 1 til 3 cm.

Tændblokkene tændes, alle lufttilførsler åbnes helt, eventuelt åbnes fyrlågen på klem. Når ilden har godt fat i bålet lukkes lågen og efter 15 til 20 minutter når flammerne er små kan der lukkes ned for luften.

Påfyring - tidspunkt/mængde

Når bålet er brændt ned til et glødelag på 1 til 2 cm i tykkelsen er det ved tiden at fyre på. Lågen åbnes langsomt så der ikke trækkes røg ud i stuen. Mængden der påfyres skal svare til ovnens effekt: kW delt med 4 = påfyrmængden i kg. Lufttilførselen øges igen de første ca. 20 minutter.

Dagfyring

Hvis den indfyrede brændselsmængde og den tilførte luftmængde passer til ildstedet skal man påfyre en gang hver time, hvis ovnen brænder mere end to timer mellem hver påfyring kan der ikke opnås en tilfredsstillende forbrænding.

Natfyring

Samme betingelser som dagfyring.

Hvis huset er tæt og skorstenen fjerner 14 m³ luft pr. kg træ der forbrændes vil trykket falde i rummet, det giver risiko for dårlig forbrænding og at der trænger røg ud i opstillingsrummet med risiko for forgiftning.

Mekanisk udsugning (emhætte, ventilationsanlæg og lignende) skaber også et stort trykfald i opstillingsrummet, med samme ulemper til følge.

Brændselskvalitet: størrelse og renhed

Det er vigtigt at der kun fyres med rent træ. Træ brænder kun på overfladen, som bør være så stor som muligt, derfor skal træ flækkes til en størrelse på 8 - 10 cm. Endvidere bør brændet være 5 cm kortere end fyrkammeret, således at der kan komme luft til forbrændingen hele vejen rundt

Brændselskvalitet: fugtindhold

Træ der fyres med bør aldrig have et vandindhold over 15 %.

Belægninger i ildsted og aftrækkets

En vigtig indikator for forbrændingskvaliteten er mængden af sodbelægninger i ildsted og aftræk. Hvis ruden i brændeovnen farves, eller hvis ildsted og aftræk har belægninger af sod er det et udtryk for dårlig forbrænding. Som oftest på grund af for lille luftmængde, eller påfyring af for meget brændsel.

Hvad bidrager samarbejdet mellem kommune og skorstensfejer til

Dette spørgeskema har til formål at undersøge forskellige kommuners samarbejde med skorstensfejer i forbindelse med røglager.

Hvilken kommune kommer du fra?

Bruger I mindre tid på røglager fra borgere pga. samarbejdet med skorstensfejer?

Ja

Nej

Hvis Ja - på en skala fra 1-5 hvor meget mindre tid bruger I på røglager pga. samarbejdet med skorstensfejer?

1 2 3 4 5

Lille forskel Stor Forskel

Er der en særskilt betaling for samarbejdet med skorstensfejer i forbindelse med røglager?

Ja

Nej

Other:

Har I en formel kontrakt/aftale på skrift om samarbejdet med skorstensfejer ?

Ja

Nej

Other:

På en skala fra 1-10 hvor tilfredse er I med jeres samarbejde med skorstensfejer?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Utilfreds Tilfreds

50% completed

<https://docs.google.com/forms/d/11pA6P0f9Qs3nmJj6ZTgeEjQCalGqfb1Qu3iqK2ax...> 24-11-2015

Hvad bidrager samarbejdet mellem kommune og skorstensfejer til

Samarbejdet Imellem skorstensfejer og kommune

Hvori består skorstensfejerens opgave i forbindelse med røgklager?

Her tænkes der på om det f.eks er skorstensfejeren der har den første dialog med klager, om skorstensfejer har en procedure for vejledning og notering af observerede forhold på stedet osv.

Hvordan behandler I jeres røgklagesager?

Her menes der sagsbehandlingen fra i modtager røgklagen til den er afsluttet, og hvor i behandlingen indgår samarbejdet med skorstensfejeren.

◀ Back

Submit

100%: You made it.

Never submit passwords through Google Forms.

Powered by

This content is neither created nor endorsed by Google.

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

<https://docs.google.com/forms/d/11pA6P0f9Qs3nmJj6ZTgeEjQCalGqfb1Qu3iqK2ax...> 24-11-2015

Spørgeskemaundersøgelse

Teknologisk Institut foretager i samarbejde med Kommunerne og Skorstensfejerlauget et projekt støttet af Miljøstyrelsen. Projektets mål er at udvikle en metode til detektion af ulovlig afbrænding af affald i private brændeovne. Der er i den forbindelse udarbejdet dette spørgeskema, som vi vil bede dig om at udfylde efter dit bedste skøn og returnere til din klubformand.

Bemærk, **undersøgelsen** er anonym! Vi skal derfor ikke bruge viden om dit navn, distrikt, eller hvilken landsdel du hører til. Vi er kun interesseret i en indikation på problemets omfang.

