



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Kortlægning nr. 6, 2002: Indholdsstoffer i levede lys der sælges i detailhandlen

Torben Eggert, Teknologisk Institut
Jørn Bødker, Teknologisk Institut
Ole Christian Hansen, Teknologisk Institut

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	10
1 INDLEDNING	11
2 KORTLÆGNING AF LYSTYPER, INDHOLDSSTOFFER OG PRODUKTIONSMETODER	13
2.1 LYSFREMSTILLING	13
2.1.1 Parafin	13
2.1.2 Stearin	14
2.1.3 Gele	14
2.1.4 Væger	14
2.1.5 Farvestoffer	14
2.1.6 Duftstoffer	14
2.2 RÅVARE LEVERANDØRER	15
2.2.1 Voks	15
2.2.2 Væger	15
2.2.3 Farvestoffer	15
2.2.4 Producenter	15
2.3 LYSTYPER	15
2.4 BESØG PÅ LYSSTØBERIET DANLUX	16
2.5 LYSPRODUKTION OG FORBRUG I DANMARK	17
2.5.1 Import og eksport	18
2.6 LYSTYPER SOM SÆLGES I DANMARK	18
2.6.1 Besvarelser	19
3 TEST AF LYS HOS IKEA	20
3.1 BRÆNDTID, VÆGENS FACON, FLAMMEHØJDE OG GLØDETID	20
3.2 TENDENS TIL AT LØBE	21
3.3 SODNINGSTEST	21
3.4 DISKUSSION	22
4 ANALYSER PÅ UDVALGTE LYS	24
4.1 UDVÆLGELSE AF LYS TIL KEMISK ANALYSE	24
4.2 UDVALGTE LYS	24
4.3 FYSISKE DATA PÅ DE UDVALGTE LYS	25
4.4 KEMISKE ANALYSER PÅ DE UDVALGTE LYS	25
4.5 VOKSTYPER	26
4.6 HEADSPACEANALYSE PÅ LYSENE	26
4.7 SUBJEKTIV VURDERING AF LUGTEN FRA LYSENE	28
4.8 TUNGMETALLER	28
5 MÅLING OG ANALYSE AF FORURENINGEN VED AFBRÆNDING AF LYS	32
5.1 MÅLEPROGRAM	32

5.2 ANALYSERESULTATER	33
6 VURDERINGER OG KONKLUSIONER	36
6.1 MODEL	36
6.2 TUNGMETALLER I LYSENE	37
6.3 ORGANISKE STOFFER FRA AFBRÆNDINGSFORSØG	38
7 REFERENCER	40
BILAG A IMPORT OG EKSPORT, 2000	42
BILAG B INDKØBTE PRODUKTER	43
BILAG C FYSISKE DATA PÅ DE UDVALGTE LYS	44
BILAG D KEMISK SAMMENSÆTNING	47
BILAG E METAL OG FLYGTIGE FORBINDELSER	48
BILAG F FORSØGSOPSTILLING	49
BILAG G AEROSOL, PAH OG VOC	50
BILAG H SODTEST	51
BILAG I EMISSION, BEREGNINGER	54

Forord

Rapporten gengiver resultatet af projektet "Indholdsstoffer i lys, der sælges i detailhandlen".

For at belyse befolkningens udsættelse og risiko i forbindelse med kemiske stoffer i forbrugerprodukter har Miljøstyrelsen ønsket en kortlægning af, hvilke kemiske forbindelser der indgår, og hvilke kemiske forbindelser der afgives fra levende lys, der sælges i detailhandlen.

Denne undersøgelse er baseret på indhentning af oplysninger fra litteratur, leverandører og producenter. Det danske forbrug af levende lys er blevet kortlagt og udvalgte lystype er blevet analyseret for indholdsstoffer. Dampe og røg afgivet fra brændende lys af de udvalgte typer er blevet målt og analyseret, og resultaterne af målingerne er blevet sammenholdt med modificerede grænseværdier for arbejdsmiljø.

Projektet er blevet finansieret af Miljøstyrelsen som en del af programmet "Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter".

Projektet er gennemført i perioden 1. august – 15. december 2001 af Teknologisk Institut, Miljø- og Affaldsteknik. De kemiske undersøgelser og analyser er udført af Teknologisk Institut, Kemiteknik og Materialeteknologi/Plast.

Projektleder er Torben Eggert, Teknologisk Institut.

Rapporten er forfattet af
Torben Eggert, Miljø- og Affaldsteknik
Jørn Bødker, Miljø- og Affaldsteknik
Ole Christian Hansen, Miljø- og Affaldsteknik

Kemiske analyser udført af:
Steen Færgemann Hansen, Kemiteknik
Eva Pedersen, Kemiteknik
Brian Christiansen, Kemiteknik
Anne D. Pedersen, Kemiteknik
Birthe Momme Pedersen, Kemiteknik
Søren Pedersen, Materialeteknologi/Plast

Miljøstyrelsens kontaktperson er Shima Dobel.

De i rapporten fremsatte synspunkter og konklusioner deles ikke nødvendigvis af Miljøstyrelsen.

Sammenfatning og konklusioner

I Danmark sælges relativt mange levende lys. Forbruget er i rapporten opgjort til ca. 17.500 tons pr. år, svarende til at hver dansker afbrænder ca. 3,5 kg levende lys pr år. Fyrfadslys er de mest solgte lys i Danmark, mens paraffin er den mest anvendte råvare til fremstilling af levende lys.

Afbrænding af levende lys giver anledning til luftforurening. Denne forurening skyldes dels de stoffer, som lysene indeholder før afbrænding og dels stoffer, der dannes under forbrændingen af lysene.

Detailhandlen gennemfører selv nogle relativt enkle tests, hvor især tendensen til sodning vurderes. IKEA i Sverige gennemfører en relativt omfattende test af sodning og andre egenskaber på de lys, som firmaet forhandler.

Kemiske analyser af udvalgte lys viser, at lysene indeholder relativt små mængder tungmetaller, og at de største koncentrationer blev fundet i vægen. En del metaller vil forblive i vægen, mens andre til en vis grad må forventes at emittere under afbrændingen. Overslagsberegninger af de forventede maksimum koncentrationer i et rum, hvor lys afbrændes viser, at især nikkel- og blyindholdet er udslagsgivende. Koncentrationerne af metal er dog relativt begrænsede og vurderes kun at udgøre et mindre sundhedsproblem.

Stoffer, som dannes og frigives under forbrændingen, er målt i en speciel opstilling, hvor røggassen filtreres og prøver af røggassen opsamlet på forskellige faste absorbenter. De opsamlede røgprøver er analyseret kemisk for sammensætningen og emissionen (kildestyrken) derefter beregnet.

Det viste sig, at over 50% af de undersøgte lys gav anledning til sodning. Sodningen fra gelelyset var så meget, at det vurderedes at kunne give synlig sodning på et hjems overflader. Mindre sodning blev observeret fra det hvide stearin lys og stagelyset med guldovertæk. Det hvide fyrfadslys og spindelvævslyset gav ingen sodning. På baggrund af undersøgelserne var det ikke alene et spørgsmål om vokstype, der afgjorde sodning, men også væge, vokssammensætning, urenheder, osv.

Af de undersøgte afgivne forureningsstoffer, var aerosolerne dominerende med emissioner mellem 200 og 1300 $\mu\text{g}/\text{time}$. Der blev ikke fundet væsentlige mængder af aldehyder eller PAH-forbindelser. Den samlede emission af flygtige organiske forbindelser (VOC) lå mellem 2 og 7400 $\mu\text{g}/\text{time}$.

På basis af de målte mængder blev de potentielle koncentrationer beregnet efter afbrænding af ét lys i et teoretisk rum på 20 m³ og et luftskifte på 0,5 gang pr. time. De beregnede koncentrationer sammenlignet med 1/100 af Arbejdstilsynets grænseværdi for arbejdspladser, viste, at især afgivelsen af aerosoler (paraffinrøg) passerede denne acceptgrænse. Afbrænding af flere lys i et mindre lokale med ringe luftskifte vil kunne forurene indeklimaet. Forureningsgraden vil være afhængig af, hvilke lys man anvender, men de væsentligste parametre findes ikke på forbrugerinformation.

Summary and conclusions

In Denmark there are sold relative large amounts of candles. The annual consumption is estimated to be approximately 17,500 tons which equals to each Dane burns about 3.5 kg. of candles per year. Small tea lights (diameter 38 mm) are the most sold in Denmark, and paraffin is the most used raw material in producing candles.

The burning of candles gives cause for air pollution. This pollution is caused partially from the substances that the candle contains before burning and the substances that are formed under the burning of them.

Retailers do some relatively simple tests to show the tendency for the candles to soot. The company IKEA in Sweden does a comprehensive test on candle soot and other qualities on the candles the company distributes.

Chemical analysis from certain candles show that they contain fairly small amounts of heavy metal which to a certain point will be expected to evaporate during the burning of the candle or are emitted as aerosols. Estimated calculations of the concentrations in a room where one candle is burnt show that especially the amount of nickel and lead are decisive. The concentration of metal is though fairly limited therefore only minor health hazards are expected.

Substances formed and released during burning can be measured in a special contraption where smoke gasses are filtered and samples of these are collected on absorbing material. The gathered samples are analysed for chemical compounds and the emission (source strengths) are calculated.

It is shown that more than 50% of the analysed candles had a tendency of sooting. Sooting from gelled mineral oil candles was measured so high that visible sooting of indoor surfaces are possible. Less sooting was observed from the white stearine candle and the taper candles with gold coating. The white tea lights and the blue spider web candles gave no sooting results. On the background of this study it was not only the question on wax type that determined the sooting but also the candle wicks, impurity, wax combination etc.

From the analysed emitted substances aerosols was the most dominant with emissions between 200 to 300 μg /hour. There wasn't found any substantial amounts of aldehyde or PAH-compounds. The total emission of VOC was between 2 and 7400 μg /hour.

On the background of the measured amount the potential concentration is calculated by burning one candle in a room on 20m³ and a air exchange on 0.5 times per hour. The calculated concentrations is compared to 1/100 of the Danish Labour Inspection Exposure Limit Value for work places, showed that especially the emission of aerosols is above the accepted limit. The burning of several candles in a smaller room with low air exchange would pollute the indoor environment. The pollution level depends on which candles are used, but the main parameters can not be found in the labelling.

1 Indledning

Historisk er "levende" lys i dets kendte form blevet anvendt siden det 8. århundrede. Indtil 1850 blev lys fremstillet af rå eller bleget bivoks og animalsk fedt. Siden er paraffin og stearin kommet til (Willhöft og Horn, 1986).

I Danmark afbrændes hvert år millioner af lys, uden at det er fuldstændig klart, hvad de indeholder eller hvad de afgiver af forurening ved afbrænding.

Selv om danskerne har rekord i forbrug af levende lys, ca. 3,5 kg lys pr. person pr. år, er der ingen, der har undersøgt, om dampene eller røgen fra lysene kan være sundhedsskadelig og eller give anledning til tilsodning af hjemmet. Visse lys giver anledning til lugt og andre til kraftig røgudvikling ved afbrænding. I adskillige tilfælde er hjemmets overflader blevet sodet kraftigt til på grund af afbrænding af lys. Ved kvalitativ undersøgelse af forskellige lystyper er der observeret meget store forskelle på, hvad de enkelte typer afgiver af lugt og sod.

Af udenlandske undersøgelser er der alene fundet en tysk undersøgelse af emissioner fra paraffinlys. Målingerne omfattede dioxiner, PAH'er og aldehyder. Resultaterne findes som interne rapporter og kun en offentliggjort resumé rapport (Schwind, 1994).

I butikkerne tilbydes der mange forskellige typer lys uden information om, hvad de er fremstillet af, eller hvad de afgiver af kemiske forbindelser eller sod ved afbrænding. Den eneste information, forbrugeren typisk får, er oplysninger om brændetid, længde, bredde, og hvilket materiale lyset er fremstillet af. Derudover kan der være oplysninger om, hvilke duft- eller aromastoffer der er tilsat.

Visse forbrugere er overfølsomme overfor de tilsætningsstoffer, der er i lysene, og reagerer overfor de kemiske stoffer, der afgives, når lysene brændes af. Ifølge oplysninger fra Astma- og Allergi Forbundet er der mange astma patienter, der reagerer på de duftstoffer, som er i lysene.

Det ville derfor være ønskeligt, at der var en mere klar deklaration på lysene, som bl.a. giver oplysninger om duftstoffer, og hvad lysene afgiver af sod/røg ved afbrænding.

Med baggrund i ovenstående har Miljøstyrelsen ønsket at få foretaget en nærmere undersøgelse af, hvilken kemisk sammensætning, der indgår i de forskellige lystyper, og hvilke kemiske forbindelser der afgives ved afbrænding.

Projektet er opdelt i en kortlægningsfase og en analysefase og har følgende temaer:

1. Kortlægning af hvilke kemiske stoffer, der indgår i forskellige lystyper dels ved litteratursøgning og dels ved henvendelse til producenter (stearin, paraffin, voks, duftstoffer, væger mv.).
2. Undersøgelse af de mest købte og anvendte lystyper i Danmark.
3. Kemisk analyse af indholdsstoffer i udvalgte lystyper.

4. Måling og analyse af forureningen ved afbrænding af levende lys
(emissionsmålinger)

Der er analyseret 6 forskellige typer af lys, som er udvalgt af Miljøstyrelsen.

2 Kortlægning af lystyper, indholdsstoffer og produktionsmetoder

Der er indhentet oplysninger ved søgning på nettet og ved kontakt til:

- Foreningen af danske lysproducenter
- Råvareleverandører til det danske marked
- Detailhandlen i Danmark v. Dansk Supermarked og FDB
- Besøg hos Danlux i Helsingør
- Besøg hos IKEA i Sverige

2.1 Lysfremstilling

Lys består i princippet af 2 komponenter en voks og en væge. Voksen er et fast stof ved stuetemperatur, som smelter ved opvarmning. Til voksen kan der være tilsat additiver, som fx farve, forskellige former for duftstoffer, og ”metaloverflader” som ikke er metal, men et organisk materiale.

En voks skal være fast ved stuetemperatur og have et så højt smeltepunkt, at lyset ikke bøjer i sollys. Da lysene typisk brændes af indendørs, er det endvidere vigtigt, at voksen ikke indeholder for mange urenheder, der kan give anledning til et forureningsproblem (sod) ved afbrænding.

Voks er en bredtfavnende betegnelse. I denne rapport bruges det som synonym for det brændbare materiale, som omgiver vægen i lyset. Voks bruges som betegnelse for et komplekst stof, der ikke er kemisk defineret, men kan være fremstillet af råolie (syntetisk voks) eller af plante eller animalsk oprindelse. Voks som stof er defineret ud fra fysisk-tekniske egenskaber. Voks skal have smeltepunkt over 40°C. Ved 40°C skal det kunne smelte uden at dekomponere, det skal have en blød og formbar overflade. Voks smelter normalt mellem 50 og 90°C. Voks brænder generelt med en sodende flamme ved antændelse. Bivoks produceret af bier er et råmateriale, der anvendes ved dyre dekorative lys og lys til religiøse formål. Den romersk katolske kirke forlanger fx et minimum indhold af bivoks på 10% (Wolfmeier *et al.*, 1986). Det betyder, at bivoks primært anvendes i Sydeuropa og Amerika. Bivoks er ikke medtaget i undersøgelsen.

I det nedenstående er de forskellige ingredienser i et lys kort beskrevet.

2.1.1 Parafin

Paraffin er i dag den mest anvendte vokstype til fremstilling af lys. Paraffin fremstilles ud fra råolie, som overordnet består af krystallinske kulbrinter, typisk C₂₂–C₂₈ kulbrinter. Raffineret paraffin er en af hovedingredienserne ved fremstilling af lys. Det er en blanding af normale paraffiner, isoparaffiner og cycloparaffiner (naphthener). Sammensætningen er afhængig af typen af råolie og raffineringprocessen. Smeltepunktet for raffineret paraffin ligger typisk mellem

52-56°C. I fyrfadsllys kan der også anvendes paraffin med et lavere kulstof antal C₁₈, som giver et lavere smeltepunkt. For ikke at lysene skal bøje i sollyset er de yderste lag af et stagelys som hovedregel betrukket med en paraffin med et højere smeltepunkt typisk på ca. 70-75°C. Paraffin kan indeholde rester af lettere alifatiske og aromatiske kulbrinter og andre organiske forbindelser.

2.1.2 Stearin

Stearin anvendes i ren form eller i blandinger ved fremstillingen af lys. Tilsætning af stearin giver lyset en opaliseret eller hvidt udseende. Stearin er en blanding mellem stearinsyre (C₁₈ fedtsyre) og palmitinsyre (C₁₆ fedtsyre). Smeltepunktet ligger typisk mellem 60- 62°C.

2.1.3 Gele

Gele er fremstillet ud fra råolie og består primært af amorfe kulbrinter. Gele har ikke noget smeltepunkt. Gele kan indeholde rester af lettere alifatiske og aromatiske kulbrinter og andre organiske forbindelser.

2.1.4 Væger

Væger er som hovedregel fremstillet af bomuld og kan have forskellig tykkelse og udformning. Vægen kontrollerer smeltning, fordampning og afbrændingen af lysmaterialet og transporterer den flydende voks fra smelteområdet til forbrændingszonen. For at holde vægerne stive og oprette kan de være imprægnerede med forskellige vokser eller der kan være indvævet papirfibre. Tidligere var det almindeligt, at væger var indstøbt med en metaltråd for at holde vægen ret og stiv. Denne metaltråd kunne bestå af bly, zink eller tin.

De danske bestemmelser om begrænsningen af anvendelse af bly og produkter med bly omtaler anvendelsen af bly i lys (Miljø- og Energiministeriet, 2000). Fyrfadsllys og andre lys der indeholder metallisk bly (Miljø- og Energiministeriet 2000, bilag 2), må ikke importeres og sælges efter 1. marts 2001.

I USA har anvendelsen af bly i væger været underlagt en frivillig aftale om ophør med anvendelsen siden 1974, men i en forbrugerundersøgelse fra 2000 blev der alligevel i 9 lys ud af 285 (3%) fundet blyholdige væger med et indhold på 33-85 vægtprocent bly (Public Citizen, 2000). Denne undersøgelse fandt ingen blyholdige væger, men dækker langt færre lys.

2.1.5 Farvestoffer

Farvestoffer er som hovedregel organiske syntetiske stoffer, som er opløselige i voks. Farvestofferne vil oftest tilhøre gruppen af anilin farvestoffer eller være organiske pigmenter.

2.1.6 Duftstoffer

Duftstoffer som tilsættes duftlys, er som oftest fremstillet ud fra eteriske olier og udtræk fra planter opløst i et organisk opløsningsmiddel, mv.

Lys kan have et dæklag yderst af en paraffin med et lidt højere smeltepunkt, for at reducere bøjning i sollys og at lyset "løber" (se yderligere i afsnit 2.4). Dæklaget kan være forsynet med dekorative lakker med farver osv.

2.2 Råvare leverandører

2.2.1 Voks

Storproducenter af voks på det danske og øvrige europæiske marked kommer hovedsagelig fra Tyskland, England og Ungarn, hvor Schumann Sasol i Hamborg er den absolut største. Ca. 70% af den voks, der bruges i Danmark, kommer fra Schumann Sasol.

Producenterne leverer vokser i forskellig kvalitet og til forskellig pris afhængig af formål.

2.2.2 Væger

Der findes 3 store tyske væge producenter. Wedo er den største og dækker ca. 50% af markedet, Jannsen dækker ca. 35%, og Henschke dækker ca. 15% af markedet i Danmark.

2.2.3 Farvestoffer

Der findes 3 store farvestof producenter af farver til voks og lys, Goldmann, Bekro og Kaiser, som er tyske virksomheder. Disse virksomheder leverer det meste af de farvestoffer, som anvendes til lysproduktion i Danmark og i resten af Europa.

Der findes ingen godkendelsesordninger og ingen forbud mod farvestoffer i lys. Nogle af producenterne af farvestoffer har derfor selv valgt at anvende andre standarder i deres produktudvikling, fx EN 71-3 og TSCA. Den europæiske standard EN 71-3 angiver grænseværdier for migration af metaller fra legetøj. Det vil sige, at producenterne anvender standarden til at regulere mængden af metaller i farvestoffer, der anvendes til lysproduktion. TSCA, som dækker den amerikanske lovgivning (US-EPA: Toxic Substance Control Act), beskriver hvor meget der må være af bestemte stoffer i produkter importeret til Amerika. Standarden beskriver, at der ikke må anvendes færemærkede farvestoffer eller azofarvestoffer i produkter, der importeres til Amerika.

2.2.4 Producenter

I Danmark er ovennævnte producenter repræsenteret af 3 firmaer (se tabel 2.1).

Tabel 2.1:
Forhandler af råvare til lys

Firma	Voks	Væger	Farvestoffer
Waxmann	Schumann Sasol	Wedo	Goldmann
Mercantos	Ungarske og engelske firmaer	Jannsen	Bekro Chemie
Dansk Voksfabrik	Schumann Sasol	Erich Henschke	Kaiser Lache

Ud over de nævnte producenter er der også mindre europæiske producenter, ligesom der kan være andre producenter fx i Fjernøsten.

2.3 Lystyper

Der findes mange forskellige typer lys på det danske marked, som kan være støbte eller dypede. Af de væsentligste typer skal her nævnes:

- Fyrfadslys, der er fremstillet af paraffin, som sædvanligvis er hældt i en lille aluminiumsskål. Lysene kan fås i flere forskellige farver og kan være tilsat duftstoffer.
- Stagelys kan være fremstillet af paraffin, stearin eller en blanding heraf. Lysene kan både være støbte og dyppede og kan fås i flere forskellige farver og være med duftstoffer og kan være med ”metalovertræk”.
- Bloklys kan være fremstillet af paraffin, stearin eller en blanding heraf. Lysene, der kan fås i mange udformninger, er som hovedregel støbte lys, kan fås i flere forskellige farver og kan indeholde duftstoffer.
- Kertelys kan være fremstillet af paraffin, stearin eller en blanding heraf. Lysene kan både være støbte og dyppede og kan fås i flere forskellige farver.
- Fyldte krukkeprodukter kan være fremstillet af paraffin, stearin, en blanding heraf eller være af gele. Voksen hældes ned i en beholder af glas eller metal og kan have mange forskellige udformninger. Produkterne kan fås i flere forskellige farver og kan indeholde duftstoffer.

2.4 Besøg på lysstøberiet Danlux

For at få et indblik i hvordan lys fremstilles, har vi besøgt Danlux A/S i Helsingør, hvor vi har talt med direktør Kurt Hall Jørgensen og driftleder Jens Lundsgaard.

Danlux har 30 ansatte og producerer ca. 900 tons lys pr. år. Lysene er hånddyppede, gennemfarvede og selvslukkende lys fremstillet ud fra paraffin. Lysenes længde varierer fra 8–23 cm, og tykkelsen fra 8–23 mm. Lysene fremstilles i alle farver med et farveindhold på 0,2–0,5%. Stort set hele produktionen eksporteres. Det er oplyst, at IKEA er en af deres største kunder.

Deres råvarer får de fra følgende firmaer:

Voks: Terhell-Paraffin 5803 med et smeltepunkt på 58 °C og et rest-olieindhold på 0,34 % fra firmaet Schümann Sasol (Waxmann).

Væger: Bomuldsvæger uden tungmetaller og urenheder fra firmaet Erich Henschke (Dansk Voksfabrik).

Lim: Danafix lim (selvslukningsmiddel) på basis af vandbaseret polyvinylalkohol og polyvinylacetat fra firmaet Dana Lim.

Farver: Specialfarver til lysfremstilling fra firmaet Bekro Chemie (Mercantos). Farverne er testet efter TSCA krav og er uden indhold af toksiske stoffer.

Lysene fremstilles på 3 halvautomatiske maskiner, som afhængig af lystype og størrelse fremfører lysene til de forskellige kar. Paraffinen opbevares på tanke udendørs ved en temperatur på ca. 75°C og føres i et lukket rørsystem frem til maskinerne.

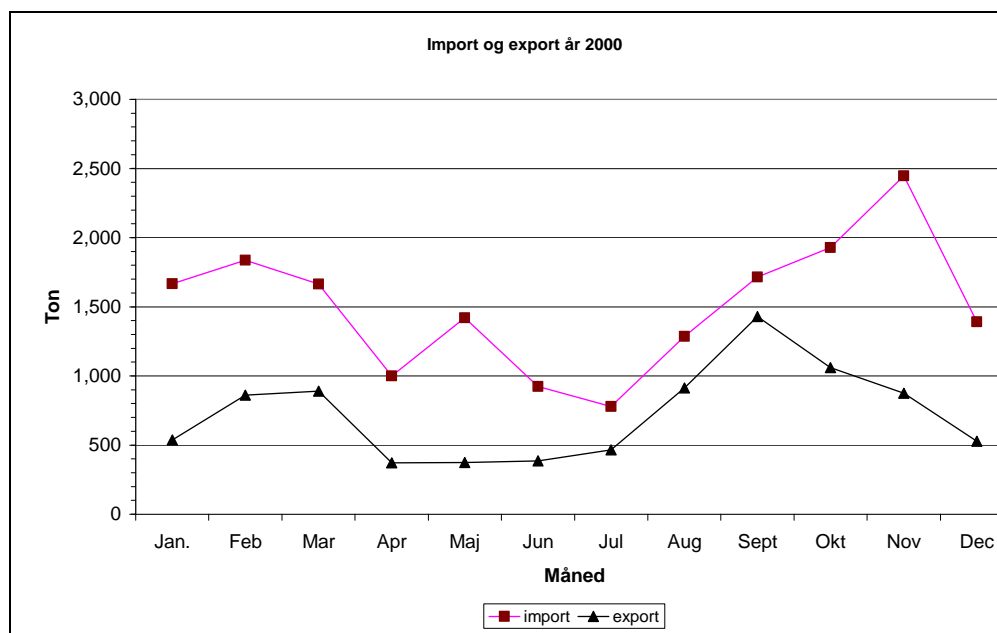
Vægerne opsættes på et stativ, som først dyppes i lim (selvslukning). Derefter sættes stativerne på en karrusel, som fører vægerne igennem 4 trin. Trin 1 er opsætning/aftagning og lufttørring. Trin 2 er vandkøling (10-15°C) i kar. Trin 3 er

voks kar ca. 100°C. I dette kar styres længde og konus (udformning) på lyset. Trin 4 er voks kar på ca. 66–70°C. I dette kar påføres paraffinen. Lysene kører ca. 24 gange rundt, inden de er færdige. For at sikre at lysene ikke bøjer ved varmepåvirkning (fx sollys), dyppes lysene til sidst i en voks med et højere smeltepunkt. Efter færdiggørelsen fjernes lysene fra maskinerne og hænger til afkøling, inden de pakkes.

2.5 Lysproduktion og forbrug i Danmark

Det er svært at få et samlet overblik over, hvor mange lys, der produceres i Danmark, idet lysproduktionen foregår på virksomheder, der spænder fra meget små virksomheder med under 5 ansatte til et mindre antal større virksomheder med op til ca. 140 ansatte. En del af disse virksomheder er repræsenteret i Foreningen af Danske Lysproducenter, som ifølge deres medlemsliste repræsenterer 21 virksomheder i Danmark (Vinter 2001).

Der findes ikke officielle tal for produktion af levende lys i Danmark. Men ifølge Waxmann (2001), som leverer ca. 75% af den voks, der bruges i Danmark, produceres der ca. 8.500 tons lys i Danmark om året fordelt med ca. 1.500 ton stearin lys og ca. 7000 ton paraffin lys om året.



Figur 2.1: Import og eksport fordelt over måneder i år 2000. (Dst 2001)

Fordelingen af import og eksport på figur 2.1 viser klart, at størsteparten af salget ligger i vintermånederne, og især i efterårsmånederne op til jul er importen stor.

Ifølge Danmarks Statistik blev der i år 2000 importeret ca. 18.000 tons lys og eksporteret ca. 9.000 tons lys (se bilag A).

Dette betyder, at forbruget af lys i Danmark kan beregnes efter følgende formel:

$$\text{Forbrug} = \text{Produktion} + \text{Import} - \text{Eksport}$$

Forbruget kan således opgøres til Produktion (8.500 tons) + Import (18.000 tons) – Eksport (9.000) = Forbrug på ca. 17.500 tons lys. Antages den danske befolkning at være ca. 5 mio., svarer det til et gennemsnitligt forbrug på ca. 3,5 kg lys pr. person i Danmark dækkende alle aldersgrupper.

2.5.1 Import og eksport

Importen og eksporten er opgjort efter Danmarks Statistiks data (se bilag A). Ifølge Danmarks Statistik er de væsentligste importlande Tyskland, Sverige, Ungarn og Kina (se tabel 2.2). De væsentligste eksportlande er Norge, Sverige, Tyskland og USA (tabel 2.3).

Tabel 2.2:
Importlande for lys til Danmark

Land	Ton	%
Tyskland	3.674	20,4
Sverige	3.428	19,0
Ungarn	3.090	17,1
Kina	2.529	14,0
Letland	1.808	10,0
Holland	1.538	8,5
Portugal	768	4,3
Polen	601	3,3
I alt	17.446	96,6

Tabel 2.3:
Eksportlande for lys fra Danmark

Land	Ton	%
Norge	1.875	21,6
Sverige	1.385	15,9
Tyskland	1.356	15,6
USA	1.129	13,0
Finland	1.086	12,5
UK	703	8,1
Belgien	193	2,2
Polen	179	2,1
I alt	8013	91,0

De resterende landes import og eksportværdier kan findes i bilag A

2.6 Lystyper som sælges i Danmark

For at få et billede af, hvilke lystyper der sælges flest af, er der gennemført en undersøgelse i detailhandlen. Der er søgt oplysninger om, hvor mange tons lys, der sælges, hvor lysene indkøbes, og om der eventuelt stilles krav til producenterne om fx indholdsstoffer, sodning mv. Skemaet, som er udsendt, er udarbejdet i samråd med indkøbere af lys fra Dansk Supermarked og FDB.

Skemaerne er sendt til følgende kæder:

- Dansk Supermarked som dækker: Bilka, Føtex og Netto
- FDB som dækker: Obs, Kvickly, Superbrugsen, Davli brugsen og Fakta
- SuperGros som dækker: Spar, SuperBest, ISO, Dreisler Storkøb, Rema 1000 Danmark, Løvbjerg Supermarked, KC Storkøb og en række mindre købmænd uden for kæder
- IKEA, 4 varehuse i Danmark
- Jysk Sengetøjslager, 87 butikker i Danmark

2.6.1 Besvarelser

Af de udsendte skemaer er der modtaget besvarelser fra alle på nær SuperGros. Det vurderes ud fra henvendelser til branchen, at besvarelserne dækker ca. 75% af de lys, der sælges i Danmark.

I tabel 2.4 er resultatet af besvarelserne resumeret. Det har ikke været muligt at få oplysninger fra alle om, hvor mange tons lys de sælger, hvorfor disse tal ikke er oplyst. Det har heller ikke været muligt at få oplysninger fra alle om, hvilke leverandører man køber af, hvorfor disse ikke er oplyst. I stedet er besvarelserne baseret på en relativ vurdering i forhold til hinanden og angivet i rækkefølge efter mængde for lystype og bestanddel. Mængden er angivet efter en skala fra 1 til 5 med 1 som den største mængde og 5 som mindste mængde.

Tabel 2.4:

Svar fra detailhandler

Type	Paraffinlys	Stearinlys	Duftlys	Lys med "Metal"	Gelelys	Mængde (1-5)
Fyrfadslys	X		X			1
Stagelys	X	X	X			2
Bloklys	X	X	X	X		3
Kertelys	X	X				4
Krukke	X		X		X	5
Mængde (1-5)	1	2	3	4	5	

1 er højest og 5 er lavest

Som det fremgår af tabel 2.4 er fyrfadslys det mest solgte lys i Danmark og krukkelys det mindst solgte. Derudover ses det, at lys fremstillet af paraffin er det mest solgte, og gelelys er den mindst solgte vokstype.

Detailhandlen i Danmark stiller lidt forskellige krav til deres leverandører. I tabel 2.5 er beskrevet, hvilke krav de enkelte firmaer typisk stiller i forbindelse med indkøb af lys.

Tabel 2.5:

Krav til leverandør

Firma	Krav om
Dansk Supermarked	Picturegram, advarsler/råd, længde, diameter brændetid på indpakningen. At lysene overholder gældende lovgivning i DK og EU, fx væge uden bly. Udfører selv subjektiv vurdering af sodning og brændeevne.
FDB	Brændetid på pakning, ingen bly i væger. Udfører selv subjektiv vurdering af sodning i eget laboratorium.
IKEA	Stiller krav om indholdsstoffer i produktet og krav om sodning og flammen efter egen udviklet metode.
Jysk Sengetøjslager	Skal kunne overholde gældende regler på området.

IKEA stiller de strengeste krav til deres leverandører, idet de forlanger dokumentation på indholdsstoffer i produkter og forlanger, at vægen skal brænde pænt, og at lyset ikke må sode over deres fastsatte krav.

3 Test af lys hos IKEA

Prøver af alle de lys, der markedsføres af IKEA, bliver testet på IKEAs laboratorium i Älmhult i Sverrige (Anderson 2001).

Lysene testes for følgende parametre:

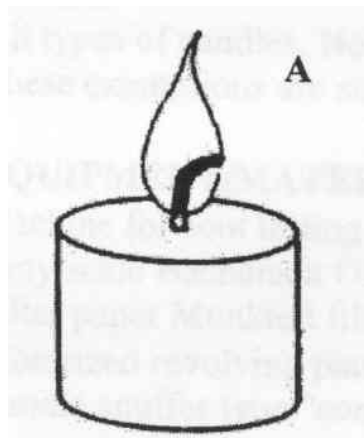
1. Brændetid, vægens facon, flammehøjde og glødetid
2. Tendens til at løbe
3. Sodning

3.1 Brændetid, vægens facon, flammehøjde og glødetid

I denne test brændes lysene i et lokale uden træk, lysenes brændetid registreres, og flammehøjden måles. Flammehøjden skal for ligge inden for følgende grænser:

1. Paraffin lys: 25–40 mm
2. Stearin lys: 30–45 mm
3. Fyrfads lys: 15–20 mm

Vægens udseende vurderes, og det er i denne forbindelse et krav, at vægen, mens lyset brænder, har den typiske ”kl 10 minutter over tolv” facon, og at vægens spids findes i udkanten af flammen (se figur 3.1).



Figur 3.1:
Ideal væge udseende

Hvis lyset brænder med en væge, der bøjer kraftigere, står lige op eller som smelter til en kugle for enden af vægen, vil det ikke kunne passere testen.

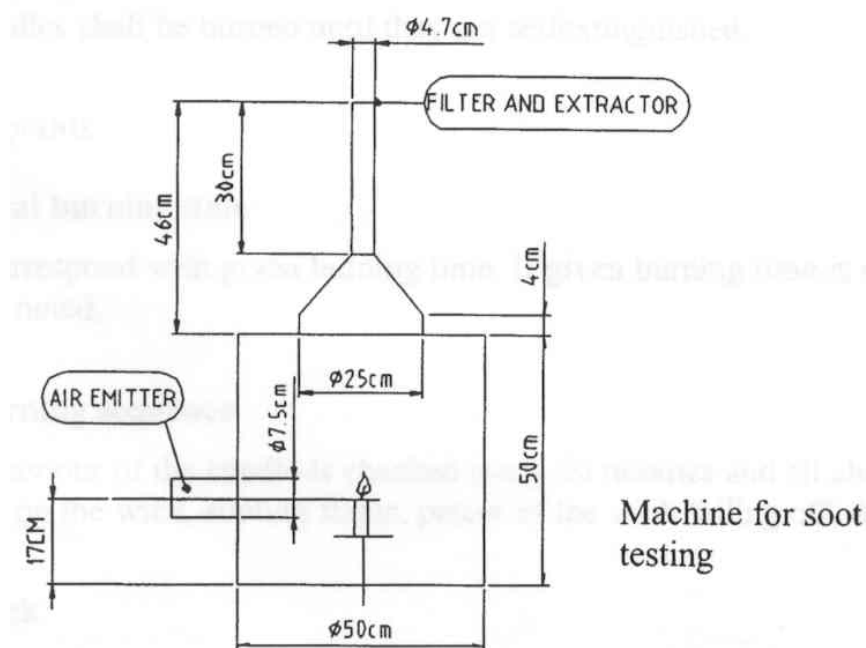
Når lysene slukkes, registreres den tid, der medgår, inden de holder op med at ryge. For paraffin lys må denne periode maximalt være 10 sekunder, mens der for stearinlys højst må gå 5 sekunder, før lyset standser med at ryge.

3.2 Tendens til at løbe

Lysenes tendens til at løbe testes ved, at lysene placeres på en roterende plade. Herved udsættes lysene for et svagt konstant træk. Man accepterer ikke, hvis lysene løber ud på underlaget.

3.3 Sodningstest

Test af lysenes tendens til at sode gennemføres i en opstilling, som skitseret i figur 3.2.



Figur 3.2:
Maskine til sodtesting hos IKEA

Lysen placeres i kammeret, og luften suges ud af kammeret via et filter, hvorpå den dannede sod opfanges. For at provokere til en vis soddannelse pustes automatisk med konstant interval en mindre luftstrøm direkte ind på flammen, som herved blaffer en smule og derved udsender sod.

Sodmængden, som opsamles på filteret, kvantificeres visuelt på farvning af filteret. I denne forbindelse anvendes Bacharach Oil Burner Scale no. RR 776, 21-0018, som er en farveskala, der også anvendes i forbindelse med test af fx oliefyr m.m.

Udsendelsen af sod fra et lys i opstillingen er meget afhængig af opstillingens fysiske udformning, og især er mængden, styrken og retningen af den luftstrøm, som får lyset til at blafre, meget kritisk for sodudsendelsen. Da netop disse forhold kan være vanskelige at beskrive præcis, "kalibreres" opstillingen med IKEAs eget kærtelys, som produceres i store mængder under meget velbeskrevne forhold. Sodudsendelsen bliver på denne måde relativ i forhold til netop IKEA's eget kærtelys.

3.4 Diskussion

IKEA's tests er gode og relevante. Det er imidlertid vanskeligt for et uafhængigt laboratorium at anvende denne test, som måler relativt i forhold til et standardlys fra IKEA. Et uafhængigt laboratorium som fx Teknologisk Institut har ingen kontrol eller information med dette standardlys.

Testen er ikke beregnet til emissionsmålinger; men alene måling af sodning. Teknologisk Institut besluttede derfor at anvende egen test, udviklet til traditionelle emissionsmålinger, det vil sige uden kontrolleret træk (se afsnit 5).

4 Analyser på udvalgte lys

4.1 Udvalgelse af lys til kemisk analyse

I samarbejde med Miljøstyrelsen er der udvalgt 6 forskellige lystyper til kemisk analyse. Udvælgelsen er sket ud fra kriterierne om, at forskellige lystyper skal være repræsenteret, at der både skal være paraffin-, stearin-, gele- og duftlys, og ud fra et ønske om, at der både skal være europæiske og Fjernøsten producenter repræsenteret. To af lysene kommer fra Kina.

Mange lystyper er sæsonvarer, og som følge deraf har udbudet af lys på købstidspunktet den 13. september 2001 været relativt begrænset. Lys, der har med julen at gøre, typisk kertelys og lys med ”metaloverflader”, ligger fx ikke fremme i forretningerne på dette tidspunkt.

4.2 Udvalgte lys

I tabel 4.1 er de udvalgte lys listet.

Tabel 4.1:
Typiske informationer på lys

Produkt navn/type	Produkt information/oplysninger
Hvidt stearinlys	100% ren stearin, længde, diameter, brændetid, råd og advarsel. Information på dansk. Ingen oplysninger om producent eller sodning.
Blåt spindelvævslys	100% ren stearin, længde, brændetid, råd og advarsel. Information på dansk. Ingen oplysninger om producent eller sodning
Hvidt fyrfadsls	Brændetid, råd og advarsel. Oplysning om producent. Information på dansk. RAL mærkning. Ingen oplysninger om vokstype eller sodning.
Blåt gelelys	Gelelys. Information og oplysninger på dansk, men meget utydeligt. Ingen information om producent, dimensioner, brændetid eller sodning.
Duftlys	Duft af hyacint. Advarsel i bunden på dansk. Ingen information om producent, vokstype, dimensioner, brændetid eller sodning.
Stagelys med guld overtræk	Information om længde, diameter, brændetid, råd og advarsels symboler samt producent. Ingen information om vokstype eller sodning.

Generelt var oplysninger på alle lys som regel anbragt på pakningen eller i bunden af lyset. Som antydnet i tabel 4.1, var mærkningerne forskellige. Det var tilsyneladende kun stearinlys, der ville reklamere med vokstypen. De færreste havde oplysninger om producent. Ingen lys havde oplysninger om sodning.

4.3 Fysiske data på de udvalgte lys

De fysiske data på de udvalgte lys, som enten er blevet målt, analyseret eller oplyst på emballagen, fremgår af bilag C. Firmaernes oplysninger fremgår af tabel 4.1.

På baggrund af vægt, længde og brændetid (se bilag C) er det beregnet, hvor mange cm, henholdsvis gram voks og væge, der afbrændes pr. time.

Tabel 4.2:
Forbrændingshastigheden

Lys	Voks og Væge cm/time	Voks g/time	Væge g/time
Hvidt stearinlys	2,5	9,3	0,07
Blåt spindelvævslys	0,6	9,9	0,01
Hvidt fyrfadslys	0,4	3,3	0,02
Blåt geleylys	0,5	2,8	0,02
Duftlys	0,3	3,9	0,01
Stagelys med guld overtræk	5,5	2,2	0,04

Som det fremgår af tallene, afbrændes der mellem 9,3-9,9 gram ren stearin pr. time (hvidt stearinlys og blå spindelvævslys) og mellem 3,3-3,9 gram ren paraffin pr. time (hvidt fyrfadslys og duftlys), svarende til ca. 2,7 gange mere stearin end paraffin pr. time. Det vil sige, at forbrændingshastigheden var størst på det hvide stearinlys og det blå spindelvævslys, hvor der samtidigt blev afbrændt mest voks.

4.4 Kemiske analyser på de udvalgte lys

Da der ikke foreligger fyldestgørende oplysninger om indholdsstoffer i lysene, er der foretaget kemiske analyser på de udvalgte lys, og følgende analyser er gennemført:

- Bestemmelse af smelte- og størkningstemperaturer (peak temperaturer) ved termisk analyse, DSC (Differential Scanning Calorimetry), samt analyse for overordnet kemisk sammensætning ved infrarød spektroskopisk analyse, FTIR (Fourier Transformation Infrared Spectrometry). Denne analyse giver et billede af, hvad det er for vokstyper, der er anvendt, og om voksen består af flere komponenter.
- Bestemmelse af organisk kemisk afgangning fra lysene ved Headspace/GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) analyse ved 45°C. Denne analyse giver et billede af, hvilke organiske forbindelser, der afgasser fra produktet, og som kan give anledning til lugt/duft.
- Bestemmelse af udvalgte tungmetaller i voks og væger. Analyserne er foretaget ved FI-ICP-MS (Flow Injection Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Denne analyse giver et billede af, om voks eller væger indeholder tungmetaller fx bly, tin, zink, kobber mv.

4.5 Vokstyper

Analysemetoder fra den overordnede kemiske sammensætning og smelte-
størkningspunkt (opgivet som peak værdi) fremgår af bilag D. Hovedresultaterne er
vist i tabel 4.3.

Tabel 4.3:
Vokstypernes smeltepunkt og størkningspunkt

Lys	Indhold	Smeltepunkt °C	Størkningspunkt °C
Hvidt stearinlys	Stearin (stearinsyre + palmitinsyre)	58	52
Blåt spindeævvævslys	Stearin (stearinsyre + palmitinsyre)	57	48
Hvidt fyrfadslys	Paraffin (krystallinske alifatiske kulbrinter)	34 54	25 45
Blåt gelelys	Amorfe alifatiske kulbrinter	Kan ikke bestemmes	Kan ikke bestemmes
Duftlys	Paraffin (krystallinske alifatiske kulbrinter)	42 60	35 52
Stagelys med guld overtræk	Paraffin (krystallinske alifatiske kulbrinter) + en organisk syre	49 (syre) 59 (paraffin)	28 51

Det hvide stearinlys og det blå spindelvævslys er karakteriseret som stearin, der er en blanding af stearinsyre og palmitinsyre.

Det hvide fyrfadslys er karakteriseret som paraffin, som er krystallinske alifatiske kulbrinter. Paraffinen har 2 smeltepunkter, hvilket indikerer, at det er en blanding, der sandsynligvis består af C₁₈ kulbrinter og C₂₈ kulbrinter.

Det blå gelelys består af amorfe alifatiske kulbrinter. Da det er amorft, har det ikke noget smelte- eller størkningspunkt.

Duftlyset er fremstillet af paraffin, som er krystallinske kulbrinter. Voksen har 2 smeltepunkter, hvilket indikerer, at det er en blanding, sandsynligvis af C₂₂ og C₂₈ kulbrinter i forholdet ca. 1-5,5.

Stagelyset med guldovertæk karakteriseres som paraffin, som er krystallinske kulbrinter iblandet en mindre mængde organisk syre. Forholdet mellem syre og paraffin er ca. 1 til 25. Guld pigmentet er karakteriseret til at være en alkydlignende lak.

4.6 Headspaceanalyse på lysene

Lysene er anbragt i risan poser og blevet opvarmet i en ovn i 2 timer ved 45°C. En gasprøve er herefter blevet udtaget og analyseret ved GC-MS. Metoden angiver, hvilke organiske forbindelser der afgasser fra lysene og deres indbyrdes relative forhold.

De afgassede forbindelser fra lysene er vist i tabel 4.4-4.8. Procentandelen angiver ca. forholdet mellem de forbindelser, der er fundet. Analysemetoder foreligger i bilag E.

Tabel 4.4:
Headspaceanalyser

Hvidt stearinlys		%
1	Acetone	33
2	Pentanal	16
3	Hexanal	16
4	6-Methyl-2heptanon	33

Forbindelserne skyldes sandsynligvis urenheder i stearinen.

Tabel: 4.5
Headspaceanalyser

Blåt spindelvævslys		%
1	Pentanal	50
2	Hexanal	50

Forbindelserne skyldes sandsynligvis urenheder i stearinen.

Hvidt fyrfadslys: Der blev ikke fundet flygtige afgangninger fra det hvide fyrfadslys.

Tabel: 4.6
Headspaceanalyser

Blåt geleyls		%
1	Xylener, ethylbenzen	15 – 20
2	C ₁₁ – C ₁₄ alifatiske kulbrinter	80 - 85

Forbindelserne skyldes afgangninger fra geleen.

Tabel: 4.7
Headspaceanalyser

Duftlys		%
1	Toluen'	7
2	Xylener'	3,5
3	D-Limonen	12,2
4	3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol	12,2
5	Phenylethylalkohol	10,5
6	Limonen	5,3
7	Eddikesyre-phenylmethylester'	10,5
8	Cyclohexanol,2-methyl-5(1-methylethyl)-acetat	3,5
9	3-cyclohexen-1-methanol, α -, α -,4-trimethyl	14
10	β -Mycin	7
11	4-Caren	7

Stofferne nr. 3, 4, 6, 10 og 11 er kendte duftstoffer og er tilsat lyset som duftstof. De øvrige forbindelser er sandsynligvis urenheder i voksen.

Tabel: 4.8
Headspaceanalyser

Stagelys med guld overtræk		Areal%
1	C ₉ – C ₁₁ alifatiske/aromatiske kulbrinter	100

Der blev alene fundet alifatiske og aromatiske kulbrinter som afgangninger fra voksen i stagelys med guld overtræk.

4.7 Subjektiv vurdering af lugten fra lysene

Der er også gennemført en subjektiv vurdering af lugten fra lysene, det vil sige lugt afgivet fra voksen. Resultaterne af denne vurdering ses i nedenstående skema (tabel 4.9).

Tabel 4.9:

Lugt

Lys	Lugt
Hvidt stearinlys	Stearinagtig
Blåt spindelvæv	Stearinagtig
Hvidt fyrfadsllys	Svag olieagtig
Blåt gelelys	Svag kulbrinteagtig
Duftlys	Kraftig parfumeagtig
Stagelys med guld overtræk	Olieagtig

Alle lysene udsendte en lugt, der antydede produktets baggrund. Stearinlugten var umiskendelig, og paraffinlysene lugtede olieagtig i varierende grad. Duftlyset udsendte en kraftig parfumeagtig lugt.

4.8 Tungmetaller

Der er udført kvantitativ bestemmelse af 12 forskellige tungmetaller i voksen og i vægerne fra lysene. Metallerne, der er analyseret for, er de mest almindeligt forekommende og potentielt problematiske metaller. De 12 metaller er: arsen (As), sølv (Ag), cadmium (Cd), chrom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), bly (Pb), antimon (Sb), tin (Sn), tallium (Tl) og zink (Zn). I tabel 4.10-4.15 er de fundne metaller og mængderne i henholdsvis voks og væge listet. Hvor koncentrationerne er mindre end detektionsgrænsen, er forbindelserne ikke listet. Detektionsgrænsen er fra 0,005 µg/g til 0,05µg/g, afhængig hvilket metal der er tale om (se detaljerede analyseresultater i analyserapporten, Bilag E).

På baggrund af de fysiske data fra afsnit 4.3 er de maksimale teoretisk mulige emissioner (kildestyrke) fra lysene udregnet (tabel 4.10-4.15).

$$\text{Kildestyrke } (\mu\text{g} / \text{t}) = \frac{\text{Vægt af voks (g)}}{\text{Brændetid (t)}} \times C_m \text{ voks} + \frac{\text{Vægt af væge (g)}}{\text{Brændetid (t)}} \times C_m \text{ væge}$$

hvor C_m angiver det målte indhold af metal i henholdsvis voks og væge.

Tabel 4.10:

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Hvidt stearinlys	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Kobber, Cu	0,44	1,0	4,1
Nikkel, Ni	0,17	<0,3	1,6
Bly, Pb	0,051	<0,2	0,5

Zink, Zn	0,069	7,1	0,9
----------	-------	-----	-----

Tabel 4.11

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Blåt spindelvævslys	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Chrom, Cr	0,15	<0,2	1,5
Kobber, Cu	2,2	1,4	22
Nikkel, Ni	0,28	<0,3	2,8
Bly, Pb	0,11	0,9	1,1
Zink, Zn	2,0	12,7	20

Tabel 4.12

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Hvidt fyrfadsllys	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Kobber, Cu	0,50	0,45	1,7
Nikkel, Ni	0,16	<0,3	0,5
Bly, Pb	0,040	<0,2	0,1
Zink, Zn	0,40	5,3	1,4

Tabel 4.13

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Blåt gelelys	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Chrom, Cr	0,038	<0,2	0,1
Kobber, Cu	0,57	1,6	1,6
Nikkel, Ni	0,20	<0,3	0,6
Bly, Pb	0,063	0,37	0,2
Zink, Zn	0,89	44	3,4

Tabel: 4.14

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Duftlys	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Chrom, Cr	0,22	0,52	0,9
Kobber, Cu	0,87	3,8	3,4
Nikkel, Ni	0,16	<0,3	0,6
Bly, Pb	0,045	2,3	0,2
Antimon, Sb	<0,03	3,5	---
Tin, Sn	0,46	21	1,8
Zink, Zn	0,48	28	1,9

Tabel 4.15

Tungmetal indhold og teoretisk maksimal emission (kildestyrke)

Stagelys med guld overtræk	Indhold i voks µg/g	Indhold i væge µg/g	Kildestyrke µg/time
Kobber, Cu	2,2	3,1	12
Nikkel, Ni	0,21	<0,3	1,2
Bly, Pb	0,034	<0,2	0,2
Zink, Zn	0,71	8,4	4,2

Der er fundet små mængder kobber, nikkel, bly og zink i alle prøverne. I duftlyset er der endvidere fundet chrom, tin og antimon og i det blå spindelvævslys blev det

ligeledes fundet chrom. Metallerne kan enten skyldes urenheder i farver eller i vægerne eller kan være tilsat vægerne af brandtekniske årsager. Koncentrationen af metaller er i vægerne konsekvent højere end i voksen. En mulighed for metal i voks er rester af sporstoffer i den oprindelige råolie, som er fulgt med i raffineringprocessen.

En vurdering af de fundne koncentrationer samt en estimering af indeluftens koncentrationer er beskrevet i kapitel 6.

5 Måling og analyse af forureningen ved afbrænding af lys

Ved afbrænding af lys vil der både kunne dannes partikelformige og gasformige forureninger. Da der er tale om forbrænding af organiske materialer, vil der kunne dannes en lang række forskellige kemiske forbindelser. De indholdsstoffer, der findes i den anvendte voks, vil kunne omdannes til andre kemiske stoffer, når de forbrændes, og der kan desuden dannes røgpartikler.

5.1 Måleprogram

For at måle hvor meget forurening, der afgives ved afbrænding af et lys, er lysene blevet testet i laboratorium.

Lysene anbringes under en tragt. Aerosoler og gasser fra lysene suges gennem diverse filtre, anbragt i måleopstillingen. Testopstillingen fremgår af skitsen vedlagt i bilag F.

Følgende test og analyser er blevet gennemført på de udvalgte lys:

1. Måling af total aerosoler ved opsamling på glasfiberfiltre mrk. Watman GF/F. Mængden af aerosoler er blevet vejjet, og aerosolerne er blevet analyseret for indhold af polyaromatiske hydrocarboner (PAH) ved GC-MS. Sodningen er visuelt blevet bedømt på en skala fra 0-9, hvor 0 svarer til ingen sodning, og 9 svarer til meget kraftig sodning. Den benyttede skala er en Bacharach Oil Burner Smoke Scale, som benyttes til bedømmelse af sodning fra oliefyr.
2. Måling af gasformige PAH forbindelser ved opsamling på XAD2 filtre og analyseret ved GC-MS.
3. Måling af VOC's ved opsamling på aktivt kul filtre og analyseret ved GC-MS.
4. Måling af aldehyder ved opsamling på silicagel filtre imprægneret med 2,4 dinitrophenylhydrazin (DNPH) og analyseret ved HPLC.

Der er ikke gennemført måling af tungmetalemissionen fra lysene.

Inden lysene er anbragt i forsøgsopstillingen, har de været tændt en time for at sikre en jævn forbrænding.

Lysene vejes, inden de anbringes i forsøgsopstillingen, og prøveudtagningsperioden er ca. 2 timer.

5.2 Analyseresultater

Analysemetoder for måling af emissioner af flygtige organiske forbindelser (VOC) og PAH fra de undersøgte lys er gengivet i bilag.

Filtrene, som har været anvendt til at opsamle sod, er fotograferet sammen med et ueksponeret filter. Disse foto findes i bilag H.

På baggrund af måleresultater, som er korrigeret for baggrundsforureninger i testlokalet, er emissionen (kildstyrken) beregnet for total aerosol, total PAH og total VOC (se bilag I). Endvidere er sodtallet og afbrændt gram lys/time anført.

En oversigt over de fundne emissioner af organiske stoffer og sod for de undersøgte lys er gengivet i tabel 5.2 til 5.7.

Tabel 5.2:
Hvidt stearinlys, stearin

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		1278	139	6
PAH		3	0,3	
VOC		2846	309	
Gram lys/time	9,2			

Bemærkninger: Ingen PAH i aerosolerne. VOC'erne er højt kogende kulbrinter (C₁₆ - C₂₈) og phtalater. De fundne PAH forbindelser er: Acenaphtylen, Fluoren, Phenanthren og Anthracen.

Tabel: 5.3:
Blåt spindelvævslys, stearin

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		253	45	0
PAH		0,58	0,10	
VOC		2	0,4	
Gram lys/time	5,7			

Bemærkninger: Ingen sod. Ingen PAH i soden. De fundne PAH forbindelser er: Fluoren, Phenanthren og Anthracen.

Tabel: 5.4:
Hvidt fyrfadslys, paraffin

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		184	61	0
PAH		0,05	0,02	
VOC		2	1	
Gram lys/time	3,0			

Bemærkninger: Ingen sod. Ingen PAH i soden. De fundne PAH forbindelser er: Phenanthren og Anthracen.

Tabel 5.5
Duftlys, Paraffin

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		497	127	1
PAH		0,12	0,03	
VOC		591	151	
Gram lys/time	3,7			

Bemærkninger: Svag sodt. Ingen PAH i soden. Af VOC er der fundet: Terpener, **benzenethanol**, eddikesyrephenylmethylester og phtalat. De fundne PAH forbindelser er: Phenanthren og Anthracen.

Tabel 5.6:
Blåt gelely

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		232	90	9
PAH		0,22	0,09	
VOC		7387	2863	
Gram lys/time	2,6			

Bemærkninger: Meget høj sodt. Ingen PAH i soden. Af VOC er der fundet store mængder C₁₂– C₂₈ kulbrinter og små mængder benzen (13 µg/time), toluen og xylener. De fundne PAH forbindelser er: Phenanthren og Anthracen.

Tabel 5.7:
Stagelys med guld overtræk, Paraffin

Emission	Gram lys afbrændt/time	Emission, µg/time	Emission µg/gram lys	Sodtal skala 0 – 9
Aerosol		831	117	6
PAH		1,18	0,17	
VOC		61	9	
Gram lys/time	7,1			

Bemærkninger: Høj sodt. Ingen PAH i soden. Af VOC er der fundet phtalater. De fundne PAH forbindelser er: Phenanthren og Anthracen.

En vurdering af de fundne koncentrationer samt en estimering af indeluftens koncentrationer er beskrevet i kapitel 6.

6 Vurderinger og konklusioner

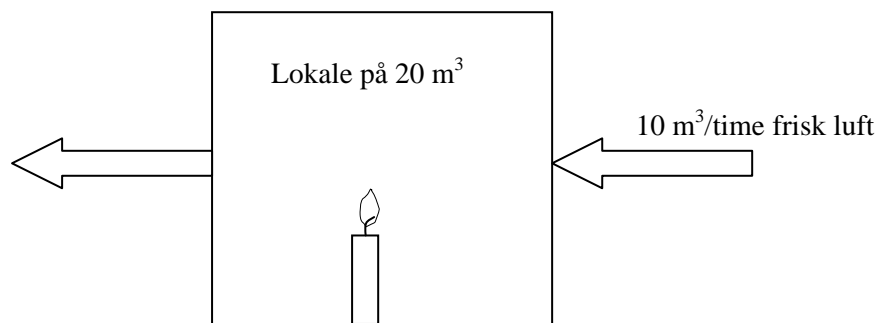
6.1 Model

Til vurdering af hvilke indendørs koncentrationer, der kan opstå i et lokale, hvor der afbrændes lys, kan man benytte en simpel teoretisk boxmodel. Man anvender et lokale med en kendt størrelse og et kendt luftskifte.

I beregningerne i denne rapport er følgende forudsætninger fulgt.

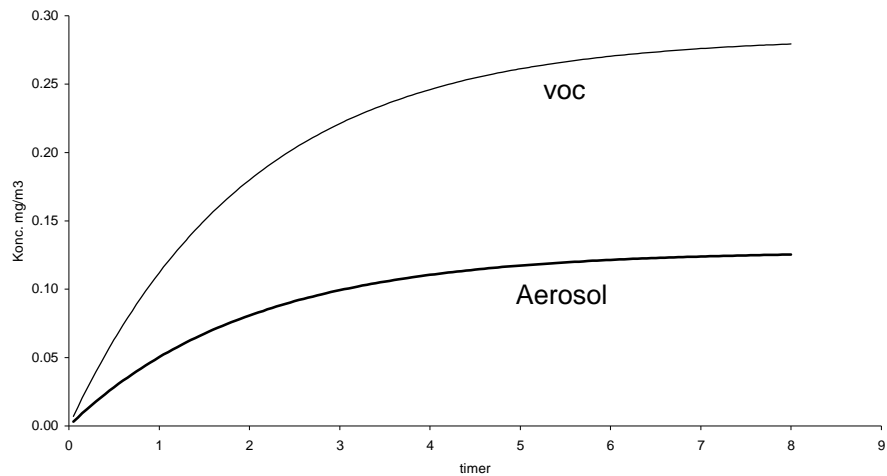
Lokale størrelse: 20 m^3
Luftskifte: 0,5 gange i timen

Det forudsættes endvidere, at der kun afbrændes et lys i lokalet, og at luften i rummet er fuldstændigt opblandet. I figur 6.1 er modellen skitseret.



Figur: 6.1:
Boxmodel

Når et lys brænder, vil koncentrationen af forurening gradvist vokse, indtil der efter typisk nogle få timer opnås en ligevægtskoncentration, hvor der fra det brændende lys tilføres lige så stor mængde forurening, som bortventileres fra rummet. Dette forhold er skitseret i figur 6.2 (kurveforløb).



Figur 6.2
Teoretisk udvikling af luftkoncentrationen af aerosoler og VOC i rum på 20 m³ med luftskifte på 0,5 gange i timen, som defineret i teksten

6.2 Tungmetaller i lysene

I analyserne af lysenes bestanddele før afbrænding er der fundet små mængder kobber, nikkel, bly og zink i alle prøverne. I duftlyset er der endvidere fundet tin og antimon. Metallerne kan enten skyldes urenheder i farver eller i vægerne eller kan være tilsat.

Vurdering af om metallerne kan give anledning til et sundhedsproblem ved afbrænding vil især afhænge af metallernes smeltepunkt og giftighed. Der findes imidlertid ingen grænseværdier for forureninger indendørs. Til vurdering af giftigheden er der derfor her valgt at anvende Arbejdstilsynets grænseværdier som udgangspunkt. Som en acceptabel grænseværdi (acceptgrænse) benyttes 1/100 af grænseværdien.

I tabel 6.1 er metallernes smeltepunkt (Rasmussen 1971) og Arbejdstilsynets grænseværdi (Arbejdstilsynet 2000) anført.

Tabel: 6.1:
Smeltepunkt og grænseværdier for tungmetaller

Forbindelse	Smeltepunkt °C	Grænseværdi µg/m ³	Acceptgrænse, µg/m ³
Cu	1083	1000	10
Cr	1615	500	5
Ni	1450	50	0,5
Pb	327	50	0,5
Sb	630	500	5
Sn	232	2000	20
Zn	419	4000	40

Metaller med et smeltepunkt lavere end 700°C vurderes at ville kunne afgives fra lysene, når de brænder. De metaller, der vil kunne udsendes til luften, vil være bly, antimon, tin og zink. Metaller med et højere smeltepunkt vurderes at ville forblive i lyset som aske eller følge med aerosolerne ud i indeluften.

Benyttes boxmodellen beskrevet i afsnit 6.1 til at vurdere, hvor høj en gennemsnitskoncentration, der vil opstå i et lokale ved afbrænding af **1 lys** i lokalet, finder vi følgende værdier, som er listet i tabel 6.2.

Tabel: 6.2:

Koncentration af tungmetal i et lokale, hvor der brændes lys. Ved de beregnede tal antages, at alt metal frigives til luft

Lys	Bly µg/m ³	Zink µg/m ³	Antimon µg/m ³	Tin µg/m ³	Kobber µg/m ³	Chrom µg/m ³	Nikkel µg/m ³
Hvidt stearinlys	0,05	0,09	i.d.	i.d.	0,4	i.d.	0,16
Blåt spindelvævslys	0,11	2	i.d.	i.d.	2,2	0,15	0,28
Hvidt fyrfadslys	0,01	0,14	i.d.	i.d.	0,17	i.d.	0,05
Duftlys	0,02	0,22	0,004	0,2	0,34	0,09	0,06
Blåt gelelys	0,02	0,34	i.d.	i.d.	0,16	0,01	0,06
Stagelys med guld overtræk	0,02	0,42	i.d.	i.d.	0,12	i.d.	0,12
Acceptgrænse	0,5	40	5	20	10	5	0,5

i.d.: ikke detekteret.

Det er endvidere på basis af tabel 6.2 udregnet, hvor mange lys der kan afbrændes i det givne lokale, inden acceptgrænsen overskrides. Antallet er listet i tabel 6.3.

Tabel: 6.3:

Antal lys, der kan afbrændes i det givne lokale, for at nå acceptgrænsen (kritisk belastning)

Lys	Bly	Zink	Nikkel
Hvidt stearinlys	10	444	3
Blåt spindelvævslys	5	20	2
Hvidt fyrfadslys	50	286	10
Duftlys	25	118	9
Blåt gelelys	25	182	9
Stagelys med guld overtræk	25	95	4

Som man kan se af tabel 6.2 bliver acceptgrænsen (1/100 af Arbejdstilsynets grænseværdier) ved afbrænding af kun ét lys ikke overskredet for nogen af metallerne. Ifølge tabel 6.3 skal der afbrændes ca. 5 af de blå spindelvævslys for at overskride acceptgrænsen for bly, men kun 2 af de blå spindelvævslys hvad angår nikkel. Der skal afbrændes mere end 5 lys for at overskride acceptgrænserne for de øvrige metaller. Bemærk, at ved de beregnede tal antages, at alt metal frigives til luft enten ved afdampning eller som aerosol.

6.3 Organiske stoffer fra afbrændingsforsøg

Også for de organiske forbindelser, der frigives i forbindelse med afbrændingen af lys, er der til vurdering af sundhedsfaren her valgt at anvende Arbejdstilsynets grænseværdier som udgangspunkt, og som acceptgrænse benyttes 1/100 af grænseværdien for arbejdsmiljø.

Som grænseværdi for aerosoler anvendes paraffinrøg, og som grænseværdi for VOC anvendes mineralsk terpentin. Som grænseværdi for PAH anvendes Polyaromatiske carbonhydrider, som i listen over grænseværdier er anført for

partikulære forureninger. De fundne PAH forureninger i forbindelse med afbrænding af lys er gasformige.

I tabel 6.4 er angivet Arbejdstilsynets grænseværdier for de omtalte stoffer.

Tabel: 6.4:
Grænseværdier for organiske stoffer (Arbejdstilsynet 2000)

Stof	Grænseværdi, mg/m ³
Paraffinrøg	2
Mineralsk terpentin	145
PAH	0,2

Til sammenligning kan nævnes, at Teknologisk Institut ved undersøgelser af indeklimaet typisk møder aerosoler og VOC i som vist i tabel 6.5 koncentrationer.

Tabel: 6.5:
Typiske indendørs koncentrationer af aerosoler og organiske stoffer

Parameter	Koncentration, µg/m ³
Aerosol	50 - 100
VOC	100 - 200

Til vurdering af den forurening, der vil opstå i et lokale, hvor der afbrændes 1 lys, kan man igen benytte den i afsnit 6.1 beskrevne teoretiske boxmodel.

Indsættes emissionerne fra de enkelte testede lys, vil gennemsnitskoncentrationerne i det givne lokale vokse gradvist til et ligevægtsniveau (tabel 5.2-5.7) og til sidst blive som anført i tabel 6.6 (beregningerne kan findes i bilag I).

Tabel: 6.6:
Koncentration af organiske stoffer i et lokale hvor der afbrændes 1 lys

Lys	Aerosol koncentration µg/m ³	VOC koncentration µg/m ³	PAHkoncentration µg/m ³
Acceptgrænse	20	1450	2
Hvidt stearinlys	125	279	0,3
Blåt spindelvævslys	25	0,2	0,1
Hvidt fyrfadsls	18	0,2	0,01
Duftlys	49	58	0,02
Blåt gelelys	23	725	0,01
Stagelys med guld overtræk	82	6	0,1

Som man kan se af tabel 6.6 bliver acceptgrænsen (1/100 af Arbejdstilsynets grænseværdier) ved afbrænding af kun et lys overskredet for aerosoler ved flere af lystyperne. Der skal afbrændes flere lys for at overskride acceptgrænsen for VOC, mens der skal afbrændes mange lys for at overskride acceptgrænsen for PAH.

7 Referencer

Andersson, Jan (2001): Personlig kommunikation med laboratorieleder i IKEA, Älmshult, Sverige

Arbejdstilsynet (2000): At-vejledning C.0.1, oktober 2000. Grænseværdier for stoffer og materialer. Arbejdstilsynet, København.

Dansk Supermarked (2001): Personlig kommunikation med Charlotte M Saxosen.

DSt 2001: Danmarks Statistik, København. Data udtrukket fra Danmarks Statistiks database "Databanken" (www.databanken.dk), september 2001.

EN 71-3: Europæisk standard med grænseværdier for emissioner fra legetøj (www.cenorm.be).

FDB (2001): Personlig kommunikation med Helle Husted, Forenede Danske Brugsforeninger.

Mercantos (2001): Personlig kommunikation med Henrik Thomsen, Mercantos.

Miljø- og Energiministeriet (2000): Bekendtgørelse nr. 1012 af 13. november 2000 om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly. Miljøstyrelsen, København.

Public Citizen (2000): Letter to Ann Brown, Chairperson US Consumer Product Safety Commission, Washington. February 24, 2000. pp 1-29. Annex to petition HP 00-03 under the Federal Hazard Substance Act requesting a ban of candle wicks containing lead and of candles containing such wicks (www.cpsc.gov).

RAL: Tysk kvalitetsmærkning af lys. RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. Findes på internetadressen www.kerzenguete.com

Rasmussen OV (1971): Kemiske og fysiske tabeller. Gyldendal, København.

Schwind K-H, Hosseinpour J, Fiedler H, Lau C, Hutzinger O (1994): Bestimmung und Bewertung der Emissionen von PCDD/PCDF, PAK und kurzkettingen Aldehyden in den Brandgasen von kerzen USWF. Z. Umweltchem. Ökotox. 6: 243-246.

Vinter, Bjarne (2001): Personlig kommunikation med formanden for Foreningen af Danske Lysproducenter.

Waxman (2001): Personlig kommunikation med Lars Petersen, firmaet Waxman i Vordingborg.

Willhöft F og Horn R (1986): Candles. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol A5: 29-30.

Wolfmeier U, Schmidt H, Heinrich F-L, Michalczyk G, Payer W, Dietsche W, Hohner G, Wildgruber J (1986): Waxes Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol A28: 103-163.

Ökometric (1995); Untersuchung von Kerzenfarben und Kerzentauchlacken sowie Untersuchung der Brandgase von Gefärbten und/oder lackierten Kerzen auf toxicologisch besonders relevante Schadstoffklassen. Ergebnisbericht für Verband Deutscher Kerzenhersteller e.V. Frankfurt am Main. Ökometric GmbH. Bayreuther Institut für Umweltforschung, Bayreuth, Tyskland.

Bilag A Import og eksport, 2000

Import- og eksportlande registreret af Danmarks Statistik som stearin, paraffin og vokslys (DSt 2001)

Land	Import		Eksport	
	kg	%	kg	%
Australien	0		14.684	0,17%
Belgien	8.866	0,05%	193.950	2,23%
Canada	0		124.218	1,43%
Egypten	0		7.735	0,09%
Estland	3.440	0,02%	1.501	0,02%
Finland	63.199	0,35%	1.085.943	12,50%
Forb.Rep.Tyskl.	3.674.051	20,35%	1.355.899	15,60%
Frankrig,Monaco	644	0,004%	96.434	1,11%
Grækenland	0		9.032	0,10%
Grønland	0		123.781	1,42%
Indien	905	0,005%	0	
Irland	0		29.775	0,34%
Island	0		114.480	1,32%
Israel	595	0,003%	0	
Italien	39	<0,01%	57.856	0,67%
Japan	0		22.772	0,26%
Kina	2.529.876	14,01%	0	
Letland	1.808.038	10,01%	4.404	0,05%
Litauen	28.250	0,16%	0	
Luxembourg	1	<0,01%	1.977	0,02%
Malta	0		1.760	0,02%
Mexico	16.454	0,09%	0	
Nederlandene	1.538.256	8,52%	26.939	0,31%
Norge	387.689	2,15%	1.874.685	21,58%
Østrig	3.640	0,02%	18.050	0,21%
Polen	601.490	3,33%	179.222	2,06%
Portugal	768.776	4,26%	9.914	0,11%
Spanien	0		52.522	0,60%
Sverige	3.428.181	18,99%	1.385.294	15,94%
Taiwan	2.520	0,01%	2.625	0,03%
Tyrkiet	0		15.122	0,17%
UK	80.276	0,44%	703.301	8,09%
Ungarn	3.090.350	17,12%	46.159	0,53%
USA	20.154	0,11%	1.129.074	12,99%
Totalsum	18.055.690	100%	8.689.108	100%

Bilag B Indkøbte produkter

Bilag C Fysiske data på de udvalgte lys

Tabel: Bilag C.1:
Hvidt stearinlys

Parameter	Værdi
Voks	100% ren stearin
Farve	Hvid
Længde	20 cm
Diameter	2,3 cm
Brændetid	8 timer
Vægt	74,6 gram
Væge længde	21 cm
Vægt af væge*	ca. 0.56 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Flad
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	9,3 gram/time
Voks	2,5 cm/time
Væge	0,07 gram/time
Væge	2,5 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Tabel: Bilag C.2:
Blåt spindelvævslys

Parameter	Værdi
Voks	100% ren stearin
Farve	Delfblå
Længde	15 cm
Diameter	4,5 cm (sekskantet)
Brændetid	25 timer
Vægt	247,2 gram
Væge længde	16 cm
Vægt af væge*	ca. 0.36 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Flad
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	9,9 gram/time
Voks	0,6 cm/time
Væge	0,01 gram/time
Væge	0,6 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Tabel: Bilag C.3:
Hvidt fyrfadslys

Parameter	Værdi
Voks	Paraffin
Farve	Hvid
Længde	1,5 cm
Diameter	3,8 cm
Brændetid	4 timer
Vægt	13,2 gram
Væge længde	2,5 cm
Vægt af væge*	ca. 0.07 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Rund
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	3,3 gram/time
Voks	0,4 cm/time
Væge	0,02 gram/time
Væge	0,4 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Tabel: bilag C.4:
Blåt gelelys

Parameter	Værdi
Voks	Gele
Farve	Delfblå
Længde	4 cm
Diameter	5 x 5 cm
Brændetid	Ikke oplyst (ca. 19 timer)
Vægt	50,5 gram
Væge længde	5 cm
Vægt af væge*	ca. 0.17 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Rund
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	2,8 gram/time
Voks	0,4 cm/time
Væge	0,02 gram/time
Væge	0,5 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Tabel: Bilag C.5:

Duftlys

Parameter	Værdi
Voks	Paraffin
Farve	Lys blå
Længde	4 cm
Diameter	5,6 cm
Brændetid	Ikke oplyst timer (ca. 17 timer)
Vægt	Ca. 67 gram
Væge længde	5 cm
Vægt af væge*	ca. 0.15 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Flad
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	3,9 gram/time
Voks	0,2 cm/time
Væge	0,01 gram/time
Væge	0,3 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Tabel: Bilag C.6:

Stagelys med guld overtræk

Parameter	Værdi
Voks	Paraffin
Farve	Guld
Længde	24 cm
Diameter	2,4 cm
Brændetid	11 timer
Vægt	60,3 gram
Væge længde	25 cm
Vægt af væge*	ca. 0.4 g
Væge materiale	Bomuld
Væge udformning	Flad
Beregninger af voks og væge	Værdi
Voks	5,5 gram/time
Voks	2,2 cm/time
Væge	0,04 gram/time
Væge	2,3 cm/time

* Vægen er trukket ud af lyset og indeholder derfor også voks.

Bilag D Kemisk sammensætning

Analyser på lys

De gennemførte analyser har omfattet bestemmelse af smelte og størkningstemperaturer, peak temperaturer ved termisk analyse, DSC, samt infrarød spektroskopisk analyse, FTIR, for vurdering af overordnet kemisk sammensætning.

DSC analysen er gennemført under følgende conditioner:

Opvarmning: 0°C til 80°C med 10°C pr. min

Afkøling: 80°C til 0°C med 10°C pr. min

Atmosfære: nitrogen

Prøvemængde: ca. 6 mg.

FTIR analysen er gennemført under følgende conditioner:

Prøvepræparering: Formaling med KBr og presning af tabletter til analyse.

Der er gennemført ovennævnte analyser på følgende lys.

- Hvidt stearinlys
- Blåt spindelvævslys
- Hvidt fyrfadslys
- Blåt gelelys
- Duftlys
- Stagelys med guld overtræk

Bilag E Metal og flygtige forbindelser

Metodebeskrivelse

Prøverne blev modtaget i rilsanposer.

Bestemmelse af flygtige organiske komponenter fra voks og væger

Delprøver blev overført til rilsanposer. Prøvemængden er anført på side 2. Prøverne blev opvarmet til 45°C i 2 timer. Der blev udtaget en gasprøve (0,5 ml) som blev analyseret ved kapillar gaschromatografi kombineret med massespektrometri.

Komponenterne blev identificeret på basis af de aktuelle massspektra ved bibliotekssøgning (NIST 98).

Bestemmelse af tungmetaller i voks og væger

Voks

Ca. 2g voks - nøjagtigt afvejet - blev ekstraheret med 7 M HNO₃ (sub boiling kvalitet) ved 125°C i 1 time i syreskyllede "red cap glas". Efter nedkøling blev prøverne filtreret og overført kvantitativt til polyethylenbeholdere med Milli-Q plus vand. Resulterende syrestyrke 2.8 M. Dobbeltpræparationer blev foretaget. Tilsvarende blev blindprøver præpareret.

Væger

Ca. 0,5 g væge - nøjagtigt afvejet blev oplukket med konc. HNO₃ (sub boiling kvalitet) i teflonbomber ved mikrobølgeopvarmning. Efter destruktion blev indholdet filtreret og overført kvantitativt til polyethylenbeholdere med Milli-Q plus vand. Resulterende syrestyrke 2.8 M. Dobbeltpræparationer blev foretaget. Tilsvarende blev blindprøver præpareret.

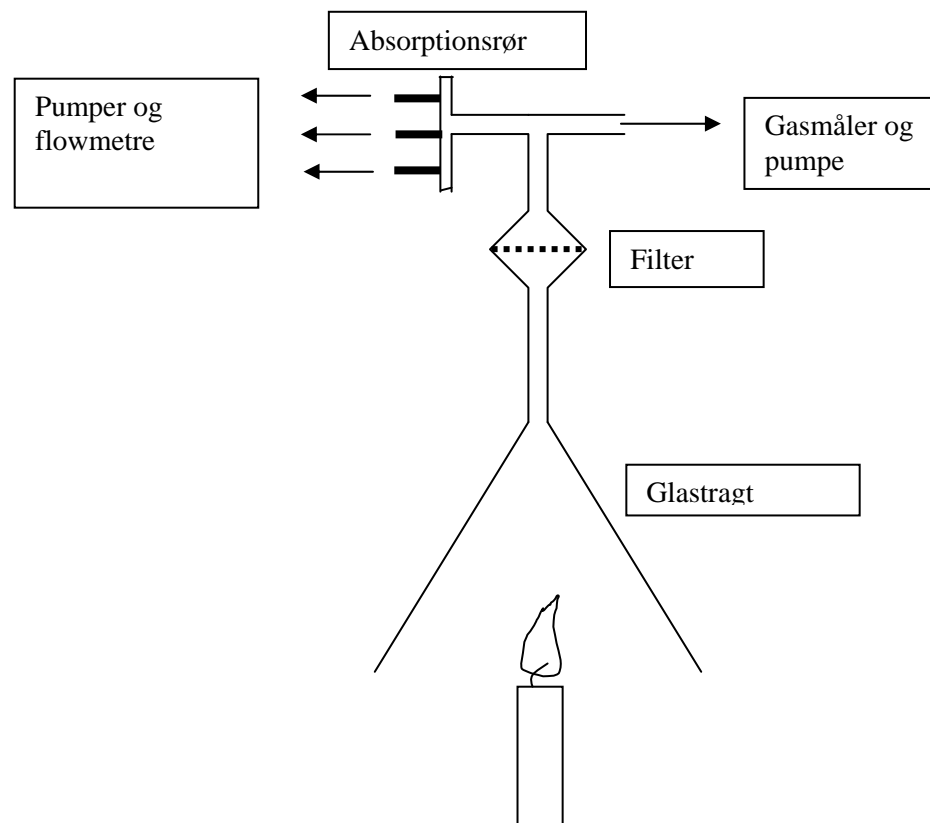
Analyser

Alle prøver blev efterfølgende analyseret ved FI-ICP-MS (Flow Injection Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) på en Elan 5000, idet prøver og standarder blev tilsat interne standarder on-line via Flow Injection.

Måleusikkerhed

Usikkerheden på denne type analyse vurderes erfaringsmæssigt til at være under 10% ved koncentrationer større end 5 gange DL. Resultater anført i tabellen er gennemsnittet af to bestemmelser, hvis %RSD er større end 10 er begge værdier anført.

Bilag F Forsøgsopstilling



Figur: F.1

Aeosoler er opsamlet på 47 mm glasfiberfiltre mrk. Whatman GF/F. Filtrene er forinden blevet glødet i oven i 2 timer ved 200°C, konditioneret ved 23°C og 50 RH% i 12 timer, inden de er blevet vejet. Efter eksponeringen er filtrene blevet konditioneret i min. 12 timer ved 23°C og 50 RH% og derefter vejet.

Filteret er anbragt i en speciel filterholder, som er forbundet til en reciprotor pumpe med tilsluttet gasmåler.

Gasformige PAH forbindelser er udtaget på XAD2 filtre mrk. Supelco Orbo 43. PAH forbindelserne er udtaget i en delstrøm efter filteret ved et flow på 1,5 l/min. ved hjælp af en constantflow pumpe kr. SKC.

Aldehyder er udtaget på silicagel filtre imprægneret med 2,4 DNPH mrk. Supelco L_pDNPH S10. Aldehyderne er udtaget i en delstrøm efter filteret ved et flow på 1,5 l/min. ved hjælp af en constantflow pumpe kr. SKC.

VOC's er udtaget på kulfiltre mrk. SKC 266-09. VOC'erne er udtaget i en delstrøm efter filteret ved et flow på 1,5 l/min. ved hjælp af en constantflow pumpe kr. SKC.

Bilag G Aerosol, PAH og VOC

Metodebeskrivelse

Prøverne blev modtaget i rilsanposer.

Bestemmelse af organiske komponenter på GFF-filtre

Filtrene blev ekstraheret med 2,5 ml dichlormethan tilsat deuteriummærkede interne standarder (ca. 2 µg/ml naphthalen-d₈, phenantren-d₁₀, pyren-d₁₀, chrysen-d₁₂, benz(a)pyren-d₁₂) ved mekanisk rystning i 1 time.

Ekstrakterne blev analyseret ved kapillar gaschromatografi kombineret med massespektrometri (GC-MS-scan mode)

For analyse af udvalgte PAH'er blev ekstrakterne analyseret i SIM-mode, hvor ioner karakteristiske for PAH'erne og de interne standarder blev monitoreret.

Blindfilter blev analyseret som analysefiltrene.

Bestemmelse af organiske komponenter på ORBO-filtre

Hoved- og kontrolsektionerne blev ekstraheret separat med 1,0 ml dichlormethan tilsat deuteriummærkede interne standarder (ca. 2 µg/ml naphthalen-d₈, phenantren-d₁₀, pyren-d₁₀, chrysen-d₁₂, benz(a)pyren-d₁₂) ved mekanisk rystning i 1 time.

Ekstrakterne blev analyseret ved kapillar gaschromatografi kombineret med massespektrometri (GC-MS-scan mode)

For analyse af udvalgte PAH'er blev ekstrakterne analyseret i SIM-mode, hvor ioner karakteristiske for PAH'erne og de interne standarder blev monitoreret.

Blindfilter blev analyseret som analysefiltrene.

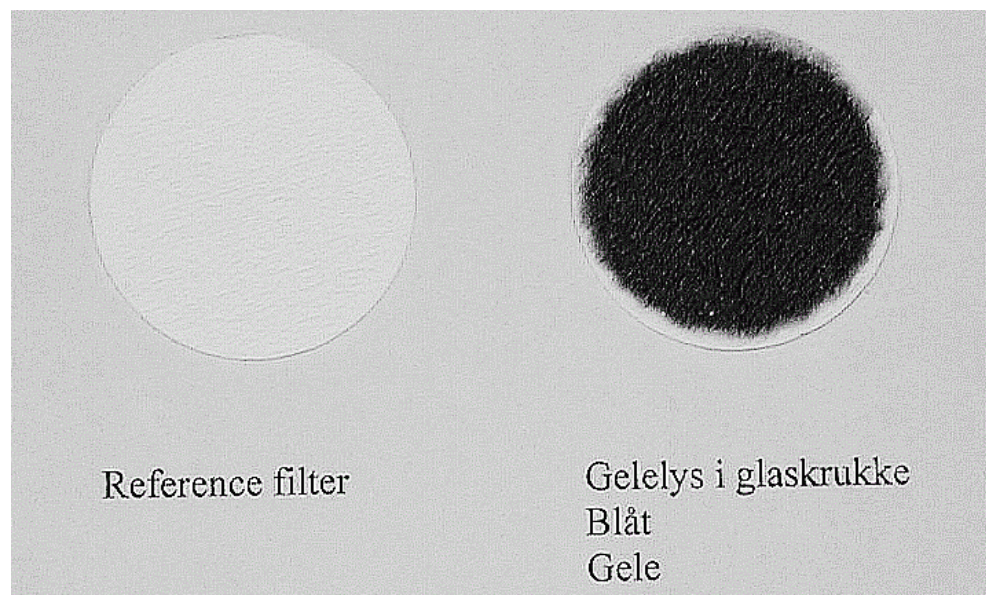
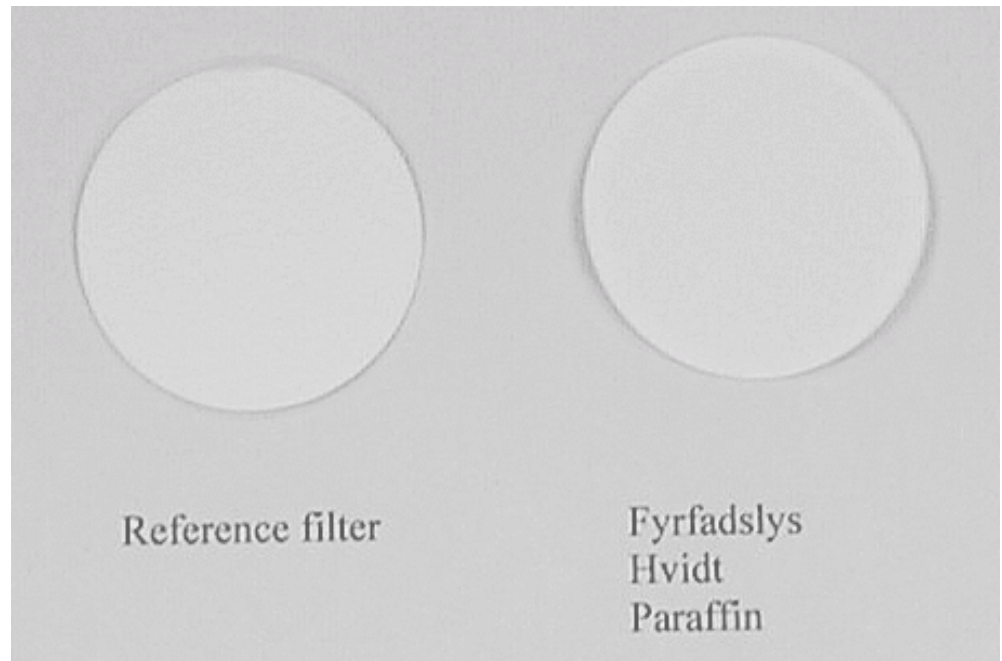
Bestemmelse af organiske komponenter på kulfiltre

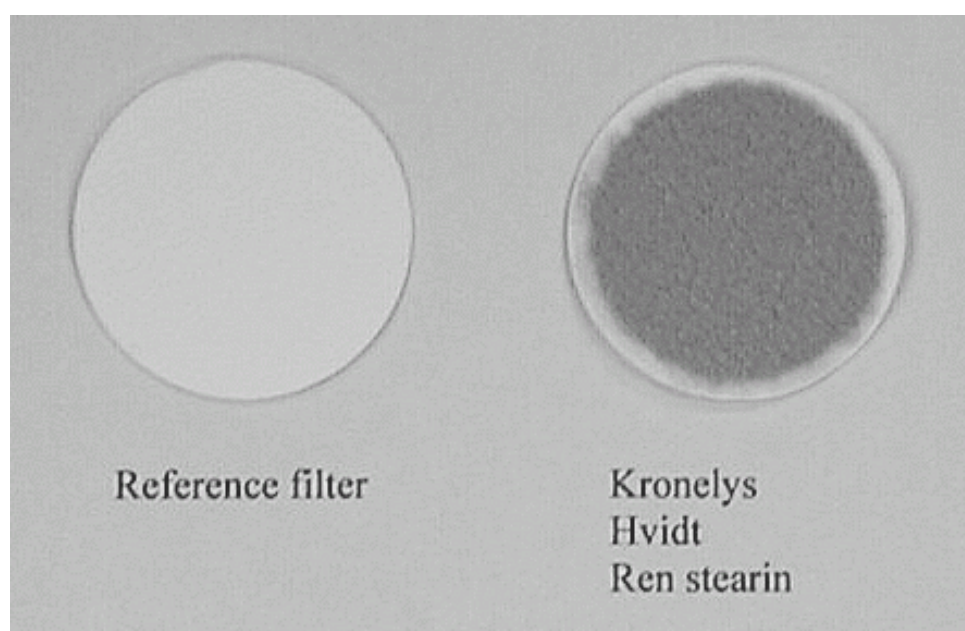
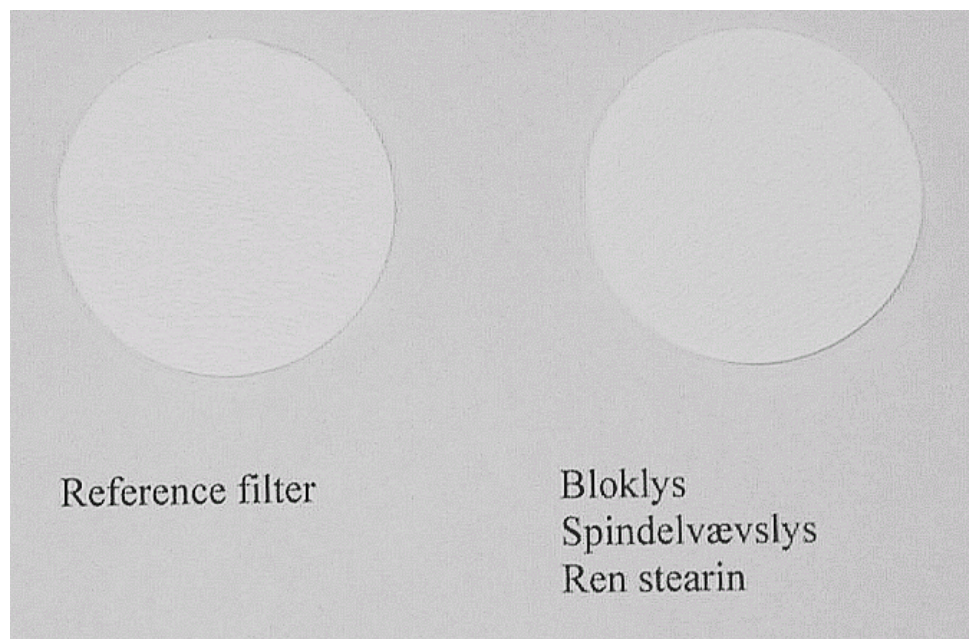
Hoved- og kontrolsektionerne blev ekstraheret separat med 2,0 ml carbondisulfid tilsat deuteriummærkede interne standarder (ca. 1 µg/ml benzen-d₆, toluen-d₈, xylén-d₁₀, chloroform-d₁, trichlorethylén-d₁ og ca. 20 µg/ml oktan-d₁₈) ved mekanisk rystning i 1 time.

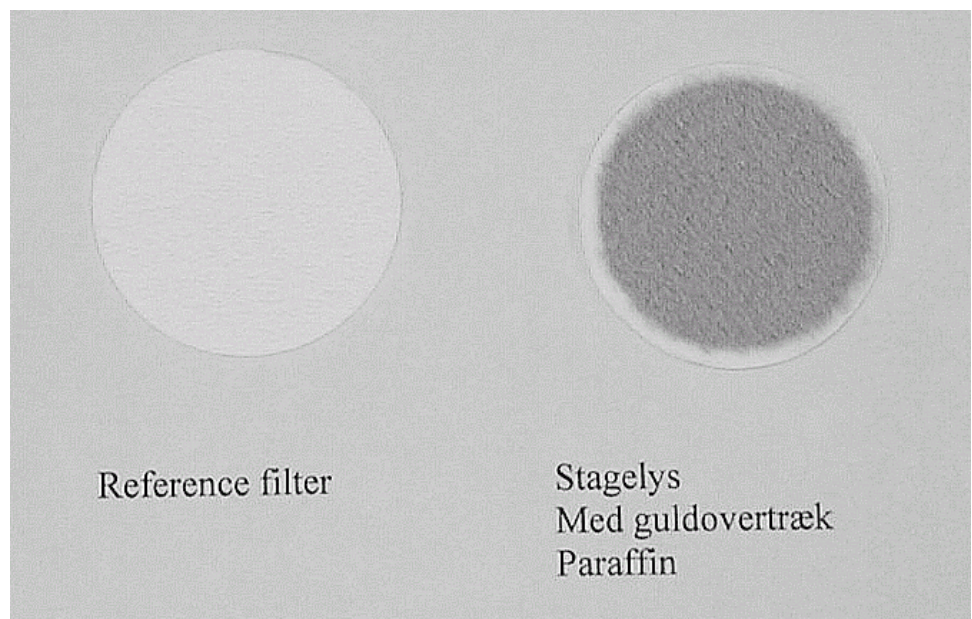
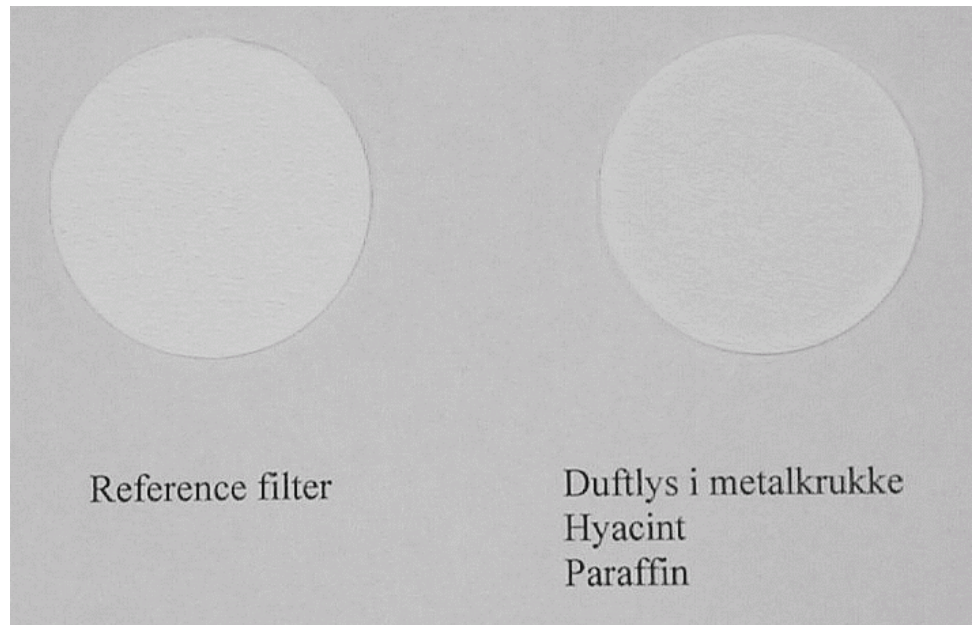
Ekstrakterne blev analyseret ved kapillar gaschromatografi kombineret med massespektrometri (GC-MS-scan mode).

Blindfilter blev analyseret som analysefiltrene.

Bilag H Sodtest







Bilag I Emission, beregninger

Lys mrk.	Hvidt stearinlys		Dato:	21-nov. 2001
Baggrund	Filter nr.	Liter luft	Sags.nr.:	50115528
Kul	497	396		
DNPB	496	436		
Udblæsning 1				
Kul	635	130		
DNPB	634	130		

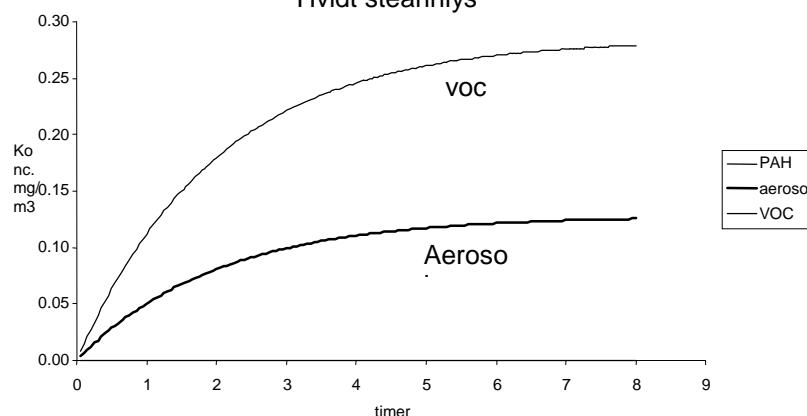
Udblæsning

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lysbaggrund
	ug	liter	ug/m3	g 1 ug	liter	ug/m3	ug/m3
XAD2 Orbo43 Phtalater							23
KUL							
Benzen	0.37	396	1	<0,2	130	0	0
Toluen	1.2	396	3	0.2	130	2	0
Xylener, ethylbenzen	1.9	396	5	0.31	130	2	0
Trimethylbenzener	0.82	396	2	0.12	130	1	0
Total kulbrinter	<5	396	0	300	130	2,308	2,308
Terpener	3	396	8		130	0	0
Benzenethanol	<0,2	396	0		130	0	0
Eddikesyrephenylmetylester	<0,2	396	0		130	0	0
Phtalat	<0,2	396	0		130	0	0
Sum VOC på kul							2,331

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lysbaggrund
	ug	liter	ug/m3	g 1 ug	liter	ug/m3	ug/m3
DNPB							
Formaldehyd	4.2	436	10	1.2	130	9	0
Acetaldehyd	2	436	5	0.6	130	5	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	130	0	0
Propanal	0.23	436	1	0.13	130	1	0
Acetone	3.9	436	9	<0,1	130	0	0
Butanal	0.41	436	1	0.08	130	1	0
Pentanal	0.057	436	0	0.093	130	1	1
Hexanal	0.3	436	1	0.12	130	1	0
Benzaldehyd	0.76	436	2	0.15	130	1	0
Sum Aldehyder							1
SUM VOC							2,332

Gram lys afbrændt	19.93
Måleperiode i minutter	130
Gram lys afbrændt/time	9.20
Total luftmængde m3:	2.644
VOC emission ug/time	2,846
VOC emission ug/gram lys	309

Boxmodel for afbrænding af Hvidt stearinlys



Aerosol konzentration:	1,047	ug/m3
Aerosol emission:	1,278	ug/time
Aerosol emission:	139	ug/gram lys
PAH Konzentration:	2.12	ug/m3
PAH emission:	3	ug/time
PAH emission	0.3	ug/gram lys

Lys mrk.

Blåt spindelvævs- lys

Dato: 21-nov.
2001

Baggrund Filter nr. Liter luft
Kul 497 396
DNPH 496 436

Sags.nr.: 50115528

Udblæsning
Kul 490 130
DNPH 489 130

Udblæsning

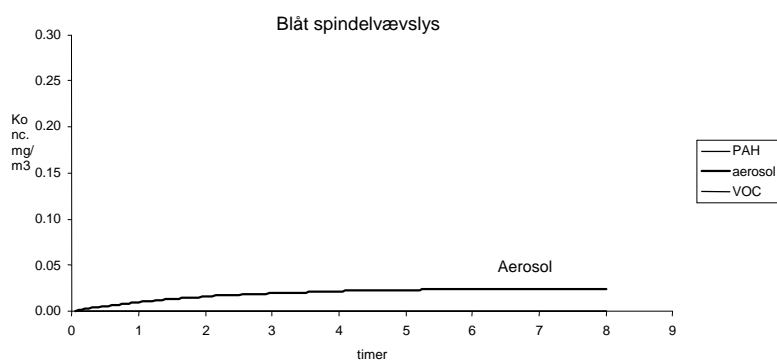
	Baggrund ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Udblæsning g 1 ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Lys- baggrund ug/m ³
XAD2 Orbo43							
KUL							
Benzen	0.37	396	1	<0,2	130	0	0
Toluen	1.2	396	3	0.29	130	2	0
Xylener,ethylbenzen	1.9	396	5	0.38	130	3	0
Trimethylbenzener	0.82	396	2	<0,2	130	0	0
Total kulbrinter	<5	396	0	<0,2	130	0	0
Terpener	3	396	8	<0,2	130	0	0
Benzenethanol	<0,2	396	0	<0,2	130	0	0
Eddikesyrephenylmethylester	<0,2	396	0	<0,2	130	0	0
Phtalat	<0,2	396	0	<0,2	130	0	0
Sum VOC på kul							0

	Baggrund ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Udblæsning g 1 ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Lys- baggrund ug/m ³
DNPH							
Formaldehyd	4.2	436	10	1.2	130	9	0
Acetaldehyd	2	436	5	0.6	130	5	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	130	0	0
Propanal	0.23	436	1	0.13	130	1	0
Acetone	3.9	436	9	<0,1	130	0	0
Butanal	0.41	436	1	0.08	130	1	0
Pentanal	0.057	436	0	0.093	130	1	1
Hexanal	0.3	436	1	0.12	130	1	0
Benzaldehyd	0.76	436	2	0.15	130	1	0
Sum aldehyder							1
SUM VOC							1

Gram lys afbrændt 12.31
Måleperiode i minutter 130
gram lys afbrændt/time 5.68
Total luftmængde m³: 3.581

VOC emission 2 ug/time
VOC emission 0 ug/gram lys

Boxmodel for afbrænding af lys



Aerosol	153	ug/m3
koncentration:		
Aerosol emission:	253	ug/time
Aerosol emission:	45	ug/gram lys
PAH Koncentration:	0.35	ug/m3
PAH emission:	0.58	ug/time
PAH emission	0.10	ug/gram lys

Lys mrk.

Hvidt fyrfadslys

Dato: 21-nov.
2001

Baggrund
Kul 497 396
DNPH 496 436

Sags.nr.: 50115528

Udblæsning
Kul 632 108
DNPH 631 127

Udblæsning

	Baggrund ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Udblæsning g 1 ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Lys- baggrund ug/m ³
XAD2 Orbo43							
KUL							
Benzen	0	396	1	<0,2	108	0	0
Toluen	1	396	3	0.22	108	2	0
Xylener,ethylbenzen	2	396	5	0.32	108	3	0
Trimethylbenzener	1	396	2	0.12	108	1	0
Total kulbrinter	<5	396	0	<5	108	0	0
Terpener	3	396	8	<0,2	108	0	0
Benzenethanol	<0,2	396	0	<0,2	108	0	0
Eddikesyrephenylmethylester	<0,2	396	0	<0,2	108	0	0
Phthalat	<0,2	396	0	<0,2	108	0	0
Sum VOC på kul							0

	Baggrund ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Udblæsning g 1 ug	Luftmængde liter	Koncentration ug/m ³	Lys- baggrund ug/m ³
DNPH							
Formaldehyd	4	436	10	1	127	9	0
Acetaldehyd	2	436	5	1	127	5	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	127	0	0
Propanal	0	436	1	0	127	1	0
Acetone	4	436	9	<0,1	127	0	0
Butanal	0	436	1	0	127	1	0
Pentanal	0	436	0	0	127	1	1
Hexanal	0	436	1	0	127	1	0
Benzaldehyd	1	436	2	0	127	1	0
Sum aldehyder							1
SUM VOC							1

Gram lys afbrændt 6.39
Måleperiode i minutter 127
Gram lys afbrændt/time 3.02
Total luftmængde m³: 3.531

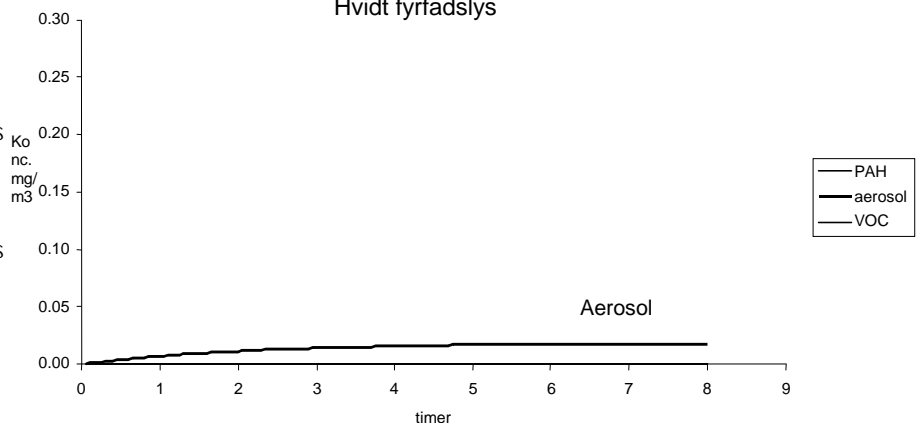
VOC emission 2 ug/time
VOC emission 1 ug/gram lys

Aerosol koncentration: 110 ug/m³
Aerosol emission: 184 ug/time
Aerosol emission: 61 ug/gram lys

PAH Koncentration: 0.03 ug/m³

Boxmodel for afbrænding af

Hvidt fyrfadslys



PAH emission:	0.05	ug/time
PAH emission	0.02	ug/gram lys

Lys mrk.

Blåt
gelel
ysDato: 21-nov.
2001

Baggrund	Filter nr.	Liter luft
Kul	497	396
DNPH	496	436

Sags.nr.: 50115528

Udblæsning		
Kul	624	133
DNPH	623	133

Udblæsning

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m3	1	e	ug/m3	ug/m3
KUL							
Benzen	0.37	396	1	1.5	133	11	10
Toluen	1.2	396	3	0.61	133	5	2
Xylener,ethylbenzen	1.9	396	5	1.6	133	12	7
Trimethylbenzener	0.82	396	2	0.33	133	2	0
Total kulbrinter	<5	396	0	760	133	5,714	5,714
Terpener	3	396	8		133	0	0
Benzenethanol	<0,2	396	0		133	0	0
Eddikesyrephenylmethylester	<0,2	396	0		133	0	0
Phtalat	<0,2	396	0		133	0	0
Sum VOC på kul							5,734

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m3	1	e	ug/m3	ug/m3
DNPH							
Formaldehyd	4.2	436	10	1.2	133	9	0
Acetaldehyd	2	436	5	0.6	133	5	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	133	0	0
Propanal	0.23	436	1	0.13	133	1	0
Acetone	3.9	436	9	<0,1	133	0	0
Butanal	0.41	436	1	0.08	133	1	0
Pentanal	0.057	436	0	0.093	133	1	1
Hexanal	0.3	436	1	0.12	133	1	0
Benzaldehyd	0.76	436	2	0.15	133	1	0
Sum aldehyder							1

SUM VOC

5,735

Gram lys afbrændt	5.72
Måleperiode i minutter	133
Gram lys afbrændt/time	2.58
Total luftmængde m3:	2.855

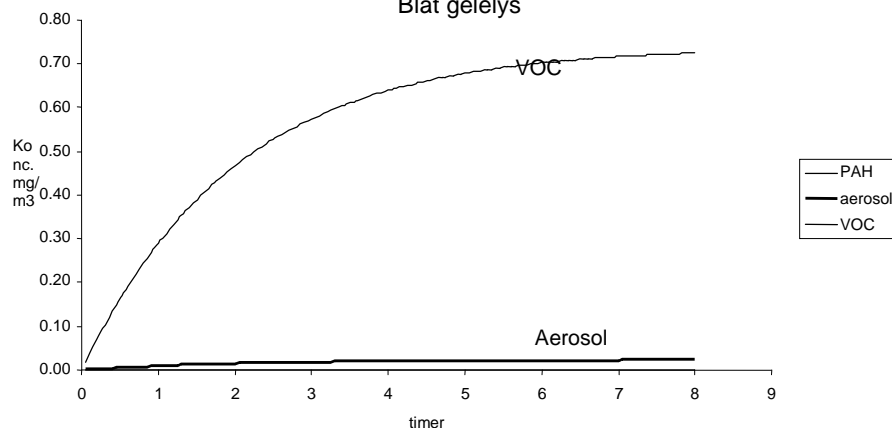
VOC emission	7,387	ug/time
VOC emission	2,863	ug/gram lys

Aerosol koncentration:	180	ug/m3
Aerosol emission:	232	ug/time
Aerosol emission:	90	ug/gram lys

PAH Koncentration:	0.172	ug/m3
--------------------	-------	-------

Boxmodel for afbrænding af

Blåt gelelys



PAH emission:	0.22	ug/time
PAH emission	0.09	ug/gram lys

Lys mrk.

Duftlys

Dato: 21-nov.
2001

Baggrund	Filter nr.	Liter luft
Kul	497	396
DNPH	496	436

Sags.nr.: 50115528

Udblæsning 1

Kul	627	135
DNPH	626	135

Udblæsning

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m ³	g 1	liter	ug/m ³	ug/m ³
KUL							
Benzen	0.37	396	1	0.4	135	3	2
Toluen	1.2	396	3	1.1	135	8	5
Xylener,ethylbenzen	1.9	396	5	0.48	135	4	0
Trimethylbenzener	0.82	396	2	0.2	135	1	0
Total kulbrinter	<5	396	0	<5	135	0	0
Terpener	3	396	8	25	135	185	178
Benzenethanol	<0,2	396	0	6	135	44	44
Eddikesyrephenylmethylester	<0,2	396	0	10	135	74	74
Phtalat	<0,2	396	0	7	135	52	52
Sum VOC på kul							355

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m ³	ug	liter	ug/m ³	ug/m ³
DNPH							
Formaldehyd	4.2	436	10	1.2	135	9	0
Acetaldehyd	2	436	5	0.6	135	4	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	135	0	0
Propanal	0.23	436	1	0.13	135	1	0
Acetone	3.9	436	9	<0,1	135	0	0
Butanal	0.41	436	1	0.08	135	1	0
Pentanal	0.057	436	0	0.093	135	1	1
Hexanal	0.3	436	1	0.12	135	1	0
Benzaldehyd	0.76	436	2	0.15	135	1	0
Sum Aldehyder							1
SUM VOC							356

Gram lys afbrændt

8.80

Måleperiode i minutter

135

Gram lys

afbrændt/time

3.911

Total luftmængde m³:

3.73

VOC emission

590.86

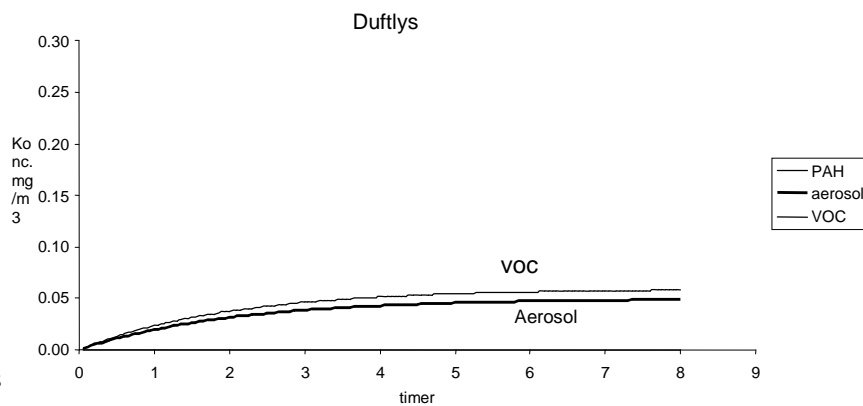
VOC emission

151.07

Aerosol koncentration:

ug/m³

Boxmodel for afbrænding af lys



Aerosol emission:	300	ug/time
Aerosol emission:	497.47	ug/gram lys
Aerosol emission:	127.19	

Lys mrk.

Stagelys med guld overtræk

Dato: 21-nov.
2001

Baggrund
Kul 497 396
DNPH 496 436

Sags.nr.: 50115528

Udblæsning 1

Kul 641 135
DNPH 640 135

Udblæsning

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m ³	g 1 ug	liter	ug/m ³	ug/m ³
XAD2 Orbo43 Phtalater							37
KUL							
Benzen	0.37	396	1	<0,2	135	0	0
Toluen	1.2	396	3	0.24	135	2	0
Xylener, ethylbenzen	1.9	396	5	0.27	135	2	0
Trimethylbenzener	0.82	396	2	<0,2	135	0	0
Total kulbrinter	<5	396	0	<5	135	0	0
Terpener	3	396	8		135	0	0
Benzenethanol	<0,2	396	0		135	0	0
Eddikesyrephenylmethylester	<0,2	396	0		135	0	0
Phtalat	<0,2	396	0		135	0	0
Sum VOC på kul							37

	Baggrund	Luftmængde	Koncentration	Udblæsning	Luftmængde	Koncentration	Lys-baggrund
	ug	liter	ug/m ³	g 1 ug	liter	ug/m ³	ug/m ³
DNPH							
Formaldehyd	4.2	436	10	0.9	135	7	0
Acetaldehyd	2	436	5	0.38	135	3	0
Acrolein	<0,03	436	0	<0,03	135	0	0
Propanal	0.23	436	1	0.07	135	1	0
Acetone	3.9	436	9	0.5	135	4	0
Butanal	0.41	436	1	0.051	135	0	0
Pentanal	0.057	436	0	0.1	135	1	1
Hexanal	0.3	436	1	0.08	135	1	0
Benzaldehyd	0.76	436	2	0.09	135	1	0
Sum Aldehyder							1

SUM VOC

38

Gram lys afbrændt 15.97
Måleperiode i minutter 135
Gram lys afbrændt/time 7.10
Total luftmængde m³: 3.638

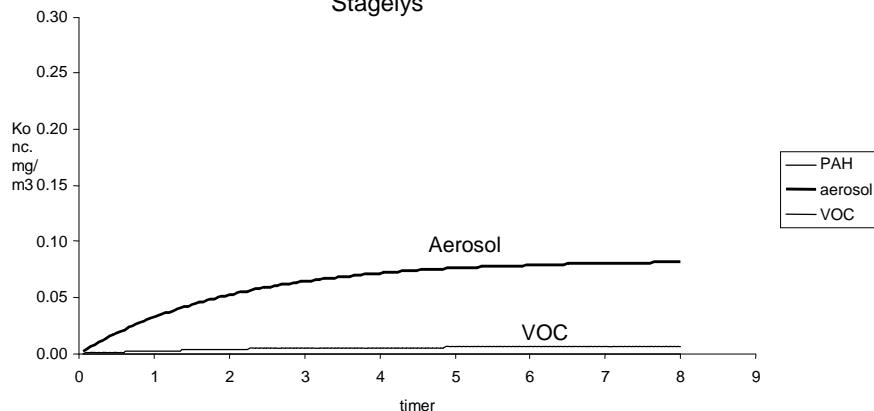
VOC emission 61 ug/time
VOC emission 9 ug/gram lys

Aerosol koncentration: 514 ug/m³
Aerosol emission: 831 ug/time
Aerosol emission: 117 ug/gram lys

PAH Koncentration: 0.73 ug/m³

Boxmodel for afbrænding af

Stagelys



PAH emission:	1.18	ug/time
PAH emission	0.17	ug/gram lys