Er du ved en inspektion i stand til at afgøre, om der har været brændt ulovligt affald/træ af i en privat brændeovn? Sæt kryds – ja [] nej []

Eksempler på ulovlig brænde er: trykimprægneret træ, byggematerialer, briketter, koks, plastrester, træ med malingsrester, husholdningsaffald, palletræ, aviser/gavepapir/reklamer/mælkekartoner, olie/spildolie, kreosottræ m.fl. (jf. bekendtgørelse om biomasse)

Hvis ja, hvad er indikationen på, at der har været brugt ulovligt brændsel?

- Brændselslager ja [] nej []
- Udseende på sod (skorsten) ja [] nej []
- Udseende på sod (ildsted) ja [] nej []
- Lugt ja [] nej []
- Andre indikationer:

Eventuelt uddybende forklaring på indikationer:

- Brændselslager
- Udseende på sod (skorsten)
- Udseende på sod (ildsted)
- Lugt
- Andre indikationer:

Hvor mange, oplever du, benytter ulovligt brændsel i brændeovne i dit distrikt (sæt kryds) (bemærk, det drejer sig IKKE om forkert forbrænding)

1-2 ud af 1000	3-5 ud af 1000	6-10 ud af 1000	11-15 ud af 1000	16-30 ud af 1000	31-50 ud af 1000	Flere end 50 ud af 1000

Hvor mange af de sager, hvor du oplever ulovlig brændsel i brændeovne, ender på din foranledning som sager hos kommunen?

Antal:	Du afklarer det selv med kunden (sæt kryds):
--------	--

Hvor mange sager bliver du årligt inddraget i på kommunens opfordring? (sæt kryds)

1-2	3-5	6-10	11-15	16-30	31-50	Flere end 50

Retter kunden/borgeren sig efter jeres anvisninger, når de får en påtale/henvendelse? (sæt kryds)

Aldrig	1-2 ud af 10 gange	3-4 ud af 10 gange	5-6 ud af 10 gange	7-8 ud af 10 gange	9-10 ud af 10 gange	Altid

Hvor mange brændeovne har du i dit distrikt? [spørgsmålet er anonymt og vil ikke kunne føres tilbage til dig, dit distrikt eller landsdel. Spørgsmålet skal bruges til at lave statistik på de samlede tilbagemeldinger om problemets omfang] (sæt kryds)

Under 1500	1501- 2000	2001- 2500	2501- 3000	3001- 3500	3501- 4000	4001- 4500	4501- 5000	Over 5000

Har du et udpræget landdistrikt eller bydistrikt? [spørgsmålet er anonymt og vil ikke kunne føres tilbage til dig, dit distrikt eller landsdel. Spørgsmålet skal bruges til at lave statistik på de samlede tilbagemeldinger om problemets omfang] (sæt kryds)

Landdistrikt []

Bydistrikt []

Blandet land/by []

Hvor mange henvendelser får du årligt fra en nabo til en brændeovnejer om røggener? (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-30	31-50	Flere end 50

Hvor mange af disse henvendelser drejer sig om ulovlig afbrænding? [ikke forkert afbrænding] (sæt kryds)

0-2	3-5	6-10	11-15	16-30	31-50	Flere end 50

Mange tak for din hjælp! Dine input vil nu blive benyttet i vores arbejde fremadrettet.

Bilag 5 Metalindhold og klorindhold i askeprøver

Nedenstående tabel viser koncentrationen af forskellige grundstoffer (metaller og klor) fundet i askeprøver. ”-” betyder, at der ikke er analyseret for dette grundstof i den givne prøve. ”<0,01” eller ”<0,5” betyder, at koncentrationen er lavere end detektionsgrænsen på henholdsvis 0,01 eller 0,5 mg/kg.

Grundstof	Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Krom (Cr)	Kobber (Cu)	Kviksølv (Hg)	Bly (Pb)	Titanium (Ti)	Jern (Fe)	Klor (Cl)
Prøvemærkning	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Malet træ, gennemsnit fra tre afbrændinger	-	-	71	2083	-	144	8563	68433	-
Rent træ, gennemsnit fra tre afbrændinger	0,6	1,4	15	120	< 0,5	55	-	-	-
CCA-træ, gennemsnit fra tre afbrændinger	2,1	0,3	157	128000	< 0,5	89	-	-	-
Mælkekarton, gennemsnit fra tre afbrændinger	2,9	0,2	89	2200	< 0,5	71	-	-	710
Vinduesrammer	-	-	-	-	-	-	-	-	960
Laminatræ, enkelt afbrænding	2,4	< 0,01	13	39	< 0,5	2,0	-	-	-
Palletræ, enkelt afbrænding	0,1	2,0	29	690	< 0,5	22	-	-	-

Kontrol med Afbrænding af Affald

Dette er afslutningsrapporten for projektet "Kontrol med Afbrænding af Affald" under Miljøstyrelsens tilskudsordning "Program for Grøn Teknologi 2013". Projektet løb i perioden januar 2014 til december 2015 og havde det overordnede formål at udvikle en metode til entydig identificering af kemiske komponenter fra ulovlig afbrændt affald i brændeovne.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Esbjerg Kommune, Odense Kommune, Skive Kommune, Vejle Kommune, Skorstensfejermestrene Kim Laue Christensen, René Dahl Nielsen og Martin Holm Andersen, Mikrolab Aarhus A/S og Teknologisk Institut. Denne rapport giver et samlet overblik over det arbejde, der er udført i løbet af projektet.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk